

ISSN 2077-7175
doi 10.25198/2077-7175
ПШ № ФС77-63471
<http://intellekt-izdanie.osu.ru>

№ 8, 2019
Volume 8, 2019

ИНТЕЛЛЕКТ ИННОВАЦИИ ИНВЕСТИЦИИ

INTELLIGENCE. INNOVATIONS. INVESTMENT

ГОСТЬ НОМЕРА

М.Р. Якимов, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры организации и безопасности движения, директор Института транспортного планирования Общероссийской общественной организации «Российская академия транспорта», Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия
О ПОДХОДАХ К ФОРМИРОВАНИЮ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

GUEST OF VOLUME

M.R. Yakimov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Organization and Traffic Safety, Director of the Institute of Transport Planning of the All-Russian Public Organization «Russian Academy of Transport», Moscow Automobile and Highway Technical University (MADI), Moscow, Russia
ON APPROACHES TO THE FORMATION OF AN EFFECTIVE SYSTEM OF PUBLIC TRANSPORT

ISSN 2077-7175

doi 10.25198/2077-7175

ИНТЕЛЛЕКТ. ИННОВАЦИИ. ИНВЕСТИЦИИ
№ 8, 2019**INTELLECT. INNOVATIONS. INVESTMENTS**

Журнал основан в 2008 году.

Учредитель:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Журнал «Интеллект. Инновации. Инвестиции» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-63471 от 30.10.2015 г.

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук по специальностям:

05.22.01 – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте; 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта; 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности); 08.00.10 – Финансы, денежное обращение и кредит; 08.00.12 – Бухгалтерский учет, статистика; 09.00.01 – Онтология и теория познания; 09.00.03 – История философии; 09.00.04 – Эстетика; 09.00.05 – Этика; 09.00.08 – Философия науки и техники; 09.00.11 – Социальная философия; 09.00.13 – Философская антропология, философия культуры; 09.00.14 – Философия религии и религиозоведение.

Журнал включен в системы Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), ВИНТИ РАН, CrossRef.

Подписной индекс по объединенному каталогу «Пресса России» – 55192

При перепечатке ссылка на журнал «Интеллект. Инновации. Инвестиции» обязательна.

Все поступившие в редакцию материалы подлежат двойному анонимному рецензированию.

Мнения авторов могут не совпадать с точкой зрения редакции.

Редакция в своей деятельности руководствуется рекомендациями Комитета по этике научных публикаций (Committee on Publication Ethics).

Условия публикации статей размещены на сайте журнала: <http://intellekt-izdanie.osu.ru>

Academic journal appeared in 2008.

Established by:

**Federal State Budgetary
Educational Institution
of Higher Education
«Orenburg State University»**

Academic journal «Intellect. Innovation. Investments» is registered in the Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecommunications, Information Technologies and Mass Communications.

Certificate of Registration PI № FS 77-63471, 30.10.2015.

The journal is included in the List of peer-reviewed scientific publications recommended by the Higher Attestation Commission for the publication of the main scientific results of dissertations for the degree of Candidate and Doctor of Science in the field of:

05.22.01 – Transport and transport-technological systems of the country, its regions and cities, organization of production in transport; 05.22.10 – Operation of road transport; 08.00.05 – Economics and management of the national economy (by industry and field of activity); 08.00.10 – Finance, money circulation and credit; 08.00.12 – Accounting, statistics; 09.00.01 – Ontology and the theory of knowledge; 09.00.03 – History of Philosophy; 09.00.04 – Aesthetics; 09.00.05 – Ethics; 09.00.08 – Philosophy of science and technology; 09.00.11 – Social philosophy; 09.00.13 – Philosophical anthropology, philosophy of culture; 09.00.14 – The philosophy of religion and religious studies.

The journal is included in the system of the Russian Science Citation Index (RSCI), VINITI RAS, CrossRef.

The subscription index for the joint catalog «Press of Russia» – 55192

When reprinting a link to the journal «Intellect. Innovation. Investments» is required.

All materials submitted to the editors are subject to double anonymous review.

Opinions of the authors may not coincide with the point of view of the editors.

The editors are guided by the recommendations of the Ethics Committee for Scientific Publication (Committee on Publication Ethics).

The terms of publication of articles are posted on the journal website: <http://intellekt-izdanie.osu.ru>

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

Ж.А. Ермакова, член-корреспондент РАН, д.э.н., профессор, ректор,
Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

Ответственный секретарь

Т.П. Петухова, к. физ.-мат.н., доцент, Оренбургский
государственный университет, Оренбург, Россия

Редакционный совет

08.00.00 – экономические науки

Архипова М.Ю., д.э.н., профессор департамента статистики и анализа данных факультета экономических наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

Вегера С.Г., д.э.н., профессор, первый проректор, Полоцкий государственный университет, Новополоцк, Республика Беларусь

Елисеева И.И., член-корреспондент РАН, д.э.н., профессор, заведующий кафедрой статистики и эконометрики, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, Россия

Носов В.В., д.э.н., профессор, профессор кафедры экономики и управления, Московский государственный университет технологий и управления им. Г.К. Разумовского, Москва, Россия

Осипов В.С., д.э.н., доцент, профессор кафедры управления рисками и страхования, Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации, Москва, Россия

Попова Е.М., д.э.н., профессор, профессор кафедры банков, финансовых рынков и страхования, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, Россия

Цветков В.А., член-корреспондент РАН, д.э.н., профессор, директор Института проблем рынка РАН, Москва, Россия

Шеломенцев А.Г., д.э.н., профессор, заведующий отделом исследований региональных социально-экономических систем, Институт экономики УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Селз Н., Ph.D., Школа Бизнеса, Манчестерский Столичный Университет, Манчестер, Великобритания

09.00.00 – философские науки

Марков Б.В., д.ф.н., профессор, профессор кафедры философской антропологии Института философии, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Миронов В.В., член-корреспондент РАН, д.ф.н., профессор, заведующий кафедрой онтологии и теории познания, декан философского факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Олимов К., академик АН Республики Таджикистан, академик Международной Академии высших школ, д.ф.н., профессор, главный научный сотрудник, Институт философии, политологии и права им. А. Баховаддинова АН Республики Таджикистан, Душанбе, Республика Таджикистан

Смирнов А.В., академик РАН, д.ф.н., профессор, директор Института философии РАН, Москва, Россия

Тульчинский Г.Л., д.ф.н., профессор, профессор департамента прикладной политологии, Санкт-Петербургский филиал Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», Санкт-Петербург, Россия

05.22.00 – транспорт

Володькин П.П., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой эксплуатации автомобильного транспорта, Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия

Захаров Н.С., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой сервиса автомобилей и технологических машин, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

Кузьмин Н.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия

Кулаков А.Т., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой эксплуатации автомобильного транспорта, Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета, Набережные Челны, Россия

Базил П., д.т.н., профессор, Национальный технический университет Афин, Афины, Греция

Редакционная коллегия

08.00.00 – экономические науки

Балтина А.М., д.э.н., профессор, заведующий кафедрой финансов, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

Береговая И.Б., к.э.н., доцент, доцент кафедры маркетинга и торгового дела, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

Боброва В.В., д.э.н., доцент, директор Института менеджмента, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

Борисюк Н.К., д.э.н., профессор, профессор кафедры менеджмента, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

Корабейников И.Н., к.э.н., доцент, заведующий кафедрой менеджмента, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

Леонтьева Л.С., д.э.н., профессор, профессор кафедры регионального и муниципального управления, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Сабитова Н.М., д.э.н., профессор, профессор кафедры экономики и финансов Института управления, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

Цыпин А.П., к.э.н., доцент, доцент кафедры эконометрики и управления социально-экономическими системами, Московский университет пищевых производств, Москва, Россия

Черненко В.А., д.э.н., профессор, заведующий кафедрой корпоративных финансов и оценки бизнеса, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, Россия

Шепель В.Н., д.э.н., профессор, профессор кафедры управления и информатики в технических системах, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

Юматов А.С., к.э.н., доцент, заведующий кафедрой менеджмента организации, Оренбургский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Оренбург, Россия

09.00.00 – философские науки

Беляев И.А., д.ф.н., доцент, профессор кафедры философии, культурологии и социологии, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

Максимов А.М., д.ф.н., профессор, профессор кафедры истории и философии, Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

Рахматуллин Р.Ю., д.ф.н., профессор, профессор кафедры социально-экономических и гуманитарных дисциплин, Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

Федяев Д.М., д.ф.н., профессор, профессор кафедры философии, Омский государственный педагогический университет, Омск, Россия

05.22.00 – транспорт

Ларин О.Н., д.т.н., профессор, профессор кафедры логистических транспортных систем и технологий, Российский университет транспорта, Москва, Россия

Рассоха В.И., д.т.н., доцент, декан транспортного факультета, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

Родионов Ю.В., д.т.н., профессор, декан автомобильно-дорожного института, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза, Россия

Султанов Н.З., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой систем автоматизации производства, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

Трофименко Ю.В., заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой техносферной безопасности, директор НИИ Энергоэкологических проблем, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия

Якунин Н.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

EDITORIAL TEAM

Chief Editor

J.A. Ermakova, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences,
Doctor of Economics, Professor, Rector,
Orenburg State University, Orenburg, Russia

Executive Secretary

T.P. Petukhova, Ph.D., Associate Professor, Orenburg
State University, Orenburg, Russia

Editorial Council

08.00.00 – Economic Sciences

Arkhipova M.Yu., Doctor of Economics, Professor, Department of Statistics and Data Analysis, Faculty of Economic Sciences, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Wegera S.G., Doctor of Economics, Professor, First Vice-Rector, Polotsk State University, Republic of Belarus

Eliseeva I.I., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Statistics and Econometrics, St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg, Russia

Nosov V.V., Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Economics and Management, Moscow State University of Technology and Management named after G.K. Razumovsky, Moscow, Russia

Osipov V.S., Doctor of Economics, Associate Professor, Professor of the Department of Risk Management and Insurance, Moscow State Institute of International Relations (University) of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, Moscow, Russia

Popova E.M., Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Banks, Financial Markets and Insurance, St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg, Russia

Tsvetkov V.A., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Economics, Professor, Director of the Market Problems Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Shelomentsev A.G., Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Research of Regional Socio-Economic Systems, Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Scelles N., PhD, Business School, Manchester Metropolitan University, Manchester, United Kingdom

09.00.00 – Philosophical Sciences

Markov B.V., Doctor of Philosophy, Professor, Professor of the Department of Philosophical Anthropology, Institute of Philosophy, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Mironov V.V., Doctor of Philosophy, Professor, Head of the Department of Ontology and Theory of Knowledge, Dean of the Faculty of Philosophy, Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Moscow, Russia

Olimov K., Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Academician of the International Academy of Higher Schools, Ph.D., professor, Institute of Philosophy, Political Science and Law named after A. Bakhovaddinov, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Republic of Tajikistan

Smirnov A.V., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Philosophy, Professor, Director of the Institute of Philosophy of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Tulchinsky G.L., Ph.D., Professor, Professor of applied politology, St. Petersburg branch of the National Research

University Higher School of Economics, St. Petersburg, Russia

05.22.00 – Transport

Volodkin P.P., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Road Transport Operation, Pacific State University, Khabarovsk, Russia

Zakharov N.S., Doctor of Technical Sciences, Professor Head of the Department of Automobile Service and Technological Machines, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

Kuzmin N.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automobile Transport, Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia

Kulakov A.T., Doctor of Technical Sciences, Professor Head of the Department of Automotive Transport Operation, Naberezhnye Chelny Institute (branch) of Kazan (Volga Region) Federal University, Naberezhnye Chelny, Russia

Basil P., Dr. – Ing., Professor, National Technical University of Athens, Athens, Greece

Editorial team

08.00.00 – Economic Sciences

Baltina A.M., Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Finance, Orenburg State University, Orenburg, Russia

Beregovaya I.B., Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Marketing and Trading, Orenburg State University, Orenburg, Russia

Bobrova V.V., Doctor of Economics, Associate Professor, Director of the Institute of Management, Orenburg State University, Orenburg, Russia

Borisyuk N.K., Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Management, Orenburg State University, Orenburg, Russia

Korabeynikov I.N., Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of Management, Orenburg State University, Orenburg, Russia

Leontyeva L.S., Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Regional and Municipal Management, Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Moscow, Russia

Sabitova N.M., Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Economics and Finance, Institute of Management, Kazan Federal University, Kazan, Russia

Tsylin A.P., Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Econometrics and Management of Socio-Economic Systems, Moscow University of Food Production, Moscow, Russia

Chernenko V.A., Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Corporate Finance and Business Assessment, St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg, Russia

Shepel V.N., Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Management and Computer Science, Orenburg State University, Orenburg, Russia

Yumatov A.S., Ph.D., Associate Professor, Head of the Organization Management Department, Orenburg Branch of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Orenburg, Russia

09.00.00 – Philosophical Sciences

Belyaev I.A., Doctor of Philosophy, Associate Professor, Professor of the Department of philosophy, culturology and sociology, Orenburg State University, Orenburg, Russia

Maksimov A.M., Doctor of Philosophy, Professor, Professor of the Department of History and Philosophy, Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

Rakhmatullin R.Yu., Doctor of Philosophy, Professor, Professor of the Department of Social, Economic and Humanitarian Disciplines, Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

Fedyaev D.M., Doctor of Philosophy, Professor, Professor of the Department of Philosophy, Omsk State Pedagogical University, Omsk, Russia

05.22.00 – Transport

Larin O.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Logistic Transport Systems and Technologies, Russian University of Transport, Moscow, Russia

Rassoha V.I., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Transport, Orenburg State University, Orenburg, Russia

Rodionov Yu.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of the Automobile and Road Institute, Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russia

Sultanov N.Z., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Production Automation Systems, Orenburg State University, Orenburg, Russia

Trofimenko Yu.V., Honored Scientist of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Technosphere Safety Department, Director of the Research Institute of Energy Ecological Problems, Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI), Moscow, Russia

Yakunin N.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automobile Transport, Orenburg State University, Orenburg, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

ГОСТЬ НОМЕРА

М.Р. Якимов

О подходах к формированию эффективной системы пассажирского транспорта общественного пользования10

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

А.А. Алабугин

Модели теории и методологии интеграционно балансирующего управления ресурсами интеллектуального труда и капитала в условиях сингулярности технологий: математические и методические основы исследования19

Yoon Youngmin

Energy import diversity of energy importing countries: focus on Korea and Japan33

А.Г. Казанин

Анализ кадровой обеспеченности и продуктивности российской науки об Арктике и науки в Арктике в свете современных вызовов44

Т.Г. Синявская, А.А. Трегубова

Кто выбирает разные типы страхования: эконометрический анализ58

Н.В. Черемисина, Т.Н. Черемисина, А.А. Денисов

Статистический анализ загрязненности водных объектов Ростовской области69

ТРАНСПОРТ

Р.Н. Горбунов, З.В. Горбунова, В.С. Колчин

Методика оценки качества обслуживания в рамках улично-дорожной сети на базе временного и буферного индексов80

Д.А. Дрючин, М.Р. Янучков, В.В. Котов

Совершенствование организации внутриобластных междугородних перевозок за счёт координированной работы маршрутных автобусов и легковых такси87

С.А. Кропивенцева, М.А. Седова

Сокращение длительности обслуживания пассажиров вылетающего рейса и оценка стоимости процесса обслуживания98

А.Т. Кулаков, Е.П. Барыльникова, Р.Ф. Калимуллин

Влияние сбалансированности подачи масла к шатунным подшипникам на их отказы в эксплуатации106

А.И. Петров

К вопросу о важности энтропийного анализа в оценке качества управления безопасностью дорожного движения на федеральном уровне116

Ю.В. Родионов, В.О. Нугаева

Результаты исследования показателя степени массопоглощения в агрессивных средах клеевой композиции для восстановления деталей автомобиля127

Д.Н. Прошин, А.Н. Кузьмин, А.Д. Кустиков

Анализ дефектов лакокрасочного покрытия кузовных элементов в местах примыкания лобовых стекол135

И.Х. Хасанов, В.И. Рассоха, Д.Г. Неволин

Анализ способов защиты лакокрасочного покрытия, восстановленного после ремонта кузова легкового автомобиля145

С.А. Эртман, Ю.А. Эртман, Г.Н. Морозов

Канализирование левоповоротных транспортных потоков на перекрестках со светофорным регулированием153

CONTENTS

GUEST OF THE VOLUME

M.R. Yakimov

On approaches to the formation of an effective system of public transport10

ECONOMICAL SCIENCES

A.A. Alabugin

Models of the theory and methodology of integrating balancing resource management of intellectual labor and capital in the conditions of the singularity of technologies: mathematical and methodological foundations of research19

Yoon Youngmin

Energy import diversity of energy importing countries: focus on Korea and Japan33

A.G. Kazanin

Analysis of staffing and productivity of the Russian Arctic science and science in the Arctic in the light of modern challenges44

T.G. Sinyavskaya, A.A. Tregubova

Who chooses different types of insurance: econometric analysis58

N.V. Cheremisina, T.N. Cheremisina, A.A. Denisov

Statistical analysis of water pollution in Rostov region69

TRANSPORT

R.N. Gorbunov, Z.V. Gorbunova, V.S. Kolchin

Method of estimating street-road network level of service based on time and buffer indices80

D.A. Dryuchin, M.R. Yanuchkov, V.V. Kotov

Improvement of organization of internal regional international transportation due to the coordinated work of route bases and passenger taxi87

S.A. Kropiventseva, M.A. Sedova

Reducing the duration of service for passengers of departure flight and evaluating the cost of the service process98

A.T. Kulakov, E.P. Barylnikova, R.F. Kalimullin

Influence of the balancing of the oil supply to the connecting bearings on their operations failures106

A.I. Petrov

On the importance of entropy analysis in assessing the quality of road safety management at the federal level116

Y.V. Rodionov, V.O. Nugaeva

Results of research indicator of degrees of mass absorption in aggressive media of glue composition for restoration of car details127

D.N. Proshin, A.N. Kuzmin, A.D. Kustikov

The method of analysis of the defects in paintwork body elements in places of an adjunction of glass135

I.H. Khasanov, V.I. Rassokha, D.G. Nevolin

Analysis of protection methods of paint coating restored after repair of car body145

S.A. Ertman, J.A. Ertman, G.N. Morozov

The left turn traffic flow channeling technique at signaled crossing153

ГОСТЬ НОМЕРА

УДК 656.13

DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-10

О ПОДХОДАХ К ФОРМИРОВАНИЮ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ



М.Р. Якимов

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия
e-mail: yakimov@rosacademtrans.ru

Аннотация. В статье предпринята попытка сформулировать и показать сложность задачи построения и управления системой пассажирского транспорта на урбанизированной территории. Особым образом предлагается оценивать назначение общественного транспорта через детализацию задач, которые при этом решаются. Представлены концептуальные подходы и требования к субъектам взаимоотношений на различных уровнях построения системы. Описаны этапы построения маршрутной сети городского пассажирского транспорта общего пользования, а также технологии и алгоритмы математического поиска решения. Статья носит обзорный характер.

Ключевые слова: общественный транспорт, маршрутная сеть, научные исследования.

Для цитирования: Якимов М. Р. О подходах к формированию эффективной системы пассажирского транспорта общественного пользования // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 8. – С. 10-18. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-10.

ON APPROACHES TO THE FORMATION OF AN EFFECTIVE SYSTEM OF PUBLIC TRANSPORT

M.R. Yakimov

Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI), Moscow, Russia
e-mail: yakimov@rosacademtrans.ru

Abstract. The article is an attempt to formulate and show the complexity of the task of building and managing a public transport system in an urban area. The article proposes a special way to evaluate the purpose of public transport through the specification of tasks that are being solved. The conceptual approaches and requirements for the subjects of relationships at various levels of system construction are presented. The article describes the stages of designing a route network of public transport, as well as technologies and algorithms for mathematical search for solutions.

Keywords: public transport, route network, research.

Cite as: Yakimov, M.R. (2019) [On approaches to the formation of an effective system of public transport]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 8, pp. 10-18. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-10.

Введение

Появившись в середине 19 века, общественный транспорт стал новым явлением в жизни городов, явлением новой формы взаимоотношений между совершенно различными людьми, находящимися в местах компактного проживания и пользующихся

его благами. С тех пор основные принципы функционирования общественного транспорта в городах почти не претерпели каких-либо существенных изменений. Общественный транспорт как отдельная институция остается востребованным в современном городе, что свидетельствует о том,

что с момента своего образования и появления, как отдельного явления, общественный транспорт отвечал и продолжает отвечать основным запросам, возникающим в человеческом обществе, независимо от народности, экономической формации, места и даже времени.

Общественный транспорт стал обычной практикой, привычным благом, наравне с электрификацией, тепло-, водо- и газоснабжением для жителей городов. Трудно представить себе город или городскую агломерацию, в котором не существует общественного транспорта, как и трудно назвать место компактного проживания людей городом, если в нем нет общественного транспорта. В силу этой обыденности, помноженной на универсальность функционирования общественного транспорта при различных политических системах и экономических условиях, вопросы функционирования и развития общественного транспорта не находят должного отражения в современных научных исследованиях, чаще оставаясь элементом политической жизни и разменной монетой в борьбе за электоральные предпочтения людей.

В этой связи представляется интересным не только поиск новых механизмов, инструментов, идей и алгоритмов развития общественного транспорта, повышения эффективности его функционирования, но также и простое терминологическое описание основных аспектов функционирования системы городского пассажирского транспорта общего пользования (ГПТОП) на урбанизированных территориях. Такой формализации требует как само явление общественного транспорта как услуги или общественного блага, так и роль, и место различных субъектов, вовлеченных в процесс перевозок, их влияние на эффективность работы общественного транспорта, его надежность и потенциал развития.

Двойственный характер услуги по перевозке пассажиров

Пункт 7 статьи 16 Федерального закона Российской Федерации от 06.10.2003 № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» закрепляет за органами муниципального управления городов: «создание условий для предоставления транспортных услуг населению и организация транспортного обслуживания населения в границах городского округа» [1].

Для дальнейшего формулирования целей и задач работы ГПТОП потребуется дополнительная формализация понятия – «услуга», закрепленного в вышеупомянутом законе. В тексте закона уже просматриваются его две части, разделённые союзом «и». Транспортное обслуживание населения городским пассажирским транспортом общего пользования предполагает оказание двух видов услуг:

Первая услуга – услуга по перевозке пассажира городским пассажирским транспортом общего пользования.

Вторая услуга – услуга по предоставлению гарантии того, что первая услуга будет предоставлена.

Иными словами, кроме получения услуги выраженной в транспортной работе непосредственно поставщиком транспортной услуги (владельцем транспортного средства, на котором осуществляется перевозка), потребителям услуги важно иметь гарантии того, что такая услуга будет оказана, транспортное средство прибудет на остановку и прибудет по расписанию. Подробнее определим понятия поставщиков, потребителей и некоторые иные особенности двойственности рассматриваемой услуги.

Потребителями первой услуги являются пассажиры ГПТОП, участвующие в процессе перевозки и удовлетворяющие при этом свои транспортные потребности.

Потребителями второй услуги являются все жители города (территории), где это транспортное обслуживание организуется. Именно все жители, а не только пассажиры ГПТОП хотят иметь гарантии того, что могут в будущем стать пассажирами.

Поставщики услуг. Первую услугу предоставляет перевозчик. Вторую услугу предоставляет организатор перевозок. Согласно [1] – это муниципалитет.

Оплата услуг. Оплата услуг основывается на справедливом принципе – кто получает услугу, тот за нее и платит. За оказанную первую услугу платит пассажир. За вторую услугу платят все жители, осуществляя свои налоговые платежи в бюджет.

Ответственность за оказание услуги. Как и за предоставление любой другой услуги, за ее качество отвечает тот, кто эту услугу предоставляет. За предоставление первой услуги отвечает перевозчик. За предоставление второй услуги отвечает муниципалитет – орган администрации муниципального образования, уполномоченный в области содержания и строительства автомобильных дорог, организации транспортного обслуживания населения.

Концепция развития общественного транспорта и ее уровни

Задача формирования, управления и развития системы ГПТОП многогранная и многоуровневая. Весь комплекс решений, технологий и подходов к ее решению можно разделить на три уровня [2].

Первый уровень – это управленческий уровень. В него входят задачи построения системы управления пассажирским транспортом общего пользования в соответствии с той структурой предоставления услуг по транспортному обслуживанию на-

селения, которая была описана выше. Необходимо определить полномочия отдельных управленческих структур в этой сфере, определить зоны ответственности и критерии оценки качества тех или иных управленческих решений.

Второй уровень – это нормативно-правовой уровень, который подразумевает создание нормативно-правовой основы для функционирования такой сложной и многогранной, включающей в себя множество объектов и субъектов права системы ГПТОП. Эта система включает как определенные федеральным и региональным законом нормы федерального и регионального права в виде федеральных и региональных законов, так и различные решения, правила и нормативы, определенные на местном уровне и закреплённые решениями представительных органов муниципальной власти.

Третий, организационно-технический уровень, который представляет самый большой комплекс мероприятий, решений, направленных на эффективное функционирование системы ГПТОП с точки зрения его основных и видимых потребителю критериев, таких как безопасность, время, цена и тому подобное. Постановка и определение способов решения задач организационно-технического уровня само по себе является отдельной инженерной задачей, решение которой наукоемко и находится на стыке знаний из разных областей науки и техники.

Управленческий уровень решения задачи формирования эффективной системы общественного транспорта определяется типом и территорией, на которых функционирует объект управления. В частности, это могут быть регулярные муниципальные перевозки, межмуниципальные перевозки, а также межсубъектные перевозки. Соответственно, в каждом субъекте Российской Федерации, отдельном муниципальном образовании может быть сформирована своя уникальная система управления развитием как дорожно-транспортного комплекса, так и системой перевозок пассажирским транспортом общего пользования. Исследование и построение наиболее эффективной системы управления относятся к сфере знаний в области государственного и муниципального управления, подробно изученной в специальной литературе. В частности, некоторые примеры построения эффективных управленческих систем изложены в [2–4].

Второй уровень на сегодняшний день представлен довольно сбалансированно и законченно в системе федеральных законов и нормативных актов, регулирующих сферу перевозок пассажирским транспортом общего пользования. В частности, область взаимоотношений между различными субъектами, вовлекаемых в процесс перевозки пассажирами, перевозчиками, а также организатором или

заказчиком перевозки, образует сферу взаимоотношений под названием регулярные перевозки.

Такое понятие определено в Федеральном законе от 08.11.2007 № 259-ФЗ «Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта» [5]. В развитие положений Устава принят Федеральный закон от 13.07.2015 № 220-ФЗ «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [6]. Эти законы являются основополагающими инструментами, формирующими на федеральном уровне необходимую законодательную и нормативную базу для организации регулярных перевозок на пассажирском транспорте общего пользования как на муниципальном уровне, так на региональном и федеральном уровнях. В развитии Федерального закона от 13.07.2015 № 220-ФЗ [6] на местах требуется разработка ряда обязательных документов, определяющих как порядок планирования регулярных перевозок, так и изменение этого порядка с течением времени. В частности, на региональном и муниципальном уровнях работают три документа:

- порядок подготовки документа планирования регулярных перевозок;
- документ планирования регулярных перевозок;
- порядок установления, изменения и отмены маршрутов регулярных перевозок.

В данный момент большинство субъектов Российской Федерации и органы местного самоуправления подготовили необходимый перечень правоустанавливающих документов и нормативных актов.

Документы регионального и муниципального уровня определяют основы взаимоотношений и типов перевозок на каждой конкретной территории, при этом решают три вида задач: установление маршрута, выбор вида перевозок и выбор перевозчика на маршруте (рисунок 1).

В соответствии с Федеральным Законом от 13.07.2015 № 220-ФЗ [6] перевозки могут делиться на перевозки, осуществляемые по регулируемым тарифам, и перевозки, осуществляемые по нерегулируемым тарифам. В свою очередь, выбор перевозчика в каждом случае основывается на применении либо Федерального закона «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» от 05.04.2013 № 44-ФЗ [7], либо выдаче свидетельства на право осуществления перевозок на маршрутах регулярных перевозок по результатам открытого муниципального либо регионального конкурса (рисунок 2).



Рисунок 1. Правовое регулирование взаимоотношений между субъектами перевозочной деятельности

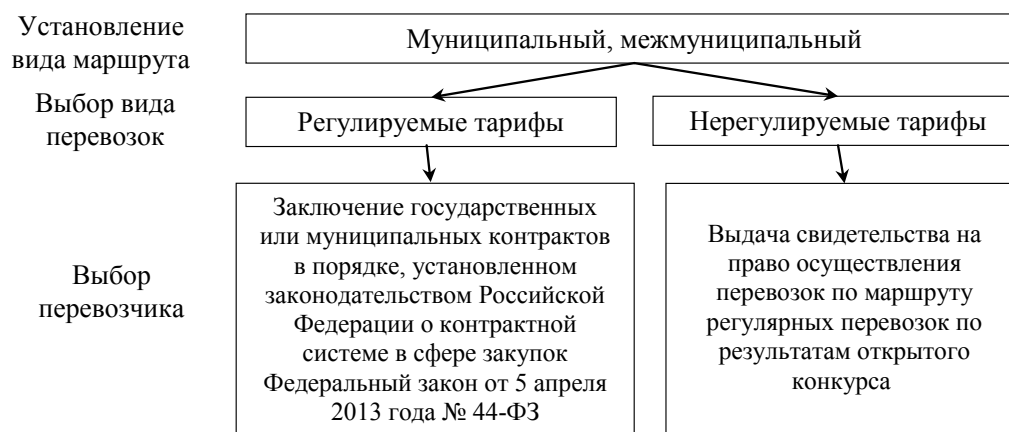


Рисунок 2. Этапы планирования регулярных перевозок

При этом, учитывая двойственность услуги по обеспечению транспортного обслуживания населения пассажирским транспортом общего пользования, требования к качеству транспортного обслуживания населения предъявляются как к первой услуге в виде требования к перевозчику, так и на этапе требования ко второй услуге по предоставлению гарантий перевозок в виде требования к заказчику перевозок или организатору перевозок в лице органа местного самоуправления. Требования как к перевозчику, так и к организатору перевозок мож-

но разбить на три составляющих:

- требования к средствам транспортировки;
- требования к процессу перевозки;
- требования к параметрам маршрутной сети.

Параметры маршрутной сети определяют объем необходимой транспортной работы для удовлетворения транспортных потребностей населения, параметры расписания движения каждого отдельного транспорта по каждому отдельному маршруту и параметры самой сети (конфигурации маршрутной сети и дизайн каждого маршрута) (рисунок 3).



Рисунок 3. Структура параметров качества организации транспортного обслуживания населения

Требования к средствам транспортировки заключаются в требованиях к характеристикам подвижного состава, использующегося на тех или иных маршрутах. В частности его экзистенциальным характеристикам, таким как комфорт и безопасность, а также к функциональным характеристикам, таким как пассажироместимость, скорость и иным технологическим параметрам самого транспортного средства.

Как видно из рисунка 8, основные требования к системе ГПТОП определяются как раз через параметры маршрутной сети. Разработка маршрутной сети является главной задачей третьего организационно-технического уровня планирования работы системы ГПТОП. В общем случае в параметры маршрутной сети входят как расписание движения, так и объем транспортной работы, количество маршрутов, их функционирование в пространстве и времени [8].

Принципы и этапы планирования маршрутной сети

Планирование общественного транспорта охватывает очень широкую область научных и эмпирических исследований. От проектирования сетей до составления графиков работы экипажей водителей и обслуживающего персонала, от оценки спроса до назначения рейса общественного транспорта, от методов математического программирования до эволюционных эвристических и метоевристических подходов к решению [9–11]. К процессу создания системы общественного транспорта подходили разные исследователи и подходили с разных сторон. Далее мы постараемся более подробно формализовать и структурировать основные блоки

ставящихся и решаемых задач при формировании эффективной системы ГПТОП на этапе создания маршрутной сети.

В обязанности организаторов перевозок общественным транспортом входит обеспечение адекватной настройки системы таким образом, чтобы найти компромисс между интересами различных субъектов, участвующих в процессе оказания услуг, и именно здесь в игру вступают различные методы оптимизации.

Кроме предоставления быстрого, дешевого и прямого способа перемещения, критериями качества системы общественного транспорта могут быть комфортность, регулярность, уровень обслуживания и уровень частоты движения транспортных средств и размещения транспортных терминалов. С точки зрения перевозчика, цель состоит в том, чтобы система приносила как можно больше прибыли. Основная задача при планировании маршрутной сети – найти равновесие между этими конфликтующими целями.

Эти блоки решаемых задач, а также общий процесс проектирования были в значительной степени основаны на практических рекомендациях, экспертном заключении инженеров транспортников и опыте перевозчиков [12].

Общее планирование и проектирование маршрутной сети являются довольно сложной и многогранной задачей, которую с трудом удастся разбить на несколько подзадач, которые можно рассматривать сравнительно отдельно. Тем не менее, каждая из них так же сложна. Первое научное исследование в этой сфере датировано 1925 годом, и с тех пор постоянно совершенствуется и развивается. Механизм глобального проектирования кон-

фигурации маршрутной сети основан на нескольких фундаментальных исходных данных – это спрос на транспортные перемещения, связанные с районами и их топологическими характеристиками, а также набором необходимой инфраструктуры как ее подвижной, так и неподвижной части, в виде различных систем транспорта. Конечная цель состоит в том, чтобы получить не только набор маршрутов и связанных расписаний, но и в конечном итоге назначить время работы каждой единицы подвижного состава с учетом особенностей спроса, графика работы и ограничений, накладываемых системой транспортной и производственной безопасности, контроля труда и отдыха водителя. Процесс такого проектирования можно разбить на пять последовательных этапов: (1) планирование маршрутов, (2) настройка интервалов движения, (3) распределение времени работы на маршруте, (4) планирование работы транспортного средства и (5) составление расписания и режимов работы персонала.

В общем случае все пять этапов должны обрабатываться в процессе проектирования одновременно, так как существует очевидная связь, например, между объемами перевозок на конкретном маршруте как с конфигурацией, так и с частотой маршрута и с типом подвижного состава. Из-за исключительной сложности и высокой размерности задачи, глобальный подход параллельного учета всех особенностей проектирования представляется неразрешимым на практике. В результате он разбивается на несколько отдельных подзадач, в каждой из которых решается своя оптимизационная задача, при этом теряется какая-либо гарантия конечной оптимальности.

Первая, начальная и главная задача – это проектирование (дизайн) маршрутной сети. Целью является определение набора маршрутов в конкретной области моделирования. При этом каждый маршрут определяется последовательностью остановок. Исходными данными для такого проектирования является топология транспортных районов и матрица транспортных корреспонденций между всеми районами. Матрица транспортных корреспонденций имеет набор точек остановок, строки соответствуют источникам корреспонденций, столбцы – адресам конечных корреспонденций. Элемент матрицы корреспонденций содержит количество пассажиров, перемещающихся из одного транспортного района в другой транспортный район за какой-то момент времени. Надо понимать, что уже на этом этапе существует потеря точности, так как координаты элементов матрицы должны соответствовать точным пожеланиям каждого конкретного пассажира. Однако, это практически недостижимо, поэтому целесообразно спрос на транспортные передвижения в матрице корреспонденций привязывать к предполагаемым

местам остановок общественного транспорта. Вторым моментом, который нужно учитывать на этом этапе, это то, что спрос на транспортные передвижения на общественном транспорте должен учитывать не только существующий объем пассажиров, реализующих свои транспортные потребности на общественном транспорте в данный момент времени, но также и всех потенциальных внешних пользователей системы ГПТОП.

На этапе проектирования уже можно сформулировать несколько ограничений. Первое ограничение связано с зоной охвата территории отдельным маршрутом или отдельной остановкой транспорта общего пользования. Насколько широкий ареал потенциальных пользователей может хватить один маршрут или одна остановка? В существующей практике считается приемлемым, если радиус охвата такого охвата будет составлять 400-500 метров от каждой остановки общественного транспорта, в которую вовлечены 90% потенциальных пользователей ГПТОП [13, 14]. Второе из ограничений – это ограничение на непрерывность поездки для реализации одной корреспонденции и соответствия конкретного маршрута прямой цели поездки. В ограничении формализуются определенные отношения к количеству пересадок, а также к прямолинейности каждого маршрута. Каждый пассажир стремится выбрать тот маршрут, который реализует его транспортные потребности без пересадок, а также будет максимально прямолинейным, а, следовательно, реализовывать эти перемещения с минимальным временем. Отдельные маршруты не должны быть слишком короткими или слишком длинными. Это, в свою очередь, затруднит обслуживание таких маршрутов и усложнит внутреннюю логистику работы автотранспортного предприятия, обслуживающего маршрут. Ограничением, с другой стороны, является необходимость полного удовлетворения транспортного спроса. Это самый ключевой вопрос и самое ключевое ограничение. Чаще всего маршрутная сеть не проектируется впервые в каком-то новом виртуальном городе. Работа строится уже на действующей маршрутной сети в городе, где сложился определённый набор транспортных корреспонденций, которые необходимо удовлетворить. Кроме того, часто ставится задача увеличения объемов реализации транспортных корреспонденций на пассажирском транспорте общего пользования для целей повышения общей эффективности функционирования дорожно-транспортного комплекса в целом.

Второй блок задач – это настройка частоты движения транспортных средств в маршрутной сети. У этого шага также можно сформулировать свою оптимальную цель и рассчитать частоты движения подвижного состава каждого маршрута в сети для

каждого периода времени. Исходными данными на этом этапе является маршрутная сеть, сформированная на предыдущем этапе, а также объём существующего транспортного спроса в виде набора матриц корреспонденций. Другими входными данными является существующий парк транспортных средств, который может обслужить тот или иной маршрут. Основные ограничения на этом этапе связаны с анализом удовлетворения транспортного спроса интервалами движения с целью избегания переполнения или больших перегрузок подвижного состава и, как следствие, сокращения времени ожидания и времени перевозки. При этом количество отправок (количество рейсов) на каждом маршруте с точки зрения перевозчика желательно свести к минимуму по причинам, связанным с экономической ресурсами предприятия.

Третий шаг проектирования маршрутной сети – это разработка графиков работы на маршрутной сети. Цель этого шага – формирование расписания движения на каждом маршруте, выраженное во времени отправления от всех остановок, обслуживаемых каждой линией сети. Этот шаг определённым образом детализирует предыдущий шаг. Однако на этом этапе появляются дополнительные ограничения в виде не только удовлетворения транспортного спроса, но и координации перевозок на пересекающихся маршрутах для обеспечения трансфера пассажира между различными маршрутами.

Четвёртый и пятый шаг – это построение расписания движения для каждого транспортного средства, цель которого получить последовательность рейсов маршрутов, определяя при этом количество единиц подвижного состава, требуемого для рассматриваемого периода, а также составление графика работы экипажа на каждой единице подвижного состава с учётом требований безопасности их работы, распределения времени труда и отдыха, количества рабочего времени в часах и днях, в течение суток и рабочей недели [15].

Каждая из этих задач является оптимизационной задачей, при этом не всегда выпуклой и не всегда линейной. Постановка и решение таких задач не всегда возможны в рамках одной области математики – математического программирования. Вместе с тем, их решение возможно, и эти решения доволь-

но широко известны и активно используются в проектной работе транспортных инженеров по всему миру. Можно отметить, что технологии решения таких задач к сегодняшнему дню прошли долгий путь от традиционных аналитических методов с элементами математического программирования, до эвристических и метаэвристических алгоритмов, основанных на генетических принципах наследственности и муравьиных алгоритмах коллективного поведения. Именно в задачах построения оптимальной сети маршрутов городской агломерации нашли применение специальная эвристика, основанная на «жадном принципе» построения, поиск по соседству, такие как «имитация отжига» и «поиск по Табу» [11, 16–19].

Заключение

Сложность организации работы общественного транспорта определяется, в первую очередь, причинами, лежащими далеко за технической областью. Эти причины кроются в потребительском отношении пассажиров к общественному транспорту и сложностью формализации состава услуги. Качество работы системы пассажирского транспорта общего пользования определяется не столько финансовыми ресурсами, задействованными обществом в его развитии, сколько качественно и прозрачно выстроенной системой управления отраслью, качественно подготовленной нормативной и законодательной базой, ее регулирующей. Требования к совершенствованию качества обслуживания пассажиров относятся не столько к субъектам предпринимательства в этой сфере, сколько к организатору перевозок (органу администрации муниципального образования, либо субъекта Федерации), главное из которых – это требование к качеству маршрутной сети. Формирование эффективной сети маршрутов общественного транспорта является задачей большой размерности, не имеющей единых подходов к ее решению. Несмотря на существенный прорыв в развитии и применении вычислительных методов решения оптимизационных задач математического программирования в области построения оптимальных маршрутных сетей, все чаще применяются эвристические, полуэвристические и метаэвристические алгоритмы.

Литература

1. Федеральный закон от 06.10.2003 № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_44571/ (дата обращения: 05.11.2019).
2. Якимов М. Р. Концепция транспортного планирования и организации движения в крупных городах: монография. – Пермь: Изд-во Перм. гос. тех. ун-та. – 2011. – 175 с.
3. Якимов М. Р., Трофименко Ю. В. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов. – М.: Логос. – 2013. – 447 с.
4. Yakimov M. Optimal Models used to Provide Urban Transport Systems Efficiency and Safety // Transportation Research Procedia. – Vol. 20: 12th International Conference Organization and Traffic Safety

Management in large cities, SPbOTSIC-2016, 28-30 September 2016, St. Petersburg, Russia. – 2017. – P. 702-708.

5. Федеральный закон «Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта» от 08.11.2007 № 259-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72388/ (дата обращения: 05.11.2019).

6. Федеральный закон «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 13.07.2015 № 220-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182659/ (дата обращения: 05.11.2019).

7. Федеральный закон «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» от 05.04.2013 № 44-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144624/ (дата обращения: 05.11.2019).

8. Якимов М. Р. Расчет ограничений при открытии маршрутов городского пассажирского транспорта общего пользования: методические рекомендации. – Москва: Институт транспортного планирования общероссийской общественной организации Российской академия транспорта. – 2016. – 36 с.

9. Desaulniers G., Hickman M. Public transit // Handbooks in Operation Research and Management Science. – 2017. – P. 69-120.

10. Fan W., Machemehl R. Optimal transit route network design problem: algorithms, implementations, and numerical results // Tech. Rep. SWUTC/04/ 167244-1, Center for Transportation Research, University of Texas. – 2004.

11. Zhao F., Gan A. Optimization of transit network to minimize transfers // Tech. Rep. BD015-02, Florida Department of Transportation, Center for Transportation Research, Florida International University. – 2003.

12. Baaj M.H., Mahmassani H.S. Hybrid route generation heuristic algorithm for the design of transit networks // Transportation Research Part. – 1995. – P. 31-50.

13. Murray A.T. A coverage model for improving public transit system accessibility and expanding access // Annals of Operations Research. – 2003. – P. 123,143-156.

14. Benn H.P. Bus route evaluation standards // Tech. Rep., Transportation Research Board, Washington. – 1995.

15. Bunte S., Klierer N., Suhl, L. An overview on vehicle scheduling models in public transport // In: Proceedings of the 10th International Conference on Computer-Aided Scheduling of Public Transport, Leeds, UK. Springer-Verlag. – 2006.

16. Borndörfer R., Grötschel M., Pfetsch M.E. A path-based model for line planning in public transport // Tech. Rep. Report 05-18, ZIB. – 2005.

17. Guan J.F., Yang H., Wirasinghe S.C. Simultaneous optimization of transit line configuration and passenger line assignment // Transportation Research Part B 40 (10). – 2003. – P. 885-902.

18. Zhao F., Ubaka I. Transit network optimization - minimizing transfers and optimizing route directness // Journal of Public Transportation 7(1). – 2004. – P. 67-82.

19. Zhao F., Zeng X. Simulated annealing-genetic algorithm for transit network optimization // Journal of Computing in Civil Engineering 20 (1). – 2006. – P. 57-68.

References

1. Federal Law of 06.10.2003 No. 131-FL «On General Principles of the Organization of Local Self-Government in the Russian Federation». Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_44571/ (accessed 05.11.2019) (In Russ.).

2. Yakimov, M.R. (2011) *Kontseptsiya transportnogo planirovaniya i organizatsii dvizheniya v krupnykh gorodakh: monografiya* [The concept of transport planning and traffic management in large cities: a monograph]. Perm: Publishing house Perm. state univ., 175 p.

3. Yakimov, M.R., Trofimenko, Yu.V. (2013) *Transportnoye planirovaniye: formirovaniye effektivnykh transportnykh sistem krupnykh gorodov* [Transport planning: the formation of effective transport systems in large cities]. Moscow: Logos, 447 p.

4. Yakimov, M. (2017) [Optimal Models used to Provide Urban Transport Systems Efficiency and Safety]. *Transportation Research Procedia* [Transportation Research Procedia]. Vol. 20, 12th International Conference Organization and Traffic Safety Management in large cities, SPbOTSIC-2016, 28-30 September 2016, St. Petersburg, Russia, pp. 702-708. (In Russ.).

5. Federal law «Charter of road transport and urban land electric transport» dated 08.11.2007 No. 259-FL. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72388/ (accessed 05.11.2019) (In Russ.).

6. Federal Law «On the Organization of Regular Transportation of Passengers and Baggage by Road Trans-

port and Urban Surface Electric Transport in the Russian Federation and on Amending Certain Legislative Acts of the Russian Federation» dated July 13, 2015 No. 220-FL. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182659/ (accessed 05.11.2019) (In Russ.).

7. Federal law «On the contract system in the field of procurement of goods, works, services to ensure state and municipal needs» dated 04.04.2013 No. 44-FL. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144624/ (accessed 05.11.2019) (In Russ.).

8. Yakimov, M.R. (2016) *Raschet ogranicheniy pri otkrytii marshrutov gorodskogo passazhirskogo transporta obshchego pol'zovaniya: metodicheskiye rekomendatsii* [Calculation of restrictions when opening routes of public passenger public transport: guidelines]. Moscow: Institute of Transport Planning of the All-Russian Public Organization Russian Academy of Transport, 36 p.

9. Desaulniers, G., Hickman, M. (2017) Public transit. *Handbooks in Operation Research and Management Science*, pp. 69-120.

10. Fan, W., Machemehl, R. (2004) Optimal transit route network design problem: algorithms, implementations, and numerical results Tech. Rep. SWUTC / 04 / 167244-1, *Center for Transportation Research, University of Texas*.

11. Zhao, F., Gan, A. (2003) Optimization of transit network to minimize transfers. Tech. Rep. BD015-02, Florida Department of Transportation, Center for Transportation Research, *Florida International University*.

12. Baaj, M.H., Mahmassani, H.S. (1995) Hybrid route generation heuristic algorithm for the design of transit networks. *Transportation Research Part*, pp. 31-50 (In Engl.).

13. Murray, A.T. (2003) A coverage model for improving public transit system accessibility and expanding access. *Annals of Operations Research*, pp. 123,143-156. (In Engl.).

14. Benn, H.P. (1995) Bus route evaluation standards. Tech. Rep., Transportation Research Board, *Washington*.

15. Bunte, S., Kliever, N., Suhl, L. (2006) An overview on vehicle scheduling models in public transport. *Proceedings of the 10th International Conference on Computer-Aided Scheduling of Public Transport*, Leeds, UK. Springer-Verlag. (In Engl.).

16. Borndörfer R., Grötschel, M., Pfetsch, M.E. (2005) A path-based model for line planning in public transport. Tech. Rep. Report 05-18, ZIB.

17. Guan, J.F., Yang, H., Wirasinghe, S.C. (2003) Simultaneous optimization of transit line configuration and passenger line assignment. *Transportation Research Part B* 40 (10), pp. 885-902. (In Engl.).

18. Zhao, F., Ubaka, I. (2004) Transit network optimization – minimizing transfers and optimizing route directness. *Journal of Public Transportation* 7 (1), pp. 67-82. (In Engl.).

19. Zhao, F., Zeng, X. (2006) Simulated annealing-genetic algorithm for transit network optimization. *Journal of Computing in Civil Engineering* 20 (1), pp. 57-68. (In Engl.).

Информация об авторе:

Михаил Ростиславович Якимов, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры организации и безопасности движения, директор Института транспортного планирования Общероссийской общественной организации «Российская академия транспорта», Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия

Scopus Author ID: 57193747033, **ORCID ID:** 0000-0002-7627-4791, **Researcher ID:** C-3333-2014
e-mail: yakimov@rosacademtrans.ru

Статья поступила в редакцию 11.11.2019; принята в печать 29.11.2019.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Information about the author:

Mikhail Rostislavovich Yakimov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Organization and Traffic Safety, Director of the Institute of Transport Planning of the All-Russian Public Organization «Russian Academy of Transport», Moscow Automobile and Highway Technical University (MADI), Moscow, Russia

Scopus Author ID: 57193747033, **ORCID ID:** 0000-0002-7627-4791, **Researcher ID:** C-3333-2014
e-mail: yakimov@rosacademtrans.ru

The paper was submitted: 11.11.2019.

Accepted for publication: 29.11.2019.

The author has read and approved the final manuscript.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 332.242.2

DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-19

МОДЕЛИ ТЕОРИИ И МЕТОДОЛОГИИ ИНТЕГРАЦИОННО-БАЛАНСИРУЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА И КАПИТАЛА В УСЛОВИЯХ СИНГУЛЯРНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ: МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

А.А. Алабугин

Южно-Уральский государственный университет (Научно-исследовательский университет), Челябинск, Россия

e-mail: alabugin.aa@mail.ru

Аннотация. Актуальность математического обоснования моделей теории и методологии, разработки методик реализации интеграционно балансирующего управления ресурсами труда и капитала в условиях сингулярности технологий определяется практическими потребностями постиндустриальной экономики. Нерешенность проблем практического использования аналитического отображения скачкообразных процессов перехода к характеристикам такой экономики обусловлена недостаточной проработкой и организационной адаптацией математических и методических основ управления. Они не учитывают конкретные условия пространственно-временной комплементарной интеграции ресурсов и инклюзии объектов в формируемый комплекс. Это определило цель исследования как разработку математических и методических основ реализации моделей теории и методологии интеграционно балансирующего управления ресурсами. Использование авторского теоретико-методологического подхода определило направления разработки методического аппарата данного этапа исследования, включающего: методику динамической оценки и регулирования качества управления; авторскую интерпретацию организационного смысла производных высших порядков аппроксимаций сингулярной функции для отображения скачкообразных процессов; методы оценки показателей качества управления (направленности и амплитуды показателя-свойства при применении, воздействия параметров интеграционно балансирующего механизма (акселераторов, регулирующих скорость возмущений, интеграторов ресурсов и регуляторов энтропии синергизма); методы определения критических точек потери устойчивости процессов. Научную и практическую ценность имеют следующие результаты: выявление и изучение новых свойств скачкообразного развития; регулирование статистики и динамики процессов как эффекта условного расширения пространства и времени принятия управленческих решений в условиях сингулярности технологий; возможности анализа краткосрочных процессов; выявление новых закономерностей динамики скачкообразных процессов в зоне максимума эффекта; рекомендации по регулированию сроков и интенсивности мероприятий для изменения приоритетов и направленности воздействий по критерию компромисса целей эффективности и инновационности развития комплекса; рекомендации по выбору методов управления ресурсами высокотехнологичного развития промышленности типа 4.0 в организационно-когнитивной модели повышения профессиональных компетенций интеллектуального капитала.

Ключевые слова: организационный смысл производных высших порядков, регулятор энтропии синергизма, интегратор ресурсов, акселераторы механизма управления.

Для цитирования: Алабугин А. А. Модели теории и методологии интеграционно балансирующего управления ресурсами интеллектуального труда и капитала в условиях сингулярности технологий: математические и методические основы исследования // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 8. – С. 19-32. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-19.

MODELS OF THEORY AND METHODOLOGY OF INTEGRATING BALANCING RESOURCE MANAGEMENT OF THE INTELLECTUAL LABOR AND CAPITAL IN THE CONDITIONS OF SINGULARITY OF TECHNOLOGIES: MATHEMATICAL AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF RESEARCH

A.A. Alabugin

South Ural State University (Research University), Chelyabinsk, Russia
e-mail: alabugin.aa@mail.ru

Abstract. *The relevance of the mathematical substantiation of the models of the theory and methodology, the development of methods for the implementation of integration-balancing management of labor and capital resources in the context of the singularity of technologies is determined by the practical needs of a post-industrial economy. The unresolved problems of the practical use of the analytical mapping of the jump-like processes of transition to the characteristics of such an economy are due to the insufficient development and organizational adaptation of the mathematical and methodological foundations of management. They do not take into account the specific conditions of the space-time complementary integration of resources and the inclusion of objects into the complex being formed. This defined the purpose of the study as the development of mathematical and methodological foundations for the implementation of models of the theory and methodology of integration-balancing resource management. The use of the author's theoretical-methodological approach has determined the direction of the development of the methodological apparatus of this stage of the study, including: methods of dynamic assessment and management quality control; author's interpretation of the organizational meaning of higher-order derivatives of approximations of a singular function for displaying jump processes; methods for evaluating management quality indicators (directivity and amplitude of the indicator-property when used, effects of integration-balancing mechanism parameters (accelerators regulating the speed of impacts, resource integrators and regulators of entropy synergy); methods for determining the critical points of stability loss. The following are scientific and practical value results: identification and study of new properties of spasmodic development; regulation of statics and dynamics of processes as a conditional effect expanding the space and time of managerial decision-making under the conditions of singularity of technologies, the ability to analyze short-term processes, identify new patterns of dynamics of discontinuous processes in the zone of maximum effect, recommendations on adjusting the timing and intensity of measures for changing priorities and impact targeting by the criterion of compromise on the goals of efficiency and innovation development complex; recommendations on the choice of methods for managing the resources of high-tech development type 4.0 industry in the organizational-cognitive model of improving professional competencies of intellectual capital.*

Keywords: *the organizational meaning of higher order derivatives; synergy entropy regulator; resource integrator; control mechanism accelerators.*

Cite as: Alabugin, A. A. (2019) [Models of the theory and methodology of integrating balancing resource management of intellectual labor and capital in the conditions of the singularity of technologies: mathematical and methodological foundations of research]. *Intellect. Innovatsi. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 8, pp. 19-32. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-19.

Введение

Актуальность совершенствования количественных методов управления инновационным развитием возрастает в условиях необычных (сингулярных) изменений потребностей и вызовов части технологий в экономике постиндустриального типа. При переходе от экономики преимущественно индустриального типа должны применяться «прорывные», или высокотехнологичные результаты научно-технического прогресса, отличающиеся экспоненциальными изменениями существующих процессов, технологий и организационно-образовательных методов. Возникновение и устойчивое развитие такой экономики знаний возможно при комплементарном применении диверсифицированных ресурсов труда и капитала в цикле эволюционных

и революционных процессов. Необходима методика и механизм управления интеграцией ресурсов в процессах высокотехнологичного инновационного развития (ВИР). Предложения по новым теоретическим моделям и методологии интеграционно балансирующего управления (МИБУ) процессами ВИР были даны в первой части статьи. Потребность новой экономики в снижении дисбаланса целей, интеграции ресурсов интеллектуального труда и капитала объектов разного назначения в комплексе обострила противоречие между вызовами среды и недостаточной проработанностью математических и методических основ управления воздействиями на основе новой методологии. Это обостряет проблемы недостаточной эффективности функционирования комплексов в экономике постин-

дустриального типа, требующей комбинирования ресурсов и количественных оценок. Нерешенность проблем определяет целью статьи разработку нового методического и дополненного математического инструментария применения методологии интеграционно-балансирующего управления развитием. Для достижения цели необходимо решить задачи адаптации математических моделей аппроксимации скачкообразных процессов и интерпретации производных высших порядков для отображения воздействий предлагаемого механизма регулирования в расширенном пространстве и времени принятия решений в Центре управления развитием (ЦУР) комплекса, обоснованном в первой части статьи. Практически необходимы, как установлено ранее, новые возможности аналитической аппроксимации на основе обобщенных функций Дирака сингулярного вида. Это позволит повысить точность оценок при выборе методов интеграции ресурсов и инклюзии объектов разного назначения в комплексах объектов постиндустриальной экономики знаний и условиях сингулярности технологий и высоких темпов развития.

Обзор литературы

По предмету настоящего исследования известен ряд работ. В данном случае их можно разделить на три группы. Направлению экономики знаний соответствуют работы В.П. Моргунова [9], Г.А. Унтура [11] по исследованию факторов инновационной значимости человеческого капитала, нематериальных знаний в развитии инноваций. Соглашаясь с их предложениями по составу факторов, следует отметить отсутствие рекомендаций по анализу и регулированию скачкообразных переходов к инновациям. Узким аспектам управления экономикой знаний посвящены работы А. Inuzuka [21], который для лучших перспектив такой экономики предлагает ввести ранжирование уровней познания. Это воспринято в данной работе в части уровней пирамиды знаний. Не вызывает возражений утверждение F. Lafond [22], который полагается на возможности самоорганизации экономики. В данной работе это учтено как этап цикла инновационного развития. Однако самоорганизации совершенно недостаточно в условиях высокотехнологичного развития. P.L. Liu и соавторы [23] предлагают эмпирические подходы к изучению взаимосвязей методов экономики знаний и успехом инновационных стратегий. Следует отметить отсутствие комплексности указанных подходов: предлагаемые методы не позволяют применять необходимый набор регулирующих воздействий, отсутствуют механизмы управления процессами. R. Azizi с соавторами [16], A. Honaigrou [20] включают методы экономики знаний в состав инструментов управления качеством и конкуренцией.

T. Chou с соавторами [17] показывают значимость особого международного климата в повышении удовлетворенности при использовании возможностей такой экономики. M. Hoegl и его соавтор [19] предлагают рекомендации по повышению творческих способностей. Предложения по материальному обеспечению обучения в экономике знаний дает U. Schmitt [25]. Ценностные составляющие указанных предложений учтены, дополнены и модернизированы в инструментарии данного исследования. В то же время, следует отметить их недостаточную проработанность в части количественной обоснованности и возможностей аналитической оценки процессов, отсутствие возможностей их оптимизации по критериям снижения дисбаланса интересов изучаемых объектов.

Направлению оценки неопределенности процессов трансформации объектов в экономике отвечают работы И. Ершовой [6], А. Ковалева [7] П. Кохно [78] М. Шаталова [12]. Их предложения отличаются необходимым набором моделей, методов и показателей оценки синергетического эффекта. Некоторые из них использованы в данной работе. Однако необходимы особые математические подходы к анализу принципиально краткосрочных скачкообразных процессов, сопутствующих переходу к экономике знаний.

Повышение предсказуемости процессов таких воздействий возможно при математическом моделировании, позволяющем обосновывать и регулировать сравнительно краткосрочные процессы. По третьему направлению исследований выбраны методы геометрической алгебры многомерного пространства, исследующие вычислительные подходы к сжатию и растягиванию как видам его преобразования. Впервые такая алгебра предложена У. Клиффордом, автором термина «дивергенция» и векторного анализа (вместе с Гиббсом и Хевисайдом [3, 4, 18, 24]).

Математические и методические основы исследования

Установлено, что в условиях сингулярности технологий задачи моделирования нестационарных и скачкообразных процессов управления развитием сложных систем с учетом оптимизации требуют решения нелинейных задач. При этом выявлено отсутствие точных аналитических методов решения. Поэтому необходимо формирование математической модели, адекватной моделируемому динамическому процессу интеграционно-балансирующего управления. Разработка С.В. Алюковым методов аппроксимации обобщенных функций [3, 4] позволила количественно обосновать предложения по теоретической модели, единой методологии МИБУ и методам управления для моделирования процессов интеграции ресурсов и кон-

вергенции траекторий инновационного развития. Методы используют дополнительные функции и структуры разрабатываемого в исследовании интегративно балансирующего механизма управления ресурсами инновационного труда и капитала [1]. Поскольку три главных его элемента имеют общую направленность на реализацию концепции МИБУ, совокупность элементов механизма может быть названа триединой, а инструментарий назван как механизм триединого назначения (МТН).

В структуре МТН определены элементы регулирования конвергенции противоположных целей эффективности и инновационности. Они должны обеспечить комплементарность управляющих воздействий ЦУР на эффективность процессов интеграции ресурсов объектов комплекса: регулятор энтропии синергизма результатов интеграции ресурсов объектов; интегратор ресурсов объектов; акселераторы скорости повышения эффективности. Регулирование выбора приоритетов и последовательности применения методов инновационного развития и вида ресурсов осуществляется на основе интегральной организационно-когнитивной модели (ОКМ), обоснованной в первой части статьи. Регулирование скорости процессов в акселераторах механизма возможно изменением числа специальных функций управления интеграцией ресурсов объектов и интенсивности их применения для конвергенции траекторий показателя-свойства эффективности с показателями инновационности развития объектов в диапазоне компромисса их целевых (нормативных) величин.

Математически обоснованная концепция условного расширения пространства-времени принятия управленческих решений по повышению компетенций высокотехнологичного развития реализуется в авторской методике оценки и регулирования скорости инновационной трансформации. В условиях сингулярности технологий необходимы новые показатели измерения статистики и динамики эволюционных и скачкообразных процессов. Статическое представление процессов достаточно для исследования ситуации на данный момент планового периода, при малых темпах эволюционных изменений факторов среды и модернизации технологий. Общая методика оценивает статику и динамику процессов и состоит из 12-ти этапов.

1. Количественное определение исходной оценки уровня дисбаланса целей эффективности (H) и инновационности во времени (x) в цикле эволюционных изменений. Это может быть установлено соотношением площадей зоны, отображающих периоды трансформационного или проектного взаимодействия объектов комплекса (показаны в первой части статьи). Статические критерии повышения качества управления в конечных приращениях показателя-свойства следующие:

$$\left| H_i(x)x_{u2} \right| \geq \left| H_i(x)x_{u1} \right| \quad \frac{H_i(x)x_{u2}}{H_i(x)x_{u1}} \geq 1 \quad (1)$$

В данном случае критерии используют для оценки результатов повышения качества управления эффект расширения пространства и времени, отображаемый условным «растягиванием» одномоментного (теоретически мгновенного) скачка-перехода. Применение аппроксимаций обобщенной функции Дирака, как доказано в первой части статьи, позволяет получить возможности аналитической оценки в приемлемом периоде изменений. Это расширяет возможности принятия и реализации решений не только по эволюционной модернизации технологий низкого уровня инновационности, медленных преобразований на основе традиционной организационно-когнитивной модели (ОКМ), но и в скачкообразных процессах. Содержание и динамика ее трансформации в интегральной теоретической модели была обоснована в первой части статьи.

2. Выявление продолжительности устойчивого краткосрочного эффекта от реализации скачка-перехода (в диапазоне $-0,05 \dots 0,05$ рад) необходимо провести на основе оценок динамических процессов при сильных возмущениях по показателям интенсивности изменений факторных и функциональных воздействий показателей регулирования механизма: скорости, ускорения и других. Они позволяют выявить критические точки сингулярности технологий при $x = 0$ и другие критерии, определяющие потерю устойчивости взаимосвязей объектов комплекса (рисунок 1).

Оценку критериев интеграции и конвергенции траекторий показателей-свойств процессов ВИР для их регулирования предлагается интерпретировать числом так называемых (в математике) вложенных функций аппроксимации скачкообразных процессов. Доказано, что условия положительного синергизма взаимодействия объектов при комплементарной интеграции ресурсов и инклюзии диверсифицированных объектов в комплексе можно выявить на основе первых производных функций, определяющих последовательные приближения

$$\frac{dH_9(x)}{dx}, \quad \frac{dH_{10}(x)}{dx} \quad \text{и} \quad \frac{dH_{11}(x)}{dx} \quad \text{для исследуемой}$$

функции эффективности. В данном случае используется понимание зоны сингулярности в оценках отрицательных (уменьшение величины параметра, интерпретируемое периодом формирования структур ЦУР и МТН) и положительных границ расширения пространства-времени (минимального в диапазоне $-0,05 \dots 0,05$ рад, максимального $-0,15 \dots 0,15$ рад). Это соответствует увеличению скорости, интенсивности и уровням инновационности управленческих воздействий по развитию объектов

при возрастающем количестве и разнообразии интегрируемых ресурсов с применением дополнительных функций управления или регулирования (рисунок 1). Анализ характера их пространственно-временного поведения позволил количественно

оценить зоны, отличающиеся управляемостью процессов интеграции ресурсов и инклюзии объектов в комплекс: высокая ($-0,05 < x < 0,05$ рад) и низкая $-x < -0,05$ и $x \geq 0,05$ рад.

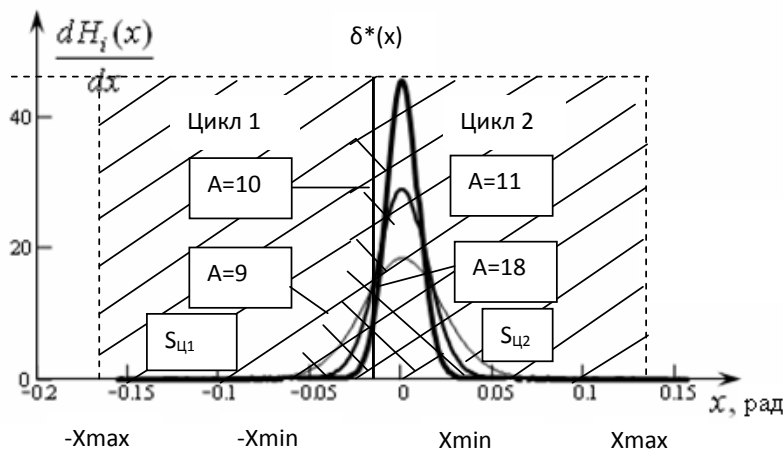


Рисунок 1. Зоны и этапы минимального ($-0,05 \dots 0,05$ рад) и максимального ($-0,15 \dots 0,15$ рад) динамического эффектов расширения пространства-времени на основе аппроксимаций функции управления скачкообразным развитием

3. Определение высоты пика аппроксимации (амплитуды) методом дифференцирования аппроксимирующих функций эффективности развития числом n выбранной для анализа последовательности $H_n(x) = 0,5(1 + f_n(x))$ для определения скорости изменений

$$\frac{dH_n(x)}{dx} = \frac{\pi^{n-1}}{2^n} \prod_{k=1}^{n-1} \cos\left(\frac{\pi}{2} f_k(x)\right) \cdot \cos x \quad (2)$$

Подставляя в полученное выражение для производных $x = 0$, с учетом четности δ — функции, найдем максимальное значение A_n как оценку интенсивности воздействия показателей качества применения функций в механизме управления

$$A_n = \frac{\pi^{n-1}}{2^n} \quad (3)$$

Это достижимо на этапе реализации структурно-революционных процессов типа ВИР. Критерием зоны равновесного состояния системы являются значения аппроксимирующих функций показателя свойства $H_n(x)$ в окрестности точки $x = 0$.

4. Количественное обоснование расширения пространственно-временной зоны на этапе сингулярности технологий необходимо для оценки устойчивости динамического эффекта расширения пространства-времени при экспоненциальном возрастании доли высокотехнологичных («прорывных») трансформаций. Для этого предлагается метод оценки динамики изменений вышеуказанных

площадей, определяемой произведением скорости и показателя фактора x :

$$S = \frac{dH_i(x)}{dx} * x \quad (4)$$

Математически точно максимальная величина S равна определенному интегралу следующего вида:

$$Si = \int_{-Xmax}^{Xmax} \frac{dH_i(x_i)}{dx_i} dx_i \quad (5)$$

Оценивая на графике производную как угол α к касательной, можно заметить, что

$$tg \alpha_i = \frac{dH_i(x_i)}{dx_i} \quad (6)$$

Поэтому при числе вложенных функций $A = 11, 18$ можно сделать практический вывод максимальной степени скорости изменений при $\alpha = 900$:

$$tg \alpha_{11} = \frac{dH_{11}(x_{11})}{dx_{11}} \rightarrow 90^0 \rightarrow \infty \quad (7)$$

5. Принятие решений о начале процесса комплементарной интеграции ресурсов. Управляемое расширение пространства и времени принятия решений в плане или проекте формирования или развития комплекса повышает возможности снижения неопределенности в зоне сингулярности технологий. В ЦУР комплекса увеличивается период времени для анализа и применения дополнительных функций и показателей их интеграционно-ба-

лансирующего воздействия на динамику преобразований традиционной ОКМ. Это необходимо для регулирования по критерию снижения дисбаланса целей эффективности и инновационности развития объектов комплекса. Персонал ЦУР координирует их действия для обеспечения качества управленческих решений, позволяющего повысить конвергенцию траекторий целей эффективности и инновационности скачкообразного развития на основе методов управления ресурсами человеческого капитала типа 2.0, определенных в первой части статьи [9, 11, 15-17].

Интерпретированы числом дополнительных функций управления интеграцией ресурсов критерии соответствия условиям устойчивости конвергенции траекторий показателей эффективности и инновационности. Они соответствуют числу вложенных функций аппроксимации 9,10, 11[3] в статике (по статическому критерию формулы (1) и небольших возмущениях). В динамике и условиях сингулярности необходим критерий (7), так как при значительных воздействиях факторов на процессы ВИР в зоне эффекта достигается максимальное и устойчивое значение показателя-свойства системы в оценке формулы (3).

6. Для оценки начала процесса скачка-перехода к уровню ВИР в диапазоне проявления эффекта определяются скорости повышения показателя-свойства по формуле (2) и аппроксимациям обобщенных функций при числе вложенных функций 9,10,11.

7. Определение градиентов функции эффективности рассчитывается определением производных по направлениям векторов функций на один и тот же момент времени в диапазонах подготовки управленческих решений ($-0,15...0$ рад) и их реализации ($0,15...0$ рад).

8. Направленность динамики степени конвергенции целей осуществляется общеизвестными математическими методами построения касательных векторов-лучей к графикам зависимостей функций 9,10,11 в точках x (рисунок 1) и соответствующих этим моментам. Это позволит определить точки бифуркаций векторных полей указанных функций по величинам $\tan \alpha_i$ по формуле (8). На заключительном этапе метода по каждой зависимости (рисунок 1) проверяется соответствие критерию выявления начала скачка:

$$\tan \alpha_i = \frac{dH_i(x_i)}{dx_i} = 1. \quad (8)$$

Практически такой критерий означает равенство относительных приростов фактических показателей эффективности и инновационности развития и их компромисс на момент оценки. Результатом контроля достижения такого уровня качества управления в ЦУР должно быть принятие решения

о начале совместных действий, например, участников проекта ВИР объектов комплекса.

Определенные таким образом новые возможности повышения качества управления скачкообразным развитием сложных систем мы предлагаем назвать эффектом условного растяжения времени принятия решений и регулирования динамики процессов в пространстве методов интеграции ресурсов и кооперации объектов комплекса. Подтверждено возрастание эффекта интеграции указанных видов ресурсов при увеличении числа вложенных функций с 9-ти до 11-ти. Это соответствует гипотезе большей эффективности процессов ВИР скачкообразного типа при повышении качества управления интеграцией оптимальным числом регулирующих функций и диверсифицированных ресурсов указанных объектов в расширенном пространстве их кооперации и инклюзии в комплексе.

Организационное исследование на оригинальной эмпирико-методической основе выявило новые свойства скачкообразного развития, возможности его изучения и регулирования статистики и динамики процессов. Это позволяет сделать предположение, что нами (совместно с С.В. Алюковым) открыто явление эффекта условного расширения пространства и времени принятия управленческих решений для такого развития в условиях сингулярности технологий. Эффект расширяет возможности анализа любых скачкообразных процессов как технических, так и социально-экономических систем в условиях сингулярных изменений или описываемых зависимостями экспоненциального вида. Он обоснован С.В. Алюковым оригинальным методом аппроксимации обобщенной функции Дирака сингулярного вида. Потребовалась корректировка понятий и расширение возможностей исследования скачкообразных процессов, позволившие выявить новые закономерности их динамики в зоне максимума эффекта. Такие закономерности обосновывают новый метод и механизм динамической оценки и регулирования эффективности развития систем с повышенными свойствами устойчивости решений и сходимости аппроксимирующих процедур с кусочно-линейными характеристиками [3, 4]. Мы надеемся на признание научной новизны и практической значимости исследованного явления, эффекта и закономерностей новой организационно-когнитивной «механики». При условии согласия научного сообщества возможен вариант названия указанного явления, как эффекта Алабугина-Алюкова.

9. Регулирование условий динамической устойчивости процессов конвергенции и снижения дивергенции целей, комплементарности процессов интеграции ресурсов должно осуществляться с учетом основных типов устойчивости: возврат к равновесному состоянию системы в оценках

компромисса целей эффективности и инновационности при любых возмущениях среды; устойчивое состояние в условиях дезинтеграции ресурсов и дивергенции траекторий; устойчивость компромисса целей в определенных диапазонах нормативных величин и циклах развития; абсолютная устойчивость закрытой системы при снижении эффективности и инновационности. При оценке устойчивости процессов и результатов развития необходим учет энтропии синергизма организационного поведения системы как нефинансовом показателе эффективности [6, 8, 12]. Неопределенность результатов динамики в условиях сингулярности определяет необходимость учета вероятностных факторов положительного использования результатов интеграции ресурсов в оценке положительности энтропии синергизма как критерия достижения цели повышения качества управления эффективностью развития. Для этого используется формула Шеннона

$$ЭС = - \sum_{i=1}^{i=n} p_i \log_2 p_i, \quad (9)$$

где

ЭС – показатель энтропии синергизма по раздельно-последовательному (на отдельных объектах при минимальной их инклюзии в комплексе) и интегральному применению ресурсов (в комплексе);

p_i – вероятность возникновения синергизма процессов при максимальной комплементарности процессов интеграции ресурсов (определяется на основе экспертных оценок при анализе результатов реализации совместных проектов или планов высокотехнологичного развития в условиях конвергенции целей);

n – количество проектов или планов высокотехнологичного развития. Положительность показателя ($ЭС \geq 0$) и направленность ее изменений ($ЭС \uparrow$) соответствует конвергенции (при уменьшении энтропии синергизма) и дивергенции (при ее увеличении) траекторий целевого развития в условиях интеграции и дезинтеграции ресурсов, соответственно.

В теоретической модели в условиях конвергенции траекторий целей и интеграции ресурсов объектов $ЭС \geq 0$ и снижается, что означает повышение предсказуемости развития. Снижение показателя свойства обусловлено проявлением бифуркационных характеристик [7] дивергенции траекторий целей, некомплементарной интеграции ресурсов и минимальной инклюзии объектов. Для обеспечения положительности показателя ($ЭС \geq 0$) и его стабильности при эволюционной бифуркации ($ЭС \approx \text{const}$) предлагается новый элемент МТН, названный регулятором энтропии синергизма. Он включает дополнительные функции управления ин-

теграцией ресурсов и конвергенцией целей эффективности и инновационности развития в комплексе и должен препятствовать снижению эффективности и дивергенции целей. В результате регулирования числа и интенсивности применения функций повышается вероятность успешной реализации проектов или планов инновационного развития и снижая показатель ЭС при возрастающей дивергенции траекторий.

10. Определение необходимости ускорения процессов в условиях самоорганизации и эволюционной модернизации, когда развитие происходит при раздельном функционировании объектов, минимальной комплементарности ресурсов (показатель ЭС < 0 и возрастает) и инклюзии объектов в комплексе. Для обеспечения снижения и положительности величины ЭС ≥ 0 в элементе «интегратор» МТН включаются четыре типа акселераторов регулирования скорости изменений вектора направленности воздействий методов традиционной ОКМ. Предлагается отображать их производными высших порядков аппроксимации сингулярной функции Дирака. Они определены С.В. Алюковым и поэтому их формулы и графики в статье не приводятся [3]. Предлагается интерпретировать ими регулирующие воздействия МТН на снижение дисбаланса эффективности и инновационности процессов развития:

– период применения акселератора типа 1 для регулирования скорости эволюционных процессов повышения эффективности H_i при равенстве интегрирующих и дезинтегрирующих воздействий базовых и дополнительных функций управления на динамику процессов модернизации методами традиционной ОКМ. Такой вид акселератора оказывает, как установлено в эмпирическом исследовании, симметричные, разнонаправленные и сильные воздействия на интеграцию ресурсов интеллектуального вида на этапах формирования механизма и эволюционных преобразований. Моделирование на основе первой производной аппроксимации функции эффективности интерпретирует возможности оценки качества ее применения по показателям интеграции ресурсов и снижения дивергенции траекторий развития в условиях экспоненциально растущего дисбаланса целей эффективности и инновационности;

– период применения акселератора типа 2 для регулирования скорости повышения эффективности при равенстве интегрирующих и дезинтегрирующих воздействий симметричного, разнонаправленного и слабого типов на результаты функционирования акселератора типа 1. Моделирование на основе второй производной интерпретирует ускорение процессов повышения интенсивности применения функций механизма и методов «перевернутой» ОКМ (обоснованы в первой части

статьи) с целью достижения и обеспечения устойчивости компромисса целей на основе интеграции диверсифицированных ресурсов и конвергенции траекторий в условиях сингулярности развития технологий;

– период применения акселератора типа 3 регулирования скорости повышения эффективности при значительном преобладании интегрирующих воздействий несимметричного, разнонаправленного и сильного типов на акселератор 2 во всех зонах. Моделирование на основе третьей производной интерпретирует процессы эволюционных преобразований традиционной ОКМ по направлениям инновационной трансформации для поддержания достигнутого уровня эффективности развития;

– период применения акселератора типа 4 регулирования скорости повышения эффективности при преобладании его дезинтегрирующих управляющих воздействий несимметричного, разнонаправленного и слабого типов во всех зонах на результаты функционирования акселератора типа 3. Моделирование на основе четвертой производной отображает процессы незначительной подстройки механизма в условиях самоорганизации социальных институтов методами холакратии, когда необходимо снижение воздействий показателей дезинтеграции и дивергенции целей неадминистративными мерами.

11. Процедуры методики требуют решения задач нахождения экстремумов функций, отображаемых аппроксимациями высших производных системы. Точное решение возможно в оценке ускоряющих воздействий каждого акселератора по градиенту, или вектору целевой функции эффективности инновационного развития. Строго говоря, для этого необходимы методы нелинейного программирования, достаточно сложные при реализации на практике. Упрощенный количественный метод может быть основан на использовании известной теоремы Лагранжа [9] о среднем значении функции в интервале максимального эффекта расширения пространства-времени. Это позволит дополнить возможности количественного анализа воздействий типов акселераторов на среднее приращение скоростей повышения интенсивности воздействий акселераторов при применении новой технологии управления и техники.

12. В итоге применения методики определяются плановые показатели числа и интенсивности применения дополнительных функций управления. Они необходимы для регулирования процессов конвергенции траекторий целей в формируемом ЦУР комплекса. Новые методы и механизм управления позволяют выбрать более эффективные методы интеграции ресурсов инновационных и креативных компетенций в расширенном пространстве методов повышения компетенций (педагогические аспекты детально исследованы Е.Н. Ярославовой [14].

Применение результатов исследования

Методы исследования были применены нами с целью организации процессов высокотехнологичного инновационного развития (ВИР) большой социально-экономической и технической системы (промышленной корпорации, отдельного объекта производственной или иной деятельности). В качестве реально реализованного примера предлагается разработка серии проектов формирования структуры научно-образовательного и производственного комплекса (НПОК) по факторам трансформации укладов экономики. Задачи по реализации цели были достигнуты формированием в университете объекта предпринимательского типа (это может быть факультет, институт, научно-производственное предприятие (НПП) и т.п.). Для этого использовались методы инновационных преобразований, соответствующие основным положениям указанных моделей. Получен ряд положительных результатов моделирования процессов преобразований на их основе.

1. Модели теоретического характера первой части статьи определили предпроектную концепцию серии проектов и выбор состава подразделений объекта с расширенными возможностями диверсификации видов деятельности. На первом этапе реализации использовались отечественные и зарубежные технологии дистанционного образования, реализованные методами эволюционной модернизации процессов с использованием существующих технологий НПП, технических средств коммуникаций (ранее – телефонных связей, а сейчас – ресурсов Интернет). Успешно осуществлены процессы ВИР скачкообразного типа на основе использования опыта расширения пространства высокотехнологичных преобразований (цифровых технологий в НПОК, ресурсов российских структур Открытого университета Великобритании, создания подразделений переподготовки управленческих кадров, MBA (master business administration) и т.п.).

2. Моделирование эффекта расширения пространства-времени интеграции ресурсов объектов научно-образовательного комплекса позволило принять решение о времени начала высокотехнологичных преобразований в период времени $-0,15 \dots -0,05$ рад. Эта величина x соответствует нулевой эффективности (H) процессов эволюционного развития в цикле 1. Они были реализованы на основе указанных и других низко- и средне инновационных методов обучения, указанных в стандартной пирамиде ОКМ типа «А» и модернизационно-эволюционных технологий. Расчетом показателей рентабельности проекта установлено, что в зоне изменений показателя $x = -0,05 \dots -0,0$ рад. в цикле 2 наблюдается высокая эффективность процессов скачкообразного перехода к применению методов и технологий

ВИР. Такой результат определил второй этап проекта, соответствующий началу перехода в цикле 2 к инструментам преобразований на основе совершенствования «мягких» методов организационной культуры инновационного предпринимательства.

3. Комплексность «мягких» методов обусловила разработку серии проектов организационно-когнитивного и инвестиционного назначения. Поиск технологических инвесторов осуществлялся в среде клиентов НПОК (в частности, выпускников университета, поставщиков ресурсов, лояльных потребителей, отличающихся приверженностью к исследуемому объекту типа НПП или научно-образовательной структуры). В целях формирования специальных дополнительных функций управления, опережающего повышения высокотехнологичной активности объекта ВИР и компетенций инновационной восприимчивости участников (исследователей, проектантов, преподавателей и менеджеров проектов) осуществлялась подготовка в зарубежных университетах и высокотехнологичных корпорациях развитых стран мира. Для конкретизации направлений инвестиционных проектов и мест повышения квалификации персонала объектов была произведена оценка степени влияния факторов 5–6-го укладов по статистике соответствующих показателей «Индекс развития человеческого капитала» (ИРЧК), «Индекс знаний» (ИЗ), «Индекс экономики знаний» (ИЭЗ), «Уровень образования», «Уровень научно-исследовательской активности» (НИА), «Глобальный индекс инноваций» (ГИИ), «Количество патентов» и т.д. Показатель инновационной активности исследуемого объекта в начале преобразований не превышал средней по РФ величины и составлял всего 0,13. Более приемлемыми были показатели индексов развития человеческого капитала – 0,94, знаний – 0,78 и уровня образования – 0,86 [5]. В результате эволюционного развития экономики число инновационно активных организаций в настоящее время составляет всего 9,9% от общего числа (для РФ сравнения удельный их вес в Израиле – 75,2%, в Германии – 66,9%, Франции – 53,4% и т.д. [11]. Это определило стратегические разрывы и позволило конкретизировать цели рассматриваемых проектов для указанных типов объектов.

4. Выявлена сравнительно более низкая степень влияния «жестких» материальных факторов трансформации укладов определена установлением тесноты связи указанных показателей воздействий характеристик инновационной культуры и удельного веса инновационно активных организаций в экономике: по ИЭЗ -0,71; по ВВП на душу населения -0,63; по расходам на НИОКР -0,62; опосредованно (единственное положительное значение коэффициента корреляции) влияет фактор «Условия ведения бизнеса». Гораздо выше степень связи размера ВВП

на душу населения с большей частью нематериальных факторов по другим показателям: уровень социального прогресса (0,91), индекс экономики знаний (0,89), индекс знаний (0,83), глобальный индекс инноваций (0,86) и индекс развития человеческого капитала (0,77). Подтверждена высокая взаимная зависимость факторов: «Индекс развития человеческого капитала» и «Глобальный индекс инноваций (ГИИ)» (коэффициент корреляции 0,74); ГИИ, индексами экономики знаний (0,82) и знаний (0,94). Аналогичные выводы были сделаны по результатам многочисленных анкетирований персонала исследуемых объектов в составе НПОК. Это обусловило разработку проектов интеграции диверсифицированных ресурсов в расширенном пространстве НПОК по предлагаемым инструментам А и Б моделей ОКМ. Регулирование последовательности применения методов и технологий в специальном МТН для перехода к процессам ВИР объекта по «мягким» факторам изменений организационной культуры. Практическим обоснованием методологии и методов интеграционно балансирующего управления в условиях дисбаланса материальных и нематериальных факторов ВИР явились результаты регулирования компромисса эффективности и инновационности процессов. В объектах комплекса выявлена более существенная связь коэффициента корреляции между показателями условий ведения бизнеса и ИЗ (0,92) по сравнению с показателем ИЭЗ (0,88). В то же время сила влияния на инновационную активность «чистого» интеллектуального капитала значительно ниже, чем ИЭЗ (коэффициенты корреляции – 0,71 и 0,496, соответственно). Такие оценки были подтверждены на этапе 1 методики исследования по формулам (1) статической оценки. Их соответствие было проверено расчетом реальных показателей эффективности (рентабельности и срока окупаемости проектов ВИР) эволюционных преобразований условий ведения бизнеса и развития человеческого капитала. Собственные средства объекта и инвестиции позволили разработать и внедрить инструментарий изучения технологий ВИР, интерактивного изучения стандартных дисциплин и освоения компетенций инновационных преобразований персоналом. Для регулирования скорости внедрения новых методов и технологий в практику объекта оказалось необходимым перейти к моделям динамики преобразований.

5. Динамика преобразований (сроки начала реализации и скорость процессов) моделировалась на этапах 2 и 3 методики исследования по зависимостям (4) – (7), показанным на рис. 1. Это позволило регулировать скорости скачка-перехода в диапазоне – 0,05...0,0рад. увеличением числа и интенсивности применения дополнительных функций управления в диапазоне оптимальности, выявленном по критерию, изложенному в первой части статьи.

Снижение эффективности в цикле 2 (в диапазоне 0,05...0,15рад) определило необходимость масштабирования методов ВИР в рамках экономики региона (страны). Это было реализовано на третьем этапе осуществления указанной серии проектов на других предприятиях промышленности и управленческого консультирования инновационных преобразований предприятий-заказчиков в сетевые динамические структуры. Для выбора объектов кооперации НПОК или его отдельных объектов использовались расчеты, выявившие недостаточные величины двух показателей: коэффициентов степени наукоемкой интеграции ресурсов знаний при варьировании их диверсификации в условиях их недостаточной интеграции вследствие неразвитости информационных технологий (0,5); доли инвестиций на нематериальные активы (0,2).

6. По формулам (4)-(7) на этапе 4 методики моделировалась география расширения пространственно-временной зоны высоких технологий и методов направленности пирамиды типа «Б» модели ОКМ. Необходима оценка устойчивости динамического эффекта при экспоненциальном возрастании доли высоко инновационных («прорывных») преобразований. Поэтому зоны -0,15...- 0,05 и 0,05...0,15рад, соответствующие нулевой эффективности процессов ВИР, определили отбор и сроки начала инвестиционных проектов либо выбор объектов кооперации для масштабирования или обновления результатов. Для оценки прогресса проектов использовались указанные выше стартовые значения коэффициентов.

7. Применение формул (4)-(7) на последующих этапах методики исследования позволило математически обосновать вывод формулы (8), которая обосновала факт достижения компромисса целей эффективности и инновационности преобразований объект. Это расширило возможности стабилизации процессов динамики процессов ВИР. В цикле 2 показано увеличение времени принятия решений для снижения неопределенности в зоне сингулярности технологий. Для руководства ЦУР это является сигналом для начала применения дополнительных функций и показателей их интеграционно балансирующего воздействия на динамику преобразований традиционной направленности пирамиды типа «А» методов для их регулирования в ОКМ по критерию снижения дисбаланса целей эффективности и инновационности развития объектов комплекса. Практически доказаны расширенные возможности координации действий для конвергенции траекторий целей эффективности и инновационности скачкообразного развития в условиях компромисса. По результатам их контроля в ЦУР комплекса были приняты решения о начале совместных действий научно-образовательных структур НПОК с объектами производства

в форме указанных проектов ВИР и кооперации объектов при интенсификации применения специальных функций управления.

8. На этапе 9 методики проверялись условия динамической устойчивости процессов конвергенции и снижения дивергенции целей по формуле (9). На основе экспертных оценок анализа результатов завершения совместных проектов или планов высокотехнологичного развития объектов в условиях кооперации проведены расчеты предложенного показателя неопределенности результатов. Выявлено, что применение предложенных методов обеспечивает критериальные условия обеспечения успеха планов и прогресса проектов в оценках энтропии синергизма ($ЭС \geq 0$ и $ЭС \approx const$).

9. Методы этапа 10 раскрывают содержание и результаты воздействий функций управления МТН на скорость и прочие временные характеристики процесса ВИР элемента этого механизма их регулирования, называемого «интегратор ресурсов». Оценено использование четырех типов акселераторов регулирования скорости изменений вектора направленности воздействий при переходе от методов традиционной направленности ОКМ к методам в модели пирамиды типа «Б» в период функционирования в комплексе:

- акселератор 1 был использован для интерпретации процессов регулирования качества применения дополнительных функций по показателям интеграции ресурсов и снижения дивергенции траекторий модернизации системы в условиях экспоненциально растущего дисбаланса целей эффективности и инновационности развития. Это проверено анализом полноты и своевременности выполнения планов и проектов ВИР соответствующими функциональными службами в условиях неприятия некоторых целей формирования научно-образовательного комплекса частью персонала объекта. Для снижения отрицательных эффектов проведена серия обучающих семинаров, направленных на формирование организационной культуры инновационной восприимчивости, непрерывного изучения опыта и новых методов как главного способа индивидуального развития;

- на основе моделирования процессов в акселераторе 2 симулировались средние технологичные методы для достижения и обеспечения устойчивости компромисса с целями инновационности на основе базовых (существующих) функций управления. При отсутствии возможностей интеграции диверсификации ресурсов была выявлена нарастающая дивергенция траекторий в условиях значительного обновления технологий коммуникаций и информации. Невыполнение результирующих показателей обосновало необходимость корректировки целей планов и проектов, повышения директивности указаний по их реализации;

– в акселераторе 3 моделировались процессы ВИР скачкообразного вида методами регулирования направленности и скорости изменений воздействий пирамид «А» и «Б» модели ОКМ на эффективность инновационных преобразований на основе технологии ВИР. Это было осуществлено повышением интенсивности применения базовых и дополнительных функций управления объекта и функций регулирования ЦУР комплекса. Проведены изменения системы мотивации с акцентом на конечные результаты проектов и планов;

– на основе акселератора 4 осуществлялось моделирование процессов стабилизации достигнутого уровня на основе незначительной подстройки механизма в условиях самоорганизации социальных институтов методами холакрации. Это достигается снижением интенсивности воздействий показателей дезинтеграции и дивергенции целей неадминистративными методами преобразований организационной культуры. В большей степени поощрялись креативные предложения по закреплению достигнутых результатов.

Заключение

Адаптированы и предложены новые математические методы для разработки методики статической и динамической оценки и регулирования качества процессов в условиях сингулярности технологий. В методике применены новые критерии оптимизации и методы интерпретации организационного смысла производных высших порядков аппроксимаций сингулярной функции скачка-перехода. Предложены новые элементы интеграционно-балансирующего механизма: акселераторы, регулирующих воздействий; интеграторы ресурсов и регуляторы энтропии синергизма.

Разработанные модели и методика отличаются от существующих возможностями качественного и количественного представления процессов, экспертной оценки и более глубокого анализа результатов для регулирования дисбаланса целей эффективности и инновационности развития комплекса в статических и динамических процессах. Они отображают процессы скачкообразного технологического развития ресурсов труда по направлениям человеческого капитала 2.0, а капитала – к индустрии типа 4.0. Применение количественных методов позволит повысить обоснованность и прогнозируемость управленческих решений по интеграции дифференцированных ресурсов интеллектуального труда и капитала.

Научная ценность и практическая значимость математических и методических основ исследования систем в скачкообразных переходных процессах формирования постиндустриальной экономики знаний состоит в расширенных возможностях оценки и регулируемости процессов интеграции ресурсов. Выявлен эффект и новые закономерности явления условного расширения пространства-времени анализа и регулирования скачкообразных процессов. Это повышает возможности управленческого анализа, применения специальных методов и механизмов согласованных воздействий на устойчивость компромисса целей эффективности и инновационности развития объектов в формируемом их комплексе. Рекомендуется использовать новые возможности аналитической аппроксимации на основе обобщенных функций сингулярного вида, что содействует повышению точности оценок при применении методов интеграции ресурсов объектов разного назначения в комплексах постиндустриальной экономики и условиях скачкообразного или экспоненциального развития технологий.

Литература

1. Алабугин А. А. Методология управления интеграцией интеллектуальных, исследовательских и инвестиционных ресурсов повышения эффективности неиндустриального технологического развития систем / А. А. Алабугин // Интеллект, инновации, инвестиции. – 2017. – № 4. – С. 4-11.
2. Алабугин А. А. Управление сбалансированным развитием предприятия в динамичной среде. – Книга 2. Модели и методы эффективным развитием предприятия: Монография. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2005. – 345 с.
3. Алюков С. В. Аппроксимация обобщенных функций и их производных / С. В. Алюков / Вопросы атомной науки и техники. Сер. Математическое моделирование физических процессов. – 2013. – Вып. 2. – С. 57-62.
4. Алюков С. В. Аппроксимация ступенчатых функций в задачах математического моделирования / С. В. Алюков // Математическое моделирование, журнал РАН. – 2011. – Т. 23. – №: 3. – С. 75–88.
5. Береговая И. Б. Выявление факторов, влияющих на эффективность перехода к высокотехнологичному промышленному производству / И. Б. Береговая // Креативная экономика. – 2017. – Т. 11. – № 5. – С. 597-608.
6. Ершова И. В. Прогнозирование развития малогпредприятия научно-технической сферы на основе показателя энтропии портфеля проектов/ Вестник УрФУ. Серия: экономика и управление. – 2016. – № 1. – С. 30-45.
7. Ковалев А. И. Трансформируемая система менеджмента: методы исследований / А. И. Ковалев, Т. А. Ивашкевич // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-1. – С. 135-139.

8. Кохно П. Модели и показатели определения синергетического эффекта интегрированных промышленных компаний / П. Кохно, А. Кохно // Общество и экономика. – 2017. – № 1. – С. 5-26.
9. Моргунов В. П. Особенности и факторы развития человеческого капитала в экономике, основанной на знаниях // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2013. – № 4. – С. 100-104.
10. Теорема Лагранжа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.math24.ru/теорема-лагранжа.html> (дата обращения 28.11.2018).
11. Унтура Г. А. Роль нематериальных знаний в развитии инноваций в высокотехнологичных отраслях / Г. А. Унтура, М. М. Канева // Менеджмент инноваций. – 2010. – № 3. – С. 214-227.
12. Шаталов М. А. Исследование синергетических эффектов кластеризации в экономике регионов / М. А. Шаталов // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2017. – № 6. – С. 119-129.
13. Ярославова Е. Н. Об актуальности конструирования личного образовательного пространства будущего профессионала / Е. Н. Ярославова, М. Г. Федотова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки. – 2014 – № 3. – С. 71-76.
14. Ярославова Е. Н. Построение личного образовательного пространства как средство саморазвития будущих профессионалов в иноязычном образовании / Е. Н. Ярославова, М. Г. Федотова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки. – 2015. – № 2. – С. 66-72.
15. Alabugin A. Evaluation and improvement of competencies of a researcher in the learning processes / A. Alabugin, S. Aliukov, R. Alabugina // INTED 2017 Proceedings 11th International Technology, Education and Development Conference March 6th-8th, 2017 – Valencia, Spain. – P. 3757-3761
16. Azizi R. The impact of knowledge management practices on supply chain quality management and competitive advantages / R.Azizi, M. Moradi-Moghadam, M. Maleki, V. Cruz-Machado // Management and Production Engineering Review. – 2016. – Т. 7. – № 1. – С. 4-12.
17. Chou T.Ch. Internal learning climate, knowledge management process and perceived knowledge management satisfaction / T.Ch. Chou, P.L.Chang, Ch.T. Tsai, Y.P. Cheng // Journal of Information Science. – 2005. – Т. 31. – № 4. – С. 283-296.
18. Helmberg G. The Gibbs phenomenon for Fourier interpolation / G. Helmberg, J. Approx. – Theory 78, 1994. – p. 41-63.
19. Hoegl M. How to support knowledge creation in new product development: An investigation of knowledge management methods / M. Hoegl, A. Schulze // European Management Journal. – 2005. – № 3. – p. 263-273.
20. Honarpour A. Knowledge management, total quality management and innovation: a newlook / A. Honarpour, A. Jusoh, K.M. Nor, // Journal of Technology Management and Innovation. – 2012. – Т. 7. – № 3. – p. 22-31.
21. Inuzuka A. Management by the cognitive range: a perspective on knowledge management / A. Inuzuka // International Journal of Technology Management. – 2010. – Т. 49. – № 4. – p. 384-400.
22. Lafond F. Self-organization of knowledge economies / F. Lafond // Journal of Economic Dynamics and Control. – 2015. – Т. 52. – p. 150-165.
23. Liu P.-L. An empirical study on the correlation between the knowledge management method and new product development strategy on product performance in Taiwan's industries / P.-L. Liu, W.-C. Chen, C.-H. Tsai // Technovation. – 2005. – № 6. – p. 637-644.
24. Newman J. R. William Kingdom Clifford. Sci. Amer., 1953. – № 2. – p. 78-84.
25. Schmitt U. Redefining knowledge management education with the support of personal knowledge management devices / U. Schmitt // Smart Innovation, Systems and Technologies. – 2016. – Т. 59. – p. 515-525.

References

1. Alabugin, A.A. (2017) [Methodology for managing the integration of intellectual, research and investment resources to improve the efficiency of neo-industrial technological development of systems]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 4, pp. 4-11. (In Russ.).
2. Alabugin, A.A. (2005) *Upravlenie sbalansirovannym razvitiem predpriyatiya v dinamichnoy srede* [Managing Balanced Enterprise Development in a Dynamic Environment]. Book 2: Chelyabinsk: Publishing House of the YuUrGU, 345 p.
3. Alyukov, S.V. (2013) [Approximation of generalized functions and their derivatives]. *Voprosy atomnoy nauki i tekhniki. Ser. Matematicheskoe modelirovanie fizicheskikh processov* [Questions of atomic science and technology. Ser. Mathematical modeling of physical processes]. Vol. 2, pp. 57-62. (In Russ.).
4. Alyukov, S.V. (2011) [Approximation of step functions in problems of mathematical modeling]. *Matematicheskoe modelirovanie, zhurnal RAN* [Mathematical Modeling, Journal of RAS]. Vol. 23, No. 3, pp. 75-88. (In Russ.).

5. Beregovaya, I.B. (2017) [Identification of factors affecting the efficiency of the transition to high-tech industrial production]. *Kreativnaya ekonomika* [Creative economy]. Vol. 11, No. 5, pp. 597-608. (In Russ.).
6. Ershova, I.V. (2016) [Forecasting the development of a small enterprise in the scientific and technical sphere based on the entropy index of the project portfolio]. *Vestnik UrFU. Seriya: ekonomika i upravlenie* [Herald UrFU. Series: Economics and Management]. Vol. 1, pp. 30-45. (In Russ.).
7. Kovalev, A.I. Ivashkevich, T.A. (2014) [Transformiruemaya sistema menedzhmenta: metody issledovaniy]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Basic research]. Vol. 11-1, pp. 135-139. (In Russ.).
8. Kohn, P. Kohn, A. (2017) [Models and indicators for determining the synergistic effect of integrated industrial companies]. *Obshchestvo i ekonomika* [Society and economy]. Vol. 1, pp. 5-26. (In Russ.).
9. Morgunov, V.P. (2013) [Features and factors of human capital development in a knowledge-based economy]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 4, pp. 100-104. (In Russ.).
10. Teorema Lagranzha (2016) Holakratiya: menedzhment bez menedzhera Oct. 06 Available at : <http://www.math24.ru/теорема-лагранжа.html> (accessed 28.11.2018) (In Russ.).
11. Untura, G.A., Kaneva, M.M. (2010) [The role of intangible knowledge in the development of innovation in high-tech industries]. *Menedzhment innovatsiy* [Innovation Management]. Vol. 3, pp. 214-227. (In Russ.).
12. Shatalov, M.A. (2017) [Study of synergistic clustering effects in the regional economy]. *Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava* [Bulletin of Belgorod University of Cooperation, Economics and Law]. Vol. 6, pp. 119-129. (In Russ.).
13. Yaroslavova, E.N., Fedotova, M.G. (2014) [On the relevance of constructing the personal educational space of the future professional]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Obrazovanie. Pedagogicheskie nauki* [Bulletin of the South Ural State University. Series: Education. Pedagogical sciences]. Vol. 3, pp. 71-76 (In Russ.).
14. Yaroslavova, E.N., Fedotova, M.G. (2015) [Construction of personal educational space as a means of self-development of future professionals in foreign language education]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Obrazovanie. Pedagogicheskie nauki* [Bulletin of the South Ural State University. Series: Education. Pedagogical sciences]. Vol. 2, pp. 66-72 (In Russ.).
15. Alabugin, A., Aliukov, S., Alabugina, R. (2017) Evaluation and improvement of competencies of a researcher in the learning processes. *INTED 2017 Proceedings 11th International Technology, Education and Development Conference March 6th-8th, 2017*. Valencia, Spain, pp. 3757-3761 (In Eng.).
16. Azizi, R., Moradi-Moghadam, M., Maleki, M., Cruz-Machado, V. (2016) The impact of knowledge management practices on supply chain quality management and competitive advantages. *Management and Production Engineering Review*. Vol. 7, No. 1, pp. 4-12. (In Eng.).
17. Chou, T.Ch., Chang, P.L., Tsai, Ch.T., Cheng, Y.P. (2006) Internal learning climate, knowledge management process and perceived knowledge management satisfaction. *Journal of Information Science*. Vol. 31, No. 4, pp. 283-296. (In Eng.).
18. Helmbert, G., Approx, J. (1994) The Gibbs phenomenon for Fourier interpolation. *Theory* 78, pp.41-63. (In Eng.).
19. Hoegl, M., Schulze, A. (2005) How to support knowledge creation in new product development: An investigation of knowledge management methods. *European Management Journal*. Vol. 3, pp. 263-273. (In Eng.).
20. Honarpour, A., Honarpour, A., Jusoh, A., Nor, K.M. (2012) Knowledge management, total quality management and innovation: a newlook. *Journal of Technology Management and Innovation*. Vol. 7. No. 3, pp. 22-31. (In Eng.).
21. Inuzuka, A. (2010) Management by the cognitive range: a perspective on knowledge management. *International Journal of Technology Management*. Vol. 49, No. 4, pp. 384-400. (In Eng.).
22. Lafond, F. (2015) Self-organization of knowledge economies. *Journal of Economic Dynamics and Control*. Vol. 52, pp. 150-165. (In Eng.).
23. Liu, P.-L., Chen, W.-C., Tsai, C.-H. (2005) An empirical study on the correlation between the knowledge management method and new product development strategy on product performance in Taiwan's industries. *Technovation*. Vol.6, pp. 637-644. (In Eng.).
24. Newman, J.R. (1953) William Kingdom Clifford. *Sci. Amer*. Vol. 2. pp. 78-84. (In Eng.).
25. Schmitt, U. (2016) Redefining knowledge management education with the support of personal knowledge management devices. *Smart Innovation, Systems and Technologies*. Vol.59, pp. 515-525. (In Eng.).

Информация об авторе:

Анатолий Алексеевич Алабугин, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры прикладной экономики, Южно-Уральский государственный университет (Научно-исследовательский университет), Челябинск, Россия

e-mail: alabugin.aa@mail.ru

Статья поступила в редакцию 26.02.2019; принята в печать 29.11.2019.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Information about the author:

Anatoly Alekseevich Alabugin, Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Applied Economics, South Ural State University (Research University), Chelyabinsk, Russia

e-mail: alabugin.aa@mail.ru

The paper was submitted: 26.02.2019.

Accepted for publication: 29.11.2019.

The author has read and approved the final manuscript.

РАЗНООБРАЗИЕ ИМПОРТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ СТРАН-ИМПОРТЕРОВ ЭНЕРГИИ: ФОКУС НА КОРЕЮ И ЯПОНИЮ

Ён Юнг Мин

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

e-mail: yoonym81@gmail.com

Аннотация. В данной статье делается попытка оценить разнообразие импорта энергоносителей Республики Корея и Японии, которые являются двумя крупнейшими странами-импортерами энергии и имеют более высокий уровень зависимости от импорта энергоносителей. Разнообразие в импорте энергии является одной из основных концепций, составляющих концепцию энергетической безопасности, которая считается основой национальной энергетической политики в этих странах. Для оценки разнообразия импорта энергии используется индекс разнообразия Шеннона, который является одним из широко используемых индексов разнообразия в области энергетического разнообразия, и измеряется индекс с 2000 по 2015 год. Индексы разнообразия импорта основных ресурсов ископаемого топлива, нефти, природного газа и угля показывают разные уровни и тенденции в обеих странах. Композитный индекс разнообразия импорта энергоресурсов стран улучшился с 2009 года, чему способствовал индекс разнообразия импорта природного газа. Российский природный газ способствовал увеличению индекса разнообразия природного газа, и ожидается, что индекс разнообразия может быть увеличен в будущем за счет увеличения объема импортируемого российского природного газа. Между тем обеим странам по-прежнему необходимо улучшить разнообразие импорта нефти, несмотря на уменьшение доли нефти в их TPES, учитывая важность нефти в отраслях промышленности стран и очень высокую зависимость импорта нефти от Ближнего Востока.

Ключевые слова: разнообразие импорта энергоносителей, энергетическая безопасность, импорт ископаемого топлива Кореи и Японии, зависимость импорта энергоносителей Кореи и Японии, российские энергоресурсы.

Для цитирования: Ён Юнг Мин Разнообразие импорта энергоресурсов стран-импортеров энергии: фокус на Корею и Японию // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 8. – С. 33-43. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-33.

ENERGY IMPORT DIVERSITY OF ENERGY IMPORTING COUNTRIES: FOCUS ON KOREA AND JAPAN

Yoon Youngmin

Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Moscow, Russia

e-mail: yoonym81@gmail.com

Abstract. This article tries to assess the energy import diversity of the Republic of Korea and Japan, which are 2 of the biggest energy importing countries and have a higher level of dependency on energy import. Diversity in energy import is one of the major concepts composing the concept of energy security, which is considered as the basement of national energy policy in those countries. In order to assess the energy import diversity, we employ Shannon's diversity index that is one of the widely used diversity indexes in the field of energy diversity and measure the index from 2000 to 2015. The import diversity indexes of major fossil fuel resources, which are oil, natural gas, and coal, show different levels and trends in both countries. The composite diversity index of energy import of the countries has improved from 2009 and it has been stimulated by the import diversity index of natural gas. Russian natural gas has contributed to the increase in the diversity index of natural gas and it is expected that the diversity index of natural gas could be increased more in the future by the increased volume of imported Russian natural gas. Meanwhile, it is still necessary for both countries to improve oil import diversity, despite the decreasing share of oil in their TPES considering the importance of oil in the industries of the countries and very high dependency of oil imports on the Middle East.

Keywords: energy import diversity, energy security, fossil fuel import of Korea and Japan, energy import dependency of Korea and Japan, Russian energy resources.

Cite as: Yoon, Youngmin (2019) [Energy import diversity of energy importing countries: focus on Ko-

rea and Japan]. *Intellekt. Innovatsi. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 8, pp. 33-43. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-33.

Introduction

Stable supply and efficient use of energy resources is one of the most basic and important elements for sustainable growth of a national economy, social development, and improvement of people's standard of living. In the national economy as a cycle of production and consumption, energy resources play the role of guaranteeing the quality of life and the basic element of production. This is the reason why, since the first industrialization, stable supply of fossil fuel resources such as coal, oil, and natural gas has been recognized as one of the top priorities for developing countries as well as developed countries (except for some oil-producing countries). For Korea and Japan, a stable supply of energy resources is one of the top priorities in national security issues. These two countries, which have no fossil energy resources in their territory, heavily rely on imports of primary energy resources. In particular, fossil fuels such as petroleum and natural gas supply in these countries nearly 100% depend on imports, most of which depend on the Middle East. In addition, the industrial structure that has high-energy consumption, high level of electrification and energy infrastructure make the stable energy supply and management more important. In this context, the concept of energy security is considered as the basement of national energy policy in those countries. Energy security has been defined variously by researchers. There is a broad consensus on what energy security should deal with, but there is no consensus on exactly what energy security should be [1]. Energy security sometimes refers to the availability of energy resources by geopolitical factors, the extent of infrastructure for stable energy supply, or the availability of energy resources in relation to energy prices. The concept of energy security has been used in these various contexts and definitions. In a broad sense, however, energy security generally refers to the stability of energy supply in the case of energy importing countries, and to the stability of energy production and exports in the case of energy exporting countries. The IEA defines energy security as "the uninterrupted physical availability at a price which is affordable, while respecting environmental concerns" [2] and defines energy security as the security of supply of energy resources. In particular, traditional discussions on energy security focus on primarily the stability and sustainability of oil supplies [3]. In the concept of stability of energy supply, the diversity is one of the main pillars. This stability can be divided into structural stability and the economic efficiency of energy supply. The structural stability of the energy system can be expressed in terms of diversity. High dependency on a specific energy supplier or energy source, i.e. low diversity, has an increased impact of

the individual supplier or energy source on the energy system and increases risk. As energy demand is perceived as a component of energy security [4], it is argued that reducing energy consumption and dependency will increase energy security [5]. In this article, we very focus on import diversity.

Literature review

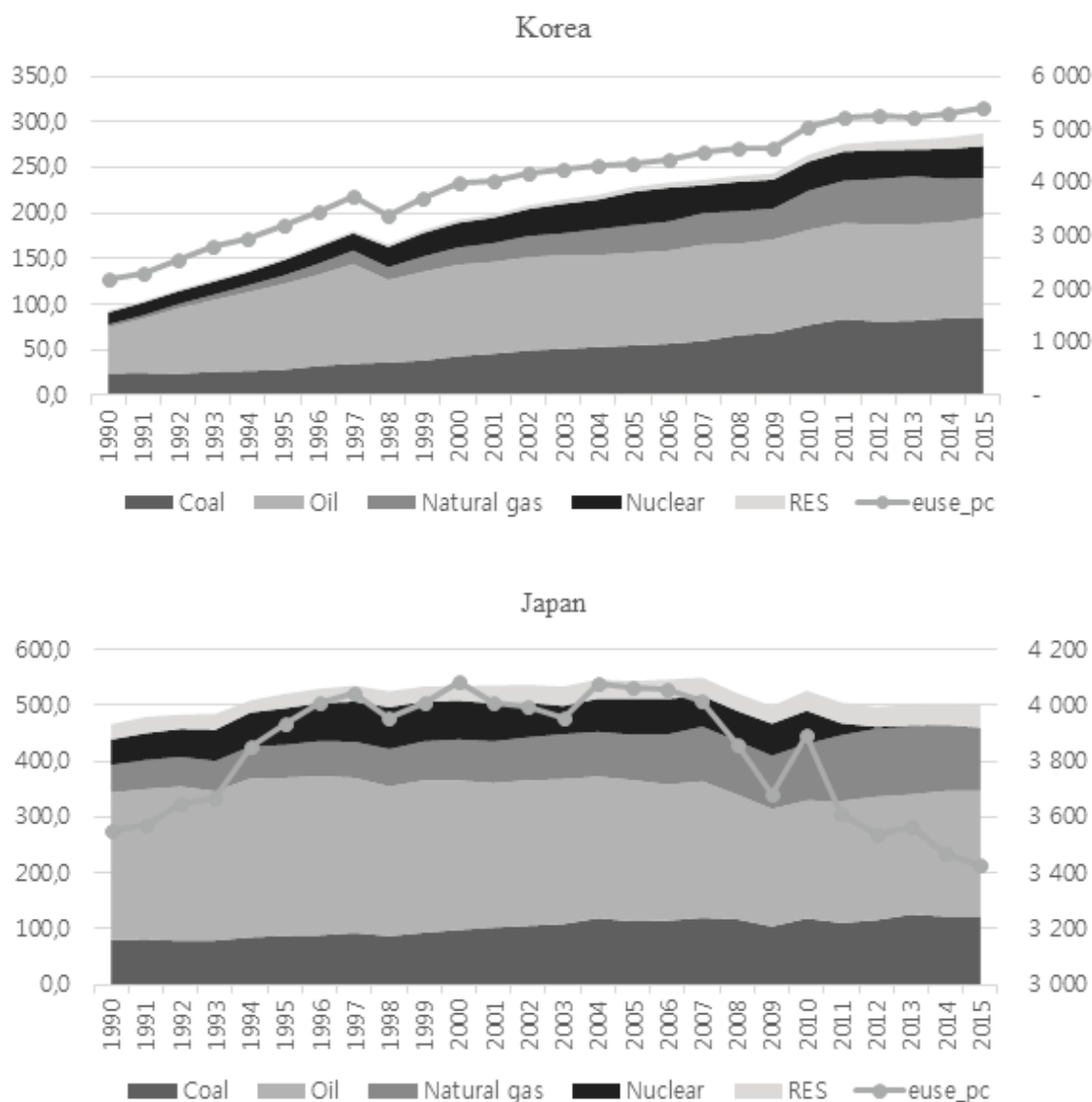
Many studies on energy security have dealt with a diversity of energy supply. Jang, Yong-Chul et. al. [6] employ Shannon's diversity index in order to assess the energy security of Korea. They analyze widely used concepts and indexes for assessing energy security. The authors argue that the diversification of energy sources brings a reduction of dependency on specific energy sources and as a result, risk in energy security is decreased. Based on the concept, the article assesses the diversity of primary energy sources of Korea and compares Korea with G7 countries. B. Krut'et. al. [7] provides an overview of available indicators for long-term security of supply. The author distinguishes four dimensions of energy security that relate to the availability, accessibility, affordability, and acceptability of energy and classifies indicators for energy security according to this taxonomy. E. Kisel el. al.[8] presents an Energy Security Matrix that structures relevant energy security indicators from the aspects of Technical Resilience and Vulnerability, Economic Dependence and Political Affectability for electricity, heat, and transport fuel sectors. The article employs Herfindahl Index in order to assess diversity of electricity and heat supply (similar to diversity of energy source in TPES) and transport supplies. V. Vivoda [9] explores approaches to LNG import diversification of China, Japan, Korea, India, and Taiwan, which are the 5 largest importers in the region between 2002 and 2012 and explains why patterns of LNG imports differ between states and over time. The article assesses diversity of LNG import of the countries using Herfindahl Index from 2002 to 2012. With a similar approach, E. Gupta [10] assesses import diversity of the 26 net oil-importing countries using Herfindahl Index in its assessment on the relative oil vulnerability of the countries. Andreas Loschelet. al. [11] shed light on diverse indicators of diversity employed in studies on energy security and develop their own indicator for assessing energy security of industrialized countries. These articles have very similar approach to our article, but they just focus on the import of single energy-source and considers only exporting countries in the diversity index. Our article tries to one more step toward adding all 3 major fossil fuel energy sources, oil, natural gas, and coal in the diversity index and considering regional diversity factor.

Energy supply-demand environment of Korea and Japan

The energy consumption of Korea has steadily increased since 1990 except for 1998 when the financial crisis has occurred. Total primary energy supply

(TPES) was 93.2 mtoe (Million ton of oil equivalent) in 1990 and it became double just for 10 years. In 2015, it recorded 287.5 mtoe, which is 3 times bigger than TPES in 1990. The dominant energy source has been oil and coal had 2nd place in TPES.

Figure 1. TPES (mtoe) and Energy use per capita (kg of oil equivalent) of Korea and Japan



Source: Statistical bureau of Korea¹, Statistical Bureau of Japan², World Bank³

Unlike the share of oil has decreased for the last 25 years, the share of natural gas has grown in the fast tempo from 3.2% in 1990 to 15.2% in 2015. The energy consumption per capita also has grown steadily and shows a higher level comparing to the OECD aver-

age. In 1990 the energy consumption per capita was 2,167 kg of oil equivalent and has grown by 5,413 kg in 2015. It is higher than that of Japan and OECD average, which was 4,154 kg of oil equivalent in 2015. In summary, both the total energy consumption and energy

¹ Statistical bureau of Korea. Korean Statistical Information Service. Available at: <http://kostat.go.kr/portal/korea/index.action> (accessed 10.09.2019) (in Korean / English).

² Statistical bureau of Japan. Japan Statistical Yearbook 2019. Available at: <https://www.stat.go.jp/english/> (accessed 10.09.2019) (in Japanese/English).

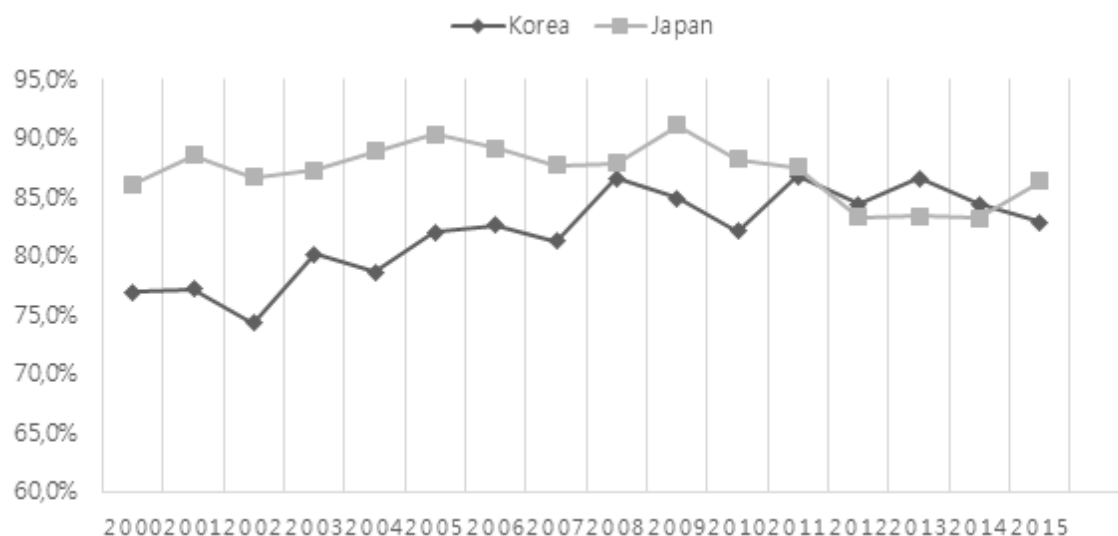
³ World Bank. World Bank Open Data. Available at: <https://data.worldbank.org/> (accessed 10.09.2019) (in English).

consumption per capita in Korea have grown and had growing demand for natural gas. Unlike Korea, Japan has stagnant total energy consumption but it is almost double in the volume of TPES. Its TPES was 466 mtoe in 1990 and has grown in slow tempo by 2004. After then it began to decrease and marked 500 mtoe in 2015. Japan has similar TPES structure to Korea, in which the share of oil has been biggest from 56.6% in 1990 to 44.7% in 2015 as well as coal and natural gas has followed. The energy consumption per capita also has similar tendency. In 1990 it was 3,551 kg of oil equivalent, which was higher than that of Korea, but after 2000 it began to decrease and it has been shrunken by 3,429 kg in 2015.

The oil supply into S. Korea's economy absolutely depends on imports. According to IEA and UN Comtrade, S. Korea imported 179 million tons of oil (crude oil and oil products) from 46 countries in the world in 2015. Its volume of oil imports shows an increasing tendency in general. The absolute volume of oil import has been smaller than that of Japan, but as its

import increase and Japan's import decrease, the gap between Korea and Japan has been becoming smaller. The biggest exporter for Korea is Saudi Arabia, which has 30.2% of the total share. The top 5 exporters, Saudi Arabia, Kuwait, Iraq, Qatar, and UAE, take 78.3% of the total share in oil import of S. Korea. After these big 5 exporters, Russia has the 6th position with 6.02% of the total share. As seen in the top 5 exporters list, S. Korea very depends on Middle East countries in oil import. In 2015 the share of Middle East countries in the total oil import was 83% and it's never been below 77% since 2000. This high dependency on Middle Eastern crude oil and on some specific countries has been considered as a potential threat to the energy security of S. Korea and the Korean government has sought to the diversification of crude oil supply routes since two times of Oil Shock. This effort for the diversification seemed effective by 1999, however, since 2000, with the high price of crude oil in the global market, the dependency has started to rise up again and hit the peak in 2011 (87.1%) as we see in [Figure 2] below.

Figure 2. Oil import dependency on the Middle East, %



Source: UN Comtrade⁴

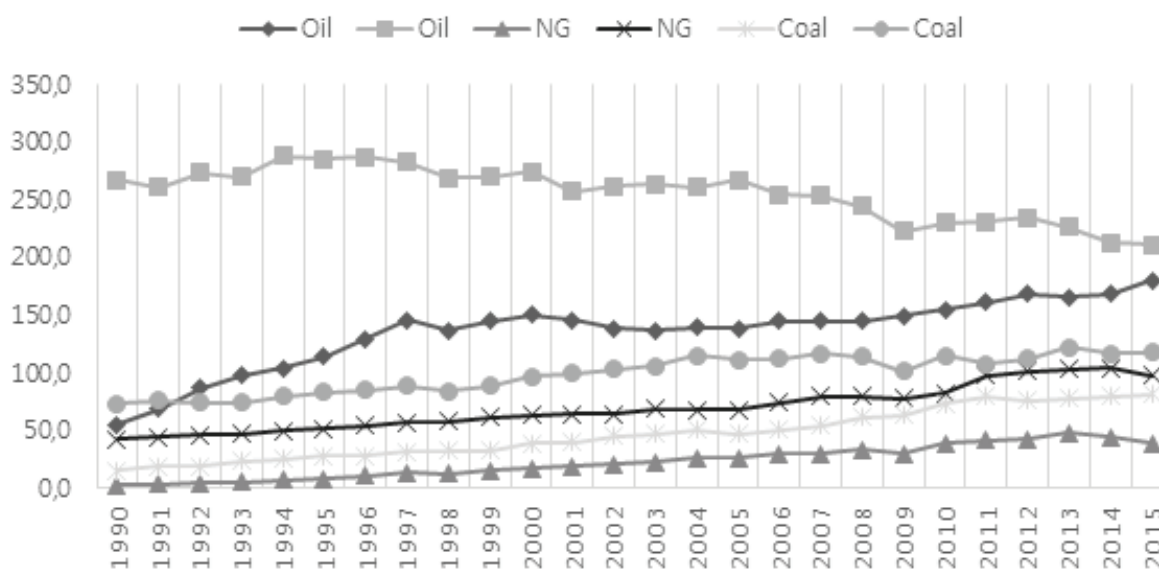
This tendency is because of some reasons; reduced exporting capacity of Southeastern countries due to their increasing domestic demands; the high transporting cost of American crude oil; increasing market share of Middle Eastern crude oil in the global market; nominal policy for diversification of oil-importing routes of Korean government [12]. Japanese oil import has decreased since 1990. It was 267 million ton, which was more than 4 times bigger than that of Korea, but steadily shrunken by 211 mton in 2015. Japan has a similar situation to S. Korea in oil import. It also

has no oil reserve in its territory and most of its domestic oil demands are compensated by imported oil. The top 5 oil-exporters for Japan, Saudi Arabia, UAE, Qatar, Kuwait, and Iran, take 82.6% of the total oil import of Japan. Saudi Arabia turns out unchallenged no.1 exporter for Japan. It exports 59.1 mton of oil in 2016 and it takes 35% of the total oil import of Japan. The share of Saudi Arabia in Japanese oil imports has grown since 2000 from 23% to 35% in 2016. Like in Korea Russia takes 6th place with 6.1% of the share. As [figure 2] shows Japan also has a high dependency on

⁴ UN Comtrade. UN Comtrade Database. Available at: <https://comtrade.un.org/> (accessed 19.09.2019) (in English)

the Middle East in oil import and it's never been lower than 80% since 2000⁵. Russia's share has grown from 0% in 2000 to 6.1% (9.9 mton) in 2016.

Figure 3. Imported volume of oil, natural gas, and coal to Korea and Japan, mtoe



Source: IEA⁶

S. Korea and Japan are the major importers in the global natural gas market. According to IEA and UN Comtrade, Japan imports 97.8 mtoe of natural gas and S. Korea imports 38.9 mtoe in 2015. In 2015, S. Korea imported approximately 20 mtoe of natural gas from the Middle East in forms of LNG, which takes 51% of total gas imports. The major sources of gas imports for the country are Qatar, Oman, Indonesia, Malaysia, and Russia. S. Korea bought 13.1 mtoe from Qatar, 3.9 mton from Oman and 3.7 mtoe Indonesia, 3.7 mtoe from Malaysia, and 2.6 mtoe from Russia. S. Korea has started to import Russian gas from 2009 with 1.01 mtoe, 3% of total and it maintains its share on the level of 5% to 7%. Unlike S. Korea, Japan has a higher share of the Asia-Pacific region in natural gas imports. Australia, exported 19.3 mtoe (20.7% of total) of LNG to Japan in 2015, is the biggest supplier for Japan. Qatar has second place with 17.1 mtoe (18.3%) and Malaysia (15.5 mtoe, 16.6%), UAE (7.8 mtoe, 8.3%), and Russia (7.5 mtoe, 8.0%) follow in order. Japan also has started to import Russian LNG from 2009, 2.7 mtoe and it maintains about 7-8 mtoe level. At the regional level, these countries have a similar degree of dependency in gas imports, but they depend on different regions. S. Korea depends on Middle East (51%) and Japan buys 52% of imported gas from the Asia-Pacific region. However, at the level of exporting countries, Japan shows much higher diversity than that of S. Korea. Japan imports

natural gas from 28 countries and the top supplier, Australia, takes just 20% in the total. It is relatively lower. S. Korea's top supplier, Qatar, takes 33% in the total. In addition to this, gaps between the top supplier and second supplier are smaller in the Japanese gas import than in Korea. The gap between Australia, the top supplier for Japan, and Qatar, second supplier, is 2.2 mtoe, but this gap in S. Korea is 9.1 mtoe. Japanese portfolio in natural gas imports could be more diversified after 2017 when it begins to import American shale gas, which takes approximately 20% of annual natural gas imports of Japan.

In coal import, both countries very depend on Australia. In 2015 Korea imported 81 mtoe of coal in total. Among them about 45% came from Australia, 25% from Indonesia, 17% from Russia, 7% from Canada, 3% from USA, and 2% from China. Japan imported 117 mtoe of coal in 2015 and among them, about 65% came from Australia, 17% from Indonesia, 9% from Russia, 4% from Canada, 3% from the USA, and 1% from China.

Assessing energy import diversity of Korea and Japan

Shannon-Wiener's diversity index [13], which is used to measure species diversity in an ecosystem in ecology, represents the diversity of the entire ecosystem, taking into account both the share of species and their relative proportions.

⁵ Data in 2015 shows strange number. Considering time serial tendency, looks it is statistical error.

⁶ IEA, Statistics data browser. Available at: <https://www.iea.org/statistics/> (accessed 19.09.2019) (in English)

$$\text{Shannon Index}(H) = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \quad [\text{Eq. 1}]$$

Where, p_i is the proportion (n/N) of individuals of one particular species found (n) divided by the total number of individuals found (N), $\ln$ is the natural log, Σ is the sum of the calculations, and s is the number of species.

Here we can measure energy import diversity by replacing the ecosystem with the energy import structure of the country i , and replacing individual species with energy-exporting countries. Shannon-Wiener's Diversity Index is modified to show the energy import diversity D_{import} as follows.

$$D_{import} = \omega_{oil} \cdot D_{oil} + \omega_{gas} \cdot D_{gas} + \omega_{coal} \cdot D_{coal} \quad [\text{Eq. 2}]$$

Where,

D_j : import diversity of energy resource $j = (-\sum_i^N s_i \log_2 s_i) \cdot (-\sum_k^N r_k \log_2 r_k)$

$-\sum_i^N s_i \log_2 s_i$: import diversity of energy resource j at country level

s_i : share of exporting country i in total import of energy resource j

$-\sum_k^N r_k \log_2 r_k$: import diversity of energy re-

source j at the regional level

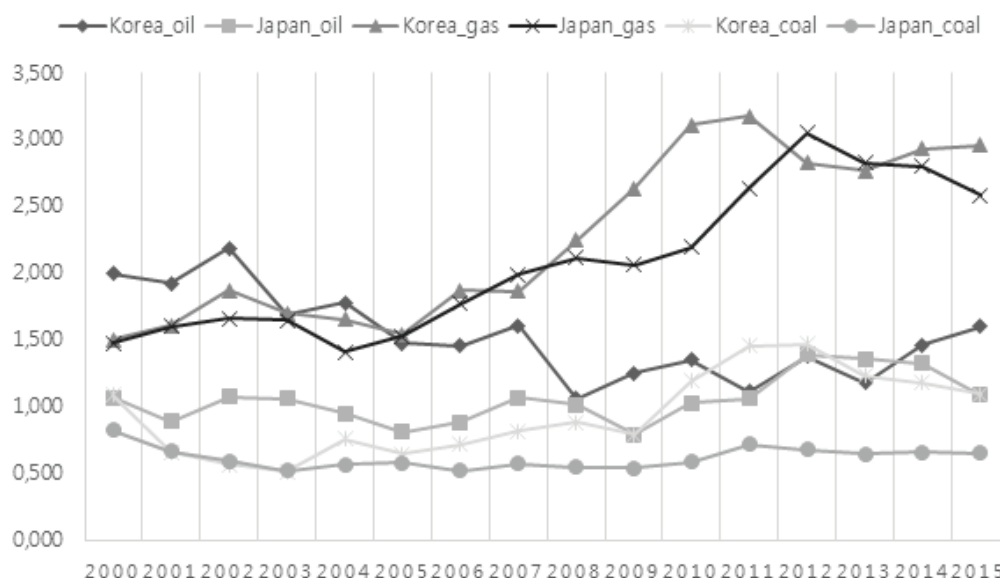
r_i : share of exporting region i in total import of energy resource j

ω_i : Share of energy resource i in TPES

The energy import diversity represents the diversity of oil, natural gas, and coal imports, which are major fossil fuel. In the previous section, we examined the crude oil and gas import volume and share by exporters in 2015 in Korea and Japan. Here we will use the Shannon-Wiener Diversity Index, referred to in [Eq. 1], as a comprehensive and objective indicator of the diversity of oil, natural gas and coal import. The data used here was provided by UN Comtrade from 2000 to 2015⁷. Crude oil was searched by HS code 2709, natural gas was HS code 2711, and coal was HS code 2701, all in kg units.

First, the diversity index of crude oil imports in Korea and Japan is shown in [Figure 3]. The crude oil import diversity index of Korea and Japan is similar and low. Both countries have depended on the Middle East for more than 80% of their oil imports, so such low crude oil import diversity index is a reasonable result. The medium-term trend shows slightly different features. In Korea, the diversity of oil imports steadily declined from 2000 to 2013, dropped to about 60% of the 2000 level. On the other hand, in Japan, the diversity index has not changed much since 2000.

Figure 4. Crude oil, natural gas, and coal import diversity index of Korea and Japan



Source: Author, based on UN Comtrade data

In the natural gas import diversity index, Korea and Japan show a significantly higher value than their crude

oil diversity index. In both countries, the diversity index has been improving since the mid-2000s. In the early 2000s, the natural gas import diversity index of both

⁷ It appears that there are some omissions in the Middle East imports in Japan's 2015 crude oil import details data provided by Comtrade. To compensate for this, data for 2015 will replace data for 2016.

countries has been around 1.5. They started to increase steadily until 2005 and jumped to the 3-point level in 2009 when the countries began to import Russian LNG. Since then they keep an index of the 2.5-point range. The diversity of natural gas imports in the two countries is better than that of crude oil. In the case of Korea, the dependency on the Middle East in natural gas import, which is the largest source at the regional

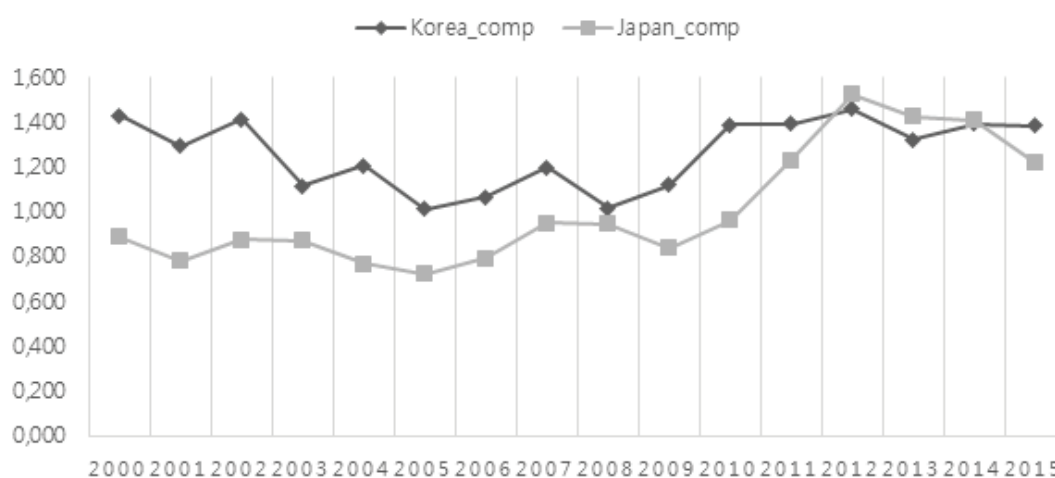
level, is about 50%, and Japan has Asia as the largest importing source at the regional level (50%). In other words, considering de-facto no differences between the number of oil-exporting countries and the number of natural gas exporting countries to them, the big difference between the crude oil diversity index and the natural gas diversity index arises from the difference in regional dependency.

Table 1. Share of oil, natural gas and coal in TPES by country, %

	Korea			Japan		
	Oil	NG	Coal	Oil	NG	Coal
2000	52.0	9.8	22.2	49.9	13.7	18.4
2001	50.6	10.5	23.0	48.2	14.0	19.1
2002	49.1	11.1	23.5	48.5	14.3	19.7
2003	47.6	11.2	23.8	48.5	15.1	20.4
2004	45.7	12.9	24.1	46.3	14.7	21.8
2005	44.4	13.3	24.0	46.5	14.9	20.9
2006	43.6	13.7	24.3	44.5	16.4	21.1
2007	44.6	14.7	25.2	44.4	17.8	21.9
2008	41.6	14.8	27.4	42.7	18.4	22.5
2009	42.1	13.9	28.2	42.1	19.1	21.0
2010	39.5	16.3	29.2	40.1	19.2	22.6
2011	38.0	16.7	30.2	43.1	23.3	22.0
2012	38.1	18.0	29.1	44.3	24.5	23.4
2013	37.8	18.7	29.2	42.7	24.2	25.1
2014	37.1	16.9	29.9	44.6	23.6	24.4
2015	38.1	15.2	29.7	44.7	22.3	24.6

Source: Statistical bureau of Korea, Statistical Bureau of Japan

Figure 5. Composite energy import diversity index of Korea, Japan, and China



Source: Author

Korea and Japan's coal import-diversity indices are relatively low compared to those of crude oil and natural gas. Korea's coal import diversity index, which was about 1.086 in 2000, decreased to 0.6 in 2005, and then recovered to 1.094 in 2015. This low diversity index appears to be due to its high import dependency on Asia and the relatively small number of exporters compared to crude oil and natural gas. Korea's coal import dependency on the Asian region has been close to 70% to 90%. The coal import-diversity index of Japan is lower than that of Korea. In addition, it has maintained a low diversity index under the 1 point. This is due to high import dependency on Asia, as in Korea. Japan's dependency on Asia is between 83% and 90%. However, the problem of diversification of coal imports in Korea and Japan seems not to be a serious problem, considering the following features of coal. That are the relatively low share of coal in the energy mix of Korea and Japan; the relatively less competitive and stable characteristics of international coal market compared to crude oil and natural gas; and the limited use of coal, which is mostly used only for power generation purposes in Korea and Japan.

Now, let's calculate the composite energy import diversity index which integrates the diversity index of crude oil, natural gas, and coal. In [Eq. 1], we defined the composite energy import-diversity index as the sum of diversity indices of individual sources weight by their share in TPES. In other words, we calculated the composite index reflecting the relative importance of individual energy sources in the energy mix to the diversity index. In [Table 1] the share of TPES by the sources in Korea and Japan is summarized.

[Figure. 5] shows the composite energy import-diversity index of Korea and Japan, calculated as above. The composite energy import-diversity index of Korea fell to 1.016 in 2009 and has increased to 1.348 in 2015. Such improvement of the index stems from the improvement of the natural gas import diversity index. Since 2000, the import diversity index of oil had decreased by 2008 and after that, it has increased a little bit with unstable tendency. This is due to the growing dependency of oil imports on the Middle East. The number of oil exporters to Korea has increased from 28 countries in 2000 to 46 countries in 2015. There is no change in number of Middle Eastern countries, but the number of Asian exporters to Korea has increased sharply from 6 to 13 and the number of European exporters to Korea also has increased from 1 to 3 countries in the same period. However, despite the increased number of exporters to Korea, the share of Middle Eastern countries to total oil import of Korea has increased from 76.9% in 2000 to 82.9% in 2015. In the same period, the share of Asian exporters has reduced from 11.4% to 3.8% and the share of African exporters also has reduced from 7.5% to 2.5%. The share of exporters in America continents insignificantly has

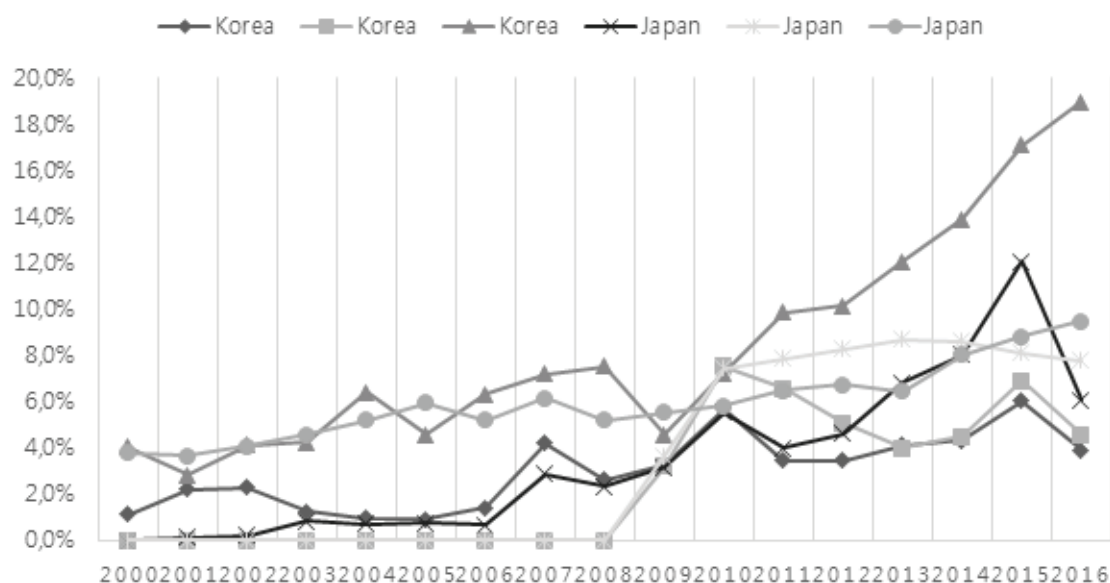
reduced from 2.5% to 2.3%, the share of European exporters and FSU exporters has increased from 0.58% and 1.12% to 2.42% and 6.12%. In other words, increase in the number of Asian exporters to Korea with decrease of the share has brought practically negative impact on the diversity index and increased share of Russian oil import has offset the negative impact of increased share of Middle East. The improvement of natural gas import diversity index has been resulted by increased number of exporters to Korea and diversification of the share of exporters. The number of exporters to Korea has increased from 20 countries in 2000 to 41 in 2015. The number of Middle Eastern exporters shows nearly no change from 6 countries in 2000 to 7 in 2015, the number of Asian exporters (from 7 to 14), African exporters (from 1 to 5), exporters in America continents (1 to 5), European exporters (5 to 9), and FSU exporters (0 to 2, mainly Russia) have increased in the period. The share by regions shows different tendencies. The share of Middle East has increased from 46.9% in 2000 to 51.4% in 2015, on the other hand, the share of Asian exporters has decreased from 51.9% in 2000 to 29.3% in 2015 despite the increased number of the exporters. The share of African exporters has increased from 0.5% to 7.2% and the share of exporters in American continents has increased from 0.6% to 4.3% in the same period. European exporters' share also has increased from 0.1% to 0.9%, but it is not significant at the absolute level. The share of FSU exporters to the total natural gas import of Korea has increased from 0% to 6.9% in 2015, it is mostly from Russia.

Japan's composite energy import diversity index also ranged between 0.7 and 0.8 by 2009 and has improved rapidly since 2009 marking 1.219 in 2015. The oil import diversity index of Japan shows a different tendency to Korea. The index has been stuck in the range of under 1.000 by 2009, but it has shown a relatively sharp increase and decreased again. Like Korea, Japan also has high level of dependency in oil import on Middle Eastern exporters. The share of Asian exporters has reduced steadily from 11% in 2000 to 3% in 2015 and this reduced share has been absorbed mostly by Russia. The share of Russia has increased from 0% in 2000 to 6% in 2015. The import diversity index of natural gas has been improved by substituting the share of Asian exporters, which was the biggest one, with the share of Russia. The share of Asian natural gas exporters to Japan has decreased a lot from 65% in 2000 to 53% in 2015, but it still has over the half. The share of Russia has increased sharply from 0% in 2000 to 4% in 2009, and to 8% in 2015.

Conclusion

By this end, import diversity of the major fossil fuel resources, which are oil, natural gas, and coal, in Korea and Japan are assessed by using diversity index and spe-

Figure 6. Share of Russian oil, gas, and coal to total import by countries



Source: UN Comtrade

cific trade data by sources. As we have seen, Korea and Japan have common features in the high level of energy consumption and very high dependency of energy supply on imports. We generate the import diversity index of oil, natural gas, and coal as well as the composite diversity index of energy import since 2000. Based on this work, we can draw following conclusions.

First, among the major fossil fuels, the diversity index of natural gas turns out relatively higher than that of oil and coal in both Korea and Japan with improving tendency. Moreover, the higher and increasing diversity index of natural gas has given a positive impact on the composite diversity index. In order words, the improvement of energy import diversity in the countries has been driven by natural gas, which has a growing share in TPES. Meanwhile, the improvement of the diversity index of natural gas has been stimulated by substituting imported volume from major exporters of Korea and Japan with Russian natural gas. In both Korea and Japan the volume of natural gas consumption will increase more, but the share in TPES will vary in these 2 countries. In 2035 the share of natural gas in TPES will increase by 19.4% according to the “2nd National Energy Master Plan” of Korea [14]. On the other hand, in Japan, the share of natural gas in TPES will decrease by 18% according to the “4th Strategic Energy Plan of Japan [15]”⁸. Therefore, the natural gas import diversity of Korea will be likely to increase more due to the increased share of natural gas in TPES, whereas at least there will not be increasing factor for the natural

gas import diversity of Japan due to the share of natural gas in TPES.

Second, there is a possibility of an additional increase in natural gas import diversity index because it is planned to expand natural gas import from Russian and the USA in both countries. Korea began to import American shale gas from 2017 [16] and made a contract to increase in the purchase of American shale gas from 2025 [17]. Japan also began to import American gas from 2017 [18] and has plan to increase the import volume [19]. Meanwhile, as we have seen, Korea and Japan began to import Russian LNG since 2009 and the import volume from Russia has increased. Although there is no specific number in the countries’ energy plan, they have set the increase natural gas import from Russia for diversification of importing routes as the top priority tasks in the national energy plan. In addition to this, Russia also plans to increase export of natural gas to those countries. According to “Energy Strategy of Russia for the period up to 2030 [20]”, Russia aims to increase the natural gas export to Asian-Pacific market by 9times comparing to that of 2015.

Third, it is still necessary for both countries to improve oil import diversity, despite the decreasing share of oil in their TPES. As an energy source, the importance of oil has been lower than in the past in both countries. Especially, the share of oil in TPES has decreased a lot in Korea since 2000. However, considering the importance of oil in the industries of the countries and very high dependency of oil imports on

⁸ Details in “Agency for Natural Resources and Energy of Japan.(2014). Long-term energy supply and demand outlook.Available at: <https://www.enecho.meti.go.jp/council/mitoshi/pdf>(Accessed 12.10.2019).

the Middle East, the diversity of oil imports still needs to be improved. As we have seen, the import-diversity index of oil increased when exporters in the other regions, such as Asian exporters and Russia, substituted the share of the Middle East. As we have seen, Russian energy resources have contributed improvement of the energy import-diversity index of the countries, although it was quite limited. Therefore, it is necessary to give policy effort that substitutes Middle Eastern oil with the other options. In this sense, Russian oil is one of the best options.

Our research provides a specific and comprehensive index system for assessing energy import diversity of energy importing countries. As we've seen in the literature review, the existing studies on the subject deal with specific sources (E. Kisel et. al.[8], V. Vivoda[9], E. Gupta[10], Andreas Loschel et. al. [11]) or focus on another side of energy supply structure, that is, diversity of energy mix (Jang, Yong-Chul et. al.[6]). Unlike the

existing studies, our article assesses diversity index of all 3 major fossil fuel sources imported to the countries, which are oil, natural gas, and coal as well as provides composite diversity index considering the sources' relative weight in the TPES. Therefore, the result of our research gives contribution to development of the research on the subject and energy security of energy importing countries. In addition to this, the result of our study has practical usefulness in the national policy-making area. In Korea and Japan, securing energy security has considered one of the top priorities in their national energy policy and the countries have sought the diversification of importing sources and routes in the major fossil fuel resources. In this context, the result of our research can provide practical index for national policy-making process. In the process of assessment and planning of diversification policy, the diversity index that shows the degree of diversity in numbers can play role as a useful tool for policy-making.

References

1. Ang, B. W., Choong, W. L. and Ng, T. S. (2015) Energy security: Definitions, dimensions and indexes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42(Supplement C), pp. 1077–1093. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.064>.
2. Chung, J. (2017) SK E&S imports South Korea's first U.S. shale gas spot cargo - sources. *Reuter*, 20 June. Available at: <https://www.reuters.com/article/southkorea-gas-usa/sk-es-imports-south-koreas-first-u-s-shale-gas-spot-cargo-sources-idUSL4N1FA2TG>. (in Korean)
3. Dalsuk Lee, S. O. (2011) *Study on future strategy of Korean oil sector*. Seoul. (in Korean)
4. Goldemberg, J. et al. (2000) *World energy assessment : energy and the challenge of sustainability*. New York, NY: United Nations Development Programme.
5. Gupta, E. (2008) Oil vulnerability index of oil-importing countries. *Energy Policy*, 36(3), pp. 1195–1211. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2007.11.011>.
6. Von Hippel, D. et al. (2011) Energy security and sustainability in Northeast Asia. *Energy Policy*, 39(11), pp. 6719–6730. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.07.001>.
7. Jaegil, C. (2019) “Will by Shale gas for 15 years”...S. Korea, the overwhelming No.1 importer of Americal LNG”, *Hankuk Economy*, 24 September. Available at: <https://www.hankyung.com/economy/article/2019092413971>. (in Korean)
8. Jang, Yong-Chul Bang, Ki-Yual Lee, Kwan-Young Kim, K.N. (2014) Analysis of energy security by the diversity indices: A case study of South Korea. *Journal of Energy Engineering*, 23(2), pp. 93–101. (in Korean)
9. Jewell, J. (IEA) (2011) *The IEA Model of Short-term Energy Security (MOSES) Primary Energy Sources and Secondary Fuels*. doi: 10.1787/5k9h0wd2ghlv-en.
10. Kisel, E. et al. (2016) Concept for Energy Security Matrix. *Energy Policy*, 95, pp. 1–9. doi: 10.1016/j.enpol.2016.04.034.
11. Krut, B. et al. (2009) Indicators for energy security. *Energy Policy*, 37(6), pp. 2166–2181. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2009.02.006>.
12. KUBO, N. (2017) Increase in U.S. energy imports on table as Abe prepares to meet Trump. *REUTERS*, 5 February. Available at: <https://www.japantimes.co.jp/news/2017/02/05/national/increase-u-s-energy-imports-table-abe-prepares-meet-trump/#.XbJWxugzaUk>.
13. Lo, Andreas Loschel, Ulf Moslener, D. T. G. R. (2010) Indicators of energy security in industrialised countries. *Energy Policy*, 38(4), pp. 1665–1671. doi: 10.1016/j.enpol.2009.03.061.
14. Ministry of Economy, T. and I. (2014) *4th Strategic Energy Plan of Japan*. Tokyo.
15. Ministry of Energy of the Russian Federation (2010) *Energy Strategy of Russia for the period up to 2030*. Moscow: Institute of Energy Strategy.
16. Ministry of Trade, I. and E. of the R. of K. (2014) *2nd National Energy Master Plan*. Seoul. (in Korean)
17. Shannon, C.E. (1948) A Mathematical Theory of Communication. *Bell labs technical journal*, 27(4), pp. 623–656. doi: <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb00917.x>.
18. Tsukimori, O. (2017) JERA imports Japan's first liquefied shale gas cargo from U.S. *Reuter*, 6 January.

Available at: <https://www.reuters.com/article/lng-japan-usa-idUSL4N1EW2RE>.

19. Vivoda, V. (2014) LNG import diversification in Asia. *Energy Strategy Reviews*, 2(3–4), pp. 289–297. doi: 10.1016/j.esr.2013.11.002.

20. Yergin, D. (2005) Energy, security and markets. *Energy and Security: Strategies for A World in Transition*, pp. 69–87.

Information about the author:

Yoon Youngmin, Degree seeking applicant attached to the Faculty of Economics, Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Moscow, Russia, Participating researcher in Asia-Pacific Research center, Hanyang University, Seoul, Republic of Korea

ORCID ID: 0000-0003-3344-8752, **SPIN:** 8861-1874

e-mail: yoonym81@gmail.com

The paper was submitted: 28.10.2019.

Accepted for publication: 29.11.2019.

The author has read and approved the final manuscript.

Информация об авторе:

Ён Юнг Мин, соискатель экономического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, научный сотрудник Азиатско-Тихоокеанского исследовательского центра, университет Ханьян, Сеул, Республика Корея

ORCID ID: 0000-0003-3344-8752, **SPIN:** 8861-1874

e-mail: yoonym81@gmail.com

Статья поступила в редакцию 28.10.2019; принята в печать 29.11.2019.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

АНАЛИЗ КАДРОВОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТИ РОССИЙСКОЙ НАУКИ ОБ АРКТИКЕ И НАУКИ В АРКТИКЕ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЗОВОВ

А.Г. Казанин

Московский филиал ОАО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция», Москва, Россия
e-mail: kazaning@mage.ru

Аннотация. Актуальность тематики исследования обусловлена необходимостью научно-технологического обеспечения развития Арктики, которые, в свою очередь, потребуют достаточного количества квалифицированных кадров.

Цель работы состоит в том, чтобы оценить, насколько на текущий момент российская Арктика готова встретить вызовы импортозамещения и усложнения международной обстановки с точки зрения ее кадровой, финансовой оснащенности, продуктивности, отраслевой структуры, состояния и потенциала международного сотрудничества.

Подходы. Методы. Основным подходом является оценка уровня количественных и качественных характеристик кадровой оснащенности и результативности науки в арктических и приарктических регионах и районах России, а также арктических исследований в России в целом через сравнение данных показателей с общероссийским и международным уровнем. В качестве критерия успешности отдельных научных направлений изучался вклад международного научно-технического сотрудничества в публикационную активность ученых.

Основные результаты. Анализ совокупности показателей аспирантуры и докторантуры, численности и доли занятых в научных исследованиях и разработках, относительных внутренних затрат на исследования и разработки, числа разработанных и используемых передовых производственных технологий, результатов научной деятельности, отраженных показателем, что в настоящее время и в текущей тенденции кадровая оснащенность научного процесса в АЗРФ выглядит в сравнении с общероссийским уровнем недостаточной для обеспечения успешного социально-экономического развития региона. Продуктивность российских арктических исследований все еще уступает таковой у США и Норвегии. Доля научной продукции, непосредственно посвященной Арктике в общем объеме российских фундаментальных и прикладных исследований, уступает и доле населения АЗРФ в населении России и доле АЗРФ в российском ВВП. Слабо используются возможности кооперации с другими, неарктическими странами в изучении региона.

Научная новизна. Впервые проводится разносторонний анализ состояния и динамики кадровой оснащенности и результативности российской науки в АЗРФ, результативности развития исследований в Арктике и арктических исследований в России в свете современных вызовов, в международных и межрегиональных сравнениях. Впервые подробно рассматривается уровень международного научно-технического сотрудничества арктических и приарктических регионов России.

Практическая значимость. Направления дальнейших исследований. Рекомендации. В программные документы развития АЗРФ предлагается включить обеспечение уровня развития науки, соответствующий стратегическим задачам развития регионов и перспективной структуры их экономики. Предлагается сосредоточить усилия на развитии международного научно-технического сотрудничества в направлениях наибольшего спроса научного результата.

Ключевые слова: Арктическая Зона РФ, российская Арктика, наука в Арктике, наука в северных регионах России, МНТС в научной сфере.

Для цитирования: Казанин А. Г. Анализ кадровой обеспеченности и продуктивности российской науки об Арктике и науки в Арктике в свете современных вызовов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 8. – С. 44-57. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-44.

ANALYSIS OF HUMAN RESOURCES AND PRODUCTIVITY OF THE RUSSIAN SCIENCE ON THE ARCTIC AND SCIENCE IN THE ARCTIC IN THE LIGHT OF MODERN CHALLENGES

A.G. Kazanin

Moscow branch of JSC Marine Arctic Exploration Expedition, Moscow, Russia
e-mail: kazaning@mage.ru

Abstract. The relevance of the research topic is due to the need for scientific and technological support for the development of the Arctic, which, in turn, will require a sufficient number of qualified personnel.

The purpose of the work is to assess how currently the Russian Arctic is ready to meet the challenges of import substitution and the complication of the international situation in terms of its personnel, financial equipment, productivity, industry structure, state and potential for international cooperation.

Approaches methods. The main approach is to assess the level of quantitative and qualitative characteristics of staffing and the effectiveness of science in the Arctic and Arctic regions and regions of Russia, as well as Arctic research in Russia as a whole by comparing these indicators with the national and international levels. As a criterion for the success of individual research areas, the contribution of international scientific and technical cooperation to the publication activity of scientists was studied.

The main results. An analysis of the totality of indicators of postgraduate and doctoral studies, the number and proportion of people employed in research and development, the relative internal costs of research and development, the number of advanced production technologies developed and used, and the results of scientific activities reflected showed that at present and in the current trend, staffing the scientific process in the Russian Arctic looks in comparison with the national level insufficient to ensure successful socio-economic development of the region but. The productivity of Russian Arctic research is still inferior to that of the United States and Norway. The share of scientific products directly devoted to the Arctic in the total volume of Russian fundamental and applied research is also inferior to the share of the Russian Arctic in the population of Russia and the share of the Russian Arctic in Russian GDP. The opportunities for cooperation with other non-Arctic countries in the study of the region are poorly used.

Scientific novelty. For the first time, a comprehensive analysis of the state and dynamics of staffing and the effectiveness of Russian science in the Russian Arctic, the effectiveness of the development of research in the Arctic and Arctic research in Russia in the light of modern challenges, in international and inter-regional comparisons is carried out. For the first time, the level of international scientific and technical cooperation between the Arctic and Arctic regions of Russia is examined in detail.

Practical significance. Directions for further research. Recommendations It is proposed to include in the program documents of the development of the Russian Arctic the provision of a level of development of science that corresponds to the strategic objectives of the development of regions and the prospective structure of their economy. It is proposed to focus efforts on the development of international scientific and technical cooperation in the areas of greatest demand for scientific results.

Keywords: Arctic Zone of the Russian Federation, Russian Arctic, science in the Arctic, science in the northern regions of Russia, ISTC in the scientific field.

Cite as: Kazanin, A.G. (2019) [Analysis of staffing and productivity of the Russian Arctic science and science in the Arctic in the light of modern challenges]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 8, pp. 44-57. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-44.

Введение

Инновационная деятельность является основой современного развития регионов [9]. При этом она обязательно включает подготовку и переподготовку кадров, прежде всего научных и инженерных [8].

Кадровое обеспечение представляет собой самостоятельное и необходимое условие для формирования национальной инновационной системы [1, С. 3]. Кадровая проблема в целом является для развития Российского Севера ключевой, создавая вызовы в реализации стратегических проектов его освоения и развития. Так, показано, что задержки по реализации проектов, связанных с Северным морским путем, в полной мере можно отнести к этому числу [3].

Таким образом, научные и инженерные кадры составляют основу для инновационного развития региона [12, 13]. В литературе уже не раз обращались к важности подготовки научных и инженерных кадров для северных регионов России [13].

Подробно исследовалась роль научных центров и университетов в развитии АЗ РФ [16, 17].

Минобрнауки России в рамках реализации комплекса мер, направленных на обеспечение субъектов российской Арктики кадрами, разработан прогноз потребности экономики в кадрах со средним профессиональным образованием по всем территориям АЗ РФ¹, однако, кадрам высшей квалификации уделяется, на наш взгляд, недостаточное внимание.

Анализ и оценка эффективности и результативности научной деятельности в российской Арктике и в целом в российской арктической науки в последние годы проведены лишь в немногих работах. Так, межрегиональные сравнения научной эффективности деятельности ученых российского Севера и Арктики изучались на основе индекса

¹ Прогноз потребности экономики в квалифицированных кадрах со средним профессиональным образованием в регионах АЗ РФ [Электронный ресурс]: интерактивная справочная система. – Режим доступа: <http://arctic.labourmarket.ru/prognosis> (дата обращения 1.06.2019).

Хирша с учетом затрат на исследования и разработки и численности исследователей. В данной работе обоснована необходимость прогнозирования и управления интеллектуальным потенциалом северных и арктических регионов и разработки соответствующих подходов и методов [15].

В отношении изученных в литературе подходов к финансированию науки в Арктике делался вывод о том, что наилучшим эффектом обладают большие по объему грантовые программы, имеющие сложную организационную структуру, значительное число участников разного научного статуса (от студента до доктора наук), развивающие одновременно фундаментальные исследования и обеспечивающие подготовку кадров высшей научной квалификации [14]. Исторический опыт свидетельствует о том, что именно целенаправленная подготовка академически образованных исследователей, позволила России в XVIII – начале XX вв. реализовать большое количество государственных задач защиты национальных интересов и развития региона [4].

В то же время, Россия примерно с начала текущего столетия отстает по показателю численности работников, занятых НИОКР, на 1 млн. человек населения от стран от передовых в технологическом отношении стран мира [2]. Частности в отношении нефтегазовой отрасли Арктики отмечаются проблема подготовки научных кадров и преподавателей для высшей школы в сфере перспективных технологий арктической и/или шельфовой добычи, в вплоть до их отсутствия по некоторым перспективным направлениям [11].

В целом для Арктики предлагается создание Национального арктического научно-образовательного консорциума [7], развитие сетевого сотрудничества вузов с ведущими институтами РАН и вузами всей России [6]. Малонаселенные арктические регионы, в которых нефтегазовая отрасль является преобладающей, а традиционных научных центров, в том числе, РАН, и крупных вузов не хватает, в последние годы активно развивают направленные на свои нужды исследования, создают региональные научные организации, выплачивают гранты, ведут информационно-аналитические порталы, посвященные инновационным системам своих регионов (речь идет прежде всего о ЯНАО)².

Таким образом, для оценки состояния и перспектив развития российской Арктики представляется чрезвычайно важным анализ результативности подготовки научных кадров и ее динамики непосредственно в арктических и приарктических (то есть тех, хотя бы часть которых входит в АЗРФ).

Из-за технологических санкций нефтяная отрасль России может недополучить около 1 трлн долл. инвестиций в течение 2015–2045 годов. Это приведет к ощутимым потерям для бюджета — упущенные доходы могут составить \$27–65 млрд. уже в период до 2020 года [5]. Отсутствие кадров необходимой квалификации может серьезно сдерживать и ограничивать возможности развития и модернизации экономики АЗРФ, при этом дефицит кадров из года в год увеличивается по всей кадровой «пирамиде» от рабочих до инженерно-технических работников и управленцев [16].

Об эффективности арктических исследований будет говорить не только и может быть не столько их кадровое оснащение (хотя эти показатели очень сильно взаимосвязаны), но и уровень финансового обеспечения и главное научной продуктивности данных исследований (публикации, патенты и т.д.), а также, косвенно, уровень и направленность международного научного сотрудничества, наиболее активно развивающегося на перспективных в практическом плане направлениях. Конечно, российские исследования проводятся далеко не только собственно в АЗРФ и приарктических регионах, но и по всей стране. В связи с этим, оценивание уровня научного обеспечения развития российской Арктики необходимо проводить, анализируя весь массив российских публикаций различного рода, включая диссертации, научные отчеты, РИД и др.

В связи с вышеизложенным, цель работы состоит в том, чтобы оценить, насколько на текущий момент российская Арктика готова встретить вызовы импортозамещения и усложнения международной обстановки с точки зрения ее кадровой, финансовой оснащенности, продуктивности, отраслевой структуры, состояния и потенциала международного сотрудничества. Ответ на это вопрос наиболее важно получить с упором на выяснение прежде всего состояния, текущих тенденций и перспектив человеческого капитала науки российской Арктики.

Методы

В поисках аргументированных ответов на вышеуказанные вопросы автор опирался прежде все на специализированную информацию по АЗРФ, которую Росстат начал собирать с 2017 года³. В работе выделяется и анализируется комплекс показателей, позволяющих получить количественные и качественные характеристики кадровой оснащенности состояния науки в арктических и приарктических регионах и районах России. При оценке результативности и эффективности научно-инновационной деятельности используются

² Инновационный портал Ямало-Ненецкого автономного округа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yamalinnova.ru/> (дата обращения: 1.06.2019).

³ Статистическая информация о социально-экономическом развитии Арктической зоны Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gks.ru/free_doc/new_site/region_stat/arc_zona.html

наукометрические данные основных российских и зарубежных баз научной литературы и отчетов о НИОКР. Выделение публикаций, непосредственно связанных с арктическими исследованиями производилось по наличию слов «Арктика» или «арктический» в их названии или описании (а также в ключевых словах). Для оценки динамики развития кадровой обеспеченности научных исследований в Арктике используется сравнительный анализ указанных показателей с общероссийским уровнем. С целью выявления закономерностей общего развития науки в арктических и приарктических регионах применяется анализ структуры научных исследований по основным отраслям на-

уки. Для оценки уровня международного сотрудничества ученых АЗРФ и приарктических регионов в научной сфере, которое, в свою очередь, является важным показателем уровня отечественных исследований также используется наукометрический анализ.

Ход работы и основные результаты

В нижеследующих таблицах мы рассмотрим абсолютные и относительные показатели научного сообщества и развития Арктической Зоны РФ (АЗРФ). Анализ состояния научного сообщества мы начнем с изучения первой, «входной» ступени в науку – аспирантуры.

Таблица 1. Показатели аспирантуры в АЗРФ в 2016–2018 годах по сравнению с общероссийским уровнем (данные Росстата⁴)

	2016				2017				2018			
	всего, прием	всего, численность на конец года	всего, выпуск	в том числе с защитой диссертации	всего, прием	всего, численность на конец года	всего, выпуск	в том числе с защитой диссертации	всего, прием	всего, численность на конец года	всего, выпуск	в том числе с защитой диссертации
Арктическая зона Российской Федерации	172	716	174	8	157	623	202	4	178	643	111	4
Российская Федерация в целом	26421	98352	25992	3730	26081	93523	18069	2320	27008	90823	17729	2198
Доля в населении, АЗРФ, %	0,0073	0,03	0,0073	0,0003	0,0065	0,026	0,0084	0,0002	0,0075	0,0271	0,0047	0,0002
Доля в населении, РФ в целом, %	0,018	0,067	0,018	0,0025	0,018	0,064	0,012	0,0016	0,0184	0,0619	0,0121	0,0015
Отношение доли аспирантов в РФ в целом к таковой в АЗРФ	2,5	2,2	2,4	7,5	2,7	2,5	1,5	9,5	2,5	2,3	2,6	8,9

Из данных таблицы 1 следует, что уровень приема в аспирантуру в последние два года в АЗРФ несколько снижается, при этом выпуск немного вырос, численность же аспирантов в АЗРФ снизилась более чем на 10%. Сходные тенденции наблюдаются и на всероссийском уровне, но, отметим, что уровень всех показателей аспирантуры относительно общей численности населения АЗРФ почти всегда более чем в 2 раза ниже, чем уровень общероссийских показателей. Снижение численности

аспирантов с 2016 по 2017 год также выглядит более интенсивным, чем на общероссийском уровне. Однако наибольшую обеспокоенность вызывает не столько этот факт, сколько низкий уровень выпуска из «арктических» аспирантур с защитами диссертаций – этот показатель в АЗРФ был в 7,5 раз ниже, чем общероссийский, в 2016 году – и 9,5 раз ниже в 2017 году. Именно этот факт является наиболее тревожным в оценке уровня воспроизводства кадров науки в российской Арктике.

⁴ Статистическая информация о социально-экономическом развитии Арктической зоны Российской Федерации [Электронный ресурс] / Росстат. – Режим доступа: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/region_stat/arc_zona.html (дата обращения 1.06.2019).

Таблица 2. Показатели докторантуры в АЗРФ в 2016–2017 годах по сравнению с общероссийским уровнем (данные Росстата⁵)

	2016				2017				2018			
	всего, прием	всего, численность на конец года	всего, выпуск	в том числе с защитой диссертации	всего, прием	всего, численность на конец года	всего, выпуск	в том числе с защитой диссертации	всего, прием	всего, численность на конец года	всего, выпуск	в том числе с защитой диссертации
Арктическая зона Российской Федерации	0	3	8	0	2	5	0	0	3	5	3	–
Российская Федерация в целом	397	921	1346	151	439	1059	253	65	393	1048	330	82
Доля в населении, АЗРФ, %	0	0,0001	0,0003	0	0,00008	0,0002	00	0	0,0001	0,0002	0,0001	–
Доля в населении, РФ в целом, %	0,0003	0,0006	0,0009	0,0001	0,0003	0,0007	0,0002	0,00004	0,00027	0,0007	0,0002	0,00006
Отношение доли докторантов РФ в целом к таковой в АЗРФ	–	5	2,7	–	3,6	3,5	–	–	2,1	3,4	1,8	–

Аналогичные тенденции наблюдаются и в показателях докторантуры (таблица 2) – как абсолютных, так и относительных, причем ситуация выглядит еще более отстающей от среднероссийского уровня.

Если не ограничиваться анализом численности тех, чья принадлежность к науке «офици-

ально» подтверждена наличием ученой степени, а рассмотреть весь пул работников, выполняющих научные исследования и/или занятых научными разработками, то можно получить следующую картину (в АЗРФ относительно РФ в целом) – см. таблицу 3.

Таблица 3. Численность работников, выполнявших научные исследования и разработки (без совместителей и лиц, работавших по договорам гражданско-правового характера) (данные Росстата⁶)

	2016	2017
Арктическая зона Российской Федерации	3615, 0,15% в населении	3023, 0,12 % в населении
Российская Федерация	722291, 0,5% в населении	707887, 0,48% в населении

Примечание: данные по числу работников сферы ИиР в АЗРФ на 2018 год на 1.08.2019 на сайте Росстата пока не представлены.

Доля занятых в исследованиях и разработках среди населения АЗРФ (таблица 3) оказывается более чем в 3 раза ниже, чем аналогичное значение для всей России. АЗРФ, таким образом, нельзя от-

нести к наукоемким регионам, несмотря на наличие таких крупных организаций как Кольский научный центр РАН.

Переходя с индивидуального уровня на уровень

⁵ Статистическая информация о социально-экономическом развитии Арктической зоны Российской Федерации [Электронный ресурс] / Росстат. – Режим доступа: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/region_stat/arc_zona.html (дата обращения 1.06.2019).

⁶ Статистическая информация о социально-экономическом развитии Арктической зоны Российской Федерации [Электронный ресурс] / Росстат. – Режим доступа: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/region_stat/arc_zona.html (дата обращения 1.06.2019).

организационный и институциональный, рассмотрим, как соотносятся АЗРФ и Россия в целом по числу организаций, имеющих аспирантуру и докторантуру (таблица 4).

Таблица 4. Число организаций, имеющих аспирантуру и докторантуру, единиц

	2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	Аспирантура	Докторантура	Аспирантура	Докторантура	Аспирантура	Докторантура
1. Арктическая зона Российской Федерации	18	3	16	2	10	2
2. Российская Федерация	1359	385	1284	223	1223	213
3. Отношение числа организаций к населению АЗРФ, %	0,0008	0,0001	0,0007	0,00008	0,0004	0,00008
4. Отношение числа организаций к населению РФ в целом, %	0,0009	0,0003	0,0009	0,00015	0,0008	0,000145
5. Отношение показателей 4-й строки к таковым 3-й строки.	1,2	2,1	1,3	1,8	2,0	1,8

Из данных таблицы 4 видно, что организационная обеспеченность как аспирантуры, так и докторантуры находится в АЗРФ на относительно высоком уровне, превышающем обеспеченность региона собственными аспирантами и докторантами, даже в условиях общероссийского процесса оптимизации данных институтов. Таким образом, сущность

проблемы серьезного отставания АЗРФ по числу будущих кандидатов и докторов наук состоит в невысоком относительно среднероссийского уровне насыщенности научными кадрами.

Для поиска возможных причин невысокой наукоемкости Российской Арктики рассмотрим финансовый аспект исследований (таблица 5).

Таблица 5. Внутренние затраты на исследования и разработки и внутренние текущие затраты на исследования и разработки (млн руб.) в АЗРФ и РФ в целом, в том числе – в среднем на одного работника сферы исследований и разработок (млн руб./чел), 2016 и 2017 гг.

	Внутренние затраты на ИиР	Внутренние текущие затраты на ИиР	ВЗИР, отношение к числу работников сферы ИиР	ВТЗИР, отношение к числу работников сферы ИиР
2016				
Арктическая зона Российской Федерации	4396,2	4272,5	1,2	1,18
Российская Федерация	943815	873779	1,31	1,21
2017				
Арктическая зона Российской Федерации	3545,2	3460,5	1,17	1,14
Российская Федерация	1019152,4	950257,3	1,44	1,34

Из данных таблицы 5 видно, что относительные показатели финансового обеспечения научной деятельности в АЗРФ и РФ в целом близки, но в АЗРФ они несколько меньше, что, вполне возможно, является одним из факторов, демотивирующих население от выбора работы в научной сфере.

Недостаток числа работников отнюдь не обязательно означает недостаток качества работы. Рассмотрим результативность научной деятельности в АЗРФ в сравнении с РФ в целом, изучив такой показатель как относительное число разработанных и используемых на практике передовых производственных технологий (таблица 6).

Таблица 6. Число разработанных и используемых передовых производственных технологий

	Ед.					Ед./ число работников сферы исследований и разработок			
	Разработанные			Используемые		Разработанные		Используемые	
	2016	2017	2018	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Арктическая зона Российской Федерации	30	16	18	10390	7570	0,008	0,004	2,9	2,1
Российская Федерация	1534	1402	1565	232388	240054	0,002	0,002	0,3	0,3

Как видно из таблицы 6, в плане разработки и применения технологий АЗРФ по эффективности (с учетом численности работников сферы исследований и разработок) весьма значительно опережает среднероссийский уровень, что может указывать на их большую практическую нацеленность.

Что касается результативности фундаментальных исследований, то на начало сентября 2019 года в российской Научной электронной библиотеке elibrary.ru⁷ имеются данные о 10991 публикации всех типов, так или иначе посвященных Арктике. Из них более половины – 5947 – опубликованы с января 2015 года по ноябрь 2018 года; иными словами, налицо мощный всплеск научного интереса к данному региону. При этом в международной Библиографической и реферативной базе данных научных публикаций «Scopus» с 1991 года опубликовано на ноябрь 2018 года 6803 российские статьи, непосредственно касающиеся Арктики, из них 2083 – в 2015-2017 гг. По общему числу публикаций, посвященных Арктике, Россия за весь период с начала 1990х годов занимает пятое место (после США, Канады, Норвегии, Великобритании). При этом, по числу публикаций за 2016-2018 год Россия вышла на третье место (после США и Норвегии), что говорит об опережающем росте российских арктических исследований. Примерно только от 30 до 50% публикаций в разные годы проиндексированы в РИНЦ, но не обнаруживаются в «Scopus», что говорит об очень высоком качестве российских арктических исследований и их высокой международной востребованности. Во всем объеме российских публикаций по Арктике за 2016-2018 годы (2492 ед. на начало августа 2019 года) 302 написаны совместно с учеными США, 206 – Норвегии, 123 – Швеции, 193 – Германии, 113 – Великобритании, 100 – Канады, 99 – Франции, 90 – Финляндии, 74 – Дании (помимо других стран). Доля международных пуб-

ликаций среди всех публикаций россиян по Арктике за этот период составляет около 33% (что выше общероссийского уровня международных публикаций за этот период – 23%). Доля «арктических» публикаций в общероссийском объеме всех публикаций за этот период – 0,9%, что значительно ниже, чем доля населения АЗРФ в общем населении страны и тем более – вклад зоны в российский ВВП. За эти три года ученые АЗРФ и приарктических регионов опубликовали 5483 работы, что составляет около 2% от всех публикаций ученых России. Из эти 5,5 тыс. работ примерно 20% явно посвящены Арктике.

Большой объем информации о научных результатах любого вида опубликован на сайте Единой государственной информационно-системы учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (ЕГИСУ НИОКТР)⁸.

Из рисунка 1 видно, что по всем типам результатов научной деятельности, посвященным Арктике, в последние годы наблюдался значительный рост (особенно заметный в текущем десятилетии), однако по числу диссертаций в указанной базе данных особенного роста не наблюдается; также незначительным видится и рост числа способных предшествовать реальным инновациям результатов интеллектуальной деятельности (РИД).

Из рисунка 2 видно, что доля «арктических» диссертаций выросла с начала текущего десятилетия в 2 раза и составляет в последние годы примерно 0,2 % от общего числа всех российских диссертаций. Аналогично меняется и доля РИД. Однако доля научных исследований и разработок всех типов, касающихся Арктики, значительно выше; более того, она выросла в 3 раза с начала текущего десятилетия, составляя в последние годы 0,88% для научных отчетов и более 1,2% для НИР, НИОКР, ОКР и технологических разработок.

⁷ Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения 1.06.2019).

⁸ Единая государственная информационная система учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (ЕГИСУ НИОКТР) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosrid.ru/about> (дата обращения 1.06.2019).

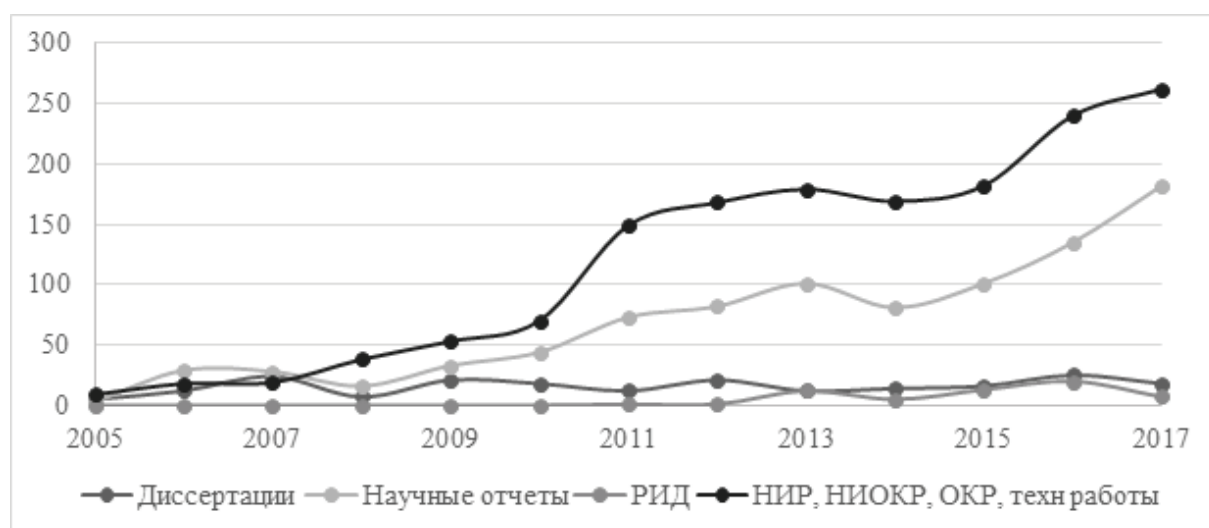
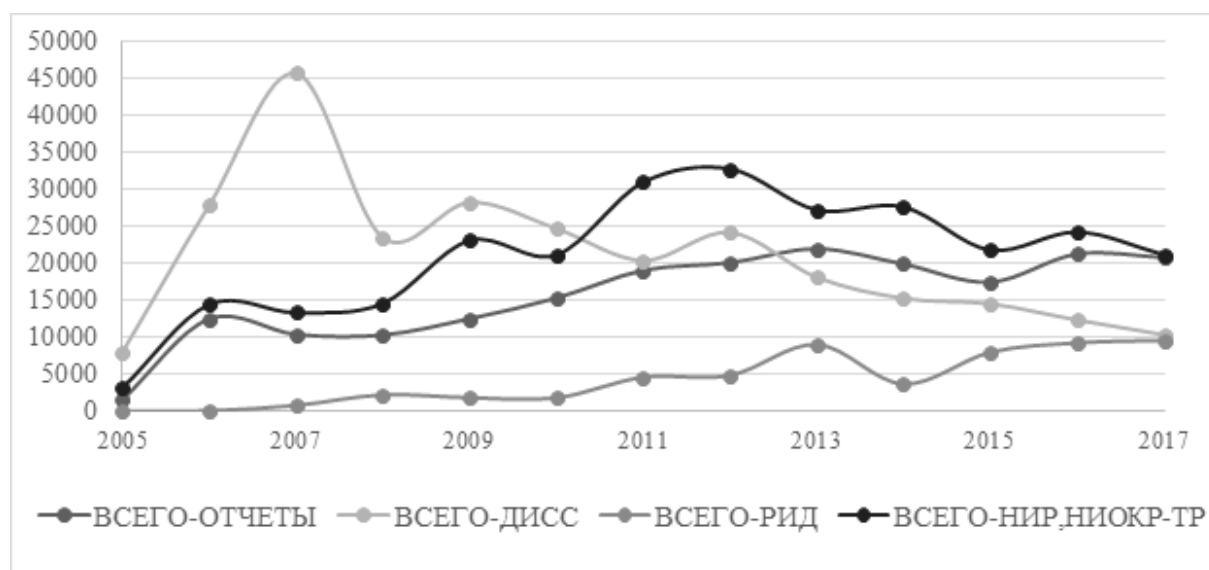
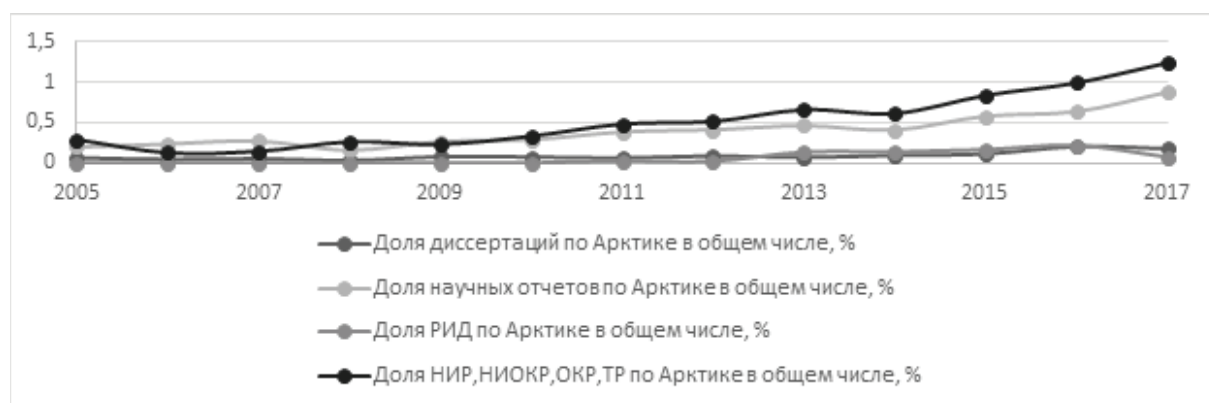


Рисунок 1. Результаты научной деятельности, отраженные в ЕГИСУ НИОКТР в целом (А), а также касающиеся Арктики (Б) по годам





Б)

Рисунок 2. Доля результатов научной деятельности, касающихся Арктики, в общем числе результатов научной деятельности различных типов в ЕГИСУ НИОКТР, % (А), а также доля результатов научной деятельности, выявленных по ключевым словам «Арктика» и «нефть» в данной БД, в числе результатов научной деятельности, касающихся Арктики, по типам, % (по периодам).

Доля научных публикаций с привлечением международного сотрудничества является весьма значимым показателем, позволяющим в целом определить, насколько российские арктические регионы интегрированы в мировое научное пространство и, косвенно, насколько соответствует уровень их фундаментальной науки мировому уровню.

По нашим наблюдениям на основе поиска информации в БД «Scopus», публикационная активность ученых в международных журналах практически всех северных регионов значительно выросла с 1991 года, особенно в течение текущего десятилетия (кроме Мурманской области, число публикаций в которой в последние годы несколько стагнирует). Правда, уровень МНТС только в Архангельской области достигает общероссийской величины (28% в относительном уровне), в то время как в абсолютных величинах он растет практически везде, кроме опять-таки Мурманской области, где число совместных с иностранцами публикаций остается неизменным в последние годы и даже несколько уменьшается.

С точки зрения ориентированности на определенные отрасли российских ученых Арктики и приарктических регионов, практически во всех случаях среди научных отраслей, к которым относятся индексируемые в «Scopus» публикации, преобладают науки о Земле, за исключением, что интересно, Архангельской области – 39% публикаций этой области, проиндексированных в этой базе данных, написаны на медицинскую тематику (вероятно, потому, что одним из научных лидеров региона является Северный государственный медицинский университет, активно сотрудничающих с норвежскими коллегами). Физика и астрономия преобладают в «наукоемком» Красноярском крае, как и во всей России. Биологические науки «лидируют» в мало-

населенных регионах – Ненецком и Чукотском АО.

Выше мы упоминали, что число и доля публикаций с привлечением международного сотрудничества является весьма значимым показателем, уровня интеграции региона в мировое научное пространство, а также, косвенно и уровень научных исследований. В связи с этим, значительный интерес представляет не сам факт участия в международном научно-техническом сотрудничестве, и даже не объем этого участия, а структура его географических направлений – иными словами, с каким странами тот или иной регион сотрудничает больше всего. В таблице 8 для арктических и приарктических регионов представлены списки из 5 стран, являющихся основными партнерами этих регионов по МНТС в научной деятельности. Для каждой страны-партнера указано, какой процент научных публикаций, выполненных данным регионом с привлечением МНТС, приходится на соавторство с учеными данной страны.

Основными зарубежными научными партнерами российских ученых арктических и приарктических регионов являются ученые основных стран Арктики – Норвегии, США, Канады. Там, где наука развита в большей степени, и исследования посвящены не только Арктическому региону, среди лидеров присутствуют и неарктические страны – Франция, Германия, другие страны Европы. При этом, даже в науке Красноярского края сотрудничество с находящейся поблизости мощной в научном отношении КНР совсем не так выражено, как в отношении более территориально удаленных от Красноярска США. КНР вообще отсутствует среди главных партнеров по МНТС практически у всех регионов. В то же время, в числе партнеров-лидеров, взаимодействующих с наукой Якутии – японцы, но совсем не китайские ученые.

Обращает на себя внимание также тот факт, что ученые Западной российской Арктики в основном активно сотрудничают с Норвегией, а ученые Восточной Арктики – с США.

В заключении приведем данные по общей динамике научного развития арктических и приарктических регионов России (таблица 7).

Таблица 7. Показатели численности и научной активности ученых в АЗРФ (в сравнении с общероссийским уровнем)

Страна/регион	Показатели	Годы			Отношение показателя 2016 года к показателю 2010 года, %
		2010	2013	2016	
Российская Федерация	Исследователи	368915	369015	370379	100,4
	Преподаватели	348160	319348	260980	75,0
	Ученые	717075	688363	631359	88,0
	Доля ученых в населении, %	0,005	0,005	0,004	85,7
	Число публикаций в БД «Scopus» в год	40204	49103	79752	198,4
	Число публикаций/число ученых	0,056	0,071	0,126	225,3
Республика Коми	Исследователи	1105	1059	1154	104,4
	Преподаватели	1108	1198	771	69,6
	Ученые	2213	2257	1925	87,0
	Доля ученых в населении	0,0025	0,0026	0,0023	92,0
	Число публикаций в БД «Scopus» в год	123	201	214	174,0
	Число публикаций/число ученых	0,056	0,089	0,111	200,0
Архангельская область	Исследователи	706	744	696	98,6
	Преподаватели	1975	1974	1430	72,4
	Ученые	2681	2718	2126	79,3
	Доля ученых в населении	0,002	0,002	0,0018	83,5
	Число публикаций в БД «Scopus» в год	60	136	200	333,3
	Число публикаций/число ученых	0,022	0,05	0,09	420,4
Ненецкий АО	Исследователи	23	25	24	104,3
	Преподаватели	0	0	0	–
	Ученые	23	25	24	104,3
	Доля ученых в населении	0,0005	0,0006	0,0005	99,6
	Число публикаций в БД «Scopus» в год	0	1	3	–
	Число публикаций/число ученых	0	0,04	0,125	–
Мурманская область	Исследователи	940	1007	977	103,9
	Преподаватели	1100	940	512	46,5
	Ученые	2040	1947	1489	73,0
	Доля ученых в населении	0,0026	0,0025	0,002	76,6
	Число публикаций в БД «Scopus» в год	140	176	149	106,4
	Число публикаций/число ученых	0,07	0,09	0,1	145,8
Ямало-Ненецкий АО	Исследователи	11	49	59	536,4
	Преподаватели	206	236	58	28,2
	Ученые	217	285	117	53,9
	Доля ученых в населении	0,0004	0,0005	0,0002	52,8
	Число публикаций в БД «Scopus» в год	0	0	11	–
	Число публикаций/число ученых	0	0	0,09	–

Страна/регион	Показатели	Годы			Отношение показателя 2016 года к показателю 2010 года, %
		2010	2013	2016	
Красноярский край	Исследователи	3791	4115	4503	118,8
	Преподаватели	6857	6467	5445	79,4
	Ученые	10648	10582	9948	93,4
	Доля ученых в населении	0,0038	0,0037	0,0035	91,9
	Число публикаций в БД «Scopus» в год	503	690	1161	230,8
	Число публикаций/число ученых	0,047	0,07	0,12	247,1
Республика Саха (Якутия)	Исследователи	1176	1254	1260	107,1
	Преподаватели	1946	2011	1727	88,7
	Ученые	3122	3265	2987	95,7
	Доля ученых в населении	0,003	0,0034	0,0031	95,2
	Число публикаций в БД «Scopus» в год	121	193	425	351,2
	Число публикаций/число ученых	0,04	0,06	0,14	367,1
Чукотский АО	Исследователи	11	11	14	127,3
	Преподаватели	3	4	4	133,3
	Ученые	14	15	18	128,6
	Доля ученых в населении	0,0003	0,0003	0,0004	131,1
	Число публикаций в БД «Scopus» в год	3	3	3	100,0
	Число публикаций/число ученых	0,21	0,2	0,17	77,8

Данные таблицы 9 свидетельствуют, что тенденции развития научной деятельности в арктических и приарктических регионах России в последние годы примерно одинаковы и соответствуют общероссийским тенденциям, а именно: число исследователей практически везде немного, но увеличивалось (кроме Архангельской области), число преподавателей – снижалось. При этом суммарная численность исследователей и преподавателей вузов («ученых») снижалась во всех регионах, кроме Ненецкого и Чукотского АО, где преподавателей нет или практически нет. Это снижение было меньше общероссийского уровня в Красноярском крае и Якутии, но больше – в Западной Арктике и приарктических регионах, особенно сильно оно выразилось в ЯНАО и Мурманской области.

Тем не менее, публикационная эффективность исследований ученых в Арктике и прилегающих регионах близка к среднероссийскому уровню, а в случае Республики Саха и Чукотского АО даже выше такового.

Что касается «наукоемкости» регионов в плане кадрового обеспечения исследователями и преподавателями вузов, то в приведенном списке лидирует Красноярский край (доля ученых в населении – 0,35%, в РФ в среднем – 0,4%), на втором месте – Якутия (0,31%), далее идут Республика Коми (0,23%), Мурманская (0,2) и Архангельская (0,18%) области, а затем – малонаселенные регионы – Ненецкий АО (0,05%), Чукотский АО (0,04%) и, что

несколько удивительно – ЯНАО (0,02%). Так или иначе, представленные факты частично объясняют вышеуказанное явление низкого уровня воспроизводства научных кадров высшей квалификации в АЗРФ, оказавшегося более чем вдвое ниже, чем таковой уровень в России в целом – но только частично, поскольку воспроизводство докторов наук находится на значительно более низком уровне, чем в целом по стране.

Практическая значимость, направления дальнейших исследований, рекомендации

Наука призвана идти в авангарде комплексного освоения регионов. У России в Арктической зоне расположены 46 городов с населением более 5000 жителей, в том числе четыре с населением более 100 тыс. человек, что является рекордом среди прибрежных арктических государств. При населении, доля которого составляет 1,7% от общей численности населения страны, российская Арктика в настоящее время производит 12% российского ВВП – эта доля больше, чем у любой другой страны Арктической группы. Арктика для России – не просто перспективный, а жизненно важный, при этом чрезвычайно экономически значимый и перспективный регион. Его научное развитие должно быть опережающим по сравнению с общероссийским уровнем и динамикой, должно быть оснащено кадрами и иметь соответствующую материально-техническую базу.

Проведенные нами численные оценки позволяют обобщенно оценить состояние российской науки об Арктике и научной деятельности, ведущейся непосредственно в регионе. Российская академическая наука непосредственно в Арктике слабо ориентирована на прикладную, техническую сторону арктических исследований вообще и добычи нефти (например), в частности. Уровень международного научно-технического сотрудничества России в Арктике в последние несколько лет, хотя и растет несмотря на комплексные экономико-технологические санкции Запада, остается более низким по сравнению с общероссийским. При этом слабо используются пока возможности кооперации с другими, неарктическими странами в изучении региона. Страновые приоритеты МНТС остаются прежними (Норвегия, США, Канада, страны Западной Европы), хотя, возможно, стоит подумать о развивающихся странах (не столько АТР, но, например, Индии, Ирана, странах СНГ) с точки зрения, например, привлечения кадров зарубежных исследователей.

Для успешного развития АЗРФ необходимо стратегическое планирование развития кадрового потенциала науки региона, включающее как его

ускоренное наращивание, сопровождающееся увеличением финансирования научной деятельности, привлечением молодежи и перспективных ученых из других регионов РФ и из за рубежа в аспирантуру и докторантуру организаций АЗРФ, обеспечение концентрации усилий на направлениях стратегического развития отдельных регионов АЗРФ. В данную стратегию предлагается включить обеспечения соответствия развития науки в регионах и районах АЗРФ по отдельным отраслям науки, соответствующим стратегическим задачам развития регионов и перспективной структуры их экономики. Предлагается сосредоточить усилия на развитии международного научно-технического сотрудничества в направлениях наибольшего спроса научного результата.

В целом, для формирования полноценной инновационной системы развития АЗРФ и Крайнего Севера в целом, необходимо значительно повысить, как минимум, в 2–3 раза уровень и оснащенность как фундаментальных, так и прикладных исследований, как в кадровом, так и в материально-техническом, а также финансовом плане.

Литература

1. Архипова Н. И., Седова О. Л. Управление персоналом в инновационной сфере // Инновационный выбор России: проблемы и перспективы: труды X Чаяновских чтений (Москва, 12 марта 2009 г.). / Под ред. Н. И. Архиповой. РГГУ АНХ при Правительстве РФ. – М., 2009. – 367 с.
2. Вишневский А. Г., Бобылев С. Н. [и др.] Доклад о развитии человеческого потенциала в Российской Федерации 2008: Россия перед лицом демографических вызовов. М.: ПРООН, 2009. – 208 с.
3. Григорьев Н, Никитин В. Арктика: кадры – основа прорывных технологий. // Транспортная стратегия – XXI век. – 2016. – № 32. – С. 38-39.
4. Иванова М.В., Шабалина О.В. институт высшего образования как инструмент обеспечения доминирования России в Арктическом регионе // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2016. – № 4 (51). – С. 199-209.
5. Кравец В. RPI: Освоение российского шельфа в условиях санкций: нас бьют, а мы крепчаем? [Электронный ресурс] // ROGTEC Russian oil & gas technologies. – Режим доступа: <https://rogtecmagazine.com/rpi-освоение-российского-шельфа-в-услов/?lang=ru> (дата обращения: 1.06.2019).
6. Кудряшова Е. В. Потенциал сетевого сотрудничества ведущих российских вузов и учреждений РАН для научно-образовательного обеспечения стратегических интересов России в Арктике // сб. Всероссийской конференции с международным участием «Комплексные научные исследования и сотрудничество в Арктике: взаимодействие вузов с академическими и отраслевыми научными организациями». – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова. – 2015. – С. 3-11.
7. Кудряшова Е. В., Тюкина С. Л. Создание национального арктического научно-образовательного консорциума для обеспечения устойчивого развития территорий АЗРФ: сущность и содержание // Арктика – национальный мегапроект: кадровое обеспечение и научное сопровождение: сборник. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, 2016. – С. 178-181.
8. Макаров В. Л. Горизонты инновационной экономики в России: право, институты, модели: сборник / Российская акад. наук, Науч. совет по программе фундаментальных исслед. президиума Российской акад. наук «Экономика и социология знания» [и др.] – М.: ЛЕНАНД, 2010. – 234 с.
9. Миндели Л. Э., Пипия Л. К., Чистякова В. Е. Вопросы обеспечения интеллектуально-кадровой безопасности России. – М.: ИПРАН РАН, 2018. – 84 с.
10. Новоселов С. В., Маюрникова Л. А., Килина И. А. К вопросу перспектив системы подготовки кадров для научно-инновационной деятельности // Профессиональное образование в России и за рубежом. – 2017. – № 4 (28). – С. 77-84.
11. Папуша А. Н., Золотухин А. Б., Гудмestad О. Т. о подготовке кадров для освоения шельфа и ресур-

сов мирового океана [Электронный ресурс] // Издательский дом «Гелион». – Режим доступа: <https://helion-ltd.ru/personnel-preparation-shelf/> (дата обращения: 1.08.2019).

12. Пашеева Т. Ю., Радионовская Т. И. Инженерные кадры – ресурс инновационного развития региона // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 5. ч. 2. – С. 390-393.

13. Петухов Н. А. Научные кадры и их роль в инновационном развитии // Альманах современной науки и образования. – Тамбов: Грамота, 2009. – № 3 (22). – С. 134-136. – ISSN 1993-5552.

14. Скуфьина Т. П. Комплексные фундаментальные исследования Севера и Арктики: некоторые результаты и перспективы развития при поддержке грантов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1. – С. 268.

15. Смирнов А. В. Человеческий потенциал науки и образования северных регионов // Региональная экономика: теория и практика. – 2015. – № 25(400). – С. 60-72.

16. Цукерман В. А. Инновационное промышленное развитие как основа комплексного управления экономикой Арктической зоны Российской Федерации // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2016. – № 2 (49). – С. 94-105.

17. Цукерман В. А. Проблемы и перспективы перехода от сырьевой к инновационной экономике Севера // Экономические и социальные перемены. – 2008. – № 2. – С. 30.

18. Цхадая Н. Д. (Отв. ред.) Арктика: академическая наука и университеты. Роль университетов в реализации арктической стратегии России: сб. статей по итогам межрег. науч.-прак. конф. (Ухта, 10–12 октября 2013 г.) / Рос. акад. наук, Урал. отд-ние, Коми науч. центр, Ухтин. гос. техн. ун-т. Науч. конс. А. М. Асхабов. – Сыктывкар: КНЦ УрО РАН, 2014. – 172 с.

References

1. Arhipova, N.I., Sedova, O.L. (2009) [Human resource management in the innovation sphere]. *Trudy X Chayanovskikh chtenij «Innovacionnyj vybor Rossii: problemy i perspektivy»* [Proc. of the X Chayanov Readings “Innovative Choice of Russia: Problems and Prospects”]. Moscow. 367 p. (In Russ.).

2. Vishnevskij, A.G., Bobylev, S.N. (2009) *Doklad o razvitii chelovecheskogo potentsiala v Rossijskoj Federatsii 2008: Rossiya pered litsom demograficheskikh vyzovov* [Human Development Report in the Russian Federation 2008: Russia in the face of demographic challenges]. Moscow: UNDP. 208 p. (In Russ.).

3. Grigoryev, N., Nikitin, V., (2016) [Arctic: personnel – the basis of breakthrough technologies] *Transportnaya strategiya – XXI vek* [Transport strategy – XXI century]. Vol. 32, pp. 38-39 (In Russ.).

4. Ivanova, M.V., Shabalina, O.V. (2016) [Institute of Higher Education as an Instrument for Ensuring Russia’s Dominance in the Arctic Region]. *Sever i rynek: formirovaniye ekonomicheskogo poryadka* [North and Market: Formation of the Economic Order]. Vol. 4 (51), pp. 199-209. (In Russ.).

5. Kravets, V. (2015) [RPI: The development of the Russian shelf in terms of sanctions: we are beaten, and we grow stronger?]. ROGTEC Russian oil & gas technologies. Available at: <https://rogtec magazine.com/rpi-освоение-российского-шельфа-в-условиях-санкций/?lang=ru> (accessed 1.06.2019) (In Russ.).

6. Kudryashova, E.V. (2015) [Potential of network cooperation of leading Russian universities and institutions of the Russian Academy of Sciences for scientific and educational support of Russia’s strategic interests in the Arctic]. *Sbornik Vserossiyskoj konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Kompleksnye nauchnye issledovaniya i sotrudnichestvo v arktike: vzaimodejstvie vuzov s akademicheskimi i otraslevymi nauchnymi organizatsiyami»*. [A collection of the All-Russian conference with international participation “Complex research and cooperation in the Arctic: the interaction of universities with academic and industrial research organizations”], pp. 3-11. (In Russ.).

7. Kudryashova, E.V., Tyukina, S.L. (2016) [Creating a national Arctic scientific and educational consortium to ensure the sustainable development of the territories of the Russian Arctic: the nature and content]. *Arktika – natsional’nyj megaproekt: kadrovoe obespechenie i nauchnoe soprovozhdenie: sbornik* [Arctic – national megaproject: staffing and scientific support: collection]. Arkhangelsk: M. V. Lomonosov’s Northern (Arctic) Federal University, pp. 178-181. (In Russ.).

8. Makarov, V.L. (2010) *Gorizonty innovacionnoj ekonomiki v Rossii: pravo, instituty, modeli: sbornik* [Horizons of the innovation economy in Russia: law, institutions, models: collection]. Moscow: LENAND, 234 p. (In Russ.).

9. Mindeli, L.E., Pipiya, L.K., Chistyakova, V.Ye. (2018) *Voprosy obespecheniya intellektual’no-kadrovoy bezopasnosti Rossii* [Issues of ensuring the intellectual and personnel security of Russia]. Moscow: IPAN RAN, 84 p. (In Russ.).

10. Novoselov, S.V., Mayurnikova, L.A., Kilina, I.A. (2017) [On the issue of the prospects of the system of training for research and innovation]. *Professional’noe obrazovanie v rossii i za rubezhom* [Professional education in Russia and abroad]. Vol. 4 (28), pp. 77-84. (In Russ.).

11. Papusha, A.N., Zolotukhin, A.B., Gudmestad, O.T. O podgotovke kadrov dlya osvoyeniya shel'fa i resursov mirovogo okeana [About training for the development of the shelf and resources of the oceans. Izdatel'skiy dom «Gelion» [Publishing House «Helion»]. Available at: <https://helion-ltd.ru/personnel-preparation-shelf/> (accessed 1.06.2019) (In Russ.).
12. Pasheeva, T.Yu., Radionovskaya, T.I. (2016) [Engineering personnel - resource of innovative development of the region]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern high technologies]. Vol. 5, pt 2, pp. 390-393. (In Russ.).
13. Petuhov, N.A. (2009) [Scientific personnel and their role in innovative development]. *Al'manah sovremennoj nauki i obrazovaniya* [Almanac of modern science and education]. Tambov: Literacy. Vol. 3 (22), pp. 134-136. ISSN 1993-5552. (In Russ.).
14. Skuf'ina, T.P. (2013) [Integrated fundamental research of the North and the Arctic: some results and development prospects supported by grants]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. Vol. 1, pp. 268 (In Russ.).
15. Smirnov, A.V. (2015) [The human potential of science and education in the northern regions]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika* [Regional Economics: theory and practice]. Vol. 25(400), pp. 60-72 (In Russ.).
16. Zuckerman, V.A. (2016) [Innovative industrial development as the basis for integrated management of the economy of the Arctic zone of the Russian Federation]. *Sever i rynek: formirovaniye ekonomicheskogo poryadka* [North and Market: Formation of the Economic Order]. Vol. 2 (49), pp. 94-105 (In Russ.).
17. Zukerman, V.A. (2008) [Problems and prospects of the transition from raw materials to the innovative economy of the North]. *Ekonomicheskiye i sotsial'nyye peremeny* [Economic and social changes]. Vol. 2, pp. 30 (In Russ.).
18. Tskhadaya, N.D. (2014) *Arktika: akademicheskaya nauka i universitety. Rol' universitetov v realizatsii arkticheskoy strategii Rossii: sbornik statej po itogam mezhhregional'noj nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Arctic: academic science and universities. The role of universities in the implementation of Russia's Arctic strategy: collection of articles on the results of the interregional scientific-practical conference]. Syktyvkar: KSC UrB RAS, 172 p.

Информация об авторе:

Алексей Геннадьевич Казанин, кандидат технических наук, директор Московского филиала ОАО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция», Московский филиал ОАО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция», Москва, Россия

ORCID ID: 0000-0003-2526-8786

e-mail: kazaning@mage.ru

Статья поступила в редакцию 20.06.2019; принята в печать 29.11.2019.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Information about the author:

Alexey Gennadievich Kazanin, Candidate of Technical Sciences, Director of the Moscow branch of the JSC Marine Arctic Geologocal Expedition, Moscow, Russia

ORCID ID: 0000-0003-2526-8786

e-mail: kazaning@mage.ru

The paper was submitted: 20.06.2019.

Accepted for publication: 29.11.2019.

The author has read and approved the final manuscript.

КТО ВЫБИРАЕТ РАЗНЫЕ ТИПЫ СТРАХОВАНИЯ: ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Т.Г. Синявская¹, А.А. Трегубова²

Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), Ростов-на-Дону, Россия

¹e-mail: sin-ta@yandex.ru

²e-mail: alexandra_a_t@mail.ru

Аннотация. В статье проводится исследование страхового поведения россиян на основе моделирования выбора различных видов добровольного страхования. Используются данные 26 волны Российского мониторинга экономического положения и здоровья населения РМЭЗ-ВШЭ за 2017 год. Выборку составили 10 318 наблюдений базы по индивидам, дополненных информацией по домохозяйствам. Была оценена модель логистической регрессии для страхования жизни и страхования от несчастных случаев и бипробит-модель для автострахования (кроме ОСАГО) при условии наличия автомобиля, страхования квартиры или дома при условии их наличия у домохозяйства, страхования дачи при условии ее наличия. По результатам моделирования выявлено, что выбранная группа факторов оказывает различное влияние на выбор индивидом разных видов добровольного страхования. В частности, различается влияние возраста, пола, числа членов домохозяйства, брачного статуса, уровня образования, исповедуемой религии, типа поселения, попыток открытия собственного бизнеса, других типов финансового поведения, таких как наличие кредитов, сбережений, сбережений под проценты и одалживание денег. Аналогичное влияние на наличие разных полисов страхования оказывают уровень удовлетворенности жизнью и доход домохозяйства. Члены домохозяйств с более высоким уровнем дохода обладают более высокими шансами иметь полисы добровольного медицинского страхования.

Проведенный раздельный анализ спроса на разные виды добровольного страхования позволил выявить различия во влиянии факторов на стратегии страхового поведения индивидов. Результаты исследования показали, что виды страхования, формально считающиеся добровольными, фактически не являются таковыми. Страхование, таким образом, не выступает для россиян в качестве хорошо осознаваемого метода управления рисками, а представляет собой либо вынужденный выбор (аналогичный вмененному страхованию), либо еще один тип финансового поведения, которое доступно для домохозяйств с высоким уровнем доходов.

Ключевые слова: страховое поведение, добровольное страхование, виды добровольного страхования физических лиц, бипробит-модель, логистическая регрессия.

Благодарность: исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-010-00657.

Для цитирования: Синявская Т. Г., Трегубова А. А. Кто выбирает разные типы страхования: эконометрический анализ // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 8. – С. 58-68. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-58.

WHO CHOOSES DIFFERENT TYPES OF INSURANCE: ECONOMETRIC ANALYSIS

T.G. Sinyavskaya¹, A.A. Tregubova²

Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don, Russia

¹e-mail: sin-ta@yandex.ru

²e-mail: alexandra_a_t@mail.ru

Abstract. The paper deals with the insurance behavior of Russians by modeling the choice of various types of voluntary insurance. Dataset used is Individual Russia Longitudinal Monitoring Survey – Higher School of Economics (RLMS-HSE) Round 26, 2017. Sample includes 10 318 individuals supplemented by household information. We estimated logit model for the life and accident insurance and biprobit models for motor insurance (except for CMTPLI) under condition of having a vehicle, apartment insurance under condition of apartment ownership, and country house insurance under condition of having one. Based on the estimation results, it is revealed that the selected group of factors has a different effect on the individual's choice of voluntary insurance's

different types. In particular, we identified differences in the effects of age, gender, number of household members, marital status, education level, religion, type of settlement, attempts to start own business, and other types of financial behavior, such as loans, savings, savings at interest and money lending. Life satisfaction level and household income have a similar effect on the availability of different insurance policies. Members from higher income households are more likely to have voluntary health insurance policies.

A separate analysis of the demand for different types of voluntary insurance revealed the differences in the influence of factors on the individuals' strategies of insurance behavior. We revealed that types of insurance formally considered voluntary, in fact, are not. Insurance, therefore, does not appear to Russians as a well-used risk management method. It is either a compelled choice (similar to imputed insurance) or another type of financial behavior that is available to high-income households.

Keywords: insurance behavior, voluntary insurance, types of individual voluntary insurance, biprobit model, logit model.

Acknowledgements: The reported study was funded by RFBR according to the research project N18-010-00657.

Cite as: Sinyavskaya, T.G., Tregubova, A.A. (2019) [Who chooses different types of insurance: econometric analysis]. *Intellekt. Innovatsi. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 8, pp. 58-68. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-58.

Введение

Страхование, представляя собой один из видов финансового поведения, тем не менее, существенно отличается от других его разновидностей как по своей экономической сущности, так и по мотивации индивидов к его демонстрации. С классических позиций теории принятия решений страхование, представляя собой способ управления рисками, зависит от склонности или несклонности индивида к риску. Не склонный к риску предпочтёт приобрести страховой полис, даже при невысокой вероятности ущерба, склонный будет отказываться от страхования. Однако современные поведенческие исследования свидетельствуют о том, что мотивация к страхованию имеет более сложную структуру и зависит, в том числе, от разнообразных характеристик как самого страхователя, так и его семьи. В связи с этим, выявление набора детерминант страхового поведения россиян представляет собой актуальную задачу.

Обзор исследований

В большинстве исследований, посвященных тематике страхования, решение о покупке страхового полиса рассматривается исключительно, как финансовое решение, что предполагает зависимость от количественных факторов, таких как размер премии, вероятность убытка, размер страховой выплаты. Однако, К. Нсее & Н. Кунрейтер [12] показали, что важными факторами с точки зрения демонстрации потребителями страхового поведения являются чувства потребителя по отношению к страхованию. В соответствии с их предположением, решение индивида о получении страховой выплаты зависят не только от величины денежного возмещения, но также от того, насколько велики были страдания, связанные со страховым случаем. Н. Кунрейтер & М. Паули [14] удалось доказать, что существует множество возможных обстоятельств, при которых

выбор индивида отличается от того, который предсказывается в рамках стандартной теории принятия решений в условиях неопределенности. Например, влияние эмоций и социальных норм на решение о покупке полиса страхования, ограниченный интерес к покрытию страхованием катастрофических событий при низкой вероятности их наступления.

Ряд исследований показал, что индивиды более склонны рисовать, когда речь идёт о потерях, и менее – когда о доходах [13]. Согласно С. Бузату [7], решение о страховании предполагает проведение сравнения в терминах потерь, то есть в той области, где индивиды более склонны к принятию риска. Если индивиды не расценивают риск, связанный со страховым событием, как более высокий, по сравнению с оценкой, даваемой страховщиком, у индивидов не будет экономического стимула приобретать страховую защиту. Аналогично, некоторые могут переплачивать за страховку, если они опасаются определенного события (угона автомобиля, ущербба жилищу от стихийного бедствия и т.д.).

Другой причиной, по которой индивиды могут отказываться от приобретения страхования, Н. Кунрейтер & М. Паули [14] называют ощущение ограничения со стороны доходов или доступных ликвидных средств, вследствие чего им сложно привлечь финансовые ресурсы для инвестирования в защиту от событий, имеющих низкую вероятность.

Существует множество исследований, посвящённых детерминантам потребительского поведения страхователей. Связь между спросом на страхование жизни и индивидуальными психологическими характеристиками, а также отношением индивидов к риску впервые была изучена в работе М.Р. Грини [10]. Спрос на страхование с точки зрения концепции жизненного цикла была исследована С. Фишер [9], Р.А. Кампбелл [8]. Зависимость спроса на страхование жизни от социально-эконо-

мических характеристик застрахованных была изучена М. Yaari [16], N.H. Hakansson [11]. J.J. Burnett & B.A. Palmer [6] выявили, что поведение в отношении страхования жизни статистически значимо зависит от профессиональной этики, исповедуемой религии и уровня образования.

Интересное исследование было проведено в 2015 г. Deloitte US¹, в рамках которого были опрошены около 1700 покупателей и не покупателей страхования жизни в среднем рыночном сегменте США. Данное исследование подтвердило, что определенные события в жизни индивидов являются надежными предикторами приобретения полиса страхования жизни. Например, состоящие в браке индивиды, имеющие детей, дом в собственности, или находящиеся на пенсии, более склонны к приобретению полиса страхования жизни по сравнению с индивидами, имеющими средние характеристики. И наоборот, аренда жилья и/или одиночество снижает шансы на наличие действующего страхового полиса.

Однако в настоящее время практически отсутствуют исследования, посвященные страховому поведению населения России на микро-уровне. Большинство российских исследователей рассматривают только детерминанты спроса на страхование на макроуровне, например, И.Б. Гомелля [1], А.Н. Зубец [2], И.Б. Котлобовский и В.Х. Эченикэ [3] и другие.

Данное исследование направлено на заполнение этого пробела. Наша предшествующая работа [15] была нацелена на выявление детерминант индивидуального выбора, приобретать ли один или несколько страховых полисов. В данной работе мы определяем, какие факторы значимо влияют на приобретение полисов страхования различных видов.

Цель и гипотезы исследования

Цель данного исследования состоит в выявлении характеристик индивидов и их домохозяйств, которые оказывают значимое влияние на выбор в пользу приобретения полисов добровольного страхования в России. Достижение поставленной цели предполагает проверку следующих гипотез:

- 1) страховое поведение россиян является специфичным и отличается оригинальным набором детерминант;
- 2) добровольное страхование является инструментом управления рисками, вследствие чего практикуется в основном не склонными к риску индивидами;

- 3) на страхование поведение, заключающееся в выборе добровольного страхования или в отказе от него, оказывают влияние следующие факторы: пол, возраст, уровень образования индивида, состояние в браке, исповедуемая религия, удовлетворенность жизнью, душевой доход семьи, число членов домохозяйства, а также кредитная и сберегательная активность индивида и его семьи.

Данные

Исследование проведено с использованием данных обследования «Российский мониторинг экономического положения и здоровья населения НИУ-ВШЭ (RLMS-HSE)»² за 2017 год, репрезентирующего население России. Выборка сформирована на основании данных индивидуального опросника, дополненного рядом характеристик домохозяйства. Объем выборки составил 10 318 человек, из них 58,3% – женщины, 41,7% – мужчины.

Почти 67% опрошенных проживали в областных городах и других городах, около 27% – в сельской местности, почти 7% – в поселках городского типа. Размер домохозяйства составил в среднем 3,3 члена, максимальное число членов семьи – 14 человек. При этом у 50,3% индивидов семья состояла из двух или трех человек, только 10,5% респондентов проживали в домохозяйствах, где число членов превышало пять человек.

Средний возраст респондента составил 48 лет, возраст мужчин в среднем составил 45 лет, а женщин – 50 лет. Почти 32% индивидов были в возрасте 25-44 года, 25% – в возрасте 45-59 лет (подробнее на рисунке 1).

У 74% индивидов есть дети, у 25,8% – в возрасте до 18 лет. Среднее число детей составило 1,32, максимальное – 11 человек. В официальном браке состоят 48,7% опрошенных.

Из общего числа респондентов 18,5% имели незаконченное среднее образование, более половины опрошенных заявили о наличии законченного среднего специального или высшего образования (рисунок 2).

49,9% опрошенных заявили, что работают (55,8% мужчин и 45,7% женщин). Кроме того почти 41% индивидов получали пенсии (без учета пенсий на детей). Средний душевой денежный доход семьи индивида в течение месяца составил 19 140,16 рублей, медианный доход – 15 852,00 рублей. Отметим, что 51% индивидов заявили, что частично или полностью удовлетворены своей жизнью, еще

¹ Life insurance consumer purchase behavior (2015), Deloitte US research. – Режим доступа: <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/consulting/articles/life-insurance-mid-market-consumer-survey.html>

² «Российский мониторинг экономического положения и здоровья населения НИУ-ВШЭ (RLMS-HSE)», проводимый Национальным исследовательским университетом «Высшая школа экономики» и ООО «Демоскоп» при участии Центра народонаселения Университета Северной Каролины в Чапел Хилле и Института социологии Федерального научно-исследовательского социологического центра РАН. Сайты обследования RLMS-HSE: <http://www.cpc.unc.edu/projects/rlms> и <http://www.hse.ru/rlms>.

24% – оказались частично или полностью неудовлетворенными своей жизнью. Своим материальным положением не удовлетворены полностью или

частично 57% опрошенных, только 2,4% заявили, что полностью удовлетворены своим материальным положением (подробнее на рисунке 3).

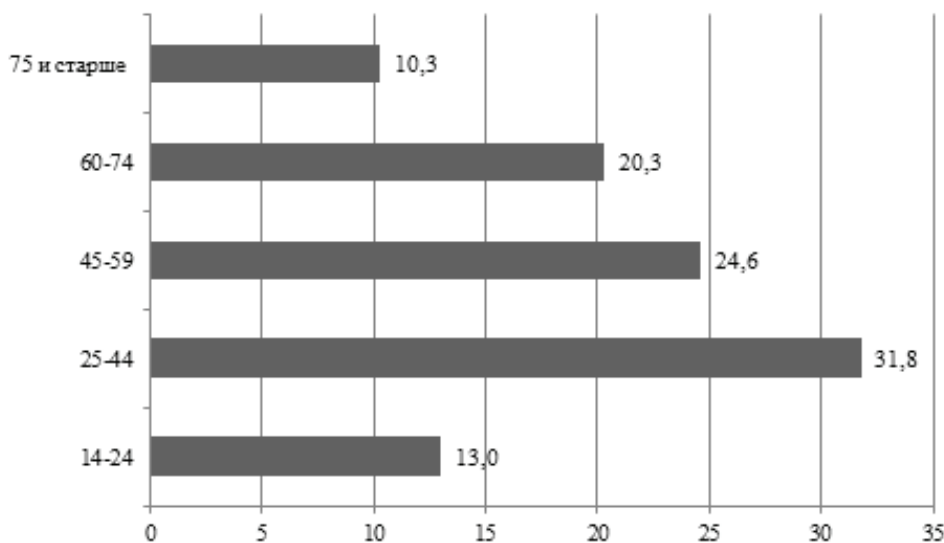


Рисунок 1. Распределение индивидов по возрастным группам, %

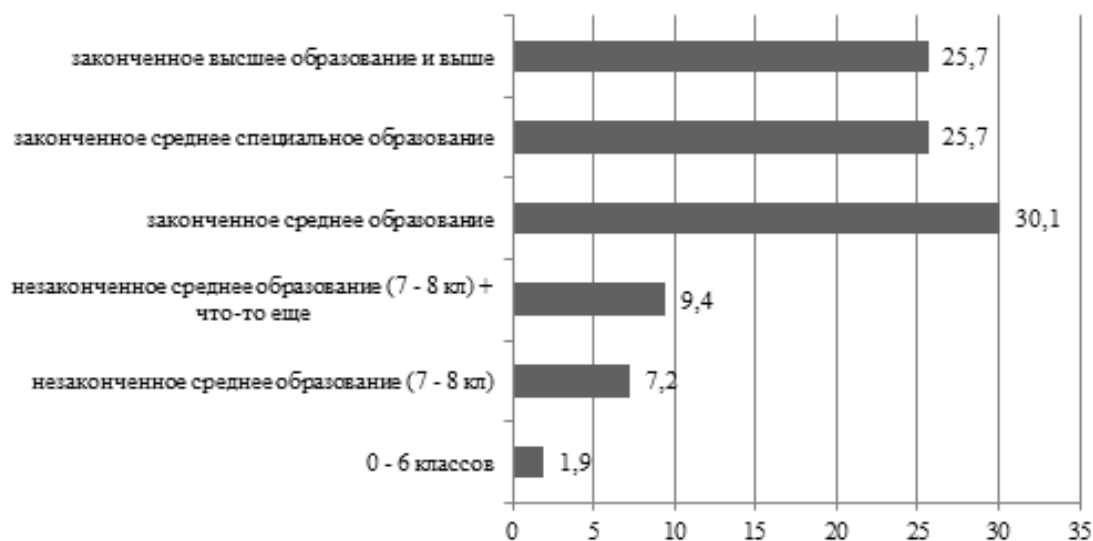


Рисунок 2. Распределение индивидов по уровню законченного образования, %

Какое же поведение демонстрировали индивиды на рынке добровольного страхования в 2017 году?

Среди общего числа индивидов только 12,1% заявили о наличии договоров добровольного страхования (по любым видам страхования, как отдельно, так и в различных комбинациях). Было рассмотрено пять основных видов добровольного страхования: страхование жизни и от несчастного случая, страхование дома и/или квартиры, страхование дачи, страхование автомобиля (кроме ОСАГО), сельскохозяйственное страхование. Отметим, что из переч-

ня рассматриваемых видов добровольного страхования было исключено медицинское страхование, что объясняется тем, что решение о заключении договора добровольного медицинского страхования (ДМС) чаще всего принимается не индивидом непосредственно, а работодателем в рамках предоставляемого социального пакета. Так, только 2,9% индивидов заявили, что у них имеется полис ДМС, из них 87,6% – это те, чьи полисы оплачивает работодатель. То есть говорить о действительно личном выборе в пользу такого страхования нельзя.

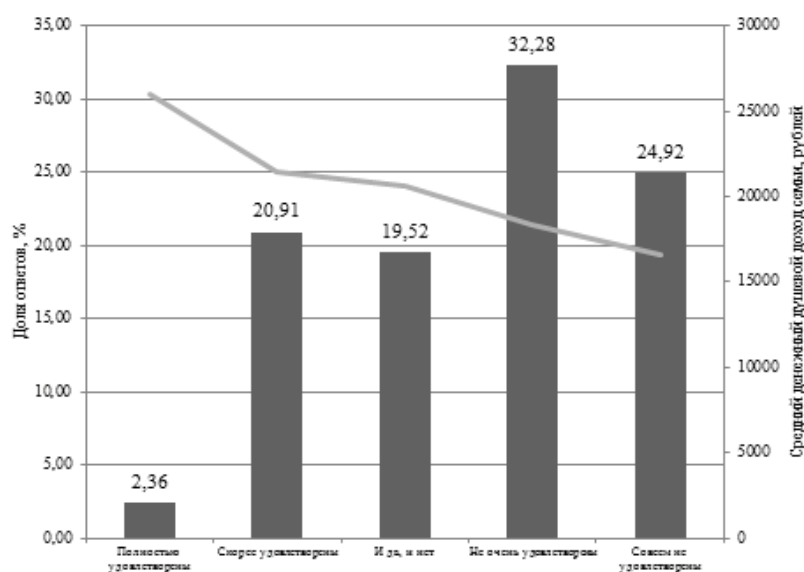


Рисунок 3. Распределение индивидов по удовлетворенности своим материальным положением, %

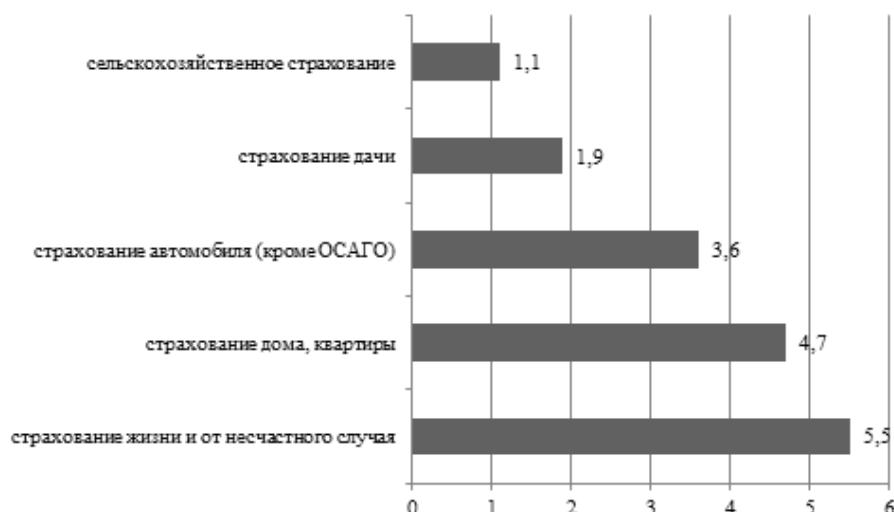


Рисунок 4. Распределение индивидов по наличию отдельных видов добровольного страхования, %

В целом добровольное страхование не является популярным среди россиян (рисунок 4). Наиболее распространённым видом по сравнению с другими является личное страхование, а именно страхование жизни и от несчастного случая. Однако, анализируя степень охвата населения добровольным страхованием, необходимо учитывать определенные особенности российской страховой практики, а именно, наличие требований по заключению договоров страхования при получении некоторых кредитов (ипотечных, автокредитов и некоторых других). Так, у 25% опрошенных имеются задолженности по кредитам (данные обследования не позволяют выявить цель кредитования), из них у 8,4% есть полисы страхования жизни и от несчастного случая, что почти в два раза выше, чем

среди тех, у кого нет кредитов (4,6%). Аналогичная ситуация может складываться и при изучении добровольного страхования квартиры или дома, причём мы не имеем возможности определить, является ли приобретение полиса истинно добровольным выбором индивида.

Отметим, что 71% имеющих страховые полисы обладают только одним, у 21% есть два договора страхования, у 7,5% – три и только 0,8% имеют полисы страхования четырёх или пяти видов.

Можно предположить, что страховое поведение индивида будет связано с иными финансовыми стратегиями, демонстрируемыми им или его домохозяйством, например, кредитными, инвестиционными, сберегательными и т. д. (рисунок 5).

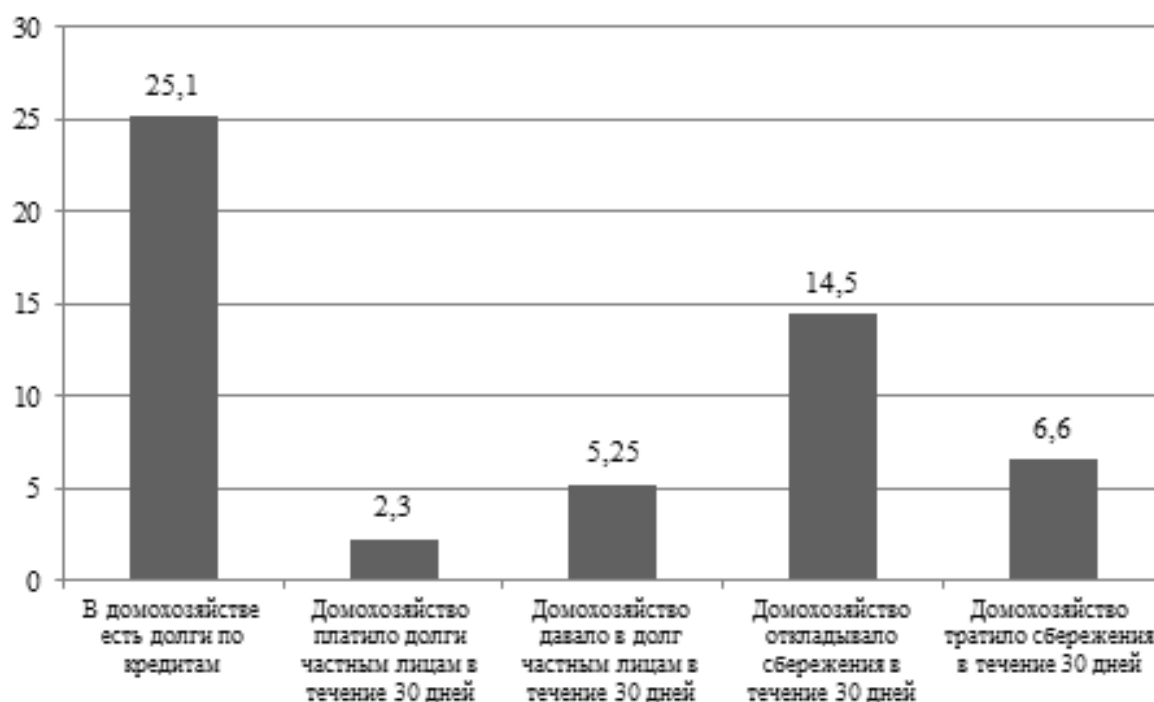


Рисунок 5. Распределение индивидов по реализуемым стратегиям финансового поведения, %

Как было отмечено выше, в семьях четверти респондентов есть задолженность по кредитам. 2,3% в течение последнего месяца возвращали долги частным лицам. Другими словами, заимствующая стратегия финансового поведения является достаточно распространённой. Откладывали сбережения семьи только 14,5% опрошенных, и у 6,6% – тратили сбережения в течение последних 30 дней. Инвестиционное финансовое поведение, согласно результатам опроса, в виде покупки ценных бумаг и валюты с целью сбережения практически отсутствует.

Модели и методы

Для моделирования страхового поведения населения были использованы два типа моделей: модель бинарной логистической регрессии и двумерная пробит-модель. Выбор модели был обусловлен спецификой рассматриваемых видов страхования.

Для выявления детерминант наличия у индивида договора личного страхования была использована бинарная логит-модель с зависимой переменной, принимающей два значения: 1 – если у индивида есть полис страхования жизни и от несчастного случая; 0 – в противном случае.

Однако использование бинарной модели для отдельных видов имущественного страхования на данных полной выборки представляется не верным.

Выбор индивида в пользу страхования конкретного вида имущества предполагает, что индивид владеет тем имуществом, которое он планирует застраховать. Так, если мы будем оценивать воздействие факторов на вероятность наличия у индивида полиса страхования квартиры или дома, то необходимо это делать при условии, что у индивида есть страхуемое имущество (квартира или дом).

Решением данной проблемы является использование двумерных пробит-моделей. Применение этих моделей позволяет учесть отмеченную ранее взаимосвязь двух характеристик и оценить вероятность наличия полиса страхования конкретного имущества совместно с вероятностью наличия данного имущества. В качестве зависимых для двумерных пробит-моделей выступили три пары бинарных переменных (рисунок 6).

Отметим, что страхование сельскохозяйственного имущества и скота далее нами не рассматривалось, что объясняется рядом причин. Во-первых, этот вид страхования официально является добровольным, но, в отличие от остальных видов страхования имущества, сельскохозяйственное страхование получает достаточно серьезную поддержку на государственном уровне³, что позволяет страхователю за счет государственных субсидий возместить до 50% страховой премии. Кроме того, в отличие от других видов страхования, рассматриваемых

³ Федеральный закон «О государственной поддержке в сфере сельскохозяйственного страхования и о внесении изменений в Федеральный закон «О развитии сельского хозяйства» от 25.07.2011 г. № 260-ФЗ (ред. от 01.05.2019 г.). – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_117362/.

в исследовании, сфера применения сельскохозяйственного страхования ограничена типом населенного пункта. Поскольку страхованию подлежат связанные с производством сельскохозяйственной

продукции имущественные интересы сельскохозяйственных товаропроизводителей, то данный вид страхования в большей части будет характерен для индивидов, проживающих в сельских поселениях.



Рисунок 6. Пары зависимых переменных для двумерных пробит-моделей

В качестве объясняющих переменных были использованы социально-демографические и экономические характеристики индивида и его семьи, а также характеристики финансового поведения, демонстрируемого индивидом и его домохозяйством [4, 5].

Результаты моделирования

Полученные при оценивании модели результаты представлены в таблице 1. Все модели являются статистически значимыми, как и оценки значительного числа детерминант, причём аналогичных для разных моделей. Это можно считать подтверждением устойчивости данной спецификации.

На вероятность наличия у индивида полиса добровольного страхования любого из рассматриваемых видов значимо влияет возраст, однако проявления данного влияния разнятся. Так, у индивидов в возрастных группах 25-44 и 45-59 лет с большей вероятностью будет иметься полис страхования жизни и автомобиля, и с меньшей – квартиры, дома или дачи, по сравнению с возрастной группой старше 75 лет. Для возраста 14-24 года более характерно страхование жизни и менее – страхование жилья и дачи по сравнению с самой старшей возрастной группой.

На наличие страхового полиса любого вида значимое влияние оказывает уровень образования индивида: чем он выше, тем больше вероятность. Женщины с большей вероятностью, чем мужчины, имеют полис страхования квартиры и дома, но

с меньшей – личного и автомобильного страхования. Состоящие в браке индивиды с большей вероятностью будут обладать полисом автострахования и страхования квартиры, дома. А с увеличением числа членов домохозяйства снижается вероятность наличия полиса страхования жилья.

На решение о страховании жизни и автомобиля значимо влияет религиозная принадлежность индивида. Так, представители мусульманской конфессии более склонны к страхованию жизни и автомобиля по сравнению с неверующими, тогда как православные, напротив, менее склонны к автострахованию.

По сравнению с проживающими в областных центрах, жители посёлков городского типа более склонны к страхованию жизни и автомобиля, а жители сел и городов менее склонны к имущественному страхованию. Повышение степени удовлетворенности жизнью значимо повышает вероятность наличия полисов страхования жизни, от несчастных случаев, страхования жилья и автострахования.

В соответствии с начальными предположениями, душевой доход прямо влияет на вероятность наличия полисов страхования. Наиболее наглядно данная тенденция прослеживается для страхования жизни и автомобиля. Можно утверждать, что для проявления страхового поведения индивиду требуется достичь некоторого уровня материального благосостояния.

Данный вывод косвенно подтверждается наличием связи страхового поведения с другими видами

Таблица 1. Результаты оценивания регрессионных моделей по отдельным видам страхования, 2017 г.

№	Переменная	Двумерная пробит-модель (автострахование)		Двумерная пробит-модель (страхование дома, квартиры)		Двумерная пробит-модель (страхование дачи)		Логит-модель (личное страхование) Есть страхование жизни и от несчастного случая
		Есть автомобиль	Есть автострахование (кроме ОСАГО)	Жилье в собственности и экономические характеристики	Есть страхование дома, квартиры	Есть дача, садовый домик	Есть страхование дачи	
Социально-демографические и экономические характеристики								
1	Возрастная группа (75+)							
14-24		0,756***	0,038	-1,520***	-0,715***	-0,172**	-0,671***	0,451*
25-44		0,485***	0,400***	-1,401***	-0,265***	-0,383***	-0,500***	0,692***
45-59		0,546***	0,314**	-0,863***	-0,204**	-0,069	-0,075	0,533**
60-74		0,284***	0,181	0,139*	-0,030	0,211***	0,117	0,289
2	Пол (мужской)	-0,158***	-0,261***	-0,037	0,090*	-0,051	0,064	-0,242***
3	Число членов домохозяйства	0,188***	0,018	0,154***	-0,057***	0,112***	0,025	0,017
4	Состояние в браке (не состоит)	0,647***	0,202***	-0,135***	0,271***	0,176***	-0,008	0,085
5	Уровень образования (законченное и выше)							
незаконченное среднее образование		-0,376***	-0,259***	-0,323***	-0,299***	-0,270***	-0,321***	-0,707***
законченное среднее образование		-0,452***	-0,156**	-0,239***	-0,166***	-0,182***	-0,225***	-0,168
законченное среднее специальное образование		-0,228***	-0,172**	-0,268***	-0,158***	-0,145***	-0,257***	-0,455***
6	Душевой доход домохозяйства (5 квинтиль)							
1 квинтиль		-0,491***	-0,135*	-0,368***	-0,146*	-0,282***	-0,289**	-0,354***
2 квинтиль		-0,416***	-0,494***	-0,089	-0,157**	-0,295***	-0,444***	-0,572***
3 квинтиль		-0,247***	-0,315***	-0,024	-0,208***	-0,171***	-0,113	-0,634***
4 квинтиль		-0,231***	-0,307***	0,050	0,002	-0,078*	-0,103	-0,388***
7	Религия (никакая)							
православие		0,139***	-0,156*	0,131**	0,105	0,009	0,052	0,217
мусульманство		-0,504***	0,296***	0,097	0,192	-0,782***	0,176	1,810***
другая		-0,294**	-0,305	-0,279	-0,095	-0,408**	-0,389	0,507
8	Тип поселения (областной центр)							
город		0,006	-0,508***	0,124**	-0,172***	-0,320***	-0,286***	0,049
ПГТ		-0,004	0,365***	0,491***	-0,068	-0,463***	-0,565***	0,319**
село		0,288**	-0,209***	0,586***	0,027	-1,176***	-0,855***	-0,086
Удовлетворенность жизнью								
9	Удовлетворенность жизнью (частично нет и нет)							
полностью или частично		0,253***	0,261***	0,075	0,150**	0,013	0,108	0,722***
и да, и нет		0,062	0,039	0,045	0,004	-0,013	0,033	0,222
Финансовое поведение								
10	Пытались начать свое дело (нет)	0,303***	0,176**	-0,104	0,099	0,051	-0,006	-0,163
11	Долги по кредитам у домохозяйства (нет)	0,254***	-0,046	0,064	0,170***	0,185***	-0,099	0,671***
12	Домохозяйство откладывало сбережения в течение 30 дней (нет)	0,132***	0,110	-0,072	0,006	0,062	-0,217**	-0,064
13	В течение 12 месяцев клали деньги под проценты (нет)	0,041	0,060	-0,057	0,374***	0,182	0,373**	1,057***
14	Домохозяйство в течение 30 дней давало деньги в долг (нет)	-0,095	-0,049	0,134	0,385***	0,109*	0,292**	0,635***
15	Домохозяйство получало доход от сдачи в аренду в течение 30 дней (нет)	0,239**	0,214	0,142	0,212	0,317***	0,176	0,332
16	Домохозяйство возвращало долги частным лицам в течение 30 дней (нет)	-0,272***	-0,339	-0,153	0,099	-0,144	-4,795	-0,459
17	Константа	-1,146	-1,771	2,078	-1,529	-0,504	-1,592	-3,883
Логарифм отношения правдоподобия		-7192,74***	-4133,25***	-10 318	-5389,05***	-10 318	-1962,09***	-10 318
Число наблюдений		10 318	10 318	10 318	10 318	10 318	10 318	10 318

***, **, * – значим на уровне 1%, 5%, 10%

***, **, * — значим на уровне 1%, 5%, 10%

финансового поведения. Наличие у домохозяйства задолженности по кредитам повышает вероятность наличия полисов личного страхования, а также страхования жилья. Подобную связь можно обосновать с разных позиций. С одной стороны, как рост финансовой активности индивидов, проявляющих одновременно несколько типов финансового поведения. С другой стороны, здесь можно говорить о нарушении принципа добровольности страхования, когда индивиды, приобретающие в кредит жильё или автомобиль, страхуют его по требованию кредитной организации.

С большей вероятностью будут иметь полисы страхования жизни, дома, квартиры и дачи индивиды из тех домохозяйств, которые вкладывали деньги под проценты и давали в долг. Представители домохозяйств, делающих сбережения, с меньшей вероятностью страхуют дачу.

Также на страховое поведение оказывает влияние активность индивида: те, кто пытался организовать своё дело, с большей вероятностью будут иметь полис страхования автомобиля.

Заключение

Таким образом, выявлено, что в наибольшей степени решение о приобретении страхового полиса любого вида зависит от уровня доходов индивидов и их домохозяйств, то есть выбор страхового поведения ограничен располагаемыми финансовыми ресурсами. Также на страховое поведение россиян значимо влияют пол, возраст, состояние в браке, размер домохозяйства, уровень образования, религиозная принадлежность, тип поселения и удовлетворенность жизнью. Наличие подтверждённой связи страхового поведения с другими типами финансового поведения, в совокупности с зависимостью от уровня доходов, свидетельствует о том, что рост спектра демонстрируемого финансового поведения связан с доходами индивидов и домохозяйств, а не со склонностью к соответствующему поведению как таковому. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости продолжения исследований в данной сфере, в том числе за счет изучения изменений спроса на добровольное страхование в динамике за ряд лет.

Литература

1. Гомелля В. Б. Специфика страхового спроса и предложения в РФ на современном этапе / В. Б. Гомелля // Финансы. – 2011. – № 8. – С. 50-52.
2. Зубец А. Н. Маркетинговые исследования страхового рынка / А. Н. Зубец. – М.: Центр экономики и маркетинга, 2001. – 224 с.
3. Котловский И. Б. Российские покупатели страхования (нынешние и будущие) – кто они? / И. Б. Котловский, В. Х. Эченикэ // Финансы. – 2000. – № 10. – С. 45-50.
4. Синявская Т. Г. Концепция статистического исследования страхового поведения населения / Т. Г. Синявская, А. А. Трегубова // Проблемы учета, анализа, аудита и статистики в условиях рынка: ученые записки. Вып. 21. – Ростов н/Д: Издательско-полиграфический комплекс РГЭУ (РИНХ), 2018. – С. 381-390.
5. Синявская Т. Г. Эконометрическое моделирование страхового поведения населения России: многомерная пробит-модель / Т. Г. Синявская, А. А. Трегубова // Учет и статистика. – 2018. – № 3 (51). – С. 75-87.
6. Burnett J. J. Examining Life Insurance Ownership through Demographic and Psychographic Characteristics / J. J. Burnett, B. A. Palmer // Journal of Risk and Insurance. – 1984. – 51(3). – pp. 453-467.
7. Buzatu C. The Influence of Behavioral Factors on Insurance Decision a Romanian Approach // Procedia Economics and Finance. – 2013. – Vol. 6. – pp. 31-40.
8. Campbell R. A. The Demand for Life Insurance: An Application of the Economics of Uncertainty // Journal of Finance. – 1980. – 35(5). – pp. 1155-1172.
9. Fisher S. A Life Cycle Model of Life Insurance Purchases // International Economic Review. – 1973. – 14(1). – pp. 132-152.
10. Greene M. R. Attitudes toward Risk and a Theory of Insurance Consumption Attitudes // Journal of Insurance. – 1963. – 30(2). – pp. 165-182.
11. Hakansson N. H. Optimal Investment and Consumption Strategies under Risk, an Uncertain Lifetime, and Insurance // International Economic Review. – 1969. – 10(3). – pp. 443-466.
12. Hsee K. The Affection Effect in Insurance Decisions / K. Hsee, H. Kunreuther // Journal of Risk and Uncertainty. – 2000. – Vol. 20, No. 2. – pp. 141-159.
13. Kahneman D. Prospect theory: An analysis of decision under risk / D. Kahneman, A. Tversky // Econometrica. – 1979. – Vol. 47, No. 2. – pp. 263-291.
14. Kunreuther H. Insurance Decision-Making and Market Behavior / H. Kunreuther, M. Pauly // Foundation and Trends® in Microeconomics. – 2005. – Vol. 1, No. 2. – pp. 63-127.
15. Synyavskaya T. G. Econometric Modeling of Micro-Economic Demand for Insurance / T. G. Synyavskaya, A. A. Tregubova, A. A. Rudyaga, M. Yu. Shirochenko // 5th International Multidisciplinary Conference on Social Sciences & Arts (SGEM), Conference proceedings. Volume 5. Issue 1.3. – Bulgaria, Sofia: Published by STEF92 Technology Ltd., 2018. – pp. 137-144.

16. Yaari M. On the Consumer's Lifetime Allocation Process// International Economic Review. –1964. – 5(3). – pp. 304-317.

References

1. Gomellya, V.B. (2011) [Specificity of insurance demand and supply in the Russian Federation at the present stage]. *Finansi [Finance]*. Vol. 8, pp. 50-52. (In Russ.).
2. Zubets, A.N. (2001) *Marketingovye issledovaniya strahovogo rynka [Marketing research of the insurance market]*. Moscow: Center for Economics and Marketing, 224 p.
3. Kotlobovsky, I.B., Echenikhe, V.Kh. (2000) [Russian buyers of insurance (current and future) – who are they?]. *Finansi [Finances]*. Vol. 10, pp. 45-50. (In Russ.).
4. Sinyavskaya, T.G., Tregubova, A.A. (2018) [Econometric modeling of insurance behavior: case of multivariate probit model]. *Problems of accounting, analysis, audit and statistics in market conditions: scientific notes. [Accounting and Statistics]*. Vol. 3 (51), pp. 75-87. (In Russ.).
5. Sinyavskaya, T.G., Tregubova, A.A. (2018) [Econometric modeling of insurance behavior of the population of Russia: multidimensional probit model]. *Uchet i statistika [Accounting and statistics]*. Vol. 21. Rostov-on-Don: RSUE, pp. 381-390. (In Russ.).
6. Burnett, J.J., Palmer, B.A. (1984) Examining Life Insurance Ownership through Demographic and Psychographic Characteristics. *Journal of Risk and Insurance*. 51(3), pp. 453-467. (In Engl.).
7. Buzatu, C. (2013) The Influence of Behavioral Factors on Insurance Decision a Romanian Approach. *Procedia Economics and Finance*. Vol. 6, pp. 31-40. (In Engl.).
8. Campbell, R.A. (1980) The Demand for Life Insurance: An Application of the Economics of Uncertainty. *Journal of Finance*. 35(5), pp. 1155-1172. (In Engl.).
9. Fisher, S. (1973) A Life Cycle Model of Life Insurance Purchases. *International Economic Review*. 14(1), pp. 132-152. (In Engl.).
10. Greene, M.R. (1963) Attitudes toward Risk and a Theory of Insurance Consumption Attitudes. *Journal of Insurance*. 30(2), pp. 165-182. (In Engl.).
11. Hakansson, N.H. (1969) Optimal Investment and Consumption Strategies under Risk, an Uncertain Lifetime, and Insurance. *International Economic Review*. 10(3), pp. 443-466. (In Engl.).
12. Hsee, K., Kunreuther, H. (2000) The Affection Effect in Insurance Decisions. *Journal of Risk and Uncertainty*. Vol. 20, No. 2, pp. 141-159. (In Engl.).
13. Kahneman, D., Tversky, A. (1979) Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*. Vol. 47, No. 2, pp. 263-291. (In Engl.).
14. Kunreuther, H., Pauly, M. (2005) Insurance Decision-Making and Market Behavior. *Foundation and Trends® in Microeconomics*. Vol. 1, No. 2, pp. 63-127. (In Engl.).
15. Sinyavskaya, T.G., Tregubova, A.A., Rudyaga, A.A., Shirochenko, M.Yu. (2018) Econometric Modeling of Micro-Economic Demand for Insurance. 5th International Multidisciplinary Conference on Social Sciences & Arts (SGEM), Conference proceedings. Vol. 5, Is.1.3. Bulgaria, Sofia: Published by STEF92 Technology Ltd., pp. 137-144. (In Engl.).
16. Yaari, M. (1964) On the Consumer's Lifetime Allocation Process. *International Economic Review*. Vol. 5(3), pp. 304-317. (In Engl.).

Информация об авторах:

Татьяна Геннадьевна Синявская, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры статистики, эконометрики и оценки рисков, Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), Ростов-на-Дону, Россия

ORCID ID: 0000-0002-4120-9180

e-mail: sin-ta@yandex.ru

Александра Александровна Трегубова, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры статистики, эконометрики и оценки рисков, Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), Ростов-на-Дону, Россия

ORCID ID: 0000-0003-4446-6622, **Researcher ID:** F-4773-2017, **Scopus Author ID:** 57207890114

e-mail: alexandra_a_t@mail.ru

Статья поступила в редакцию 19.08.2019; принята в печать 29.11.2019.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Tatiana Gennadijevna Sinyavskaya, Candidate of Economical Sciences, Associate Professor of the Department of Statistics, Econometrics and Risk Assessment, Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don, Russia

ORCID ID: 0000-0002-4120-9180

e-mail: sin-ta@yandex.ru

Alexandra Alexandrovna Tregubova, Candidate of Economical Sciences, Associate Professor of the Department of Statistics, Econometrics and Risk Assessment, Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don, Russia

ORCID ID: 0000-0003-4446-6622, **Researcher ID:** F-4773-2017, **Scopus Author ID:** 57207890114

e-mail: alexandra_a_t@mail.ru

The paper was submitted: 19.08.2019.

Accepted for publication: 29.11.2019.

The authors have read and approved the final manuscript.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.В. Черемисина¹, Т.Н. Черемисина², А.А. Денисов³

Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, Тамбов, Россия

¹e-mail: cheremisina06@mail.ru

²e-mail: t_cheremisina@mail.ru

³e-mail: aleksandr.denisov.18.08@gmail.com

Аннотация. В «майских» Указах Президента РФ значительное внимание уделено экологии, как одному из стратегических направлений развития России. В этой связи цель данной статьи заключается в анализе загрязненности водных объектов региона (на примере Ростовской области) в современных условиях на основе данных официальной статистики. Для реализации поставленной цели были решены следующие научные задачи: дана характеристика водных ресурсов, выявлены факторы, имеющие наибольшее влияние на сброс загрязненных сточных вод в поверхностные объекты Ростовской области, осуществлен прогноз сброса сточных вод региона на ближайшую перспективу; даны некоторые рекомендации с целью разработки комплекса мероприятий по улучшению состояния водных ресурсов анализируемого региона.

Объектом исследования являются водные ресурсы Ростовской области. Предметом исследования, в свою очередь, является состояние и развитие экологии водных объектов региона. В ходе исследования использованы методы расчета абсолютных и относительных показателей, корреляционно-регрессионный анализ, сравнение, анализ рядов динамики, прогнозирование, графический анализ данных, группировка и расчет показателей вариации, а также общенаучный метод теоретического анализа научной и периодической литературы из российских и зарубежных источников. Теоретическую и методологическую основу исследования составили труды отечественных и зарубежных экономистов, материалы периодической печати и интернет-ресурсы по исследуемой проблеме, официальные материалы Росстата и Ростовстата.

В результате исследования установлено, что согласно международному рейтингу индекса экологической эффективности (The Environmental Performance Index 2018) Россия в последние годы потеряла несколько позиций по данному показателю, хотя экосистемы российских рек, озер и водохранилищ сохраняются на достаточно стабильном уровне и не претерпевают существенных изменений.

Проведенный мониторинг состояния загрязненности водоемов российских регионов (на примере Ростовской области) показал, что, несмотря на ухудшение экологической ситуации в стране, наблюдается снижение сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты Ростовской области, общей антропогенной нагрузки на окружающую среду, сохранение и восстановление водных объектов региона.

Ключевые слова: экология, водные ресурсы, загрязненность, сточные воды, поверхностные водные объекты, статистический анализ.

Для цитирования: Черемисина Н. В., Черемисина Т. Н., Денисов А. А. Статистический анализ загрязненности водных объектов Ростовской области // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 8. – С. 69-79. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-69.

STATISTICAL ANALYSIS OF WATER POLLUTION IN ROSTOV REGION

N.V. Cheremisina¹, T.N. Cheremisina², A.A. Denisov³

Tambov state University named after G. R. Derzhavin, Tambov, Russia

¹e-mail: cheremisina06@mail.ru

²e-mail: t_cheremisina@mail.ru

³e-mail: aleksandr.denisov.18.08@gmail.com

Abstract. In «may» Decrees of the President of the Russian Federation considerable attention is paid to ecology as one of strategic directions of development of Russia. In this regard, the purpose of this article is to analyze the pollution of water bodies in the region (on the example of the Rostov region) in modern conditions on the basis of official statistics. To achieve this, we solved the following research objectives: given the characteristics of water resources, identified factors having the greatest influence on the discharge of polluted wastewater into

surface objects of the Rostov region carried out a forecast of the sewage of the region in the near future; some recommendations for the purpose of development of complex of measures on improvement of water resources in the analyzed region.

The object of the study is the water resources of the Rostov region. The subject of the study, in turn, is the state and development of the ecology of water bodies in the region. The methods of calculation of absolute and relative indicators, correlation and regression analysis, comparison, analysis of dynamics series, forecasting, graphical data analysis, grouping and calculation of variation indicators, as well as the General scientific method of theoretical analysis of scientific and periodical literature from Russian and foreign sources were used. The Theoretical and methodological basis of the study was the works of domestic and foreign economists, periodicals and Internet resources on the studied problem, official materials of Rosstat and Rostovstat.

The study found that according to the international rating of the environmental performance Index (the Environmental Performance Index 2018), Russia has lost several positions on this indicator in recent years, although the ecosystems of Russian rivers, lakes and reservoirs remain at a fairly stable level and do not undergo significant changes.

Conducted monitoring of the contamination of water bodies of the Russian regions (on the example of Rostov region) showed that, despite the deterioration of the ecological situation in the country, a decrease in discharge of polluted waste waters into surface water objects of the Rostov region, the total anthropogenic load on the environment, the preservation and restoration of water bodies in the region.

Keywords: ecology, water resources, pollution, wastewater, surface water bodies, statistical analysis.

Cite as: Cheremisina, N.V., Cheremisina, T.N., Denisov, A.A (2019) [Statistical analysis of water pollution in Rostov region]. *Intellekt. Innovatsi. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 8, pp. 69-79. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-69.

Введение

Согласно Указу Президента РФ от 7 мая 2018 года экология выделена как одно из направлений стратегического развития России. Правительству РФ при разработке национального проекта «Экология» поставлен ряд целей, одной из которых является экологическое оздоровление водных объектов [14].

В связи с этим, цель данного исследования – провести анализ состояния водных объектов Ростовской области и определить факторы, влияющие на их загрязненность.

Для достижения цели был выделен ряд задач:

- оценить место России в международных экологических рейтингах;
- изучить качественные и количественные показатели, характеризующие загрязненность водных ресурсов Ростовской области;
- провести анализ объема выброса сточных вод в поверхностные водные объекты и выявить факторы, оказывающие влияние на данный процесс;
- осуществить прогноз выброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты на ближайшую перспективу.

Объектом исследования выступило экологическое состояние водных ресурсов Ростовской области, а предметом – влияние проводимых мероприятий по оздоровлению поверхностных вод на снижение их загрязненности.

При решении поставленных задач использовались следующие *методы*: метод абсолютных и относительных показателей, корреляционно-регрессионный анализ, сравнение, анализ рядов динами-

ки, прогнозирование, графический анализ данных, группировка и расчет показателей вариации, а также общенаучный метод теоретического анализа научной и периодической литературы из российских и зарубежных источников [14].

Информационной базой исследования послужили материалы Росстата, данные региональной и ведомственной экологической статистики. Кроме того, использованы работы таких российских ученых-статистиков, как Иванов Ю.Н., Искаков Б.И., Назаров М.Г., Новоселов А.С., Рябушкин Б.Т., Симчера В.М., Тихомиров Н.П. и др., предметные области исследований которых имеют важное значение для разработки методологии и конкретных методов статистического анализа окружающей природной среды и ее компонентов.

Для обоснования актуальности проблемы обратимся к международному опыту определения уровня экологической эффективности. По рейтингу The Environmental Performance Index 2018 (Индекс экологической эффективности) самыми экологичными странами стали Швейцария (с индексом 87,42), Франция (83,95) и Дания (81,60). Россия заняла в этом рейтинге 52 позицию из 180 стран с индексом 63,79. Однако ещё в 2016 году наша страна находилась на 32 позиции [16]. Следовательно, экологическая эффективность РФ падает, что подтверждает тезис об актуальности проблемы экологии (рисунок 1).

Загрязнение воды – одна из современных мировых экологических проблем. Основными ее загрязнителями выступают нефть и нефтепродукты, сложные органические соединения и тяжелые металлы. Отметим, что на данный момент в России

экосистемы рек, озёр и водохранилищ сохраняются на достаточно стабильном уровне. Таксономиче-

ский состав и структура биологических сообществ не претерпевают существенных изменений.

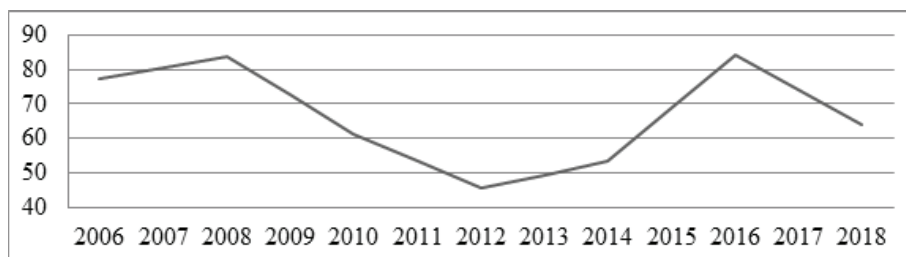


Рисунок 1. Динамика сводного индекса EPI за 2006–2018 гг. (Источник: [16])

Анализ загрязненности водоемов России

Одним из главных показателей, характеризующих степень загрязненности водоемов России, является объем выброса сточных вод. Рассмотрим их структуру по видам экономической деятельности в 2016 году.

Все сточные воды по источнику их образования разделены на:

– результаты деятельности в сфере сельского хозяйства;

- производственные;
- хозяйственно-бытовые;
- поверхностный сток [14].

В свою очередь группа производственных сточных вод распределяется между основными видами экономической деятельности. Структура совокупного объема сброса сточных вод в России в 2016 г. по видам экономической деятельности представлена на рисунке 2.

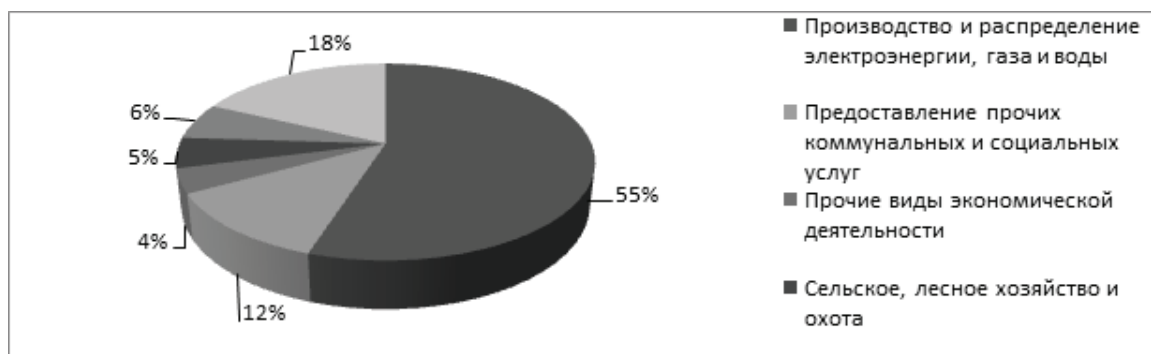


Рисунок 2. Структура совокупного объема сброса сточных вод в России в 2017 г. по видам экономической деятельности, %¹

Следует отметить, что наибольшее загрязнение осуществляется предприятиями, занимающимися производством и распределением электроэнергии, газа и воды. Это вызвано тем, что для производства электрической энергии наиболее широко используются уголь, природный газ, нефть и атомная энергия. Продукты разложения вышеназванных энергопотенциальных ресурсов оказывают негативное воздействие на состояние водных ресурсов страны [14, с. 1730].

Для обобщения данных о сбросе загрязненных

сточных вод в поверхностные водные объекты регионы России были сгруппированы на 7 групп (таблица 1)².

Ростовская область попала во вторую группу с объемом выброса загрязненных сточных вод от 148 до 296 млн м³.

Стоит отметить, что в Южном федеральном округе (далее – ЮФО) большинство субъектов относятся к первой группе. Исключение составляют Краснодарский край и Ростовская область (шестая и вторая группы соответственно). Следовательно,

¹ Примечание: составлено авторами на основе данных Федеральной службы государственной статистики (Росстата) / Режим доступа: <http://www.gks.ru>.

² Примечание: составлено авторами на основе данных Федеральной службы государственной статистики (Росстата) [Электронный источник] / Режим доступа: <http://www.gks.ru>.

эти регионы можно отнести к субъектам России с наиболее сильным загрязнением водных объектов.

Таблица 1. Группировка регионов России по объему выброса сточных вод в поверхностные водные объекты за 2017 год, млн м³

№	Группы регионов	Количество регионов	Перечень регионов
1	0–148	56	Регионы, не вошедшие в остальные группы
2	148–296	11	Вологодская область, Тульская область, Хабаровский край, Ярославская область, Тюменская область, Ростовская область, Республика Карелия, Республика Башкортостан, Республика Коми, Приморский край, Ленинградская область
3	296–444	8	Красноярский край, Пермский край, Мурманская область, Республика Татарстан, Архангельская область, Нижегородская область, Самарская область, Кемеровская область
4	444–592	2	Иркутская область, Свердловская область
5	592–740	1	Челябинская область
6	740–888	2	Краснодарский край, г. Москва
7	888–1036	2	г. Санкт-Петербург, Московская область
Итого	–	82	

Составим вариационный ряд распределения регионов РФ, произведем необходимые расчеты:

$$\bar{x} = 13588/82 = 165,7 \text{ (млн м}^3\text{)}$$

Рассчитаем показатели вариации:

1) Размах вариации:

$$R = 1036 - 0 = 1036 \text{ (млн м}^3\text{)}$$

Следовательно, разница между самым высоким показателем сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты и самым меньшим среди регионов РФ составляет 1036 миллионов кубических метров.

2) Среднее линейное отклонение:

$$\bar{d} = \frac{12701,8}{82} = 154,9 \text{ (млн м}^3\text{)}$$

Среднее линейное отклонение показывает, что объем сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты отклоняется от среднего на 154,9 миллионов кубических метров.

3) Дисперсия:

$$\sigma^2 = \frac{4030149,36}{82} = 49148,16293 \text{ (млн м}^3\text{)}$$

4) Среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma = \sqrt{49148,16293} = 221,694 \text{ (млн м}^3\text{)}$$

Из расчета следует, что средний показатель по объему сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты колеблется в среднем на 221,694 миллионов кубических метров.

Теперь рассчитаем относительные показатели вариации:

1) Коэффициент осцилляции:

$$R = \frac{1036}{165,7} * 100\% = 625,23\%$$

2) Линейный коэффициент вариации

$$V\bar{d} = (154,9 / 165,7) * 100\% = 93,48\%$$

3) Коэффициент вариации:

$$V\sigma = (221,694 / 165,7) * 100\% = 133,79\%$$

Коэффициент вариации $V\sigma = 133,79\%$ – это высокая степень вариации, следовательно, совокупность регионов по объему сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты признается неоднородной.

Рассмотрим динамику сброса загрязненных сточных вод по регионам ЮФО за 2015–2017 гг. (таблица 2)³.

Таблица 2. Темпы роста сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты по регионам ЮФО за 2015–2017 гг., в %

	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Республика Адыгея	108,3	100,0	88,5
Республика Калмыкия	85,7	125,0	100,0
Краснодарский край	103,0	105,0	85,0

³ Примечание: составлено авторами на основе данных Федеральной службы государственной статистики (Росстата) [Электронный источник] / Режим доступа: <http://www.gks.ru>.

	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Астраханская область	82,0	124,4	96,1
Волгоградская область	84,6	101,0	84,8
Ростовская область	90,8	106,3	85,4
г. Севастополь	94,7	122,2	104,5

Анализ приведённых выше данных показывает, что наихудшая обстановка сложилась в 2016 году. В этом году темп роста превысил значение предыдущего года по всем регионам ЮФО, кроме Адыгеи.

В Республике Калмыкия и в г. Севастополь средний темп прироста за период оказался положитель-

ным и составил 2,3% и 6,6% соответственно, что говорит об ухудшении ситуации в данных регионах. В остальных регионах, в том числе в Ростовской области, показатель отрицательный.

Для большей наглядности данные таблицы 2 представлены на рисунке 3⁴.

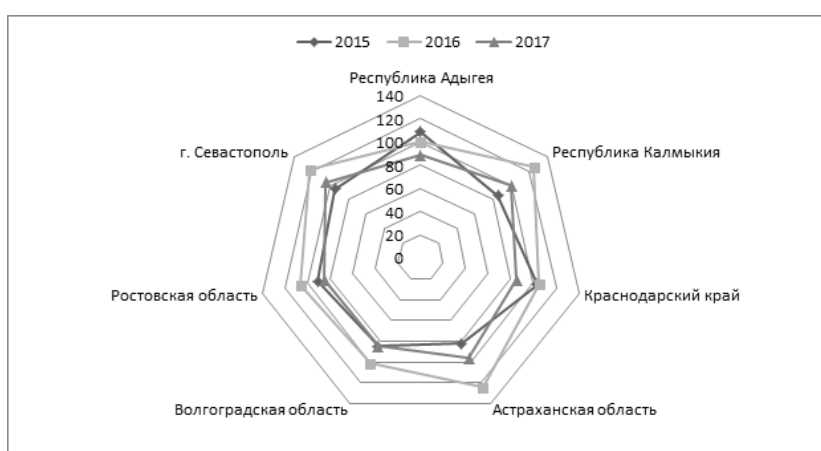


Рисунок 3. Темпы роста показателя «сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты» по регионам ЮФО за 2015–2017 гг., в %

Факторы, влияющие на сброс загрязненных сточных вод в поверхностные объекты Ростовской области

В 2017 г. в Ростовской области сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты уменьшился на 37 млн м³ или на 14,6% по сравнению с предыдущим периодом. Таким образом, Ростовская область – один из лидирующих регионов по темпу снижения сброса сточных вод в поверхностные водные объекты, он уступает по этому показателю только Волгоградской области и Краснодарскому краю. Однако, сам уровень загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты по-прежнему остается высоким.

Отметим, что темп роста в Республике Крым за 2017 г. был аномально высоким и составил 1185,7%, поэтому при составлении лепестковой диаграммы этот регион был исключен из анализируемой совокупности.

Для проведения дальнейшего исследования дадим общую характеристику водных ресурсов Ростовской области.

Речная сеть Ростовской области представлена 4551 рекой общей протяженностью 24 289 км (густота речной сети 0,24 км/км²), в том числе крупнейшие реки – Дон, Сал, Северский Донец, Маныч. Среди регионов Южного федерального округа Ростовская область занимает третье место по протяженности речной сети после Волгоградской области и Краснодарского края. По данным Института озероветведения Российской Академии Наук на территории Ростовской области расположено более 3,1 тыс. озёр и искусственных водоёмов общей площадью около 1,85 тыс. км².

В 2017 году в централизованных системах водоснабжения Ростовской области было зафиксировано несоответствие нормативам по санитарно-химическим показателям в 32% взятых проб, в нецентра-

⁴ Примечание: составлено авторами на основе данных Федеральной службы государственной статистики (Росстата) [Электронный источник] / Режим доступа: <http://www.gks.ru>.

лизованных системах водоснабжения не соответствовало нормативам качества в 54,9% проб.

Следующий этап исследования – выявление факторов, имеющих наибольшее влияние на сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты (млн м³) [14, с. 1739]. Так, нами были вы-

браны следующие показатели:

X_1 – мощность электростанций, млн. кВт

X_2 – затраты на технологические инновации, млн руб.

X_3 – использование передовых производственных технологий, ед. (таблица 3)⁵

Таблица 3. Динамика результативного и факторных показателей за 2003–2017 гг.

	У	X_1	X_2	X_3
2003	337	4,1	1337,2	1738
2004	318	4,1	2294,7	1747
2005	282	4,1	1861,2	1890
2006	271	4,1	1373	2050
2007	300	4,1	4211,4	2254
2008	265	4,1	4240,2	2416
2009	255	4,1	2123,7	2527
2010	216	5,1	3830,9	2664
2011	253	5,2	4894,2	2670
2012	238	4,9	18412	2822
2013	262	5	20443,7	2932
2014	236	7,1	19223,4	3104
2015	253	6	31609,9	3047
2016	235	4,7	34598,4	3314
2017	270	4,6	28248,4	3368

Составим корреляционную матрицу влияния факторов на объем выброса загрязненных сточных

вод в поверхностные водные объекты. Результаты представим в таблице 4.

Таблица 4. Корреляционная матрица влияния факторов на сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты

	У	X_1	X_2	X_3
У	1			
X_1	-0,564045879	1		
X_2	-0,440091159	0,529368573	1	
X_3	-0,734666831	0,620645982	0,856143572	1

Как видно из таблицы 4, наибольшее влияние на объем выброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты имеет показатель «использование передовых производственных технологий» (X_3). Стоит отметить, что зависимость между факторным и результативным показателями – линейная, отрицательная [14, с. 1740].

Рассмотрим сущность данного показателя подробнее. Под передовыми производственными технологиями понимаются технологии и техно-

логические процессы (включая необходимое для их реализации оборудование), управляемые с помощью компьютера или основанные на микроэлектронике и используемые при проектировании, производстве или обработке продукции (товаров и услуг). Единицей статистического учета в форме является передовая производственная технология, которая объединяет однородный набор технических приемов (серии манипуляций или комплекса операций), предназначенных для выполнения од-

⁵ Примечание: составлено авторами на основе данных Федеральной службы государственной статистики по Ростовской области [Электронный источник] / Режим доступа: rostov.gks.ru.

ной или нескольких производственных функций.

Поле корреляции объема выброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты и ис-

пользования передовых производственных технологий представлено на рисунке 4.

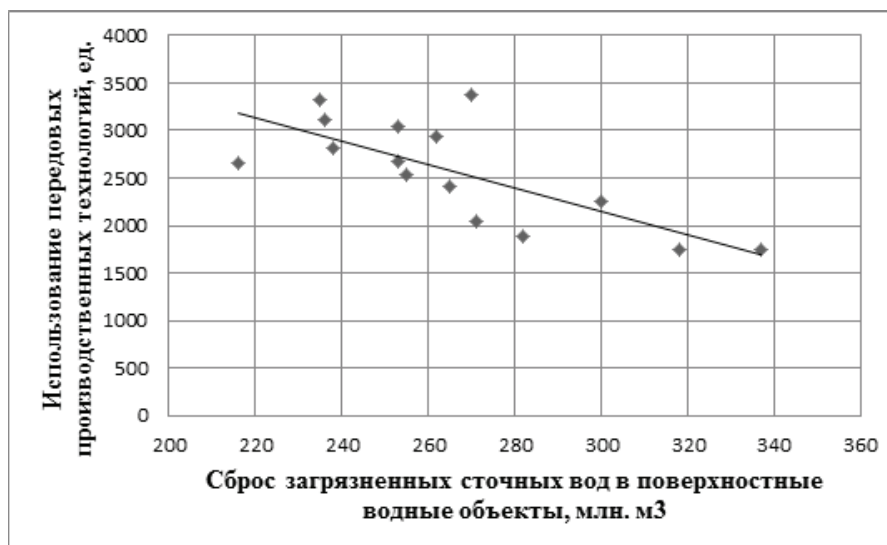


Рисунок 4. Корреляционное поле

Анализируя рассчитанные коэффициенты, можем сказать, что связь между признаками высокая ($r = -0,735$). Кроме того, 54,0% изменений сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты обусловлено изменениями размера затрат на их сбор и очистку.

Проведем регрессионный анализ влияния использования предприятиями передовых производственных технологий на выброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты [14, с. 1731]. Нами было получено следующее уравнение:

$$Y = 378,95 - 0,044X$$

Данное уравнение показывает, что с увеличением использования организациями передовых производственных технологий на одну единицу сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты снижается на 44 тыс. м³.

Проверка адекватности модели осуществлена с помощью расчета F -критерия Фишера. По нашим расчетам F факт = 15,245; F табличный = 4,67.

$F_{\text{факт}} > F_{\text{табл.}}$, следовательно, нулевая гипотеза отклоняется и уравнение статистически значимо.

Для определения значимости параметров уравнения воспользуемся t -критерием Стьюдента:

- 1) $t_y = 12,84$
- 2) $t_{x_3} = -3,9$

- 3) t табличный = 2,16 при $p = 0,05$

Оба параметра больше табличного, следовательно, модель можно считать адекватной.

Таким образом, в период с 2003 по 2017 годы на снижение сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты повлияло расширение использования передовых производственных технологий.

Прогноз сброса сточных вод региона на ближайшую перспективу

Завершающим этапом исследования проведем анализ трендов и экстраполяцию ряда динамики для оценки перспектив развития Ростовской области в сфере водопользования. Рассмотрим тенденции развития явления с помощью трех методов [14, с. 1740]:

1. С применением среднего абсолютного прироста;
2. С применением среднего темпа роста;
3. Метод аналитического выравнивания ряда (таблица 5)⁶.

Оценим качество уравнения тренда, полученного методом аналитического выравнивания ($Y = -6,01t + 277,44$), с помощью средней относительной ошибки аппроксимации.

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{n} * \sum \frac{|y_i - \bar{y}_t|}{y_i} * 100\% = 0,056 * 2,078 * 100\% = 8,67\%$$

⁶ Расчеты авторов.

Таблица 5. Прогноз ряда динамики сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты на 2018–2020 гг.

	Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, млн м ³	Прогноз ряда динамики с применением среднего абсолютного прироста, млн м ³	Прогноз ряда динамики с применением среднего темпа роста, млн м ³	Прогноз ряда динамики с применением метода аналитического выравнивания, млн м ³
2017	216	–	–	–
2018	–	211,1765	211,9495	217,34
2019	–	206,3529	207,975	211,33
2020	–	201,5294	204,075	205,32

Ошибка аппроксимации менее 15%, следовательно, уравнение можно использовать для прогноза.

Результаты прогноза представлены на рисунке 5.

Рисунок 5. Прогноз динамики сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты на 2018–2020 гг., млн м³

За анализируемый период устанавливается тренд на снижение объема загрязнения сточных вод. В последующие годы предполагается сохранение выявленной нисходящей тенденции. Стоит от-

метить, что результаты всех примененных методов практически одинаковы.

На основании выполненного прогноза были составлены следующие сценарии (таблица 6).

Таблица 6. Сценарии прогноза объемов сброса загрязненных сточных вод на 2018-2020 гг.

	Объем в 2018 г., млн м ³	Объем в 2019 г., млн м ³	Объем в 2020 г., млн м ³
Оптимистический сценарий	211,18	206,35	201,53
Нормальный сценарий	211,95	207,98	204,08
Пессимистический сценарий	217,34	211,33	205,32

Таким образом, по пессимистическому прогнозу к 2020 году показатель объема сброса сточных вод в водные объекты Ростовской области снизится на 4,9% или на 10,68 млн м³; при оптимистическом сценарии – на 6,7% или на 14,47 млн м³; при нормальном – на 5,5%.

Заключение

Снижение сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты в Ростовской области достигается путем реализации в регионе Государственной программы «Охрана окружающей среды и рациональное природопользование», в которую входит подпрограмма «Развитие водохозяйственного комплекса Ростовской области». В числе задач программы – снижение общей антропогенной нагрузки на окружающую среду и сохранение природных экосистем, сохранение и восстановление водных объектов, обеспечение защищенности населения и объектов экономики от негативного воздействия вод.

В Ростовской области, на наш взгляд, возможны следующие пути решения проблемы загрязнения

водных объектов [14, с. 1744]:

1. Внедрение инновационных технологий в производство. Как показал регрессионный анализ, использование передовых технологий позволяет предприятиям менее загрязнять окружающую среду.

2. Постоянный мониторинг предельно допустимой концентрации вредных веществ в воде.

3. Проведение работ по сохранению целостности экосистем за счет ведения хозяйственной деятельности на основе принципа, предусматривающего охрану водных экосистем, включая живые ресурсы, и их эффективную защиту от любых видов деградации в пределах водного бассейна.

4. Осуществлять мероприятия по охране здоровья населения, что предусматривает не только снабжение питьевой водой, не содержащей патогенных микроорганизмов, но и борьбу с переносчиками инфекции в водной среде, а также экологическое просвещение населения [14, с. 1744].

5. Развитие человеческого потенциала, являющегося необходимым фактором для налаживания деятельности по регулированию качества воды.

Литература

1. Алексеева Н. Н., Аршинова М. А., Банчева А. И. Положение России в международных экологических рейтингах. // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2018. – Т. 26. – № 1. – С. 134-152.
2. Бакуменко Л. П., Коротков П. А. Статистический анализ влияния качества питьевой воды на здоровье населения региона // Прикладная эконометрика. – 2011. – № 2 (22). – С. 32-47.
3. Бородин В. В. Индикаторы оценки устойчивого эколого-социально-экономического развития региона. // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 5. – С. 384-389.
4. Бычкова С. Г. Экологическая составляющая устойчивого развития: системы показателей, используемые в международной статистической практике. // Вестник ГУУ. – 2012. – № 1. – С. 10-14.
5. Васенев С. Л. Эколого-социально-экономический мониторинг регионов России. // Инженерный вестник Дона. – 2012. – Т. 20. – № 2. – С. 527-536.
6. Дбар Р. С., Кильмамазова Э. И., Мингазова Н. М. Водные объекты в пещерах республики Абхазии. // Международный молодежный симпозиум по менеджменту, экономике и финансам. Сборник научных статей. – Казань: Изд-во Казанского университета, 2014. – С. 525.
7. Исеналиева Ж. Н., Волкова И. В., Егорова В. И., Мещерякова Н. О., Шкварникова Ж. А. Разработка электронной карты экологического состояния водных объектов дельты реки Волги // Юг России: экология, развитие. – 2016. – Т. 11. – № 3. – С. 202-213.
8. Латыпова Г. М. Нанотехнологии на пути обеспечения экологической безопасности. // Механизмы

обеспечения экологической безопасности: российский и зарубежный опыт: материалы международной научно-практической конференции. – Казань: изд-во «Познание» Института экономики, управления и права. – 2013. – 200 с.

9. Нестерова Е. М. и др. Геология, геоэкология, эволюционная география: Коллективная монография. – СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2014. – 304 с.

10. Салимов Л. Н. Экологическая безопасность как фактор перманентности модернизации национальной экономики. // Механизмы обеспечения экологической безопасности: российский и зарубежный опыт: материалы международной научно-практической конференции. – Казань: изд-во «Познание» Института экономики, управления и права. – 2013. – 200 с.

11. Симонова Н. В., Кормаков В. И. Воздействие отраслей экономики на водные объекты Алтайского края. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – № 9 (71). – 2010. – С. 47.

12. Тулупов А. С. Оценка вреда от нарушения природоохранного законодательства: проблемы и перспективы информационно-методического обеспечения. // Россия в XXI веке: глобальные вызовы и перспективы развития. Пленарные доклады. Материалы пятого международного форума. – М.: ИПР РАН, 2016. – 393 с.

13. Тунакова Ю. А., Шагидуллина Р. А., Новикова С. В. Методология управления качеством объектов окружающей среды на урбанизированной территории с целью обеспечения экологической безопасности населения. // Механизмы обеспечения экологической безопасности: российский и зарубежный опыт: материалы международной научно-практической конференции. – Казань: изд-во «Познание» Института экономики, управления и права, 2013. – 200 с.

14. Черемисина Н.В., Медведева О.А., Федорова К.В. Экономико-статистический анализ экологического состояния водных ресурсов Российской Федерации. // Экономический анализ: теория и практика. – 2018. – Т.17. – № 9 (480). – С. 1729-1744.

15. Швагерус П. В. Территориальное планирование с применением экологоориентированных методов управления развитием территорий муниципальных образований. // Региональная экономика: теория и практика. – 2010. – № 13(148). – С. 18.

16. The Global Innovation Index 2018: Innovation Feeding the World/ Cornell University, INSEAD, and WIPO. Ithaca, Fontainebleau, and Geneva. 2019. 463 p. (In Russ.).

References

1. Alekseeva, N.N., Arshinova, M.A., Bancheva, A.I. (2018) [Russia's Position in international environmental ratings]. *Vestnik RUDN. Seria: Ecology i bezopasnost ziznedeyatelnosti* [Vestnik RUDN. Series: Ecology and life safety]. Vol. 26, No. 1, pp. 134-152. (In Russ.).

2. Bakumenko, L.P., Korotkov, P. A. (2011) [Statistical analysis of the influence of drinking water quality on the health of the population of the region]. *Prikladnaya econometrica* [Applied econometrics]. Vol. 2 (22), pp. 32-47. (In Russ.).

3. Borodkina, V.V. (2015) [Indicators of assessment of sustainable ecological, social and economic development of the region]. *Fundamentalnie issledovaniya* [Fundamental study]. Vol. 5, pp. 384-389. (In Russ.).

4. Bychkova, S.G. (2012) [Ecological component of sustainable development: indicator systems used in international statistical practice]. *Vestnik GUU* [Herald of GUU]. Vol. 1, pp. 10-14. (In Russ.).

5. Vasenev, S.L. (2012) [Ecological and socio-economic monitoring of Russian regions]. *Inzenerni vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don]. Vol. 20, No. 2, pp. 527-536. (In Russ.).

6. Dbar, R.S., Kilmamatov, E.I., Mingazova, N.M. (2014) [Water bodies in the caves of the Republic of Abkhazia]. *Mezhdunarodni Simposium menedzment, Economics i Finance. Sbornik nauchnih statei* [International youth Symposium on management, Economics and Finance. Collection of scientific articles]. Kazan: Publishing house of Kazan University, p. 525.

7. Isenalieva, Zh.N., Volkova, I.V., Egorova, V.I., Meshcheryakova, N.O., Shkvarnikova, Zh.A. (2016) [Development of an electronic map of the ecological state of water bodies of the Volga river Delta]. *Yug Rossii: ecologiya i razvitie* [South of Russia: ecology, development]. Vol. 11, No. 3, pp. 202-213. (In Russ.).

8. Latypova, G.M. (2013) [Nanotechnology on the way to ensure environmental safety]. *Mechanism obespecheniya ekologicheskoi bezopasnosti:rossiiskii zarubezni opit:materiali Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Mechanisms of environmental safety: Russian and foreign experience: proceedings of the international scientific and practical conference]. Kazan: publishing house "Cognition" of the Institute of Economics, management and law. 200 p.

9. Nesterova, E.M. (2014) *Geologiya, Geoecologiya, evolyucionnaya geografiya* [Geology, Geoecology, evolutionary geography]. St. Petersburg: RGPU named after A.I. Herzen, 304 p.

10. Salimov, L.N. (2013) [Ecological safety as a factor of permanent modernization of the national

economy]. *Mechanism obespecheniya ekologicheskoi bezopasnosti: rossiiskii zarubeznyi opit: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Mechanisms of environmental safety: Russian and foreign experience: proceedings of the international scientific and practical conference]. Kazan: publishing house "Cognition" of the Institute of Economics, management and law, 200 p. (In Russ.).

11. Simonova, N.I., Kolmakov, V.I. (2010) [The Effects of different industries on the water bodies of the Altai territory]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Altai state agrarian University]. Vol. 9 (71), pp. 47. (In Russ.).

12. Tulupov, A.S. (2016) [Assessment of harm from violation of environmental legislation: problems and prospects of information and methodological support]. *Rossia v XXI veke: globalnie visovi i perspektivi razvitiya: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Russia in the XXI century: global challenges and development prospects. Plenary report. Proceedings of the fifth international forum]. Moscow: Ypres RAS, 393 p.

13. Tumakova, J.A., Shagidullin, R.A., Novikova, S.V. (2013) [Methodology of quality control of objects of environment in urbanized areas to ensure environmental safety of the population]. *Mechanism obespecheniya ekologicheskoi bezopasnosti: rossiiskii zarubeznyi opit: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Mechanisms of environmental safety: Russian and foreign experience: proceedings of the international scientific and practical conference]. Kazan: publishing house "Cognition" of the Institute of Economics, management and law, 200 p.

14. Cheremisina, N.V., Medvedeva, O.A., Fedorova, K.V. (2018) [Economic and statistical analysis of the ecological state of water resources of the Russian Federation]. *Economicheskii analiz: teoriya i praktika* [Economic analysis: theory and practice]. Vol. 17, No. 9 (480), pp. 1729-1744. (In Russ.).

15. Schwagerus, P.V. (2010) [Territorial planning with the use of environmentally oriented methods of management of the development of territories of municipalities]. *Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika* [Regional Economics: theory and practice]. Vol. 13(148), pp. 18. (In Russ.).

16. The Global Innovation Index 2018 (2019) Innovation Feeding the World. Cornell University, INSEAD, and WIPO. *Ithaca, Fontainebleau, and Geneva*. 463 p. (In Russ.).

Информация об авторах:

Наталья Валентиновна Черемисина, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой бухгалтерского учета и налогового контроля, Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, Тамбов, Россия

e-mail: cheremisina06@mail.ru

Татьяна Николаевна Черемисина, доцент кафедры бухгалтерского учета и налогового контроля, Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, Тамбов, Россия

e-mail: t_cheremisina@mail.ru

Александр Александрович Денисов, студент, направление подготовки 38.03.01. Экономика, Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, Тамбов, Россия

e-mail: aleksandr.denisov.18.08@gmail.com

Статья поступила в редакцию 10.10.2019; принята в печать 29.11.2019.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Natalia Valentinovna Cheremisina, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of accounting and tax control, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russia

e-mail: cheremisina06@mail.ru

Tatyana Nikolaevna Cheremisina, Associate Professor of Department of accounting and tax control, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russia

e-mail: t_cheremisina@mail.ru

Alexander Alexandrovich Denisov, student, training direction 38.03.01. Economics, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russia

e-mail: aleksandr.denisov.18.08@gmail.com

The paper was submitted: 10.10.2019.

Accepted for publication: 29.11.2019.

The authors have read and approved the final manuscript.

ТРАНСПОРТНЫЕ НАУКИ

УДК 656.02

DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-80

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ В РАМКАХ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ НА БАЗЕ ВРЕМЕННОГО И БУФЕРНОГО ИНДЕКСОВ

Р.Н. Горбунов¹, З.В. Горбунова², В.С. Колчин³

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

¹e-mail: gorbunow@list.ru

²e-mail: flocean@mail.ru

³e-mail: kolchin@istu.edu

Аннотация. В связи с растущим уровнем автомобилизации при сохранении пропускной способности действующих автомобильных дорог, а также в связи с необходимостью проектирования и строительством новых, вопрос об оценке качества и надежности организации дорожного движения становится всё более актуальным. Развитие техники и технологий геоинформационных систем позволяет оптимизировать сбор и обработку данных о фактическом состоянии и функционировании улично-дорожных сетей.

Целью работы является подготовка методики оценки качества обслуживания на базе временного и буферного индексов, рассчитанных на основании данных, поступающих с навигационного оборудования.

В основу предложенных методик лег практический опыт, накопленный при сборе и обработке информации, поступающей с навигационного оборудования в виде треков.

Для оценки временного и буферного индексов на основании данных, поступающих с навигационного оборудования был использован двухэтапный подход. На первом этапе выбираются оцениваемые участки, определяются их границы и координаты, а также периодичность замеров. На втором этапе происходит отбор, обработка и по возможности восстановление данных, соответствующих критериям, определенным на первом этапе.

Анализ описания функционирования сервиса «Яндекс.Пробки», использующего данные, поступающие с навигационного оборудования, показал аналогичный подход к сбору и обработке информации и как следствие возможность использования предоставляемый данным сервисом данных для оценки временного и буферного индексов. В результате была предложена методика расчета временного и буферного индексов на основе данных сервиса «Яндекс.Пробки», позволяющая производить оценку качества обслуживания в рамках улично-дорожной сети или её части.

Предложенная методика позволяет рассчитать временной и буферный индексы, а также оценить качество обслуживания на основании данных, поступающих непосредственно от участников дорожного движения, без использования автомобиля-лаборатории, тем самым значительно снижая трудоемкость и стоимость сбора и обработки данных.

Дальнейшая работа должна быть направлена на апробацию данной методики и определение весовых коэффициентов для оценки качества обслуживания в рамках улично-дорожной сети или её части. Кроме того, важнейшим направлением исследований должна стать экономическая оценка потерь, вызванных заторами, на основании временного и буферного индексов.

Ключевые слова: временной индекс, буферный индекс, уровень обслуживания, мониторинг дорожного движения, улично-дорожная сеть.

Для цитирования: Горбунов Р. Н., Горбунова З. В., Колчин В. С. Методика оценки качества обслуживания в рамках улично-дорожной сети на базе временного и буферного индексов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 8. С. 80-86. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-80.

METHOD OF ESTIMATING STREET-ROAD NETWORK LEVEL OF SERVICE BASED ON TIME AND BUFFER INDICES

R.N. Gorbunov¹, Z.V. Gorbunova², V.S. Kolchin³

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

¹e-mail: gorbunow@list.ru

²e-mail: flocean@mail.ru

³e-mail: kolchin@istu.edu

Abstract. Due to the growing level of motorization while maintaining the capacity of existing roads, as well as due to the need to design and build new ones, the question of assessing the quality and reliability of traffic management is becoming increasingly relevant. The development of engineering and technology of geographic information systems allows to optimize the collection and processing of data on the actual condition and functioning of road networks.

The aim of the work is to prepare a methodology for assessing the travel time and buffer indices based on data from navigation equipment.

The proposed methods are based on practical experience gained in collecting and processing information from navigation equipment in the form of tracks.

A two-stage approach was used to evaluate the travel time and buffer indices based on data coming from navigation equipment. At the first stage, you should select the estimated areas, determine their boundaries and coordinates, as well as the frequency of measurements. At the second stage, the selection, processing and, if possible, restoration of data that meets the criteria defined in the first stage takes place.

Analysis of the description of the operation of the «Yandex.Probki» service, using data from navigation equipment, showed a similar approach to the collection and processing of information and, as a result, the possibility of using the data provided by this service to evaluate time and buffer indices. As a result, a methodology was proposed for calculating the travel time and buffer indices based on the data of the «Yandex.Probki» service, which makes it possible to evaluate the quality of service within the framework of the road network or its part.

The proposed technique allows you to calculate the travel time and buffer index, as well as evaluate the quality of service based on data coming directly from road users, without using a car laboratory, thereby significantly reducing the complexity and cost of collecting and processing data.

Further work should be aimed at testing this methodology and determining weighting coefficients for assessing the quality of tinning within the framework of the road network or part thereof. In addition, the most important area of research should be the economic assessment of losses caused by congestion, based on the travel time and buffer index.

Keywords: travel time index, buffer index, level of service, traffic monitoring, street-road network.

Cite as: Gorbunov, R.N., Gorbunova, Z.V., Kolchin, V.S (2019) [Method of estimating street-road network level of service based on time and buffer indices]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 8, pp. 80-86. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-80.

Введение

В соответствии с п.6 Постановления Правительства РФ № 1379 от 16 ноября 2018 г. «Об утверждении Правил определения основных параметров дорожного движения и ведения их учета» (далее Правила), вступившего в действие с 30.12.2018 г., расчет значений основных параметров дорожного движения должен осуществляться с учетом методических рекомендаций по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения, утверждаемых Министерством транспорта Российской Федерации. Данные методические рекомендации должны регламентировать оценку основных параметров дорожного движения, на основе которых должен осуществляться анализ состояния организации дорожного движения на федеральном уровне. В числе пара-

метров, предлагаемых к рассмотрению, указаны временной индекс (ТТi) и буферный индекс (Ib). Анализ работ других авторов [1–6, 8–12] показал наличие широкого спектра возможностей по сбору и обработке данных для расчёта указанных индексов, в том числе для оценки качества и надёжности функционирования улично-дорожной сети (далее – УДС). Данные работы отражают различные подходы к оценке функционирования УДС, но не содержат подробной информации о методиках сбора и обработки геоинформационных данных (далее ГИС данные), поступающих из массовых источников информации.

ГИС данные уже много лет широко используются за рубежом для оценки качества обслуживания, например, TomTom Traffic Index, Inrix Traffic Index [14, 15]. В России методика сбора и обработ-

ки данных для оценки качества обслуживания в рамках УДС или части УДС отсутствует и нормативно не закреплена. TomTom и Inrix проводят оценку качества организации дорожного движения всего для нескольких городов России, в то время как использование отечественного источника информации, например, сервиса «Яндекс.Пробки» позволит организовать работу, нацеленную на оценку и повышение качества и надёжности функционирования УДС для большего числа городов России.

Целью работы является разработка методики оценки качества обслуживания на базе временного и буферного индексов, рассчитанных на основании данных, поступающих с навигационного оборудования.

Получение данных с навигационного оборудования

В связи с повсеместным распространением навигационного оборудования (навигаторы, смартфоны и т. п.) источником данных в режиме реального времени для определения указанных индексов может являться информация, поступающая с такого оборудования в режиме реального времени, расположенного в движущихся автомобилях.

Преимуществами получения данных с навигационного оборудования в режиме реального времени перед использованием автомобиля-лаборатории являются:

- отсутствие влияния исследователя (автомобиля-лаборатории) на объект исследования;
- возможность сбора данных с нескольких автомобилей одновременно (большой объём выборки, более точные данные);
- возможность учёта влияния периодически возникающих факторов;
- снижение расходов на сбор данных.

Для подготовки к обработке данных, поступающих с навигационного оборудования, следует:

1. Определить цель проводимого исследования.
2. Выбрать далее УДС или её часть, оценка которой будет производиться.
3. Разделить УДС или её часть на участки (сегменты) в зависимости от цели проводимого исследования.
4. Определить координаты участков, а также коридор, в рамках которого допустимо отклонение координат, вызванного погрешностью навигационного оборудования.
5. Определить протяженность участков.
6. Определить период, в течение которого будет производиться оценка (один день, неделя, месяц, будни, выходные, сезонные изменения индексов и т. п.)

Обработка данных, полученных с навигационного оборудования

Получив данные с навигационного оборудования, следует:

1. Сопоставить полученные данные с выбранными участками.
2. Провести программную проверку получаемых данных на наличие ошибок.
3. В случае технической возможности провести восстановление данных.
4. Провести проверку соответствия полученных координат с координатами УДС.
5. Исключить данные, не соответствующие требованиям достоверности (наличие большого числа ошибок, несоответствие координат и т. п.).
6. Провести анализ данных на наличие отклонений по времени (скорости) передвигания.
7. На основе проведенного анализа исключить нехарактерные данные для каждого участка УДС, например, данные, полученные от автомобилей, двигающихся с превышением скорости или же снижающих скорость с целью остановки.
8. На основе итоговых данных определить:
 - а) среднее время прохождения автомобилей на выбранном участке;
 - б) время простоев транспортного средства на выбранном участке;
9. Провести этапы 1–8 для данных полученных с заданной периодичностью.
10. На основе собранной статистики провести расчёт показателей функционирования УДС.

Оценка временного индекса, согласно Правилам, осуществляется по формуле:

$$TTi_{\text{п}} = \frac{T_{\text{прост}}}{T_{\text{дв}}}, \quad (1)$$

где

$T_{\text{прост}}$ – время простоя транспортного средства;
 $T_{\text{дв}}$ – затраты времени на движение транспортного средства.

Буферный индекс, согласно Правилам, определяется по формуле:

$$I_b = \frac{T_{\text{факт}}}{\bar{T}_{85}}, \quad (2)$$

где

$T_{\text{факт}}$ – фактическая продолжительность передвижения;
 $\bar{T}_{85}$ – средняя продолжительность передвижения, которая не превышает 85 процентов обследованных проездов транспортных средств по этому участку дороги.

Согласно описанию работы сервиса «Яндекс.Пробки», данный сервис проводит обработку данных, опираясь на сходные с описанными выше принципами [7]. Таким образом, данные, получа-

емые от сервиса «Яндекс.Пробки», могут быть использованы для расчёта указанных индексов.

Однако, в связи с тем, что целью сервиса «Яндекс.Пробки» является информирование пользователей о состоянии дорожной ситуации в данный момент (скорости движения), то представляемые в открытом доступе данные не позволят провести оценку временного и буферного индексов в соответствии с Правилами и потребуется запрос дополнительной информации.

В то же время, данных, предоставляемых сервисом «Яндекс.Пробки» в открытом доступе, достаточно для определения индексов в соответствии с методикой, предложенной Бюро транспортной статистики США [13].

Таблица 1. Таблица для сбора данных

№ п/п	Отрезок пути	Протяженность	Время 1	Время 2	...	Время n

7. Периодичность замеров и временные интервалы определяем в зависимости от поставленной задачи, при этом следует учитывать время, которое потребуется на сбор данных.

8. Двигаясь по исследуемому пути, последовательно выбираем отрезки пути, на которых будем снимать показания скорости. Рекомендуется ограничивать отрезки пути перекрестками с главной дорогой, светофорными объектами и местами, где возможно значительное снижение скорости движения потока.

9. Заносим в таблицу, в графу «Отрезок пути» его описание, позволяющую его однозначную идентификацию. Например: «Улица, которую пересекли в начале движения» – «Улица, по которой движемся» – «Улица, которую пересекли в конце движения».

10. С помощью функции «Линейка»  измеряем протяженность отрезка пути в метрах и заносим в таблицу, в графу «Протяженность».

11. В наименовании следующих граф заполняем соответствующие значения периодичности замеров.

12. Выполняем шаги 9–11 для всех участков УДС.

13. Сохраняем таблицу.

Второй этап. Сбор данных:

1. Запускаем подготовленный файл с таблицей для сбора данных.

2. Подключаемся к сети Интернет.

3. Запускаем браузер.

4.) Переходим на страницу «Яндекс.Карты» (<https://yandex.ru/maps>).

Сбор и обработка информации с помощью сервиса «Яндекс.Пробки»

Сбор и обработка информации с помощью сервиса «Яндекс.Пробки» может быть проведена в три этапа, согласно следующему алгоритму:

Первый этап. Подготовка к сбору данных:

1. Подключаемся к сети Интернет.
2. Запускаем браузер.
3. Переходим на страницу «Яндекс.Карты» (<https://yandex.ru/maps>).
4. Перемещая курсором карту, выбираем интересующий нас исследуемый путь.
5. Запускаем Excel или иной табличный редактор.
6. В табличном редакторе создаём таблицу

5. Перемещая курсором карту, выбираем интересующий нас участок УДС.

6. Включаем режим «Дорожная ситуация» .

7. Колесиком мыши или иным образом изменяем масштаб для приближения и отдаления карты.

8. В определённое для сбора данных время начинаем последовательный сбор данных по выбранным отрезкам пути, для этого:

- наводим курсор на интересующий нас отрезок пути;
- появится окно со значением скорости движения на выбранном отрезке;
- проверяем в нескольких точках выбранного отрезка пути значение скорости;
- в случае, если значение скорости на отрезке пути одинаковое, то заносим значение в таблицу;
- в случае, если скорости разные, то необходимо определить среднюю скорость на отрезке пути;
- для определения средней скорости можно воспользоваться формулой:

$$v_{12} = \frac{(l_1 + l_2) \cdot v_1 \cdot v_2}{v_1 \cdot l_2 + v_2 \cdot l_1}, \quad (3)$$

где

v_1, v_2 – скорости на участках сегмента УДС, км/ч,
 l_1, l_2 – протяженность участков отрезка пути, м.

9. Протяженность может быть определена с помощью функции «Линейка» .

10. Для ускорения проведения расчётов данную формулу можно занести в табличный редактор. Занося в соответствующие ячейки значения

скорости и протяженности будет получен результат – значение средней скорости.

11. Повторяя этапы алгоритма из п. 8 с заданной периодичностью для каждого отрезка пути, будет получена таблица – массив данных по скоростям на оцениваемом пути.

12. Сохраняем таблицу.

Третий этап. Обработка собранных данных:

1. Для упрощения работы с полученной информацией следует перевести значения скорости в значения времени движения по отрезку пути, для этого копируем лист с собранной информацией.

2. На новом листе рассчитываем значения времени t перемещения по каждому участку пути в каждый момент замера по формуле:

$$t = \frac{l \cdot 3,6}{v}, \quad (4)$$

где

l – протяженность сегмента, м, v – скорость, км/ч

Время передвижения по нескольким подряд идущим отрезкам пути представляет собой сумму времени передвижения по ним.

3. На основании собранных данных выбираем значения времени передвижения в пиковые периоды, в свободных условиях и средние значения для отрезков пути, для нескольких подряд идущих отрезков и для всего исследуемого пути.

4. Рассчитываем временной и буферный индексы для отрезков пути для нескольких подряд идущих отрезков и для всего исследуемого пути.

5. В соответствии с методикой, предложенной Бюро транспортной статистики США [13], временной индекс определяется по формуле:

$$TTi = \frac{T_p}{T_{ff}}, \quad (5)$$

где

T_p – затраты времени на передвижение в пиковый период; T_{ff} – затраты времени на передвижение в свободных условиях.

6. Буферный индекс по этой методике определяется по формуле:

$$I_b = \frac{T_p - \bar{T}}{\bar{T}}, \quad (6)$$

где

T_p – продолжительность передвижения в пико-

вый период; $\bar{T}$ – средняя продолжительность передвижения.

7. Оценка качества обслуживания (LOS) в рамках УДС или части УДС может быть осуществлена на основании значений временного и буферного индексов, рассчитанных для отдельных участков, с учётом весовых коэффициентов (k).

$$LOS_{TTi} = \sum_{i=1}^k TTi_i \cdot k_i, LOS_{TTi} = [1; +\infty) \quad (7)$$

$$LOS_{Ib} = \sum_{i=1}^k Ib_i \cdot k_i, LOS_{Ib} = [0; +\infty) \quad (8)$$

В качестве весовых коэффициентов может быть принята интенсивность движения на каждом участке.

8. Сохраняем полученные результаты.

Заключение

В результате работы была разработана методика оценки качества обслуживания на базе временного и буферного индексов, рассчитанных на основании данных, поступающих с навигационного оборудования (сервиса «Яндекс.Пробки»). Предложенная методика позволяет осуществлять сбор данных о состоянии дорожного движения в режиме реального времени на основе геоинформационных данных. Таким образом, возможно значительное снижение расходов за счет использования имеющихся источников данных по сравнению с использованием автомобиля-лаборатории. На основании собранных данных может производиться оценка уровня обслуживания в рамках УДС. Для оценки качества обслуживания УДС в городах потребуются дополнительные исследования, на основе которых должна осуществляться разработка и обоснование шкал для такой оценки, в которых наиболее качественной организации дорожного движения соответствуют минимальные значения расчётных показателей оценки, равные 1 для оценки на базе временного индекса и 0 для оценки на базе буферного индекса.

Дальнейшая работа должна быть направлена на апробацию данной методики и определение весовых коэффициентов для оценки качества обслуживания в рамках УДС или части УДС. Кроме того, важнейшим направлением исследований является экономическая оценка потерь, вызванных заторами, на основании временного и буферного индексов.

Литература

1. Блинкин М. Я., Ткаченко Б. А. Системная оценка условий движения на базе модели Хермана-Пригожина // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния: науч. мат. XV международной научно-практической конф. (Екатеринбург, 16–17 июня 2009 г.). – Екатеринбург: Изд-во АБМ, 2009. – С. 135–143.
2. Глик Ф. Г. Методы прогнозирования загрузки сети магистральных городов // Схемы и проекты

организации движения в городах в условиях самоуправления территорий: тезисы докл. научно-практического семинара (Свердловск, 12-14 июня 1991 г.). – Свердловск : Комвакс, 1991. – С. 24-27.

3. Головных И. М., Михайлов А. Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.

4. Горбунов Р. Н., Горбунова З. В., Михайлов А. Ю. Уровень обслуживания как показатель надёжности улично-дорожной сети // Мир транспорта. – 2018. – № 4 (77). – Т. 16. – С. 194-203.

5. Горбунов Р. Н., Михайлов А. Ю., Пиров Ж. Т. Оценка уровня обслуживания на основе критериев надёжности // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – № 10. – С. 188-194.

6. Захаров Н. С. Закономерности формирования количества легковых автомобилей на улично-дорожной сети города / Н. С. Захаров, Е. Ф. Бояркина. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. – 160 с.

7. Как работают Яндекс.Пробки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yandex.ru/company/technologies/yarprobk/> (дата обращения: 06.06.2019).

8. Левашев А. Г., Шаров М. И. Развитие критериев оценки качества обслуживания на городском пассажирском транспорте // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 7. – С. 174-178.

9. Левашев А. Г. Современные методы оценки качества организации дорожного движения в городах / Левашев А. Г., Михайлов А. Ю., Шаров М. И. – Иркутск, 2015. – 218 с. Деп. в ВИНТИ РАН 31.03.2015, № 64-B2015.

10. Румянцев Е. А. Об эффективности критериев для оценки условий движения транспортных потоков // Организация безопасности дорожного движения: сб. докл. IX междунар. конф. (Санкт-Петербург, сент. 2010 г.). – Санкт-Петербург, – С. 121-123.

11. Тебеньков С. Е. Развитие методов мониторинга транспортных потоков для оперативного управления дорожным движением на магистралях: реф. дисс. канд.техн.наук: 05.22.10. – Иркутск : ИрГТУ, 2013. – 20 с.

12. Bennecke, A.; Friedrich, B.; Friedrich, M.; Lohmiller, J. (2011) [Time-dependent Service Quality of Network Sections] *Highway Capacity and Quality of Service 2011 (June 28 – July 1): Proc. of the 6th International Symposium*. Stockholm, Sweden, pp. 364-373.

13. Bureau of Transportation Statistics (2018). Available at: <https://www.bts.gov/content/travel-time-index> (accesse 06.05.2018) (In Eng.)

14. INRIX (2018). Global Traffic Scorecard. Available at: <http://inrix.com/scorecard/> (accessed 06.06.2019) (In Eng.).

15. TomTom Traffic Index (2019). Available at: https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/ (accessed 06.06.2019) (In Eng.).

References

1. Blinkin, M.Ya., Tkachenko, B.A. (2009) [Systematic assessment of traffic conditions based on the Herman-Prigogine model]. *Social'no-ekonomicheskie problemi razvitiya transportnyh system gorodov izonihvlianiya – 2009: nauch. mat. XV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konf.* [Socio-economic problems of the development of transport systems of cities and zones of their influence: scientific materials of the XV international scientific and practical conf.]. Ekaterinbu g: Ekaterinburg :Publishing house ABM, pp. 135-143. (In Russ.).

2. Glik, F.G. (1991) [Methods for predicting the loading of the network of backbone cities]. *Skhemy i projekty organizacii dvizheniya v gorodah v usloviyah samoupravleniya territorij – 1991: tezisy dokl. nauchno-prakticheskogo seminara* [Schemes and projects of the organization of movement in cities in the conditions of self-government of territories: abstracts of reports of a scientific and practical seminar]. Sverdlovsk: Sverdlovsk: Komvaks, pp. 24-27. (In Russ.).

3. Golovnyh, I.M., Mihajlov, A.Yu. (2004) *Sovremennye tendencii proektirovaniya i rekonstrukcii ulichno-dorozhnyh setej gorodov* [Current trends in the design and reconstruction of urban road networks]. Novosibirsk: Science, 267 p.

4. Gorbunov, R.N., Gorbunova, Z.V., Mihajlov, A.Yu. (2018) [Current trends in the design and reconstruction of urban road networks]. *Mir transporta* [World of transport]. Vol. 16. No 4(77), pp. 194-203. (In Russ.).

5. Gorbunov, R.N., Mihajlov, A.Yu., Pirov, Zh.T. (2017) [Service level assessment based on reliability criteria]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Irkutsk State Technical University]. Vol. 10, pp. 188-194. (In Russ.).

6. Zaharov, N.S., Boyarkina E.F. (2011) *Zakonomernosti formirovaniya kolichestva legkovykh avtomobilej naulichno-dorozhnoj seti goroda* [Patterns of forming the number of cars on the city's road network]. Tyumen': TyumGNGU, 160 p.

7. Yandex (2019) *How do Yandex.Tubes work?* Yandex blog, June, 6 Available at: <https://yandex.ru/company/technologies/yaprobki> (accessed 06.06.2019) (In Russ.).
8. Levashev, A.G., Sharov, M.I. (2015) [Development of criteria for assessing the quality of service in city pass-fat transport]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Irkutsk State Technical University]. Vol. 7, pp. 174-178. (In Russ.).
9. Levashev, A.G., Mihajlov, A.YU., Sharov, M.I. (2015) *Sovremennye metody ocenki kachestva organizacii dorozhnogo dvizheniya v gorodah* [Modern methods for assessing the quality of traffic management in cities]. Irkutsk, 218 p.
10. Rumyansev, E.A. (2010) [On the effectiveness of criteria for assessing traffic conditions]. *Organizaciya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya – sb. dokl. IX mezhdunar. konf.* [Schemes and projects of the organization of movement in cities in the conditions of self-government of territories: abstracts of reports of a scientific and practical seminar]. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburg, pp. 121-123. (In Engl.).
11. Teben'kov, S.E. (2013) *Razvitie metodov monitoring transportnyh potokov dlya operativnogo upravleniya dorozhnym dvizheniem na magistralyakh*. Dokt.Diss. [Development of methods for monitoring traffic flows for operational traffic control on highways. Doc.Diss]. Irkutsk, 20 p
12. Bennecke, A., Friedrich, B., Friedrich, M., Lohmiller, J. (2011) Time-dependent Service Quality of Network Sections. *Highway Capacity and Quality of Service 2011 (June 28 – July 1)*: Proc. of the 6th International Sym-posium. Stockholm, Sweden, pp. 364-373.
13. Bureau of Transportation Statistics (2018). Available at: <https://www.bts.gov/content/travel-time-index> (accessed 06.05.2018) (In Eng.).
14. INRIX (2018). Global Traffic Scorecard. Available at: <http://inrix.com/scorecard/> (accessed 06.06.2019) (In Eng.).
15. Tom Tom Traffic Index (2019). Available at: https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/ (accessed 06.06.2019) (In Eng.).

Информация об авторах:

Роман Николаевич Горбунов, аспирант, направление подготовки 23.06.01. Техника и технологии наземного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

e-mail: gorbunow@list.ru

Зинаида Васильевна Горбунова, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

e-mail: flocea@mail.ru

Василий Савельевич Колчин, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

e-mail: kolchin@istu.edu

Статья поступила в редакцию 02.08.2019; принята в печать 29.11.2019.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Roman Nikolaevich Gorbunov, postgraduate student, training direction 23.06.01. Engineering and technology of land transport, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

e-mail: gorbunow@list.ru

Zinaida Vasilievna Gorbunova, Candidate of Economical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Road Transport, Irkutsk National Research Technical University; Irkutsk, Russia

e-mail: flocean@mail.ru

Vasily Savelyevich Kolchin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Road Transport, Irkutsk National Research Technical University; Irkutsk, Russia

e-mail: kolchin@istu.edu

The paper was submitted: 02.08.2019.

Accepted for publication: 29.11.2019.

The authors have read and approved the final manuscript

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ВНУТРИОБЛАСТНЫХ МЕЖДУГОРОДНИХ ПЕРЕВОЗОК ЗА СЧЁТ КООРДИНИРОВАННОЙ РАБОТЫ МАРШРУТНЫХ АВТОБУСОВ И ЛЕГКОВЫХ ТАКСИ

Д.А. Дрючин¹, М.Р. Янучков², В.В. Котов³

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

¹e-mail: dmi-dryuchin@yandex.ru

²e-mail: msi80@mail.ru

³e-mail: v_v_kotov@mail.ru

Аннотация. Высокое социальное и экономическое значение общественного транспорта как в сфере городских, так и междугородних перевозок не вызывает сомнений. Общественный транспорт выполняет одну из важнейших потребностей населения – потребность в передвижении. Без полноценного удовлетворения данной потребности не могут быть решены задачи повышения уровня жизни населения, экономического и социального развития региона.

Для Оренбургской области характерна ситуация, когда увеличение объёма перевозок, выполняемых легковыми такси, приводит к снижению эффективности работы транспортных средств, обслуживающих регулярные автобусные маршруты, что в конечном счёте приводит к сокращению количества выполняемых рейсов, снижению темпов обновления подвижного состава, а в ряде случаев – к закрытию отдельных автобусных маршрутов.

Исправить данную ситуацию представляется возможным за счёт организации эффективного взаимодействия различных видов общественного транспорта на основе обоснования области их эффективного применения. В таких условиях проблема сбалансированного и наиболее эффективного использования и развития системы общественного транспорта выступает как исключительно значимая, требующая принятия эффективных решений.

Цель исследования – повышение эффективности перевозок пассажиров на внутриобластных межмуниципальных маршрутах за счёт координации работы маршрутных автобусов и легковых такси.

В статье приведены результаты литературного обзора, сделан вывод о том, что в настоящее время отсутствует стройная методика, позволяющая определить оптимальные параметры перевозочного процесса для данной категории маршрутов.

Авторами разработан алгоритм сравнения технико-экономических показателей транспортного обслуживания населения рассматриваемыми видами транспорта. По итогам моделирования определены зависимости годовых эксплуатационных затрат от годового объёма перевозок и зависимости годовых эксплуатационных затрат от длины маршрута для легковых такси и маршрутных автобусов. Полученные данные позволили определить области предпочтительного применения рассматриваемых видов транспорта, что позволяет осуществить координирование их работы.

Полученные результаты могут быть использованы для координации работы рассматриваемых видов транспорта: автобусов, обслуживающих внутриобластные межмуниципальные автобусные маршруты и легковых такси.

Ключевые слова: общественный транспорт, легковое такси, пассажирские перевозки, пассажиропоток, междугородние перевозки, транспортные системы.

Для цитирования: Дрючин Д. А., Янучков М. Р., Котов В. В. Совершенствование организации внутриобластных междугородних перевозок за счёт координированной работы маршрутных автобусов и легковых такси // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 8. – С. 87-97. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-87.

IMPROVEMENT OF THE ORGANIZATION OF INTERNAL REGIONAL INTERNATIONAL TRANSPORTATION DUE TO THE COORDINATED WORK OF ROUTE BUSES AND PASSENGER TAXI

D.A. Dryuchin¹, M.R. Yanuchkov², V.V. Kotov³

Orenburg State University, Orenburg, Russia

¹e-mail: dmi-dryuchin@yandex.ru

²e-mail: msi80@mail.ru

³e-mail: v_v_kotov@mail.ru

Abstract. The high social and economic value of public transport as in the sphere of city, and long-distance transportations doesn't raise doubts. Public transport carries out one of the most important needs of the population – the need for movement. Without full-fledged satisfaction of this requirement problems of increase in the standard of living of the population, economic and social development of the region can't be solved.

The situation when increase in volume of the transportations which are carried out by automobile taxi leads to decrease in overall performance of the vehicles serving the regular bus routes that eventually leads to reduction of number of the performed flights, decrease in rates of updating of the rolling stock, and in some cases, to closing of separate bus routes is characteristic of the Orenburg region.

It is obviously possible to correct this situation at the expense of the organization of effective interaction of different types of public transport on the basis of justification of field of their effective application. In such conditions the problem of the balanced and most effective use and development of a system of public transport acts as exclusively significant, demanding acceptance of effective solutions.

Research objective is the increase in effectiveness of transportations of passengers on intraregional intermunicipal routes due to coordination of work of shuttle buses and automobile taxi.

Results of the literary review are given in article, the conclusion is drawn that now there is no orderly technique allowing to determine optimum parameters of transportation process for this category of routes.

The authors developed an algorithm for comparing the technical and economic indicators of transport services to the population by the considered modes of transport. According to the results of modeling the dependence of the annual operating costs of the annual traffic volume and based on annual operating costs from the long route to passenger taxis and Shuttle buses. The obtained data allowed to determine the areas of preferred application of the considered modes of transport, which allows to coordinate their work.

The received results can be used for coordination of work of the considered means of transport: the buses serving intraregional intermunicipal bus routes and automobile taxi.

Keywords: public transport, passenger taxi, passenger transportation, passenger traffic, intercity transportation, transport systems.

Cite as: Dryuchin, D.A., Yanuchkov, M.R., Kotov, V.V. (2019) [Improvement of organization of internal regional international transportation due to the coordinated work of route bases and passenger taxi]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 8, pp. 87-97. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-87.

Введение

Высокое социальное и экономическое значение общественного транспорта как в сфере городских, так и междугородних перевозок не вызывает сомнений. Общественный транспорт выполняет одну из важнейших потребностей населения – потребность в передвижении. Без полноценного удовлетворения данной потребности не могут быть решены задачи повышения уровня жизни населения, экономического и социального развития региона.

Значительная часть транспортных потребностей населения муниципальных образований региона может быть удовлетворена за счёт обеспечения надёжного и качественного сообщения между населёнными пунктами. Данные потребности могут быть удовлетворены различными способами и различными видами общественного транспорта. Традиционно, в качестве основных видов общественного транспорта осуществляющих перевозку пассажиров на внутриобластных междугородних сообщениях являются железнодорожный транспорт, автомобильный транспорт, осуществляющий перевозку по регулярным маршрутам и легковые такси.

Данные виды общественного транспорта, зачастую осуществляют перевозку пассажиров в тесном взаимодействии друг с другом, а в последние

десятилетия, зачастую, в условиях острой конкурентной борьбы.

Очевидно, что выбор пассажиром того или иного вида транспорта, для удовлетворения своих потребностей определяется множеством факторов, основными из которых являются: расстояние передвижения; социальный статус пассажира; возраст; уровень экономического благосостояния; развитие и качество дорожной сети; развитие транспортной инфраструктуры; информационное обеспечение транспортного процесса; качество транспортного обслуживания тем или иным видом транспорта.

Очевидно, что для каждого вида общественного транспорта характерны сильные и слабые стороны, его достоинства и недостатки. Например, легковые такси обладают такими преимуществами, как территориальная и временная доступность и комфортабельность. К недостаткам данного вида общественного транспорта следует отнести меньшую финансовую доступность, ограниченную провозную способность, невысокую производительность, высокие удельные выбросы и более высокая нагрузка на дорожную сеть.

Исходя из указанных особенностей, легковому такси, как одному из видов общественного транспорта, как правило, отводится компенсаторная роль в плане удовлетворения транспортных потреб-

ностей населения. Традиционно принято считать, что услугами такси население пользуется в тех случаях, когда другие виды общественного транспорта не могут удовлетворить те или иные особенности транспортных потребностей.

Но, как было отмечено выше, развитие рынка перевозочных услуг привело к ситуации, когда различные виды общественного транспорта вступили в конкуренцию между собой, что в некоторых случаях привело к снижению эффективности отдельных видов транспорта, снижению показателей его работы и, как следствие, к неполному удовлетворению потребностей отдельных групп населения.

Для Оренбургской области характерна ситуация, когда увеличение объёма перевозок, выполняемых легковыми такси, приводит к снижению эффективности работы транспортных средств, обслуживающих регулярные автобусные маршруты, что в конечном счёте приводит к сокращению количества выполняемых рейсов, снижению темпов обновления подвижного состава, а в ряде случаев, к закрытию отдельных автобусных маршрутов.

Исправить данную ситуацию представляется возможным за счёт организации эффективного взаимодействия различных видов общественного транспорта на основе обоснования области их эффективного применения. В таких условиях проблема сбалансированного и наиболее эффективного использования и развития системы общественного транспорта выступает как исключительно значимая, требующая принятия эффективных решений.

Исходя из вышеизложенного, сформулирована цель работы: Повышение эффективности перевозок пассажиров на внутриобластных межмуниципальных маршрутах за счёт координации работы маршрутных автобусов и легковых такси.

Для достижения поставленной цели необходимо решение ряда задач, а именно:

1. Определить исходные данные для оценки эффективности перевозок рассматриваемыми видами транспорта;
2. Разработать методику оценки эффективности перевозок пассажиров рассматриваемыми видами общественного транспорта;
3. Провести оценку значений параметров, определяющих область эффективного применения рассматриваемых видов транспорта.

Обзор литературы

В ходе проведения литературного обзора не выявлено работ полностью соответствующих тематике проводимого исследования. Но, выявлено множество исследований и нормативных документов, посвящённых оценке эффективности работы, как легковых такси, так и транспортных средств, обслуживающих регулярные автобусные маршруты.

Вопросы, связанные с организацией перевозок пассажиров легковыми такси освещены в научных трудах В.Д. Герами, С.В. Живова, Н.Н. Якунина и других авторов [1, 3, 6, 7, 10, 12-14]. В этих работах изложены научные подходы, направленные на совершенствование отдельных аспектов процесса транспортного обслуживания населения легковыми такси. Развитию данного направления научной деятельности способствует ситуация, сложившаяся на рынке перевозок пассажиров легковыми такси. Стихийное развитие данного вида общественного транспорта, при отсутствии действенных механизмов контроля, вызывает необходимость разработки комплексного подхода к организации перевозок пассажиров легковыми такси, направленного на обеспечение современных показателей качества транспортного процесса.

Научные работы Н.Н. Якунина, Н.В. Якуниной, В.В. Котова направлены на совершенствование нормативно-правовой базы и механизмов нормативно-правового регулирования процесса организации перевозок пассажиров легковыми такси [12-14].

Вопросы повышения эффективности перевозок пассажиров на регулярных автобусных маршрутах отражены в работах, В.А. Гудкова, Л.Б. Миротина, И.В. Спирина и других авторов [2, 4, 5, 8, 9, 11, 15].

Но следует отметить, что, несмотря на достаточно широкий круг охватываемых направлений и тщательную их проработку, вопросы, посвящённые организации перевозок на внутриобластных межмуниципальных маршрутах рассмотрены поверхностно. Проведённый литературный обзор позволяет сделать заключение о том, что в настоящее время отсутствует методика, позволяющая определить оптимальные параметры перевозочного процесса для данной категории маршрутов.

Теоретико-методический подход

Координирование работы маршрутных автобусов и легковых такси осуществляется на основе сравнения результатов технико-экономического анализа показателей работы данных видов транспорта. Очевидно, что предпочтительным является вид транспорта, имеющий более высокие показатели экономической эффективности. Показатели качества транспортного обслуживания, при этом, рассматриваются, как ограничения целевой функции, определяющие минимально-допустимый уровень издержек.

В основу технико – экономического анализа положены «Методические рекомендации по расчету экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования», введённые в действие распоряжением Минтранса РФ от 18 апреля 2013 г. № НА-37-р.

Так как перевозки пассажиров в междугороднем сообщении выполняются коммерческими структурами, основной целью деятельности которых является получение прибыли, данный показатель принят в качестве целевой функции.

$$\Pi = D - \text{Зобщ} \rightarrow \text{MAX}$$

В качестве ограничения целевой функции приняты показатели качества, обуславливающие минимально необходимый уровень эксплуатационных затрат.

$$\text{Зобщ} \geq 3 \text{ min}$$

где

3_{min} – минимально-необходимый уровень текущих затрат, необходимых для поддержания показателей качества на заданном уровне, р.

Как было отмечено выше, минимально-допустимый уровень издержек рассматривается в работе, как ограничение целевой функции, обусловленное требованиями к качеству транспортного обслуживания населения.

Методически допустимый уровень издержек определяется минимально-необходимым количеством транспортных средств, необходимых для перевозки всех пассажиров, или для обеспечения заданной частоты выполняемых рейсов, а так же величиной совершаемого пробега.

При выполнении транспортного обслуживания населения легковыми такси, необходимое количество транспортных средств, может быть определено по формуле:

$$A_m = \frac{Q}{W_r^{\text{л}}}, \quad (1)$$

где

Q – годовой объём перевозок легковыми автомобилями

$W_r^{\text{л}}$ – число пассажиров, перевозимых одним автомобилем такси в год;

$$W_r^{\text{л}} = \frac{365 \cdot T_n \cdot V_{\text{э}} \cdot q_{\text{cp}} \cdot \beta_n \cdot \alpha_u}{l_{\text{ен}}^{\text{cp}}}, \quad (2)$$

где

T_n – время наряда, час

$V_{\text{э}}$ – эксплуатационная скорость, км/ч

q_{cp} – усреднённое наполнение таксомотора;

β_n – коэффициент платного пробега;

α_u – коэффициент использования парка;

$l_{\text{ен}}^{\text{cp}}$ – средняя дальность поездки, км.

Общий пробег транспортных средств, в этом случае, может быть определён по формуле:

$$S_{\text{общ}} = V_{\text{э}} \cdot T_n \cdot \alpha_u \cdot A_m, \quad (3)$$

Численность автобусов, выполняющих перевозку пассажиров, может быть определена исходя из двух условий:

Первое условие – соблюдение требуемой частоты совершаемых рейсов:

$$A_{\text{авт}}^{\text{min I}} = \frac{n \cdot L_{\text{марш}}}{T_{\text{день}} \cdot V_{\text{марш}}^{\text{cp}}}, \quad (4)$$

где

$L_{\text{марш}}$ – длина оборотного рейса на маршруте, км.;

n – частота совершаемых рейсов, рейсов в день;

$T_{\text{день}}$ – суточная продолжительность работы маршрута, час.;

$V_{\text{марш}}^{\text{cp}}$ – средняя скорость движения автобусов на маршруте в рассматриваемый период времени, км/час.

Второе условие – осуществление необходимого объёма перевозок:

$$A_{\text{авт}}^{\text{min II}} = \frac{K_{\text{зап}} \cdot \Pi_{\text{п}}^{\text{MAX}} \cdot L_{\text{марш}}}{P_{\text{авт}} \cdot V_{\text{марш}}^{\text{cp}}}, \quad (5)$$

где

$\Pi_{\text{п}}^{\text{MAX}}$ – максимальный часовой пассажиропоток за рассматриваемый период времени, пасс/час.

$K_{\text{зап}}$ – коэффициент запаса, учитывающий возможное превышение пассажиропотока относительно среднестатистического уровня.

$P_{\text{авт}}$ – пассажировместимость автобусов, обслуживающих маршрут, пасс.

Принятое количество автобусов, определяется, как максимальное значение из величин, определённых по формулам 4 и 5.

Пробег транспортных средств, в данном случае, так же может быть определён по формуле 3.

На основе представленных теоретических положений разработан алгоритм сравнения технико-экономических показателей транспортного обслуживания населения рассматриваемыми видами транспорта. Данный алгоритм представлен на рисунке 1.

Представленный алгоритм реализован в виде электронной таблицы Excel. Данная таблица позволяет выполнить моделирование различных условий и параметров процесса перевозки пассажиров в межмуниципальном сообщении на внутриобластной территории. По итогам моделирования возможно определение области предпочтительного применения рассматриваемых видов транспорта, что позволяет осуществить координирование их работы. Моделирование выполнено применительно к маршрутной сети внутриобластных межмуниципальных автобусных маршрутов Оренбургской области.

В качестве переменных при проведении моделирования приняты наиболее вариативные параметры, определяющие показатели экономической эффективности транспортного процесса. К таким

показателям следует отнести: годовой объём перевозок и среднее расстояние перевозки пассажира

(условно в качестве среднего расстояния перевозки пассажира принята длина маршрута).

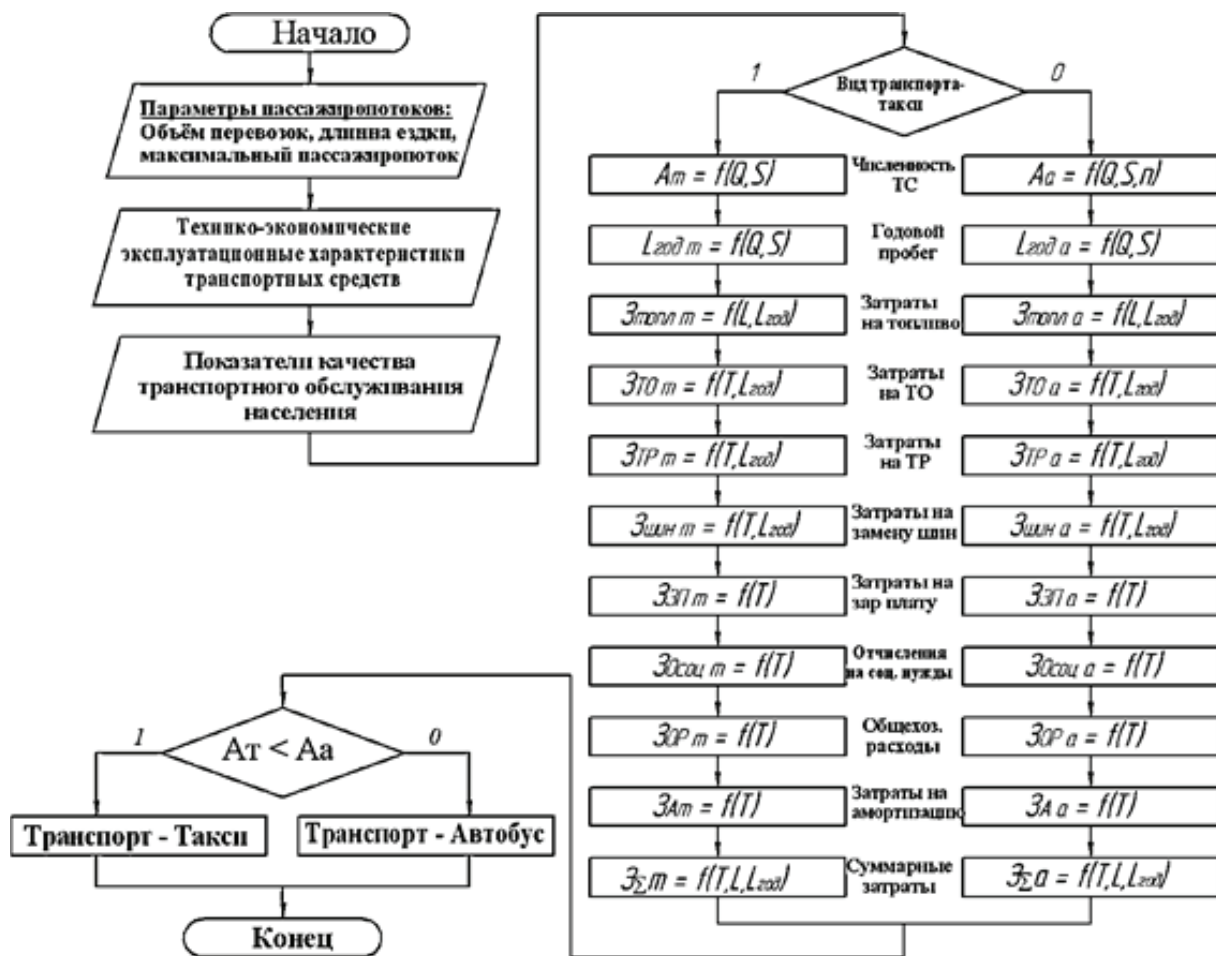


Рисунок 1. Алгоритм сравнения технико-экономических показателей транспортного обслуживания населения рассматриваемыми видами транспорта

Предварительный анализ маршрутной сети внутриобластных межмуниципальных маршрутов Оренбургской области позволил определить интервалы и дискретность (шаг) проведения расчётов при моделировании.

Длина маршрутов для Оренбургской области изменяется в пределах от 20 до 400 км. Принимаем исследуемый интервал от 0 до 400 км, с интервалом 40 км. Количество точек расчёта 10. Средняя длина маршрута 73 км.

Годовой объём перевозок изменяется от 8 500 до 350000 чел/год. Принимаем интервал моделирования от 0 до 360000 чел/год с интервалом 40000 чел/год. Количество точек расчёта 9. Средний годовой объём перевозок 84250 чел. в год. Особенности разработанной модели является то, что численность автобусов определяется максимальной часовой величиной пассажиропотока, а необходимая численность автомобилей такси зависит от годового объёма перевозок. Такое различие обусловлено

тем, что одним из требований к качеству перевозки пассажиров на автобусных маршрутах является регулярность. Для такси, работающего без расписания, по индивидуальным заказам такого требования нет. Но, для сопоставления эффективности работы автобусов и легковых такси необходимо выявить зависимость между годовым объёмом перевозок и максимальной часовой величиной пассажиропотока на межмуниципальных автобусных маршрутах.

Для выявления данной зависимости проведён опрос пассажиров межмуниципальных внутриобластных автобусных маршрутов различных направлений. В ходе опроса установлено предпочтительное время отправления рейсов. Всего опрошено 147 пассажиров. По результатам опроса установлено прогнозное распределение пассажиропотоков по времени суток. Данное распределение представлено на рисунке 2.

Как видно из полученных данных, максимальный часовой пассажиропоток составляет в среднем

13 % от суточного объёма перевозок. В этом случае, связь между годовым объёмом перевозок и максимальным часовым пассажиропотоком может быть выражена следующим выражением:

$$\Pi_{\Pi}^{MAX} = \frac{Q \cdot 0,13}{365}, \quad (6)$$

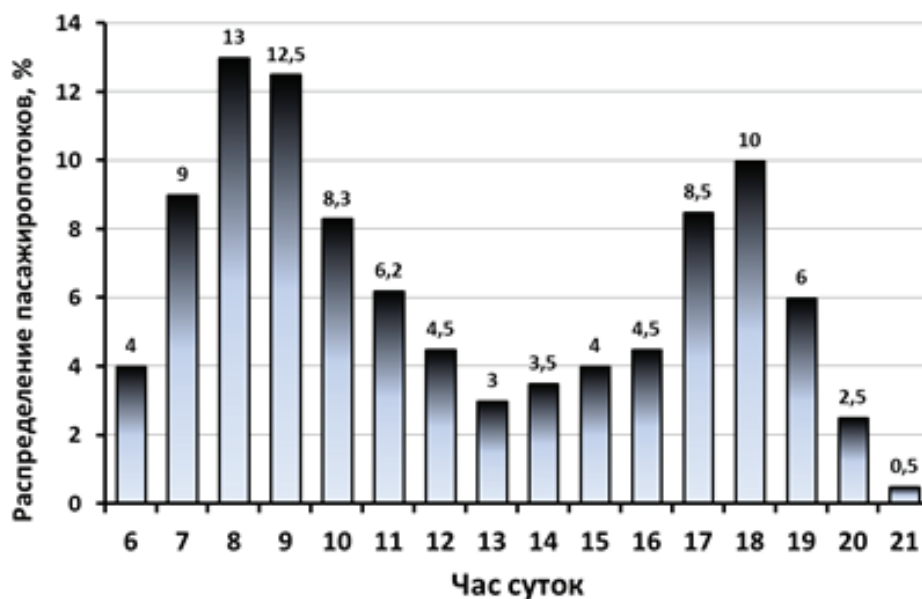


Рисунок 2. Распределение суточных пассажиропотоков по времени суток

Условно принято, что в условиях рыночных отношений, конкурирование различных видов транспорта между собой происходит в равных условиях, то есть без дотационной поддержки со стороны правительства области или муниципального бюджета. При этом, уровень дохода установлен нормативной рентабельностью производства, которая составляет 9%. Исходя из этого, перевозчик формирует тариф на перевозку пассажиров.

В указанных условиях, при принятых ограничениях, сравнение эффективности транспортного обслуживания населения легковыми такси и маршрутными автобусами производится исходя из величины суммарных годовых затрат.

Результаты моделирования, определённые в заданных интервалах при установленных ограничениях, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты моделирования (годовые эксплуатационные затраты, тыс. р.)

		Годовой объём перевозок, тыс.пасс								
		40	80	120	160	200	240	280	320	360
Длина маршрута, км	20	1675* 2886	1970 2886	2690 2886	3820 3785	4360 4203	5983 4605	7880 5035	9764 5563	11705 5819
	40	2629 3318	3093 3318	4223 3318	5369 5705	7473 6890	9393 7550	10371 8255	10871 9120	11371 9540
	80	3522 4446	5144 5546	5659 7544	7194 8315	10014 9233	12587 10117	13107 11062	14570 12221	15180 12784
	120	4240 5868	5470 5868	7356 9807	9352 10809	12925 13718	15363 14204	16550 14881	17142 15887	17850 16619
	160	6840 7746	7220 7746	9416 12553	11970 13836	16544 17559	18664 18181	21084 19047	21941 20335	22848 21272
	200	9014 10224	9530 10224	11864 15816	15082 17433	20845 22124	23516 22908	26565 23999	27645 25622	28788 26802
	240	11860 13496	12580 13496	14830 19770	18852 21791	26056 27655	29395 28635	33207 29999	34557 32027	35985 33503

		Годовой объём перевозок, тыс.пасс								
		40	80	120	160	200	240	280	320	360
	280	15760 17544	16354 17544	18389 24516	23377 27021	32310 34292	36450 35507	41177 37198	42850 39714	44622 41544
	320	19420 22105	20606 22105	22619 30154	28754 33236	39742 42180	42134 43674	45648 44254	46906 45248	47285 46099
	360	23120 26968	24727 26968	27821 37089	35367 40880	48882 51881	51824 53719	56147 54432	57694 55655	58160 56701
	400	28740 32631	29920 32631	33385 44506	42440 49056	58658 62257	62188 64462	67376 65318	69232 66786	69792 68041

* В числителе указаны годовые эксплуатационные затраты при перевозке пассажиров автомобилями такси

По результатам моделирования построены графики зависимости годовых эксплуатационных затрат от длины маршрута и от объёма перевозок. Указанные графики построены для фиксированных

значений второй переменной, соответствующих средним значениям для Оренбургской области. Указанные графики представлены на рисунках 3 и 4.

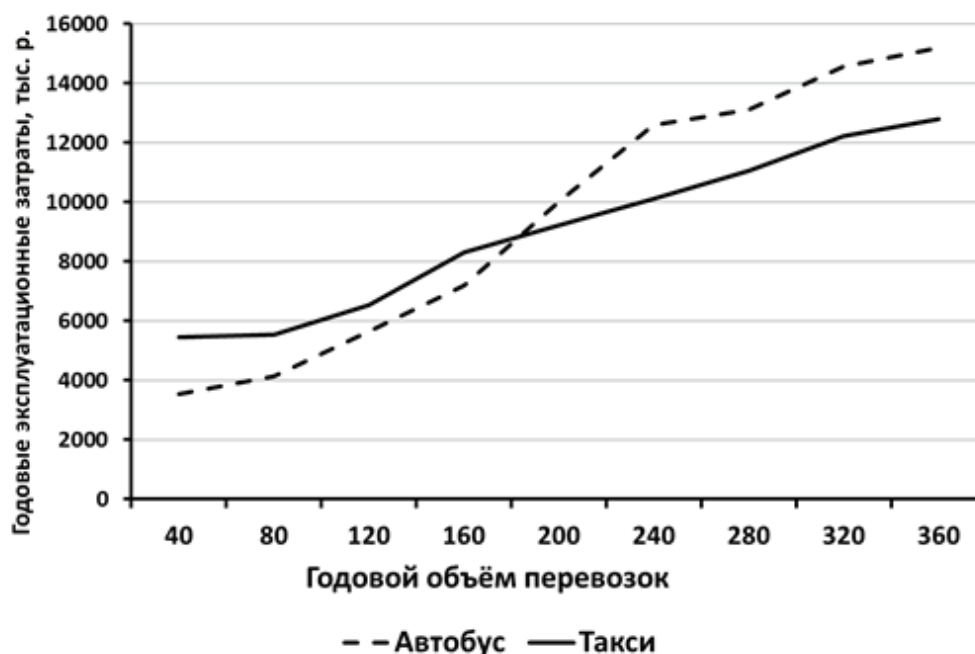


Рисунок 3. Зависимости годовых эксплуатационных затрат от годового объёма перевозок

Обсуждение и заключение

Полученные данные могут быть использованы для координации работы рассматриваемых видов транспорта: автобусов, обслуживающих внутриобластные межмуниципальные автобусные маршруты и легковых такси.

В настоящее время отсутствует нормативно-правовая база для проведения такой координации, но исходя из результатов проделанной работы, можно сделать заключение о том, что экономическая целесообразность и социальная необходимость такой координации необходима.

Технологически, результаты исследования могут быть реализованы за счёт создания координирующей структуры, предприятия «Организатора перевозок», осуществляющего информационную, организационную и технологическую поддержку транспортного процесса. Деятельность такого предприятия положительно отразится на эффективности работы участников транспортного процесса.

Очевидно, что координация возможна при наличии у предприятия – перевозчика как транспортных средств, обслуживающих автобусные маршруты, так и легковых такси. С таким предприятием, в ре-

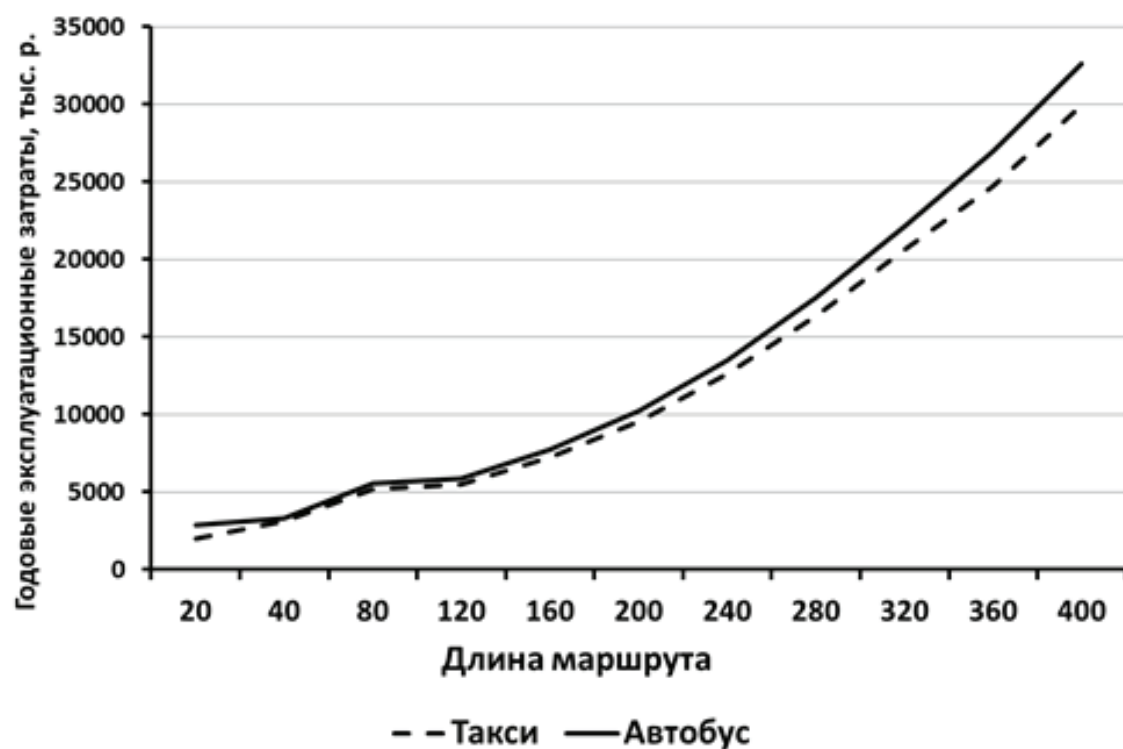


Рисунок 4. Зависимости годовых эксплуатационных затрат от длины маршрута

По результатам моделирования так же определены области эффективного применения рассматриваемых видов транспорта. Данные области отражены на графике, представленном на рисунке 5.

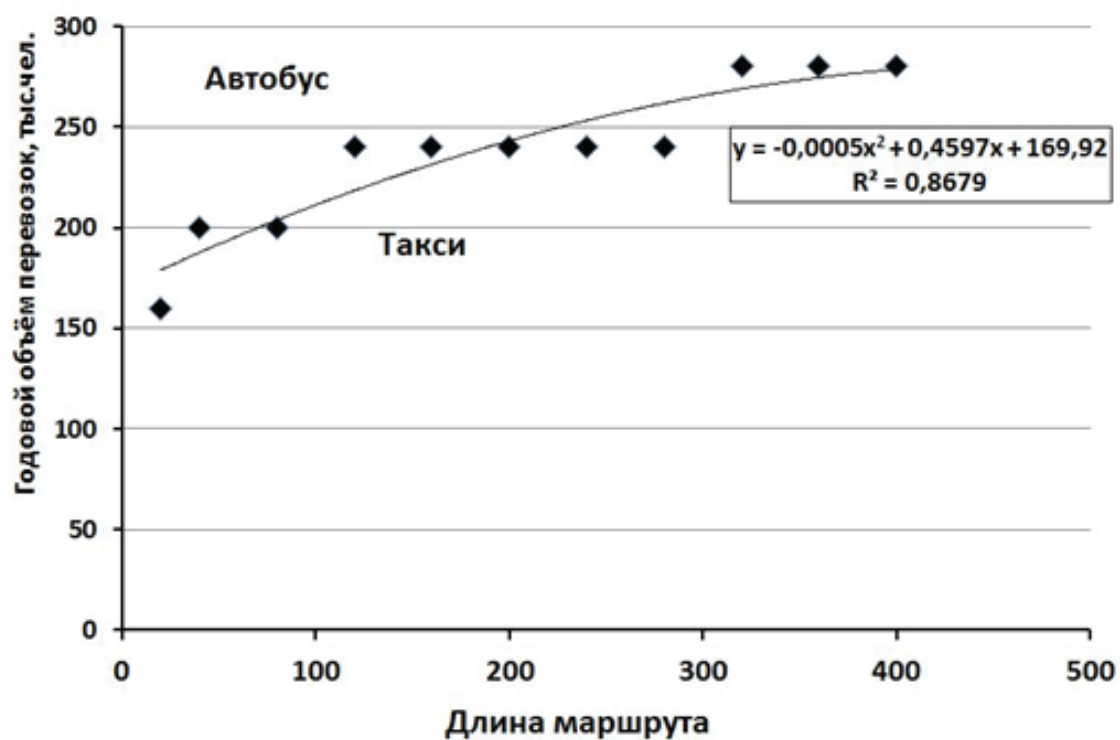


Рисунок 5. Области эффективного применения рассматриваемых видов транспорта

зультате конкурсного отбора заключается договор об организации транспортного обслуживания всего района (муниципального образования). Координация работы различных видов транспорта включает в себя следующие этапы:

1. Анализ состояния улично-дорожной и маршрутной сети обслуживаемого района;
2. Составление матрицы расстояний между населёнными пунктами района;
3. Составление матрицы пассажиропотоков между населёнными пунктами района;
4. Определение населённых пунктов, в отно-

шении которых целесообразна организация межмуниципальных автобусных маршрутов (на основе данных, полученных в результате выполненного исследования);

5. Определение направлений, обслуживаемых легковыми такси;
6. Расчёт необходимой численности легковых автомобилей такси;
7. Организация трансфера при помощи такси в направлении узлового населённого пункта, обслуживаемого автобусным маршрутом.

Литература

1. Герами В. Д. О логистической концепции организации обслуживания населения легковыми такси // Интегрированная логистика. – 2010. – № 6. – С. 36-37.
2. Гудков В. А., Турпищева М. С., Нургалиев Е. Р. Математическое моделирование муниципальных автотранспортных пассажирских перевозок // Автотранспортное предприятие. – 2010. – № 4. – С. 35-37.
3. Дашко М. В., Славненко В. П., Кириллов Е. Ю. Методы определения требуемого количества легковых автомобилей такси на примере городов республики Башкортостан // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 1 (176). – С. 218-223.
4. Дмитриев А. В., Гудков В. А., Раюшкина А. А., Шипилов Е. С., Ширяев С. А. Повышение эффективности и качества доставки пассажиров в городских условиях // Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия: Наземные транспортные системы. – 2010. – Т.3. – № 10 (70). – С. 113-116.
5. Миротин Л., Лебедев Е. Логистика организации городских пассажирских перевозок // Логистика. – 2016. – № 10 (119). – С. 30-33.
6. Носков М. М. О законодательном регулировании деятельности легкового такси в Российской Федерации // Автотранспортное предприятие. – 2015. – № 3. – С. 3-5.
7. Смыслова Ю. С. Методы определения оптимального количества легковых автомобилей такси в условиях мегаполиса // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2017. – № 3 (50). – С. 30-36.
8. Спирин И. В. Научные основы комплексной реструктуризации городского пассажирского транспорта: монография. – Москва, 2007.
9. Спирин И. В., Беляев В. М., Антонова В. В. Методология планирования автомобильных пассажирских перевозок // Мир транспорта. – 2019. – Т.17. – № 1 (80). – С. 20-37.
10. Хейфиц П. И. К вопросу обоснования требований к легковым автомобилям для такси // Автотранспортное предприятие. – 2014. – № 10. – С. 10-15.
11. Шипилов Е. С., Раюшкина А. А., Ширяев С. А., Гудков В. А., Дмитриев А. В. Прогнозирование распределения пассажиропотоков по различным видам городского общественного транспорта с учетом требований, предъявляемых пассажирами к перевозкам // Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия: Наземные транспортные системы. – 2010. – Т. 3. – № 10 (70). – С. 130-133.
12. Якунин Н. Н., Котов В. В. Совершенствование организации перевозок пассажиров легковыми такси // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – № 10 (129). – С. 6-12.
13. Якунин Н. Н., Суханова А. И., Котов В. В. Исследование закономерностей перевозок пассажиров легковыми такси // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2017. – № 2. – С. 54-58.
14. Якунин Н. Н., Якунина Н. В., Котов В. В. Оценка функционала управления региональными перевозками пассажиров легковыми такси // Автотранспортное предприятие. – 2011. – № 1. – С. 8-12.
15. Xue Zh.Ch., Wei X.Zh (2014) Evaluation and analysis for the layouts of integrated transportation hub passenger stations. Innovation and Sustainability of Modern Railway: № 2. – С. 582-588.

References

1. Gerami, V.D. (2010) [About the logistic concept of the organization of an upkeep of the population by automobile taxi]. *Integrirovannaja logistika* [The integrated logistics]. Vol. 6, pp. 36-37. (In Russ.).
2. Gudkov, V.A., Turpishheva, M.S., Nurgaliev, E.R. (2010) [Mathematical model operation of municipal motor transportation passenger traffic]. *Avtotransportnoe predpriyatie* [Motor Transport Enterprise]. Vol. 4, pp. 35-37. (In Russ.).

3. Dashko, M.V., Slavenko, V.P., Kirillov, E.Ju. (2015) [Methods of determination of the required number of cars of the taxi on the example of the cities of the Republic of Bashkortostan]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg state university]. Vol. 1 (176), pp. 218-223. (In Russ.).
4. Dmitriev, A.V., Gudkov, V.A., Rajushkina, A.A., Shipilov, E.S., Shirjaev, S.A. (2010) [Increase in effectiveness and quality of delivery of passengers in city conditions]. *Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Serija: Nazemnye transportnye sistemy* [News of the Volgograd state technical university. Series: Ground-based transport systems]. Vol. 3, No. 10 (70), pp. 113-116. (In Russ.).
5. Mirotnin, L., Lebedev, E. (2016) [Logistics of the organization of city passenger traffic]. *Logistika* [Logistics]. Vol. 10 (119), pp. 30-33. (In Russ.).
6. Noskov, M.M. (2015) [On legislative regulation of activity of the automobile taxi in the Russian Federation]. *Avtotransportnoe predpriятие* [Motor Transport Enterprise]. Vol. 3, pp. 3-5. (In Russ.).
7. Smyslova, Ju.S. (2017) [Methods of determination of optimum number of cars of the taxi in the conditions of the megalopolis]. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta (MADI)*. [Bulletin of the Moscow automobile and road state technical university (Moscow Administrative Road Inspectorate)]. Vol. 3 (50), pp. 30-36. (In Russ.).
8. Spirin, I.V. (2007) *Nauchnye osnovy kompleksnoj restrukturalizacii gorodskogo passazhirskogo transporta: monografija*. [Scientific bases of complex restructuring of city passenger transport: monograph]. Moscow, 200 p.
9. Spirin, I.V., Beljaev, V.M., Antonova, V.V. (2019) [Methodology of scheduling of automobile passenger traffic]. *Mir transporta*. [World of transport]. Vol. 17. No. 1 (80), pp. 20-37. (In Russ.).
10. Hejfic, P.I. (2014) [To a question of justification of requirements to cars for the taxi]. *Avtotransportnoe predpriятие*. [Motor Transport Enterprise]. Vol. 10, pp. 10-15. (In Russ.).
11. Shipilov, E.S., Rajushkina, A.A., Shirjaev, S.A., Gudkov, V.A., Dmitriev, A.V. (2010) [Prediction of distribution of passenger traffics on different types of city public transport taking into account requirements imposed by passengers to transportations]. *Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Serija: Nazemnye transportnye sistemy*. [News of the Volgograd state technical university. Series: Ground-based transport systems]. Vol. 3. No. 10 (70), pp. 130-133. (In Russ.).
12. Jakunin, N.N., Kotov, V.V. (2011) [Perfecting of the organization of transportations of passengers by automobile taxi]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg state university]. Vol. 10 (129), pp. 6-12. (In Russ.).
13. Jakunin, N.N., Suhanova, A.I., Kotov, V.V. (2017) [Research of regularities of transportations of passengers by automobile taxi]. *Intellekt. Innovacii. Investicii*. [Intelligence. Innovations. Investments]. Vol. 2, pp. 54-58. (In Russ.).
14. Jakunin, N.N., Jakunina, N.V., Kotov, V.V. (2011) [Assessment of a functional of management of regional transportations of passengers by automobile taxi]. *Avtotransportnoe predpriятие* [Motor Transport Enterprise]. Vol. 1, pp. 8-12. (In Russ.).
15. Xue, Zh.Ch., Wei X.Zh (2014) Evaluation and analysis for the layouts of integrated transportation hub passenger stations. *Innovation and Sustainability of Modern Railway*: Vol. 2, pp. 582-588. (In Eng.).

Информация об авторах:

Дмитрий Алексеевич Дрючин, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технической эксплуатации и ремонта автомобилей, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

ORCID ID: 0000-0002-1311-6462, **Researcher ID:** F-3228-2019

e-mail: dmi-dryuchin@yandex.ru

Михаил Романович Янучков, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

ORCID ID: 0000-0001-7277-7511, **Researcher ID:** F-3212-2019

e-mail: msi80@mail.ru

Виталий Валерьевич Котов, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

ORCID ID: 0000-0002-6176-3162

e-mail: v_v_kotov@mail.ru

Статья поступила в редакцию 18.10.2019; принята в печать 29.11.2019.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Dmitry Alekseevich Dryuchin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technical Operation and Repair of Automobiles, Orenburg State University, Orenburg, Russia

ORCID ID: 0000-0002-1311-6462, **Researcher ID:** F-3228-2019

e-mail: dmi-dryuchin@yandex.ru

Mikhail Romanovich Yanuchkov, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Automobile Transport, Orenburg State University, Orenburg, Russia

ORCID ID: 0000-0001-7277-7511, **Researcher ID:** F-3212-2019

e-mail: msi80@mail.ru

Vitaly Valeriavich Kotov, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Automobile Transport, Orenburg State University, Orenburg, Russia

ORCID ID: 0000-0002-6176-3162

e-mail: v_v_kotov@mail.ru

The paper was submitted: 18.10.2019.

Accepted for publication: 29.11.2019.

The authors have read and approved the final manuscript.

СОКРАЩЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ ВЫЛЕТАЮЩЕГО РЕЙСА И ОЦЕНКА СТОИМОСТИ ПРОЦЕССА ОБСЛУЖИВАНИЯ

С.А. Кропивенцева¹, М.А. Седова²

Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Самара, Россия

¹e-mail: kropiventseva@yandex.ru

²e-mail: sedovamaru@gmail.com

Аннотация. Основным фактором увеличения пропускной способности пассажирского терминала аэропорта является сокращение длительности обслуживания пассажиров вылетающего рейса на основе формализованного описания процесса и оптимизации ресурсов. Совершенствование процесса обслуживания вылетающих пассажиров и пооперационный учет используемых ресурсов способствует повышению его качества и улучшению конкурентных позиций аэропорта.

Объектом исследования является процесс обслуживания пассажиров вылетающего рейса. Цель исследования состоит в оценке затрат на осуществление процесса обслуживания пассажиров вылетающего рейса, а также в выработке предложений по сокращению его длительности.

В исследовании применялись методы сетевого планирования, методы управления проектами, пооперационный метод калькуляции затрат. Для оценки затрат на обслуживание пассажиров вылетающего рейса составлен перечень ресурсов с указанием метода нормирования.

Составлен список ресурсов, используемых при обслуживании пассажиров вылетающего рейса. По каждой работе процесса определены необходимые ресурсы и заданы методы нормирования. Для каждого предложения по сокращению длительности процесса обслуживания сделана оценка расходов по требуемым ресурсам.

Формализованное описание процесса обслуживания пассажиров вылетающего рейса и пооперационное нормирование является базой для дальнейшего совершенствования процессов обслуживания пассажирских перевозок. Полученные сетевые графики и себестоимости работ позволяют оптимизировать процесс по различным критериям: длительности обслуживания, его стоимости или по используемым ресурсам. В дальнейших исследованиях предполагается формализация процессов обслуживания пассажиров различных категорий (прилетевших, транзитных, трансферных) в соответствии с методами сетевого планирования и проектного управления, а затем оптимизации ресурсов, необходимых для повышения показателей качества обслуживания пассажиров.

Ключевые слова: обслуживание вылетающих пассажиров, сетевой график, метод критического пути, критический путь, технологическая себестоимость процесса.

Для цитирования: Кропивенцева С. А., Седова М. А. Сокращение длительности обслуживания пассажиров вылетающего рейса и оценка стоимости процесса обслуживания // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 8. – С. 98-105. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-98.

REDUCING THE DURATION OF SERVICE FOR PASSENGERS OF DEPARTURE FLIGHT AND EVALUATING THE COST OF THE SERVICE PROCESS

S.A. Kropiventseva¹, M.A. Sedova²

Samara National Research University named after S.P. Korolev, Samara, Russia

¹e-mail: kropiventseva@yandex.ru

²e-mail: sedovamaru@gmail.com

Abstract. The main factor of increasing acceptance rate is to reduce the duration of passenger service of the departing flight. Improving the processes of servicing departing passengers helps to improve the competitive position of the airport.

The object of the probe is the process of servicing passengers of the departing flight at the airport. The purpose of the study is definition the cost of passenger service process departing flight and searching might to reduce its duration.

The study used methods of network planning, project management methods, order costing method. To definition the cost of the process had made a list of resources indicating the method of rationing.

A list of resources used in the service of passengers departing flight was made. For each work process identified the necessary resources and methods of rationing. The cost of passenger service departing flight, the cost of the process when reduction work «Check-in passengers», as well as for the case when boarding the plane is made continuously-flow method was calculated.

The formal description of the passenger service process of the departing flight and rationing of works is the basis for further improvement of passenger service processes. Received network schedules and the cost of work will optimize the process taking into account various criteria: the duration of service, the cost of process or the resources used. Further probes are expected to formalize the processes of passenger service of different categories (off-loaded, connecting, transfer) in accordance with the methods of network planning and project management. It will be the foundation for optimization resources for upside service level.

Keywords: service of departing passengers, network schedule, critical path method, critical path, technological cost of the process.

Cite as: Kropiventseva, S.A., Sedova, M.A. (2019) [Reducing the duration of service for passengers of departure flight and evaluating the cost of the service process]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 8, pp. 98-105. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-98.

Введение

Непрерывное улучшение процессов наземного обслуживания пассажирских перевозок – важнейший фактор повышения конкурентоспособности аэропорта в борьбе за привлечение авиаперевозчиков и увеличение пассажиропотока¹ [4]. Не так важно местоположение аэропорта, значительно важнее качество наземного обслуживания пассажиров и багажа, а также необходимые условия для обеспечения заявленных авиаперевозчиком стандартов обслуживания и перспективы для дальнейшего увеличения пассажиропотока² [3].

Представление технологии обслуживания пассажиров вылетающего рейса в виде сетевого графика позволяет формализовать и улучшать процесс. Для построения сетевого графика определяется совокупность взаимосвязанных работ таким образом, чтобы процесс обслуживания был завершен в заданные сроки [5]. Улучшение процесса и сокращение длительности обслуживания на первых этапах возможно за счет изменения структуры работ процесса и переопределения взаимосвязей работ. Для дальнейшего улучшения организации обслуживания пассажиров вылетающего рейса требуется определить стоимость трудовых и материальных затрат ресурсов, необходимых для выполнения каждой работы, составляющих процесс [1, 13]. Затем, зная длительность и стоимость выполнения работ по обслуживанию пассажиров вылетающего рейса, формируется оптимизационная модель. В зависимости от цели оптимизации и ограничений на решение задачи определяется пе-

речень работ сетевого графика, за счет изменения которых возможно сократить длительность обслуживания или обеспечить выполнение заявленных авиаперевозчиком стандартов качества обслуживания пассажиров.

В статье сделана оценка стоимости используемых в процессе обслуживания пассажиров вылетающего рейса ресурсов, а также стоимость ресурсов для предложений по сокращению длительности обслуживания – для варианта сокращения длительности работы по регистрации пассажиров и варианта для сокращения длительности посадки пассажиров в самолет.

Оценка технологических затрат на процесс обслуживания вылетающих пассажиров

Определим затраты, связанные с технологией обслуживания пассажиров вылетающего рейса [10]. Они складываются из затрат на выполнение каждой работы процесса обслуживания [6, 8]. Для учета всех понесенных расходов составим перечень материальных и трудовых ресурсов, задействованных в процессе обслуживания пассажиров вылетающего рейса (таблица 1).

В ходе обслуживания пассажиров вылетающего рейса стоимость материальных и трудовых ресурсов, задействованных в процессе, переносится на себестоимость услуги неодинаково, нормирование задается одним из трех методов: в зависимости от количества обслуженных рейсов в год; от количества обслуженных пассажиров; от длительности работы (период, в течение которого ресурс используется).

Технологические затраты по каждой работе определяются суммой израсходованных ресурсов, стоимость которых переносится на всю совокупность работ процесса, и ресурсов, нормируемых по длительности выполнения конкретной работы. В таблице 2 показана стоимость трудовых и материальных ресурсов, используемых для выполнения работ по обслуживанию.

¹ Гушин А. Система контроля качества аэропортовых услуг как механизм увеличения доли на рынке аэропортового обслуживания и эффективный способ снижения затрат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.aex.ru/docs/6/2009/9/2/801/>. (дата обращения 23.07.2019)

² Анализ полноты и качества услуг по наземному и аэропортовому обслуживанию в аэропортах Российской Федерации. АЭВТ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ato.ru/content/analiz-polnoty-i-kachestva-uslug-po-nazemnomu-i-aeroportovomu-obsluzhivaniyu-v-aeroportah> (дата обращения 23.07.2019).

Таблица 1. Трудовые и материальные ресурсы процесса обслуживания пассажиров вылетающего рейса

Ресурсы материальные	Ресурсы трудовые
Подготовка к регистрации	
Автоматизированная система управления (АСУ) отправлениями (DCS)	Специалист по регистрации на рейс Диспетчер службы организации пассажирских перевозок Диспетчер группы комплектования рейсов
Регистрация на рейс	
DCS, регистрационная стойка, киоски самообслуживания, бирки багажные, посадочные талоны, специальное оборудование для обеспечения авиационной безопасности	Специалист по регистрации на рейс, Специалист по авиационной безопасности
Сортировка багажа	
Система сортировки багажа, специальное оборудование для обеспечения авиационной безопасности	Грузчики Диспетчер по сортировке багажа Специалист по авиационной безопасности
Подготовка питания на рейс	
Кухонное оборудование, емкости для размещения питания, оборудование для предполетного контроля АБ питания	Повар Кухонный работник Специалист по авиационной безопасности
Подведение итогов регистрации	
DCS, АСУ центровки	Специалист по регистрации на рейс Диспетчер по центровке
Загрузка багажа в самолет	
Транспортное средство (ТС) для перевозки багажа, контейнеры, транспортировочная лента	Грузчики Водитель ТС Специалист по авиационной безопасности
Загрузка питания в самолет	
ТС для перевозки и загрузки бортипитания, емкости для размещения питания	Водитель ТС Экспедитор
Контроль выхода пассажиров из терминала	
DCS, оборудование для предполетного контроля авиационной безопасности	Специалист по обслуживанию пассажиров Специалист по авиационной безопасности
Доставка и посадка пассажиров в самолет	
ТС для перевозки пассажиров, электротрап	Водитель ТС Водитель электротрапа
Оформление документов по багажу	
–	Специалист по обслуживанию пассажиров Грузчик
Оформление документов по питанию на рейсе	
ТС для перевозки и загрузки питания на рейс, емкости для размещения питания	Водитель ТС
Передача перевозочной документации на рейс	
ТС для перевозки диспетчера-координатора	Диспетчер-координатор производственно-диспетчерской службы аэропорта (ПДСА) Специалист по обслуживанию пассажиров

Таблица 2. Стоимость выполнения работ по обслуживанию вылетающих пассажиров (кроме стоимости ресурсов, нормируемых на рейс)

№ п/п	Название работы	Заграты, руб.
1	Подготовка к регистрации	35,98
2	Регистрация на рейс	1576,15
3	Сортировка багажа	5463,18
4	Подготовка питания на рейс	397,73
5	Подведение итогов регистрации	29,38

№ п/п	Название работы	Затраты, руб.
6	Загрузка багажа в самолет	192,57
7	Загрузка питания в самолет	110,23
8	Контроль выхода пассажиров из терминала	104,43
9	Доставка и посадка пассажиров в самолет	182,23
10	Оформление документов по багажу	27,46
11	Оформление документов по питанию на рейс	18,09
12	Передача перевозочной документации на рейс	43,56
Всего		8180,98

В процессе обслуживания пассажиров вылетающего рейса используются ресурсы, стоимость которых учитывается в общей стоимости обслуживания пассажиров вылетающего рейса, так как задействованы в выполнении одной или нескольких работ. Речь идет о системе управления отправлениями, оборудовании для размещения бортипитания, транспортных средствах для доставки пассажиров и багажа к самолету, электротрапе, багажных бирках, посадочных талонах, общая стоимость этих ресурсов составляет 26242 рубля 61 коп.

Технологические затраты на выполнение обслуживания пассажиров вылетающего рейса равны сумме (8180,98 + 26242,61) рублей и составляют 34423 рубля 69 коп.

Способы сокращения длительности процессов обслуживания пассажиров вылетающего рейса

Технология обслуживания вылетающих пассажиров влияет на пропускную способность аэровокзального комплекса и качество обслуживания пассажиров и багажа в терминале. Сегодня лишь отдельные авиаперевозчики предлагают услуги по онлайн-регистрации на свои рейсы. А между тем возможность зарегистрироваться удаленно на рейс позволит сократить длительность регистрации на 10 минут. Результатом исследования [10] стала рекомендация сокращать длительность регистрации пассажиров на рейс, так как эта работа находится на критическом пути и напрямую определяет длительность обслуживания пассажиров вылетающего рейса.

Технологические затраты на выполнение ре-

гистрации пассажиров на рейс увеличатся в связи с применением онлайн-платформы, обеспечивающей удаленную регистрацию пассажиров на рейс, кроме этого следует предусмотреть возможность приема багажа у пассажиров, зарегистрировавших свой билет удаленно. Стоимость работы по регистрации на рейс составила 1912 рублей 8 коп., остальные затраты по работам остаются прежними и равными стоимостям работ указанным в таблице 2. Суммарные затраты составляют 8516 рублей 91 коп.

В обслуживании рейса также применяются материальные ресурсы общей стоимостью 26242 рубля 61 коп., которое задействовано в выполнении нескольких работ.

Технологические затраты на выполнение обслуживания пассажиров вылетающего рейса равны составляют $8516,91 + 26242,61 = 34759$ рублей 52 коп.

Организация непрерывно-поточного метода посадки в самолет как способ сокращения длительности процессов обслуживания пассажиров вылетающего рейса

Организация посадки пассажиров в самолет в виде непрерывно-поточного одиночного прохода в самолет была названа комитетом ИАТА наиболее прогрессивным способом посадки³. В случае непрерывно-поточной посадки меняется структура работ по контролю выхода пассажиров на посадку и посадку в самолет [10]. Стоимость трудовых и материальных ресурсов, используемых при выполнении работ процесса представлена в таблице 3, стоимость ресурсов, нормируемых на рейс, составляют 26242 рубля 61 коп.

Таблица 3. Стоимость выполнения работ по обслуживанию вылетающих пассажиров в случае организации непрерывно-поточной посадки в самолет

№ п/п	Название работы	Затраты, руб
1	Подготовка к регистрации	35,98
2	Регистрация пассажиров	1576,15
3	Сортировка багажа	5463,18
4	Подготовка питания на рейс	397,73

³ Руководство по экономике. ИКАО. DOC 9562. Издание третье-2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.icao.int/publications/documents/9562_ru.pdf (дата обращения 23.07.2019).

№ п/п	Название работы	Затраты, руб
5	Подведение итогов регистрации	29,38
6	Загрузка багажа в самолет	192,57
7	Загрузка питания в самолет	110,23
8	Контроль выхода пассажиров из терминала	104,43
9	Доставка и посадка пассажиров в ВС	43,56
10	Окончательные данные по рейсу	52,21
11	Прием-передача багажа. Оформление документации	27,46
12	Снятие-дозагрузка бортипитания. Оформление документов	18,09
13	Передача перевозочной документации на рейс	43,56
Всего		8094,52

Затраты на обслуживание пассажиров вылетающего рейса в случае организации непрерывно-поточной посадки в сумме составляют $8094,52 + 26242,61 = 34337$ рубля 13 коп.

Результаты исследования

В результате исследования выявлено, что сокращение длительности работы по регистрации на рейс на 10 минут увеличит стоимость ее выполнения с 1576 рублей 15 коп. до 1912 рублей 08 коп. При этом общая длительность процесса обслуживания пассажиров вылетающего рейса сократится на 5 минут, а суммарная стоимость процесса увели-

чится с 34423 рубля 69 коп. до 34759 рублей 52 коп.

Внедрение непрерывно-поточной посадки пассажиров в самолет предполагает изменение технологии обслуживания в части организации выхода пассажиров на посадку в самолет. Длительность процесса и в этом варианте сокращается со 130 до 125 минут. Общие затраты на выполнение работ при организации непрерывно-поточной посадки по расчетам составили 34337 рублей 13 коп.

В таблице 4 приведены результаты сравнения длительности и расходов по обслуживанию пассажиров вылетающего рейса по трем технологическим схемам.

Таблица 4. Сравнение технологических схем обслуживания

Обслуживание в штатном режиме	Сокращение длительности регистрации	Непрерывно-поточная посадка
Работы критического пути:		
1. Подготовка к регистрации. 2. Регистрация на рейс. 3. Подведение итогов регистрации. 4. Выход пассажиров из терминала. 5. Доставка и посадка пассажиров в самолет. 6. Передача перевозочной документации на рейс.	1. Подготовка к регистрации. 2. Сортировка багажа. 3. Выход пассажиров из терминала. 4. Доставка и посадка пассажиров в самолет. 5. Передача перевозочной документации на рейс.	1. Подготовка к регистрации. 2. Регистрация на рейс. 3. Подведение итогов регистрации. 4. Доставка и загрузка багажа в ВС. 5. Оформление документов по багажу. 6. Загрузка питания в самолет. 7. Оформление документов по питанию на рейс. 8. Передача перевозочной документации на рейс.
Общая длительность, мин.:		
130	125	125
Себестоимость процесса, рублей:		
34 423,69	34 559,62	34 337,13

Таким образом, анализ сетевого графика обслуживания пассажиров вылетающего рейса и расчет технологической себестоимости процесса позволяет принимать управленческие решения по совершенствованию процессов обслуживания пассажиров [2, 7].

Обсуждение результатов и выводы

Результатом формализации процесса обслуживания пассажиров вылетающего рейса является

список выполняемых работ, перечень ресурсов и их стоимость в расчете на каждую работу и в целом на процесс. Таким образом, получены все исходные данные для обоснования предложений по совершенствованию процесса обслуживания и повышению его качества.

В данной работе рассматриваются варианты сокращения длительности обслуживания. Определено, что сокращение длительности регистрации

увеличивает расходы на выполнение работы «Регистрация на рейс» на 335 рублей 93 коп. Изменение технологии посадки пассажиров в самолет уменьшает затраты на 86 рублей 46 коп. Дальнейшие исследования способов сокращения длительности работ и расчет стоимости ресурсов по каждой работе позволит формулировать задачу оптимизации длительности обслуживания пассажиров вылетающего рейса с учетом ограничений на стоимость процесса [13, 15]. Полученные сетевые графики позволяют оптимизировать процесс по критериям длительности

процесса обслуживания, технологической стоимости, а также управлять трудовыми и материальными ресурсами [11, 12].

Можно утверждать, что формализация процессов обслуживания пассажиров служат надежной основой для совершенствования процессов, повышению стандартов качества обслуживания, а также обоснованию решений по модернизации аэропортовой инфраструктуры, задействованной в процессах обслуживания пассажиров вылетающего рейса.

Литература

1. Богданов В. В., Управление проектами. Корпоративная система – шаг за шагом. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2012. – 248 с.
2. Буценко Е. В. Метод критического пути как критерий оптимизации процесса бизнес-планирования // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. – 2016. – № 3. – С. 40–50.
3. Груничев А. С. Особенности развития конкуренции между аэропортами Российской Федерации // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2014. – № 6(90). – С. 22–26.
4. Коникина Е. В. Система поддержки принятия решения при оперативном управлении наземным обеспечением авиаперевозок // Научный вестник МГТУ ГА. – 2007. – № 118. – С. 146–152.
5. Кропивенцева С. А., Улучшение процессов обслуживания пассажиров вылетающего рейса на основе методов управления проектами // Научный Вестник МГТУ ГА. – 2018. – Том 21, № 6. С. 20–30.
6. Кузьмина Н. М. Принятие решений при выборе поставщика хэндлинговых услуг аэропорта // Научный Вестник МГТУ ГА. – 2015. – № 214. – С. 80–83.
7. Лукьянов С. А., Тиссен Е. В. Рынок авиационных пассажирских перевозок России: квазиконкуренция или...? // ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА = THE SCHOOL OF ECONOMICS, аналитическое приложение / С.-Петерб. ун-т экономики и финансов, отв. ред. С. Б. Авдашева. – Санкт-Петербург, 2008. – С. 182–206.
8. Попов А. В., Семенюк А. П., Еременко Н. В. Моделирование бизнес-процессов обслуживания пассажиров в аэропорту // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2011. – № 4(52) – С. 151–158.
9. Радаева Ю. А. Кропивенцева С. А. Исследование процессов наземного обслуживания грузовых авиационных перевозок // Актуальные проблемы развития авиационной техники и методов ее эксплуатации – 2017. Сборник трудов X научно-практической конференции студентов и аспирантов (5–7 декабря 2017 г.). – Иркутск: Иркутский филиал МГТУ ГА, 2017. – Т. II. – С. 218–225.
10. Седова М. А., Кропивенцева С.А. Обслуживание пассажиров вылетающего рейса: совершенствование процесса на основе метода критического пути // Синергетика природных, технических и социально-экономических систем : сб. ст. XVI международной научной конференции (23–24 мая 2019 г.). – Тольятти : Изд-во ПВГУС, 2019. – С. 306–312.
11. Сетевые модели в управлении: сб. статей // под ред. Д. А. Новикова, О. П. Кузнецова, М. В. Губко. – М.: Эгвес, 2011. – 443 с.
12. Супчинский О. П. Капустян М. Ф. Комплексный подход при организации и планировании производственных процессов на основе сетевого планирования и «Облачных технологий» // Омский научный вестник. – 2014. – № 3(133). – С. 138–142.
13. Тихобаев В. М., Толоконникова Л. А., Шатохина А. Г. Оптимизация плана комплекса работ при взаимозаменяемых ресурсах с использованием сетевого графика // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. – 2010. – 2–2. – С. 143–150.
14. Христова-Петкова Ю. Н. Устойчивые источники конкурентоспособности фирм // Проблемы экономики и менеджмента. – 2012. – № 5 (9). – С. 47–61.
15. Jens Ehm, Bernd Scholz-Reiter, Thomas Makuschewitz, Enzo M. Frazzon (2015). Graph-based integrated production and intermodal transport scheduling with capacity restrictions // CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology. no 9. pp. 24–30.

References

1. Bogdanov, V.V., (2012) *Upravlenie proektami. Korporativnaya sistema – shag za shagom* [Project management. Corporate system – step by step]. Moscow Mann, Ivanovi Ferber, 248 p (In Russ.).

2. Bucenko, E.V. (2016) [Critical path method as a criterion for optimizing the business planning process]. *Izvestiya Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta. Ekonomika i upravlenie* [The bulletin of the Far Eastern Federal University. Economics and Management]. Vol. 3, pp. 40-50. DOI: 10.5281/zenodo.163476 (In Russ.).
3. Grunichev, A. S. (2014) [Features of the development of competition between airports of the Russian Federation]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta* [Proceedings of the St. Petersburg state University of Economics]. Vol. 6(90), pp. 22-26 (In Russ.).
4. Konikova, E.V. (2007) [System of support of decision-making at an operative management the surface providing of air transportation]. *Nauchnyy vestnik MGTU GA* [Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation]. Vol. 118, pp. 146-152. (In Russ.).
5. Kropivenceva, S.A. (2018) [Process improvement of service of passengers departing flight based on the methods of project management]. *Nauchnyy Vestnik MGTU GA* [Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation]. Vol. 21 (no. 6), pp. 20- 30. DOI: 10.26467/2079-0619-2018-21-6-20-30. (In Russ.).
6. Kuz'mina, N.M. (2014) [Decision making when choosing an airport handling service provider]. *Nauchnyy Vestnik MGTU GA* [Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation]. Vol. 214, pp. 80-83. (In Russ.).
7. Luk'yanov, S.A., Tissen, E.V. (2008) *Rynok aviacionnykh passazhirskih perevozok Rossii: kvazi konkurenciya ili...?* [The market of air passenger transportations of Russia: quasiconcavity or...?] *EKONOMICHESKAYA SHKOLA = THE SCHOOL OF ECONOMICS*, Sankt-Peterburg, pp. 182-206. (In Russ.).
8. Popov, A.V., Semenyuk, A.P., Eremenko, N.V. (2011) [Modeling of business processes of passenger service at the airport]. *Radioelektronnye i komp'yuternye sistemy* [Electronic and computer systems]. Vol. 4(52), pp. 151-158. (In Russ.).
9. Radaeva, Yu.A., Kropivenceva, S.A. (2017) [Study of the processes of ground handling of air cargo transportation]. *Aktual'nye problem razvitiya aviacionnoj tekhniki i metodov ee ekspluatatsii. Sbornik trudov X nauchno-prakticheskoy konferencii studentov i aspirantov (5–7 dekabrya 2017 g)* [Actual problems of development of aviation equipment and methods of its operation, 5–7 december 2017]. Vol. 2, pp. 218-225. (In Russ.).
10. Sedova, M.A., Kropivenceva, S.A. (2019) [Passenger services departing flight: improving the process based on the method of critical path]. *Sinergetika prirodnykh, tekhnicheskikh i social'no-ekonomicheskikh sistem* [Synergetics of natural, technical and socio-economic systems, 23–24 may 2019]. pp. 306-312 (In Russ.).
11. Setevye modeli v upravlenii. Sbornik statej [Network models in management. Festschrift] pod red. D.A. Novikova, O.P. Kuznecova, M.V. Gubko (2011). Moscow, Egves. 443 p. (In Russ.).
12. Supchinskiy, O.P., Kapustian, M.F. (2014) [An integrated approach to the organization and planning of production processes based on network planning and «Cloud technologies»]. *Omskiy nauchnyy vestnik* [Omsk scientific Bulletin]. Vol. 3(133), pp. 138-142. (In Russ.).
13. Tikhobayev, V.M., Tolokonnikova, L.A., Shatokhina, A.G. (2010) [Optimization of the work package plan with interchangeable resources using the network schedule]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomicheskoye yuridicheskoye nauki* [Proceedings of Tula state University. Economic and legal Sciences]. Vol. 2-2. p. 143-150. (In Russ.).
14. Hristova-Petkova, Yu.N. (2012) [Sustainable sources of firm competitiveness]. *Problemy ekonomiki i menedzhmenta* [Problems of Economics and management]. Vol. 5(9), pp. 47-61. (In Russ.).
15. Jens, Ehm, Bernd, Scholz-Reiter, Thomas, Makuschewitz, Enzo, M. Frazzon (2015) Graph-based integrated production and intermodal transport scheduling with capacity restrictions. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*. Vol. 9, pp. 24-30. (In Engl.).

Информация об авторах:

Светлана Анатольевна Кропивенцева, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры организации и управления перевозками на транспорте, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

e-mail: kropiventseva@yandex.ru

Мария Андреевна Седова, студент, направление подготовки 23.03.01. Технология транспортных процессов, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

e-mail: sedovamaru@gmail.com

Вклад соавторов:

Светлана Анатольевна Кропивенцева: общее руководство проектом, написание текста статьи.

Мария Андреевна Седова: сбор и обработка материалов, выполнение расчетов.

Статья поступила в редакцию 02.09.2019; принята в печать 29.11.2019.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Svetlana Anatolievna Kropiventseva, Candidate of Economical Sciences, Associate professor, associate professor of the department of transportation management and control transport processes, Samara National Research University named after academician S.P. Korolev, Samara, Russia

e-mail: kropiventseva@yandex.ru

Maria Andreevna Sedova, student, training direction 23.03.01. Technology of transport processes, Samara National Research University named after academician S.P. Korolev, Samara, Russia

e-mail: sedovamaru@gmail.com

Contribution of the authors:

Svetlana Anatolievna Kropiventseva: managed the research project, writing the article.

Maria Andreevna Sedova: collection and processing of materials, performance of calculation.

The paper was submitted: 02.09.2019.

Accepted for publication: 29.11.2019.

The authors have read and approved the final manuscript.

ВЛИЯНИЕ СБАЛАНСИРОВАННОСТИ ПОДАЧИ МАСЛА К ШАТУННЫМ ПОДШИПНИКАМ НА ИХ ОТКАЗЫ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

А.Т. Кулаков¹, Е.П. Барыльникова²

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Набережные Челны, Россия

¹e-mail: alttrak09@mail.ru

²e-mail: 692401@mail.ru

Р.Ф. Калимуллин

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

e-mail: rkalmullin@mail.ru

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена необходимостью изучения закономерностей процессов и явлений, приводящих к нарушению нормального функционирования шатунных подшипников автомобильных двигателей в эксплуатации и вызывающих внезапные дорогостоящие отказы.

Цель – обеспечение надежности автомобильных двигателей за счет минимизации в эксплуатации влияния факторов, способствующих возникновению такого опасного отказа, как проворачивание шатунных вкладышей.

Методический аппарат исследования – натурные наблюдения и микрометрирование шеек и вкладышей коленчатого вала по ГОСТ 14846–81; экспериментальные исследования на основе авторской методики с использованием созданной оригинальной испытательной установки на базе автомобильного двигателя КАМАЗ–740 и моторного стенда «AVL».

Основные результаты – описаны факторы и механизм проворачивания шатунных вкладышей. По результатам натурных наблюдений и стендовых испытаний установлено, что при эксплуатации двигателя имеет место формоизменение вкладышей как следствие несоответствия реальных режимов функционирования шатунных подшипников проектным режимам гидродинамической смазки. Определены критическое и необходимое давление масла для надежного смазывания шатунных подшипников в эксплуатации; выявлены режимы работы двигателя КАМАЗ, на которых может наступить масляное голодание его шатунных подшипников, а также режимы устойчивой работы всей смазочной системы.

Научная новизна – получены новые знания о закономерностях кинетики подвода масла к шатунным подшипникам в эксплуатации, отличающиеся учетом взаимного влияния саморегулируемого процесса изменения геометрии шатунного вкладыша и механизма пульсаций потока масла в маслоподводящих каналах, позволяющие определять безопасные параметры функционирования смазочной системы.

Практическая значимость – результаты исследования реализуются в ПАО «КАМАЗ» на двигателях КАМАЗ путем увеличения производительности масляного насоса и номинального давления в смазочной системе, оптимизации проходных сечений каналов и их расположения.

Направления дальнейших исследований и рекомендации – представляет интерес теоретическое обоснование и математическое описание процесса подачи масла к шатунным подшипникам в режиме повторяющихся пульсаций и слива от них, а также оценки живучести шатунных подшипников.

Ключевые слова: автомобильные двигатели, шатунные подшипники, смазочная система, расход масла, давление масла, проворачивание вкладышей.

Для цитирования: Кулаков А. Т., Барыльникова Е. П., Калимуллин Р. Ф. Влияние сбалансированности подачи масла к шатунным подшипникам на их отказы в эксплуатации // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 8. – С. 106-115. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-106.

INFLUENCE OF THE BALANCING OF THE OIL SUPPLY TO THE CONNECTING BEARINGS ON THEIR OPERATIONS FAILURES

A.T. Kulakov¹, E.P. Barylnikova²

Kazan (Volga Region) Federal University, Naberezhnye Chelny, Russia

¹e-mail: alttrak09@mail.ru

²e-mail: 692401@mail.ru

R.F. Kalimullin

Orenburg State University, Orenburg, Russia

e-mail: rkalimullin@mail.ru

Abstract. The relevance of the study is due to the need to study the laws of processes and phenomena leading to disruption of the normal functioning of the connecting rod bearings of automobile engines in operation and causing sudden costly failures.

The goal is to ensure the reliability of automobile engines by minimizing in operation the influence of factors contributing to the occurrence of such a dangerous failure as cranking the connecting rod bearings.

Methodical apparatus of the study – field observations and micrometry of the necks and liners of the crankshaft according to GOST 14846–81; experimental studies based on the author's methodology using the created original test setup based on the KAMAZ–740 automobile engine and the AVL motor stand.

The main results – factors and a mechanism for cranking the connecting rod bearings are described. According to the results of field observations and bench tests, it was established that during engine operation there is a shape change of the bearings as a result of a mismatch between the real operating modes of the connecting rod bearings and the design modes of hydrodynamic lubrication. The critical and necessary oil pressure for reliable lubrication of the connecting rod bearings in operation is determined; modes of operation of the KAMAZ engine were identified, at which oil starvation of its connecting rod bearings may occur, as well as modes of stable operation of the entire lubrication system.

Scientific novelty: new knowledge has been obtained on the laws of the kinetics of oil supply to connecting rod bearings in operation, which are distinguished by the mutual influence of the self-regulating process of changing the geometry of the connecting rod bearing and the mechanism of pulsations of the oil flow in the oil supply channels, which make it possible to determine safe functioning parameters of the lubricating system.

Practical significance: the results of the study are implemented in KAMAZ PJSC on KAMAZ engines by increasing the performance of the oil pump and the nominal pressure in the lubrication system, optimizing the passage sections of the channels and their location.

Directions for further research and recommendations: theoretical interest and a mathematical description of the process of supplying oil to connecting rod bearings in the mode of repeated pulsations and draining from them, as well as assessing the survivability of connecting rod bearings.

Keywords: car engine, connecting rod bearings, lubrication system, oil consumption, oil pressure, turning of loose leaves.

Cite as: Kulakov, A.T., Barylnikova, E.P., Kalimullin, R.F. (2019) [Influence of the balancing of the oil supply to the connecting bearings on their operations failures]. *Intellekt. Innovatsi. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 8, pp. 106-115. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-106.

Введение

Среди основных причин снижения показателей надежности и внезапных дорогостоящих отказов автомобильных двигателей – отказы подшипников коленчатого вала [1, 2]. В структурах отказов и затрат на восстановление основных элементов силовых агрегатов автомобилей КАМАЗ на эти подшипники приходится около 18% количества отказов всех элементов, средняя наработка на отказ составляет 12% от ресурса двигателя до капитального ремонта, а доля затрат на ремонт составляет свыше 45 % [6].

Значительная часть двигателей КАМАЗ–740 поступает в ремонт из-за такого отказа, как проворачивание шатунных вкладышей [2, 9]. Это явление на завершающей фазе проявляется в срезании фиксирующего выступа, в результате чего вкладыш начинает вращаться совместно с шейкой коленчатого вала. Процесс сопровождается снижением давления масла, образованием натиров и прижогов на поверхностях трения, что приводит к увеличению диаметрального зазора в сопряжении и возрастанию динамических нагрузок. Для предотвращения

в эксплуатации проворачивания вкладышей важно знать причины и закономерности развития этого явления во всех взаимосвязях. Поэтому, исследования, направленные на повышение надежности шатунных подшипников автомобильных двигателей за счет исключения в эксплуатации явления проворачивания вкладышей, являются актуальными.

Состояние изученности проблемы

В работе [7] установлено, что проворачивание вкладышей происходит из-за их деформаций, а закономерности деформаций определяются как параметрами самих вкладышей (рисунок 1), так и факторами, влияющими на их тепловое состояние – в первую очередь смазочной системой [10, 11, 14].

Конструктивно прямолинейный по образующей вкладыш 2 (рисунок 2) из-за недостаточного теплоотвода в нижнюю головку шатуна и под действием интенсивного теплоподвода в момент образования полусухого трения на рабочей поверхности деформируется, при этом величина непрямолинейности непрерывно увеличивается от нуля до величины,

постоянно нарастающей от цикла к циклу. В качестве рабочей гипотезы рассматривается механизм образования разрыва и пульсаций потока масла, подводимого к шатунным подшипникам.

Следствием этого является необратимое циклическое нарастание прогибов до момента, когда

зазор уменьшается до нуля, при этом маслоподводящий канал I оказывается перекрытым, и тогда наступают масляное голодание, резкое увеличение температуры поверхности трения, схватывание и проворачивание вкладышей.

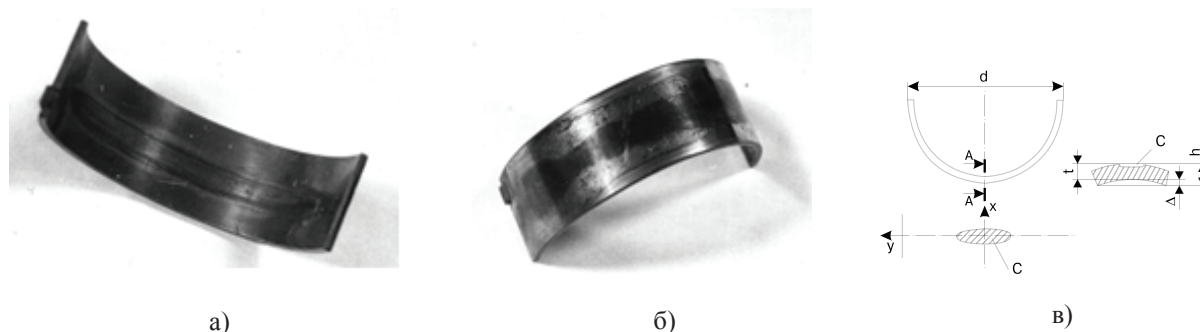


Рисунок 1. Вид вкладыша перед проворачиванием с измененной геометрической формой в предотказном состоянии: а) рабочая поверхность; б) тыльная сторона; в) параметры деформации и расположение пятна натиров и прижогов

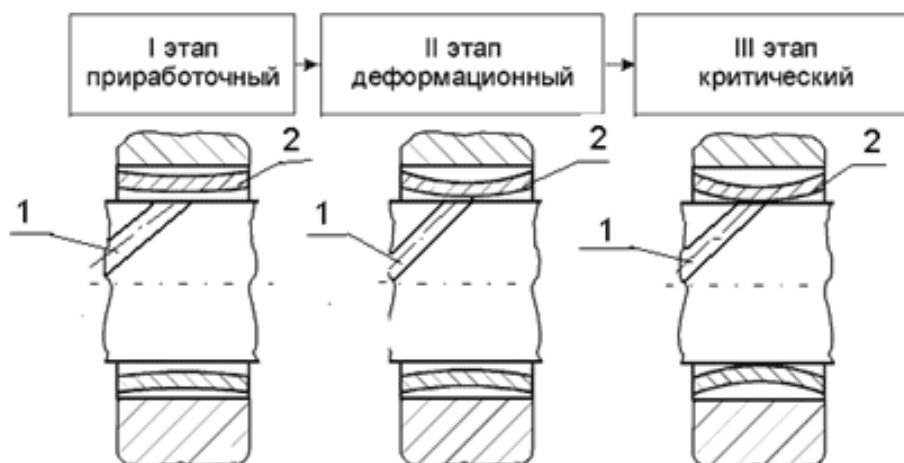


Рисунок 2. Этапы деформации шатунных вкладышей

Результаты экспериментов [3] подтвердили наличие явления формоизменения вкладышей в процессе работы двигателя, а также несоответствия реальных режимов работы шатунных подшипников проектным, полученным на основе положений гидродинамической теории, и их связи с процессами и параметрами в смазочной системе двигателя.

Установлено, что закономерность увеличения прогиба вкладыша по образующей в процессе эксплуатации двигателя описывается экспоненциальной зависимостью от наработки, а предельная величина прогиба шатунных вкладышей составляет 48 мкм, и наступает при наработке в среднем 220–240 тыс. км при третьей категории эксплуатации автомобилей.

На интенсивность формоизменения вкладышей влияют как конструктивно-технологические пара-

метры вкладышей, отверстий и канавок для смазывания в коленчатом вале, так и изменение давления в смазочной системе [8, 10, 11, 13–15].

Исследованиями установлено, что кинетика подвода масла обусловлена развивающимся саморегулируемым процессом изменения геометрии шатунного вкладыша при наступлении разрыва потока в маслоподводящих каналах. Изменение геометрии вкладыша подтверждено в экспериментах по измерению зазора в шатунном подшипнике на работающем двигателе [3].

Механизм пульсаций потока масла объясняется тем, что уменьшение расхода на слив приводит к образованию сплошного потока и ликвидации разрыва потока в каналах; следом за этим нарастает расход от воздействия центробежных сил на всасы-

вание, отчего температура и деформации вкладышей снижаются, зазор увеличивается. Затем снова наступает разрыв потока. Таким образом, на сливе из шатунной шейки наблюдается переменный расход масла – периодическое его прекращение и возобновление. Это явление происходит, очевидно, при знакопеременном балансе расхода масла из шатунной полости через подшипники и подачи в нее, который определяется формоизменением вкладышей и регулируемым разрывом потока внутри каналов. Особо следует отметить, что это происходит даже при номинальных зазорах в шатунных и коренных подшипниках.

Методика и результаты экспериментального исследования

Известно, что условия функционирования подшипников коленчатого вала определяются большим числом конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов. Существующие методы расчетов не позволяют точно определить требуемое давление масла в смазочной системе, гарантированно исключающее масляное голодание шатунных подшипников на рабочих режимах работы двигателя. Поэтому, для экспериментального исследования закономерностей процесса смазки подшипников коленчатого вала авторами была разработана оригинальная методика.

Основная идея экспериментов заключалась в измерении потребного расхода масла через 1-ую шатунную шейку с односторонним подводом (2 отверстия по одному на шатун), и сравнении его с располагаемым количеством масла, которое могут пропустить коренной подшипник и каналы 1-й коренной шейки при номинальном зазоре и при различной степени изнашивания.

Создана экспериментальная установка на базе автомобильного двигателя КамАЗ–740 (после модернизации коленчатого вала с односторонним подводом масла – 2 отверстия на шатунной шейке вместо четырех, в целях снижения потребного расхода масла с одной шатунной шейки) и испытательного стенда «AVL». Установка была укомплектована необходимым аттестованными и тарифированными оборудованием и приборами, точность которых удовлетворяла требованиям ГОСТ 14846–81.

В экспериментальном двигателе доработали модернизированный коленчатый вал путем перекрытия масляного канала 1-й коренной шейки установкой заглушки 1 (рисунок 3). На переднем конце коленчатого вала по его оси установили полумуфту 2 и резьбовой штуцер для обеспечения подвода масла к шатунным подшипникам 1-й шейки снаружи. Для создания максимально возможного давления масла в масляном насосе был заблокирован дифференциальный клапан.

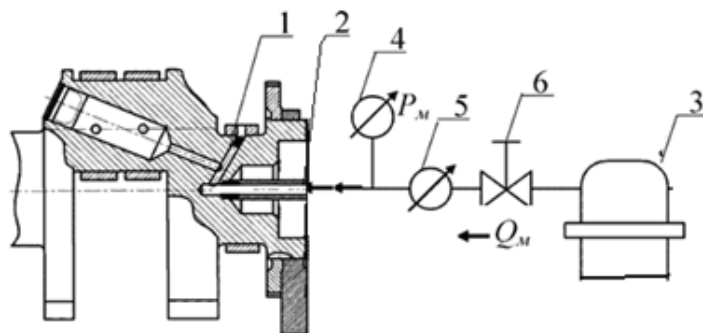


Рисунок 3. Схема измерения потребного расхода масла через 1-ую шатунную шейку с двумя выходными отверстиями

От фильтра тонкой очистки масла 3 был выведен штуцер с краном 6, к которому соединён манометр давления масла 4 (рисунок 4). От крана к полумуфте проведен маслопровод, в который вмонтирован счетчик расхода масла 5 ШЖУ–25М–15 (рисунок 5).

Методика экспериментальных исследований заключалась в следующем. Для определения величин зазоров в первых шатунном и коренном подшипниках перед сборкой двигателя проводилось микрометрирование шеек и вкладышей по ГОСТ 14846–81.

Определялся потребный расход масла через 1-ую шатунную шейку для двух подшипников. На прогревом и работающем двигателе регулиров-

кой вентиля крана устанавливали первоначальное минимальное давление в смазочной системе $p_m = 0,2$ МПа, и снимали внешнюю скоростную характеристику двигателя, фиксируя необходимые показания приборов и датчиков. Далее повторяли испытания, постепенно увеличивая давление с шагом $0,1$ МПа до $p_m = 0,7$ МПа. Двигатель испытывался в трех состояниях: с номинальными зазорами в исследуемых подшипниках $S_{ш.п} = 0,12$ мм, $S_{к.п} = 0,14$ мм; со средними эксплуатационными зазорами $S_{ш.п} = 0,18$ мм, $S_{к.п} = 0,19$ мм; с предельными зазорами $S_{ш.п} = 0,39$ мм, $S_{к.п} = 0,42$ мм.

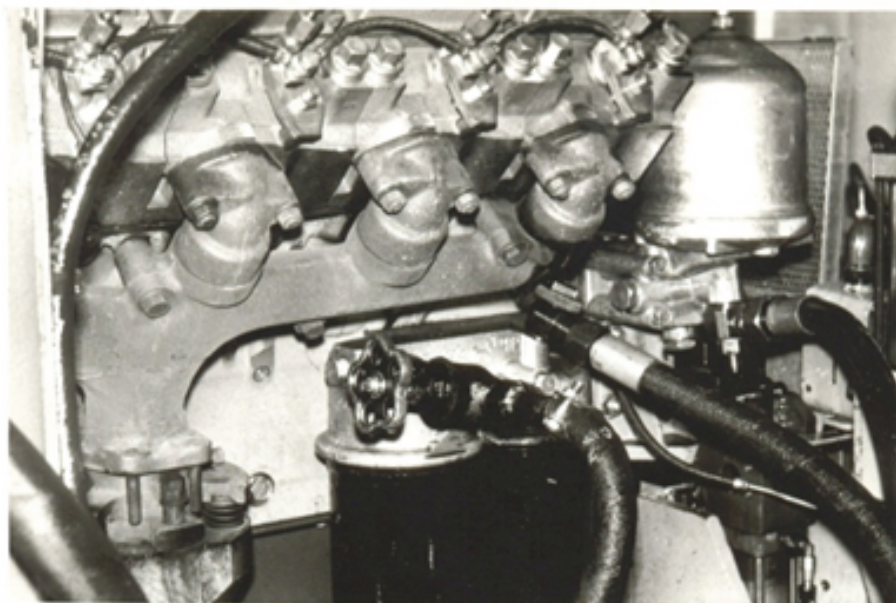


Рисунок 4. Забор масла с фильтра тонкой очистки масла для его подвода к подшипнику 1-й шатунной шейки по оси коленчатого вала

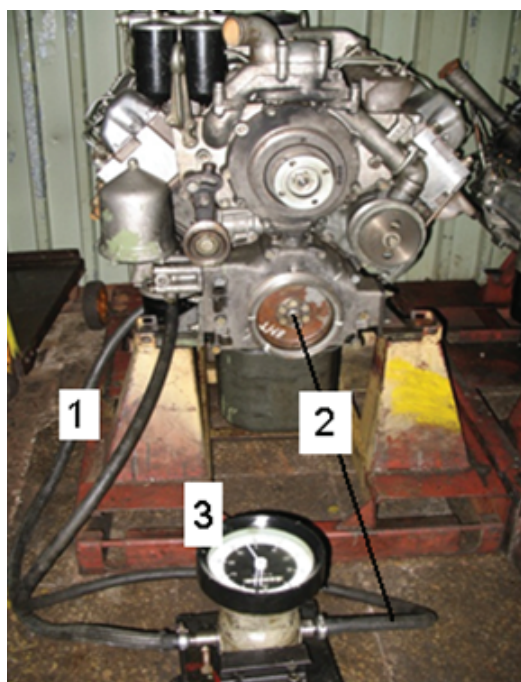


Рисунок 5. Соединение маслопроводов от фильтра (1) к муфте (2) по оси коленчатого вала и расходомера ШЖУ–25М (3) с двигателем КамАЗ–740 до монтажа на стенд

Результаты экспериментальных исследований потребного расхода масла через 1-ю шатунную шейку с односторонним подводом масла (2 отв. на шейке по одному на шатун) с номинальным зазором приведены на рис. 6, кривая 2. Полученные ранее данные [3] позволили сравнить потребный и фактический расходы масла через подшипники одной шатунной шейки (рис. 6). Результаты свидетельствуют, что при одностороннем подводе масла (2 от-

верстия на шейке) потребный расход приблизился к располагаемому, однако баланс расходов едва заметен, и при низком давлении образуется дефицит в точке их пересечения, разрыв и пульсации потока. Это позволяет сделать вывод о необходимости дальнейших исследований по определению необходимого давления масла для надежного смазывания шатунных подшипников в эксплуатации, выявлению режимов работы двигателя КамАЗ, на которых

может наступить масляное голодание его шатунных подшипников, а также режимы устойчивой работы всей смазочной системы.

Исследованиями установлено, что потребный

расход масла возрастает с 1,0 л/мин (кривая 1) при номинальных зазорах в шатунных и коренных подшипниках до 6 л/мин (кривая 1.2) при предельных зазорах (рисунок 7).

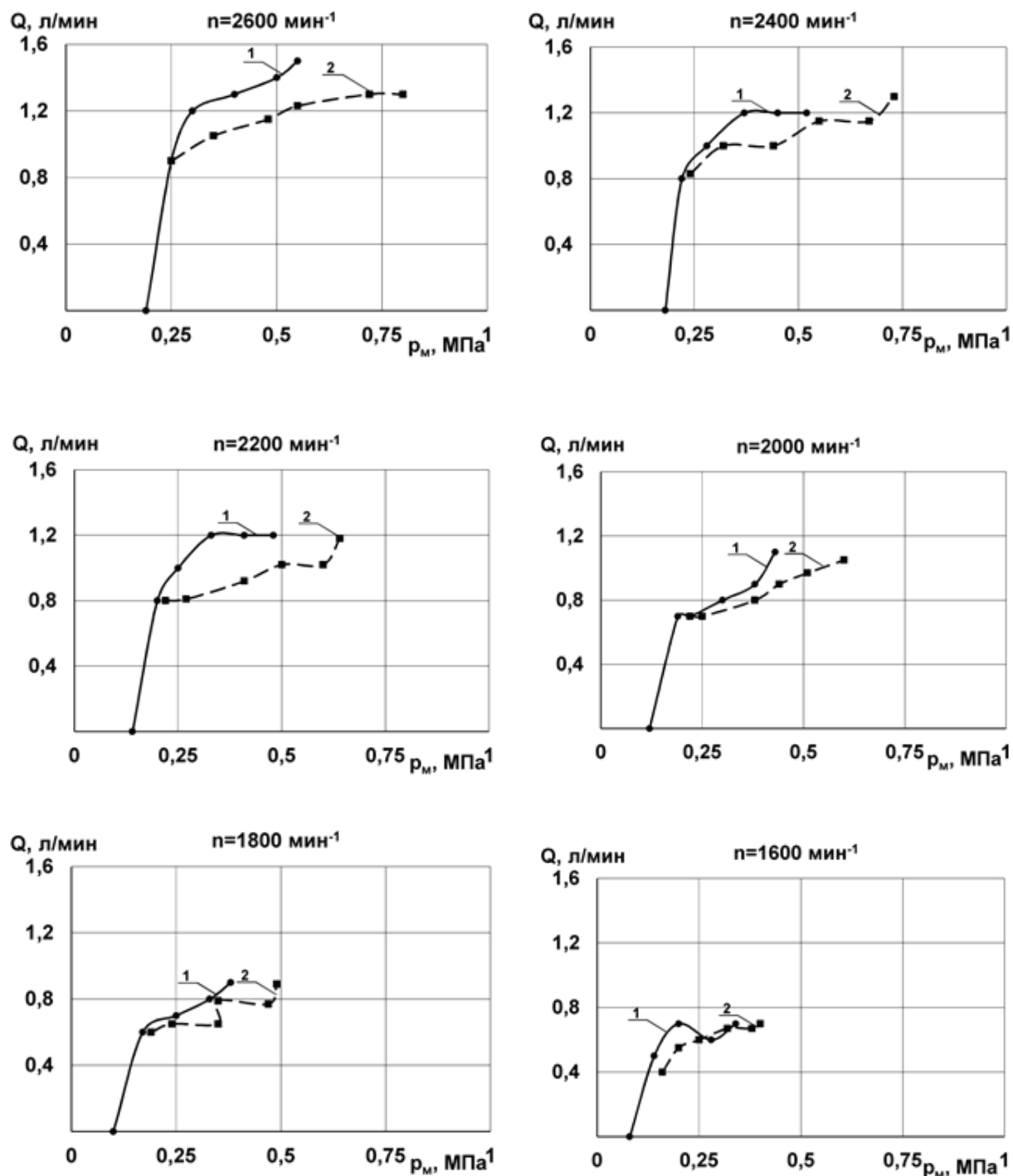


Рисунок 6. Зависимости фактического располагаемого (кривая 1) и потребного (кривая 2) расхода масла через 1-ю шатунную шейку на два подшипника с номинальным зазором от давления в смазочной системе и частоты вращения коленчатого вала

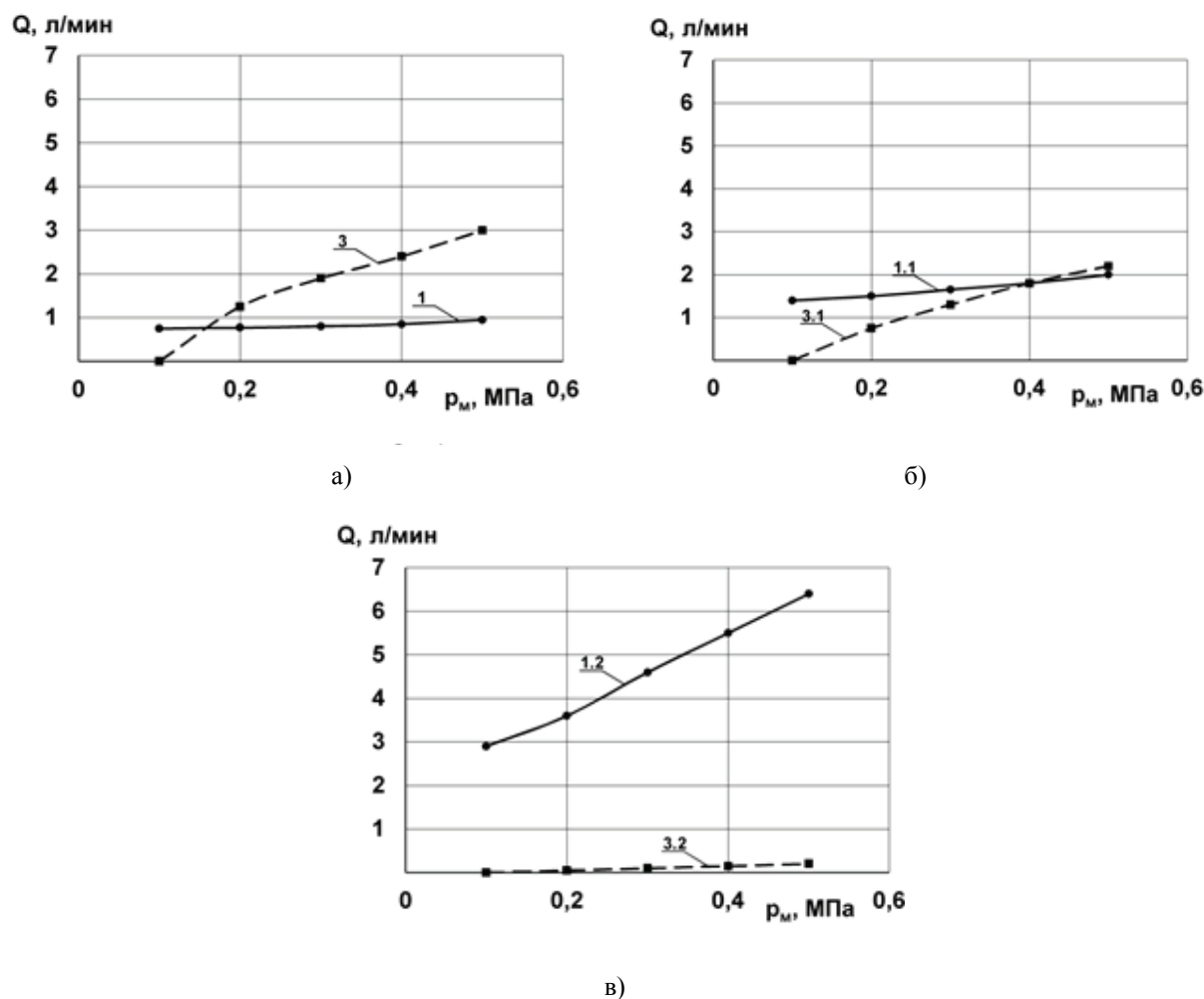


Рисунок 7. Соотношение потребного (кривые 1, 1.1, 1.2) и располагаемого расходов масла (кривые 3, 3.1, 3.2) для 1-й шатунной шейки на номинальном режиме работы: а) с номинальными зазорами $S_{ш.п} = 0,12$ мм, $S_{к.п} = 0,14$ мм; б) со средними эксплуатационными зазорами $S_{ш.п} = 0,18$ мм, $S_{к.п} = 0,19$ мм; в) с предельными зазорами $S_{ш.п} = 0,39$ мм, $S_{к.п} = 0,42$ мм

Располагаемая подача масла для 1-й шатунной шейки от коренного подшипника на смазку шатунных уменьшается с 3 л/мин (кривая 3) при номинальных зазорах до 0,2 л/мин (кривая 3.2 рисунок 7 в) при предельных зазорах из-за больших утечек в зазор коренного подшипника. Очевидно, что при изнашивании разбалансировка происходит еще раньше по величине давления в смазочной системе при давлениях 0,35–0,40 МПа (см. рисунок 7 б). С этого момента и начинается режим пульсации масла на подводе к шатунным подшипникам.

Заключение

В статье описаны факторы и механизм проворачивания шатунных вкладышей автомобильного двигателя. По результатам натурных наблюдений и стендовых испытаний установлено, что при эксплуатации двигателя имеет место формоизменение вкладышей как следствие несоответствия реальных режимов функционирования шатунных подшипни-

ков проектным режимам гидродинамической смазки. Определены критическое и необходимое давление масла для надежного смазывания шатунных подшипников в эксплуатации; выявлены режимы работы автомобильного двигателя КамАЗ-740, на которых может наступить масляное голодание его шатунных подшипников, а также режимы устойчивой работы всей смазочной системы.

Научная новизна результатов обусловлена тем, что получены новые знания о закономерностях кинетики подвода масла к шатунным подшипникам автомобильного двигателя в эксплуатации, отличающиеся учетом взаимного влияния саморегулируемого процесса изменения геометрии шатунного вкладыша и механизма пульсаций потока масла в маслоподводящих каналах, позволяющие определять безопасные параметры функционирования смазочной системы.

Результаты настоящего исследования последовательно реализуются в мероприятиях по повыше-

нию надежности шатунных подшипников двигателей КамАЗ путем увеличения производительности масляного насоса и номинального давления в системе смазки [12], оптимизации проходных сечений каналов и их расположения.

В дальнейшем представляет интерес теоретическое обоснование и математическое описание процесса подачи масла к шатунным подшипникам в режиме повторяющихся пульсаций и слива от них, а также оценки живучести шатунных подшипников.

Литература

1. Антропов Б. С., Слабов Е. П., Крайнов А. А., Шкорин С. Г. Обеспечение работоспособности подшипников коленчатого вала автомобильных дизелей // *Двигателестроение*. – 2004. – № 3. – С. 29–32.
2. Барун В. Н., Григорьев М. А. и др. Причины и устранение случаев задира и проворачивания вкладышей подшипников коленчатого вала автомобильного дизеля КамАЗ // *Двигателестроение*. – 1983. – № 4. – С. 3–5.
3. Барыльникова Е. П., Ковриков И. Т., Коваленко С. Ю. Повышение ресурса автомобильных двигателей стабилизацией режима смазывания шатунных подшипников в эксплуатации // *Вестник Оренбургского государственного университета*. – 2014. – № 10 (171). – С. 15–22.
4. Буравцев С. К., Буравцев Б. К. Повышение надежности шатунных подшипников коленчатых валов двигателей // *Двигателестроение*. – 1983. – № 3. – С. 3–7.
5. Быков В. Г., Салтыков М. А., Горбунов М. Н. Причины необратимых формоизменений тонкостенных вкладышей и пути повышения подшипников высоконагруженных дизелей // *Двигателестроение*. – 1980. – № 6. – С. 34–37.
6. Денисов А. С. Основы формирования эксплуатационно-ремонтного цикла автомобилей. – Саратов: СГТУ, 1999. – 352 с.
7. Кулаков А. Т., Денисов А. С. Анализ причин эксплуатационных разрушений шатунных вкладышей двигателей КамАЗ-740 // *Двигателестроение*. – 1981. – № 9. – С. 37–40.
8. Никишин В. Н., Белоконов К. Г., Сибириков С. В. Некоторые аспекты обеспечения надежности подшипников коленчатого вала // *Известия Московского государственного технического университета МАМИ*. – Т. 2. – 2012. – № 2(14). – С. 177–184.
9. Никишин В. Н., Светличный Н. И., Загородских Б. П. Стабилизация геометрических параметров шатунных вкладышей двигателя КамАЗ-740 в эксплуатации // *Восстановление и упрочнение деталей машин: Межвуз. науч. сб. Саратов. госуд. техн. ун-т*. – 2000. – С. 58–65.
10. Смирнов В. Г., Лучинин Б. Н. Повышение долговечности деталей автомобильных двигателей за счет совершенствования конструкции систем смазки. – М.: НИИНавтопром. – 1980. – 59 с.
11. Holmberg K., Andersson P., Nylund N.-O., Mäkelä K., Erdemir A. Global energy consumption due to friction in trucks and buses // *Tribology International*. – 2014. – V. 78. – P. 94–114.
12. Kulakov A. T., Barylnikova E. P., Kulakov O. A. Adaptive system of supplying lubricant to the internal combustion engine // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2017. – V. 240 – P. 012010.
13. Priest M., Taylor C.M. Automobile engine tribology – approaching the surface // *Wear*. – 2000. – V. 241(2). – P. 193–203.
14. Stachowiak Gwidon W., Batchelor Andrew W. *Hydrodynamic Lubrication* // *Engineering Tribology: Third Edition*. – 2006. – P. 103–204.
15. Tung S.C., McMillan M.L. Automotive tribology overview of current advances and challenges for the future // *Tribology International*. – 2004. – V. 37. – № 7. – P. 517–536.

References

1. Antropov, B.S., Slabov, E.P., Krajnov, A.A., SHkorin, S.G. (2004) [Ensuring the health of the crankshaft bearings of automotive diesel engines] *Dvigatelistroenie* [Engine building]. Vol. 3, pp. 29-32. (In Russ.).
2. Barun, V.N., Grigor'ev, M.A. (1983) [Causes and elimination of seizure and cranking of the bearings of the crankshaft of a KamAZ automobile diesel engine]. *Dvigatelistroenie* [Engine building]. Vol. 4, pp. 3-5. (In Russ.).
3. Baryl'nikova, E.P., Kovrikov, I.T., Kovalenko, S.YU. (2014) [Increasing the resource of automobile engines by stabilizing the lubrication mode of connecting rod bearings in operation]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Orenburg State University]. Vol. 10 (171), pp. 15-22. (In Russ.).
4. Buravcev, S.K., Buravcev, B.K. (1983) [Improving the reliability of connecting rod bearings of engine crankshafts]. *Dvigatelistroenie* [Engine building]. Vol. 3, pp. 3-7. (In Russ.).
5. Bykov, V.G., Saltykov, M.A., Gorbunov, M.N. (1980) [Reasons for irreversible changes in thin-walled liners and ways to increase bearings of highly loaded diesel engines]. *Dvigatelistroenie* [Engine building]. Vol. 6, pp. 34-37. (In Russ.).

6. Denisov, A.S. (1999) *Osnovy formirovaniya ekspluatatsionno–remontnogo tsikla avtomobiley* [Fundamentals of the formation of the maintenance cycle of cars]. Saratov: Publishing House of the Saratov State Technical University, 352 p.
7. Kulakov, A.T., Denisov, A.S. (1981) [Analysis of the causes of operational damage to the connecting rod bearings of KamAZ–740 engines]. *Dvigatelistroenie* [Engine building]. Vol. 9, pp. 37-40. (In Russ.).
8. Nikishin, V.N., Belokon', K.G., Sibiryakov, S.V. (2012) [Some aspects of ensuring the reliability of crankshaft bearings]. *Izvestiya Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta MAMI* [News of Moscow State Technical University MAMI]. Vol. 2, No. 2(14), pp. 177-184. (In Russ.).
9. Nikishin, V.N., Svetlichnyj, N.I., Zagorodskih, B.P. (2000) [Stabilization of the geometric parameters of the connecting rod bearings of the KamAZ–740 engine in operation]. *Trudy SGTU «Vosstanovlenie i uprochnenie detalej mashin»* [Proceedings of the SGTU «Recovery and hardening of machine parts»], pp. 58-65. (In Russ.).
10. Smirnov, V.G., Luchinin, B.N. (1980) *Povyshenie dolgovechnosti detalej avtomobil'nyh dvigatelej za schet sovershenstvovaniya konstrukcii sistem smazki* [Improving the durability of automotive engine parts by improving the design of lubrication systems]. Moscow: NIIN autoprom, 59 pp.
11. Holmberg, K., Andersson, P., Nylund, N.O., Mäkelä, K., Erdemir, A. (2014) Global energy consumption due to friction in trucks and buses. *Tribology International*. Vol. 78, pp. 94-114. (In Engl.).
12. Kulakov, A.T., Barylnikova, E.P., Kulakov, O.A. (2017) Adaptive system of supplying lubricant to the internal combustion engine. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 240. pp. 012010. Available at: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/240/1/012010>.
13. Priest, M., Taylor, C.M. (2000) Automobile engine tribology – approaching the surface. *Wear*. Vol. 241(2), pp. 193–203. (In Engl.).
14. Stachowiak, Gwidon W., Batchelor, Andrew W. (2006) Hydrodynamic Lubrication. *Engineering Tribology: Third Edition*, pp. 103-204. (In Engl.).
15. Tung, S.C., McMillan, M.L. (2004) Automotive tribology overview of current advances and challenges for the future. *Tribology International*. Vol. 37. No 7, pp. 517-536. (In Engl.).

Информация об авторах:

Александр Тихонович Кулаков, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой эксплуатации автомобильного транспорта, Набережночелнинский институт Казанского (Приволжского) федерального университета, Набережные Челны, Россия

ORCID ID: 0000–0002–6443–0136, **Researcher ID:** O–2303–2015, **Scopus Author ID:** 56803480100

e-mail: alttrak09@mail.ru

Елена Петровна Барыльникова, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта, Набережночелнинский институт Казанского (Приволжского) федерального университета, Набережные Челны, Россия

ORCID ID: 000–0002–1457–1598, **Researcher ID:** M–4914–2015, **Scopus Author ID:** 6454440300

e-mail: 692401@mail.ru

Руслан Флюрович Калимуллин, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры автомобильного транспорта, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

ORCID ID: 0000–0003–4016–2381, **Researcher ID:** E–9031–2015, **Scopus Author ID:** 6602711766

e-mail: rkalimullin@mail.ru

Статья поступила в редакцию 14.10.2019; принята в печать 29.11.2019.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Alexander Tikhonovich Kulakov, Doctor of Technical Sciences, Professor, head of the Department of road transport operation, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University, Naberezhnye Chelny, Russia

ORCID ID: 0000–0002–6443–0136, **Researcher ID:** O–2303–2015, **Scopus Author ID:** 56803480100

e-mail: alttrak09@mail.ru

Elena Petrovna Baryshnikova, Candidate of Technical Sciences, associate Professor of the Department of road transport exploitation, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University, Naberezhnye Chelny, Russia

ORCID ID: 000–0002–1457–1598, **Researcher ID:** M–4914–2015, **Scopus Author ID:** 6454440300

e-mail: 692401@mail.ru

Ruslan Flyurovich Kalimullin, Doctor of Technical Sciences, associate Professor, Professor, Department of automobile transport, Orenburg state University, Orenburg, Russia

ORCID ID: 0000–0003–4016–2381, **Researcher ID:** E–9031–2015, **Scopus Author ID:** 6602711766
e–mail: rkalimullin@mail.ru

The paper was submitted: 14.10.2019.

Accepted for publication: 29.11.2019.

The authors have read and approved the final manuscript.

К ВОПРОСУ О ВАЖНОСТИ ЭНТРОПИЙНОГО АНАЛИЗА В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ФЕДЕРАЛЬНОМ УРОВНЕ

А.И. Петров

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

e-mail: ArtIgPetrov@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема малой информативности ныне используемой в России системы анализа специфики процесса формирования дорожно-транспортной аварийности. К сожалению, набор оценочных показателей безопасности дорожного движения (БДД), используемый ныне в нашей стране, позволяет решать крайне ограниченный набор задач, в основном сравнивая фактические характеристики аварийности с аналогами предыдущих временных периодов. Качественные особенности процесса формирования БДД при этом остаются нераскрытыми. Этот серьезный недостаток ныне используемого аналитического подхода можно исправить в случае использования для целей анализа качественного состояния систем обеспечения БДД энтропийных характеристик – абсолютной H и относительной H_n энтропии и энтропийного коэффициента подобия K_h . Энтропийный анализ позволяет решать одну из самых главных задач управления системными процессами – оценивать качество этого управления. Данная задача представляется автору чрезвычайно важной по целому ряду причин. Важнейшей из них является причина чрезвычайного разнообразия региональных транспортных систем, являющихся в свою очередь производными от множества историко-географических, социально-экономических, и национально-демографических факторов. Управлять региональными системами обеспечения БДД в России используя однотипные подходы, пожалуй, недальновидно и в конечном итоге неэффективно.

Целью исследования, результаты которого представлены в статье, является разработка совокупности теоретических положений, позволяющих адекватно интерпретировать и моделировать процессы формирования организованности, как идентификатора качества управления, систем обеспечения БДД. Основой оценки организованности систем обеспечения БДД является оценка энтропийных характеристик систем обеспечения БДД. В статье представлена методика и результаты оценки энтропийных характеристик процесса формирования БДД в России. Отдельного внимания заслуживает идея выявления проблемных на фоне других регионов страны систем обеспечения БДД, основанная на сравнении значений относительной энтропии H_n , рассчитанных по четырех- и трехзвенной методикам. Также в статье рассматриваются пути практического использования энтропийного анализа в решении задач повышения БДД на федеральном уровне.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, дорожно-транспортная аварийность, управление, федеральный уровень, качество управления, энтропия, энтропийный анализ.

Для цитирования: Петров А. И. К вопросу о важности энтропийного анализа в оценке качества управления безопасностью дорожного движения на федеральном уровне // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 8. – С. 116-126. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-116.

ON THE IMPORTANCE OF ENTROPY ANALYSIS IN ASSESSING THE QUALITY OF ROAD SAFETY MANAGEMENT AT THE FEDERAL LEVEL

A.I. Petrov

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

e-mail: ArtIgPetrov@yandex.ru

Abstract. The article considers the issue of bad informativeness of used system of analysis of road accident rate formation specifics. Unfortunately, the set of evaluative indicators of road safety allows to solve extremely limited set of problems. In general, they compare actual road accident rate characteristics with equivalent ones in previous time periods. Meanwhile the qualitative properties of road safety formation process stay undiscovered. The disadvantage of this analytical approach can be resolved by using entropic characteristics. They include absolute entropy H , relative entropy H_n and entropic coefficient of similarity K_h . Entropic analysis allows to solve

one of the most important problem of system process management – how to assess the quality of management. In the context of Russia this problem is significant because of the diversity of regional transport systems in Russian Federation. This diversity is the result of historical-geographical, social-economical and national-demographical factors. Usage of uniform management approach for road safety provision systems of different regions is inefficient and not forward-looking.

The aim of the research is the development of theoretical theses which allow to adequately interpret and model orderliness formation process in order to identify the quality of road safety provision systems management. The basis of assessment of orderliness of road safety provision systems is evaluation of entropic characteristics of road safety provision systems. The article presents method of assessment of entropic characteristics of road safety formation process in Russia and the results of its application. Special attention should be given to the idea of detection of problematic road safety provision systems against the background of other regions based on the comparison of relative entropy values H_n , calculated by for- and three-linked methods. Moreover, the article considers possible ways of practical usage of entropic analysis in order to increase the level of road safety.

Keywords: road safety, traffic accidents, management, Federal level, quality of management, entropy, entropy analysis.

Cite as: Petrov, A.I. (2019) [On the importance of entropy analysis in assessing the quality of road safety management at the federal level]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 8, pp. 116-126. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-116.

Проблема отсутствия инструментария качественного анализа процессов формирования дорожно-транспортной аварийности

Особенностью больших систем, к классу которых относится транспортная система Российской Федерации, является высокий уровень их сложности [10, 13]. Такие системы характеризуются большим числом системных элементов и гигантским количеством межэлементных связей. Это, в свою очередь, формирует высокий уровень хаотичности состояния транспортной системы и слабую predisposedность внешнему управлению [5, 6, 9, 10].

Попытки федеральной власти выстроить вертикальные структуры контроля за транспортными процессами, в том числе за безопасностью дорожного движения (БДД), далеко не всегда успешны. Об этом свидетельствует множество примеров, красноречивейшим из которых является статистика дорожно-транспортной аварийности в Российской Федерации в региональном разрезе. В течение последних пяти лет (2014...2018 гг.) годовое число погибших в ДТП снизилось в России с 26963 до 18214 чел./год или на 32 %¹. Однако этот успех достигнут в основном за счет достижений в крайне ограниченном числе субъектов федерации [11]. Более того, контроль за процессами формирования БДД осуществляется путем учета весьма ограниченного набора показателей – абсолютных (число ДТП, число пострадавших и погибших) и относительных (аналогов Социального и Транспортного рисков и коэффициента тяжести ДТП) [7, 11]. Позволяет ли этот набор характе-

ристик корректно оценивать глубинный смысл процессов формирования дорожно-транспортной аварийности в стране? Пожалуй, нет. По сути, можно констатировать отсутствие у федеральной власти инструментария анализа особенностей региональных процессов формирования дорожно-транспортной аварийности.

Между тем, качество системного управления вполне можно оценивать посредством энтропийных характеристик, к числу которых относятся абсолютная и относительная энтропия и энтропийный коэффициент [16, 22, 23]. Эти характеристики позволяют судить о степени хаотичности функциональных процессов и в достаточной мере свидетельствуют именно о подчиненности управляемой системы внешнему управлению.

Известно, что информационная энтропия – мера неопределенности какого-либо конкретного состояния системы, т.е. хаоса, как информационной характеристики состояния этой системы [4, 9, 19, 20]. В случае, если транспортный процесс, как выражение физического воплощения процесса функционирования транспортной системы, обладает признаками полной предопределенности как в пространстве, так и во времени, то энтропия этой системы стремится к минимальным значениям, а в идеале – к нулю. В такой идеальной системе будет нулевой уровень аварийности просто потому, что будут отсутствовать конфликтные ситуации. Возможно ли это? Теоретически да, если все субъекты управления, т.е. водители, строго следуют требованиям Правил дорожного движения (ПДД), а сами ПДД предусматривают гибкую подстройку под постоянно изменяющуюся

¹ Госавтоинспекция МВД России. Официальный интернет-сайт. Показатели состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gibdd.ru/stat/> (дата обращения: 12.08.2019).

ся внешней средой. Именно этим путем сегодня идут в передовых с технических и социальных позиций странах (Сингапур, Япония, скандинавские страны, Великобритания) и именно поэтому в этих странах сегодня достигнуты самые высокие уровни БДД (уровень Социального риска порядка 2...3 погибших в ДТП/100 тыс. чел) [2]. В Российской Федерации в 2018 г. Социальный риск составил 12,4 погибших в ДТП/100 тыс. чел.² Это значение в 6 раз выше, чем в лидирующих странах, при том, что Стратегия по БДД в РФ³ ставит задачу снизить этот показатель к 2024 г. более чем в три раза до уровня 4 погибших в ДТП/100 тыс. чел. Здравый смысл подсказывает, что вряд ли это возможно. И основной причиной этого сомнения является отсутствие технологий качественного анализа процессов формирования дорожно-транспортной аварийности в регионах страны.

Понятие информационной энтропии в сфере БДД

Суть информационной энтропии можно наглядно представить в виде потери информации в процессе ее передачи по некоему причинно-следственному тракту [12, 19, 20]. Структура этого тракта может быть самой разнообразной, как по числу элементов, так и по их физическому воплощению. Если эти информационные потери большие, то энтропия высока и наоборот. Так, если все участники дорожного движения будут беспрекословно выполнять требования ПДД, то потери информации, регламентирующей процессы БДД, будут стремиться к нулю, так же как энтропия H . Проблема в том, что участники дорожного движения в большинстве своем не стремятся к этому (по разным причинам; этот вопрос требует отдельного обсуждения) и способствуют

росту уровня хаоса и системной неопределенности, что формирует конфликтные дорожные ситуации, зачастую перерастающие в аварийные. Другой пример – количественное соотношение величин, характеризующих качественное состояние транспортной системы, таких как, например, уровень автомобилизации населения, характеристики использования транспортных средств и т.д. Все эти процессы крайне сложно регламентировать [8] и сочетание различных характеристик транспортной системы [14] может быть настолько разнообразным, что уровень ее информационной энтропии может изменяться в самых широких диапазонах [4, 19, 20]. Важно отметить и то, что во многом информационная энтропия в сфере БДД определяется уровнем ресурсообеспеченности транспортной системы [7]. Так, уровень автомобилизации и доля погибших в числе пострадавших в ДТП характеризуют ресурсообеспеченность населения [1, 2], а соотношение числа ДТП к числу зарегистрированных автомобилей – ресурсообеспеченность системы обеспечения и регулирования дорожного движения [2, 7].

Методика оценки энтропийных характеристик процесса формирования БДД

Ранее методика количественной оценки энтропии систем обеспечения БДД детально рассматривалась в работах [16, 21–23], в связи с чем укажем лишь принципиальные моменты этой методики.

С энтропийных позиций процесс формирования дорожно-транспортной аварийности (рисунок 1 и 2) можно представить как последовательный переход информации по n -звенному тракту с коэффициентами информационной передачи K_i .

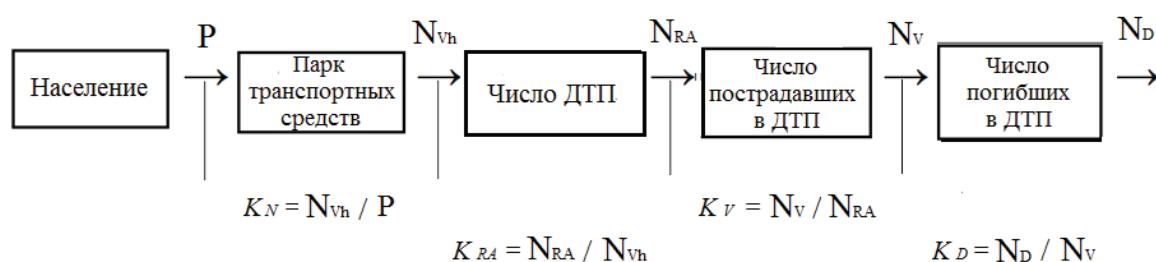


Рисунок 1. Объектно-смысловая цепочка передачи количественной информации в процессе формирования дорожно-транспортной аварийности (Четырехзвенная система (Н-4)) [16, 21-23]

² Госавтоинспекция МВД России. Официальный интернет-сайт. Показатели состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gibdd.ru/stat/> (дата обращения: 12.08.2019).

³ Распоряжение Правительства РФ от 8 января 2018 г. № 1-р «Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018–2024 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.static.government.ru/media/files/g6BXGgDI4fCEiD4xDdJUwIxdPATBC12.pdf> (дата обращения: 5.10.2019).

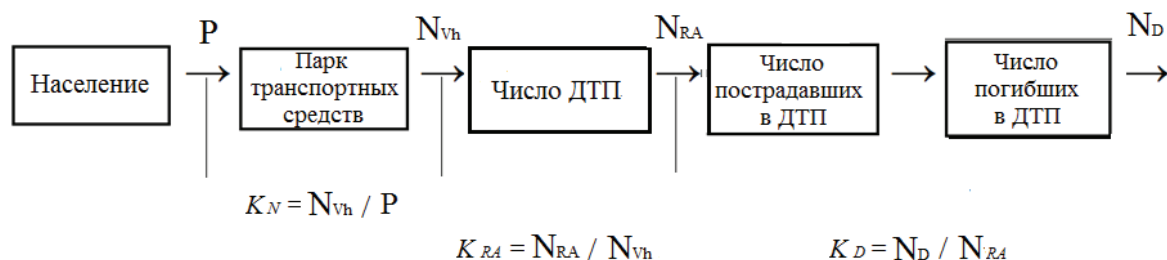


Рисунок 2. Объектно-смысловая цепочка передачи количественной информации в процессе формирования дорожно-транспортной аварийности (Трехзвенная система (H-3))

Под коэффициентом информационной передачи i -звена понимается отношение его выхода (A_{out}) ко входу (A_{in}):

$$K_i = A_{out} / A_{in} . \quad (1)$$

На следующем этапе оценки энтропии необходимо количественно определить так называемый позитив или положительный вклад Q относительно веса соответствующего звена исследуемого трансформационного процесса в объектно-смысловой цепочке передачи информации «Население – <...> – Число погибших в ДТП».

Физический смысл положительного вклада Q различных элементов цепочки «Население – <...> – Число погибших в ДТП» в конечный результат дорожно-транспортной аварийности является мерой объема информации или производной энтропии исследуемого процесса.

Для четырехзвенной методики определения энтропии (H-4) это можно сделать согласно (2):

$$Q = Q_N + Q_{RA} + Q_V + Q_D = \ln(1/K_N) + \ln(1/K_{RA}) + \ln(K_V) + \ln(1/K_D) \quad (2)$$

Для версии (H-3) трехзвенной методики определения энтропии это можно сделать согласно (3):

$$Q = Q_N + Q_{RA} + Q_D = \ln(1/K_N) + \ln(1/K_{RA}) + \ln(1/K_D) \quad (3)$$

На следующем этапе процедуры расчета энтропии необходимо определить особенности структуры весовых коэффициентов W_i для оценки положительного вклада Q различных элементов цепочки «Население – <...> – Число погибших в ДТП». Наличие расчетных значений W_i , а именно W_N , W_{RA} , W_V , W_D (для версии H-4) или W_N , W_{RA} , W_D (для версии H-3) позволяет оценить влияние различных блоков исследуемой цепочки на формирование конечной дорожно-транспортной аварийности.

Конечный этап исследований энтропии подразумевает расчет фактических значений трех характеристик организованности систем обеспечения БДД:

- Абсолютной энтропии (чаще ее идентифицируют просто как энтропию) H – по классической формуле К. Шеннона (4) [19]:

$$H = - \sum_{i=1}^n w_i \cdot \ln w_i \quad (4)$$

где

n – число звеньев передачи информации в системе;

w_i – вес значимости звена (весовой коэффициент) в общем механизме системно-технологического процесса ($\sum_{i=1}^n w_i \cdot \ln w_i$).

- Относительной энтропии H_n – по формуле (5) [21, 22]:

$$H_n = H / H_{\max} = H / \ln(n) \quad (5)$$

где

n – число звеньев передачи информации в системе;

$n = 4$ – в случае четырехзвенной методики расчета энтропии (H-4);

$n = 3$ – в случаях трехзвенной методики расчета энтропии (H-3).

- Энтропийного коэффициента подобия K_h – по формуле (6) [21, 22]:

$$K_h = \exp H / \exp (\ln(n)) \quad (6)$$

где

n – число звеньев передачи информации в системе;

$n = 4$ – в случае четырехзвенной методики расчета энтропии (H-4);

$n = 3$ – в случаях трехзвенной методики расчета энтропии (H-3).

Полученные численные значения энтропийных характеристик могут быть использованы для оценки степени организованности систем обеспечения БДД различных размерностей (в том числе в региональном разрезе).

Достоинства и недостатки четырех- и трехзвенной методик определения информационной энтропии региональных систем обеспечения БДД

Один из самых принципиальных вопросов, которые могут возникнуть в процессе исследования – какой из вариантов оценки организованности систем обеспечения БДД использовать в ходе проведения исследований – четырех – *Hn-4* или трехзвенный *Hn-3*?

Ответ на этот вопрос аргументировать довольно сложно. У каждого из вариантов есть свои преимущества. Так, для варианта *Hn-4* это более полный анализ особенностей причинно-следственной цепочки; а чем больше звеньев в цепочке, тем более адекватный результат оценки системной организованности можно получить. Для выбора варианта *Hn-3* важный аргумент – ликвидация из причинно-следственной цепочки звена «Число ДТП – Число пострадавших в ДТП», переходный коэффициент для которого практически всегда выше 1 (в ДТП не

может пострадать менее 1 человека, т.к. в автомобиле всегда находится хотя бы один человек – водитель). Для регионов России (2018 г.) характерны значения переходного коэффициента от числа ДТП к числу пострадавших в ДТП (K_V) в диапазоне от 1,09 (Чукотский АО)...2,02 чел. (Республика Ингушетия)⁴; в среднем по России – 1,386 чел.

Т.к. $\ln(x)$ при $x > 1$ принимает отрицательные значения, то необходимо избавиться от этого эффекта, для чего при расчете Q_V и используется расчет $\ln(x)$ применительно к прямой величине (K_V), в то время, как при расчете Q_N , Q_{RA} , Q_D используется расчет $\ln(x)$ применительно к обратным величинам ($1/K_N$); ($1/K_{RA}$); ($1/K_D$). Сложно судить, насколько правомерен этот подход. Наверное, это и есть важнейший аргумент в пользу трехзвенной методики определения информационной энтропии *Hn-3* перед четырехзвенной *Hn-4*.

Результаты оценки качества управления безопасностью дорожного движения в Российской Федерации

Приведем пример расчета информационной энтропии общероссийской системы обеспечения БДД. Исходные для расчета данные⁵ представлены в таблице 1.

Таблица 1. Исходные данные для расчета значений коэффициентов передачи K_i в причинно-следственном механизме формирования аварийности в России

Размерность системы обеспечения БДД (2018)	Численные значения характеристик причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности в РФ				
	Население, тыс. чел.	Парк ТС., ед.	Кол-во ДТП, ед./год	Пострадавшие в ДТП, чел./год	Погибшие в ДТП, чел./год
Российская Федерация	146828,17	60578772	168099	232907	18214

Эти данные являются исходными и играют роль блоков причинно-следственной цепочки, идентифицирующей процесс формирования дорожно-транспортной аварийности. На основании этих данных и пользуясь методикой, представленной выше, рассчитаем значения трех энтропийных характеристик организованности систем обеспечения БДД, причем сделаем это в соответствии с четырех-

(*H-4*) и трехзвенной (*H-3*) методиками определения энтропийных характеристик состояния общероссийской системы обеспечения БДД.

В таблице 2 представлены значения коэффициентов передачи K_i в четырехзвенном (*Hn-4*) причинно-следственном механизме формирования аварийности в России в 2018 г.

Таблица 2. Расчетные значения коэффициентов передачи K_i в четырехзвенном (*Hn-4*) причинно-следственном механизме формирования аварийности в России

Расчетные значения передаточных коэффициентов K_i в причинно-следственной цепочке			
K_N	K_{RA}	K_V	K_D
0,4126	0,0028	1,3855	0,0782

⁴ Госавтоинспекция МВД России. Официальный интернет-сайт. Показатели состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gibdd.ru/stat/> (дата обращения: 12.08.2019).

⁵ Госавтоинспекция МВД России. Официальный интернет-сайт. Показатели состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gibdd.ru/stat/> (дата обращения: 12.08.2019).

В таблице 3 представлены результаты расчета позитива Q_i звеньев информационной передачи в четырехзвенной ($Hn-4$) причинно-следственной цепочке формирования БДД и их относительного веса.

Таблица 3. Результаты расчета позитива Q_i звеньев информационной передачи в причинно-следственной цепочке формирования БДД и их относительного веса ($Hn-4$).

Численные значения позитива Q_i звеньев информационной передачи и их веса			
$Q(K_N)$	$Q(K_{RA})$	$Q(K_V)$	$Q(K_D)$
0,8853	5,8871	0,3261	2,5484
$\Sigma Q_i = 9,6470$			
Доля / Вес $Q(K_N)$	Доля / Вес $Q(K_{RA})$	Доля / Вес $Q(K_V)$	Доля / Вес $Q(K_D)$
0,0918	0,6103	0,0338	0,2642

В таблице 4 представлены промежуточные этапы и итоговый результат расчета энтропии H четырехзвенного процесса формирования региональной дорожно-транспортной аварийности для системы обеспечения БДД в России в 2018 г.

Таблица 4. Результаты расчета энтропии H процесса формирования дорожно-транспортной аварийности в России в 2018 г. ($Hn-4$)

Численные значения $\ln$ веса позитива $\ln(\omega_N)$ звеньев информационной передачи			
$\ln(\omega_N)$	$\ln(\omega_{RA})$	$\ln(\omega_V)$	$\ln(\omega_D)$
-2,3885	-0,4939	-3,3872	-1,3312
Численные значения произведений $(\omega) \cdot \ln(\omega)$ звеньев информационной передачи			
$(\omega_N) \cdot \ln(\omega_N)$	$(\omega_{RA}) \cdot \ln(\omega_{RA})$	$(\omega_V) \cdot \ln(\omega_V)$	$(\omega_D) \cdot \ln(\omega_D)$
-0,2192	-0,3014	-0,1145	-0,3517

Согласно (4), а именно – по формуле $H_{ОБДД} = -\sum_{i=1}^n w_i \cdot \ln w_i$ – можно рассчитать значение четырехзвенной энтропии ($Hn-4$) системы обеспечения БДД в России для 2018 г.:

$$H_{ОБДД} P\Phi(2018) = -[(-0,2192) + (-0,3014) + (0,1145) + (-0,3517)] = 0,9868.$$

Для трехзвенной ($H-3$) методики определения энтропийных характеристик состояния (2018 г.) общероссийской системы обеспечения БДД расчеты будут следующими. Расчетные значения передаточных коэффициентов K_i для системы обеспечения БДД в России в 2018 г. представлены в таблице 5.

Таблица 5. Расчетные значения коэффициентов передачи K_i в трехзвенном ($Hn-3$) причинно-следственном механизме формирования аварийности в России

Расчетные значения передаточных коэффициентов K_i в причинно-следственной цепочке		
K_N	K_{RA}	K_D
0,4126	0,0028	0,1084

В таблице 6 представлены результаты расчета позитива Q_i звеньев информационной передачи в причинно-следственной цепочке формирования БДД и их относительного веса.

Таблица 6. Результаты расчета позитива Q_i звеньев информационной передачи в причинно-следственной цепочке формирования БДД и их относительного веса ($Hn-3$)

Численные значения позитива Q_i звеньев информационной передачи и их веса		
$Q(K_N)$	$Q(K_{RA})$	$Q(K_D)$
0,8853	5,8871	2,2224
$\Sigma Q_i = 8,9948$		
Доля / Вес $Q(K_N)$	Доля / Вес $Q(K_{RA})$	Доля / Вес $Q(K_D)$
0,0984	0,6545	0,2471

В таблице 7 представлены промежуточные этапы и итоговый результат расчета энтропии ($Hn-3$) процесса формирования региональной дорожно-

транспортной аварийности для системы обеспечения БДД в России в 2018 г.

Таблица 7. Результаты расчета энтропии H процесса формирования дорожно-транспортной аварийности в России в 2018 г. ($Hn-3$)

Численные значения $\ln$ веса позитива $\ln(\omega_N)$ звеньев информационной передачи		
$\ln(\omega_N)$	$\ln(\omega_{RA})$	$\ln(\omega_D)$
-2,3185	-0,4239	-1,3981
Численные значения произведений $(\omega) \cdot \ln(\omega)$ звеньев информационной передачи		
$(\omega_N) \cdot \ln(\omega_N)$	$(\omega_{RA}) \cdot \ln(\omega_{RA})$	$(\omega_D) \cdot \ln(\omega_D)$
-0,2282	-0,2774	-0,3454

Согласно (4) можно рассчитать значение трехзвенной энтропии ($Hn-3$) системы обеспечения БДД в России для 2018 г.:

$$H_{\text{ОБДД}} \text{ РФ (2018)} = -[(-0,2282) + (-0,2774) + (0,3454)] = 0,8510.$$

В таблице 8 приведены сводные данные всех трех энтропийных характеристик для системы обеспечения БДД в России в 2018 г.

Таблица 8. Сводная таблица значений (для данных 2018 г.) энтропийных характеристик процесса формирования дорожно-транспортной аварийности в России

Размерность системы ОБДД РФ (2018)	Энтропия четырехзвенного процесса ОБДД			Энтропия трехзвенного процесса ОБДД		
	H	H_n	K_h	H	H_n	K_h
Российская Федерация	0,987	0,712	0,671	0,851	0,775	0,781

Согласно вышеприведенному примеру были проведены аналогичные расчеты энтропийных характеристик для систем обеспечения БДД для Федеральных округов РФ и субъектов Федерации.

Качественные выводы о специфике дорожно-транспортной аварийности в регионах Российской Федерации и временная динамика региональной специфики дорожно-транспортной аварийности Российской Федерации

С целью понимания того, насколько связаны между собой значения относительной энтропии систем обеспечения БДД регионов, определенные с учетом двух разных методик ($Hn-4$) и ($Hn-3$), были проведены исследования статистической связи между значениями ($Hn-4$) и ($Hn-3$), соответствующими системам обеспечения БДД конкретных регионов. Для понимания того, менялась ли качественно эта связь в течение последних 15 лет, были построены две зависимости ($Hn-3$) = $f(Hn-4)$ – для данных 2004 и 2018 гг.

Соответствующие зависимости приведены на рисунке 3 и рисунке 4.

Идентификация статистической связи между расчетными значениями относительной энтропии региональных систем обеспечения БДД и $Hn-4$ и $Hn-3$ в 2004 и 2018 гг. показала следующее.

Во-первых, для модели ($Hn-3$) = $f(Hn-4)$ статистическая связь между переменными может быть признана приемлемой. Значение R^2 для модели ($Hn-3$) = $f(Hn-4)$ могло бы быть значительно выше (до $R^2 = 0,8$), если бы из анализа были исключены буквально 6 региональных значений Hn из 85 ($\approx 7\%$ значений) – так называемые «точки-выбросы». Эти точки соответствуют тем немногочисленным регионам страны, которые являются аутсайдерами по всем оценочным показателям развития территории, экономики и населения (Республика Тыва, Республика Ингушетия и т.п.).

Во-вторых, сравнение между собой моделей ($Hn-3$) = $f(Hn-4)$, соответствующих данным 2004 г. и 2018 г., показало, что параметр b линейной модели $Y = a + bX$ за прошедшие 15 лет увеличил-

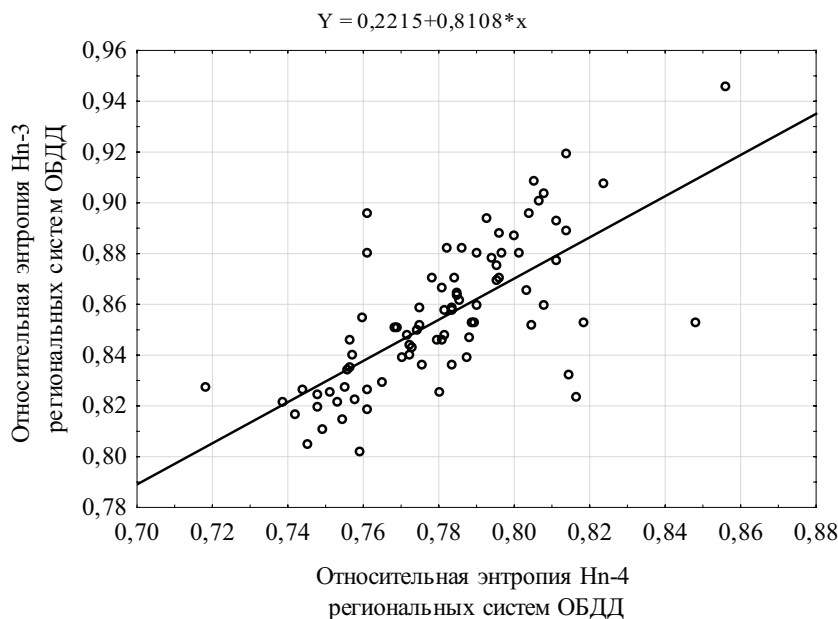


Рисунок 3. Регрессионная модель $(Hn-3) = f(Hn-4)$ для данных 2004 г. $R^2 = 0,490$; $F = 77,83$; Std. Error: 0,071

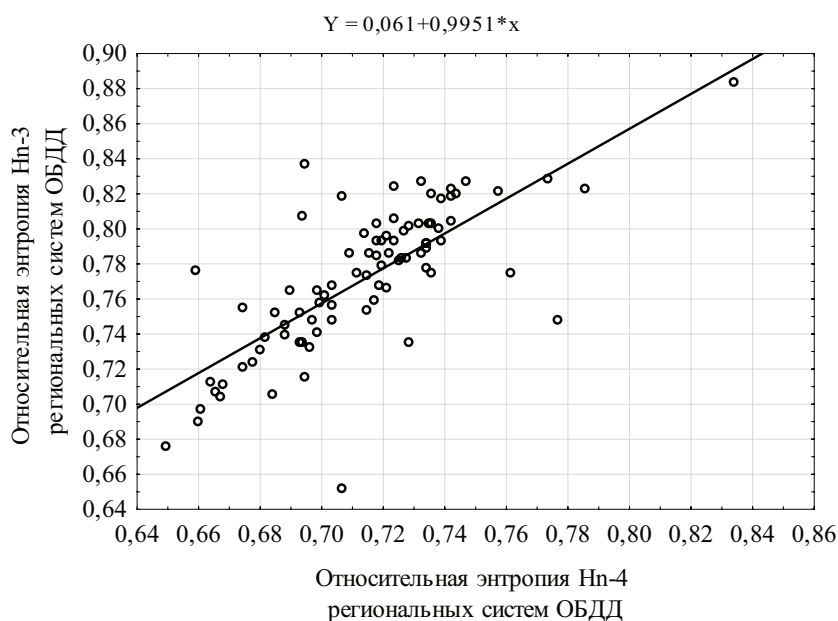


Рисунок 4. Регрессионная модель $(Hn-3) = f(Hn-4)$ для данных 2018 г. $R^2 = 0,558$; $F = 104,75$; Std. Error: 0,069.

ся со значения $b_{2004} = 0,810$ до значения $b_{2018} = 0,995$. Это позволяет сделать вывод об изменении в 2004...2015 гг. структуры весов элементов причинно-следственной цепочки. Если точнее, то это свидетельствует о снижении значимости звена «Пострадавшие в ДТП – Погибшие в ДТП» причинно-следственной цепочки формирования дорожно-

транспортной аварийности. Причин этому может быть три – совершенствование качества парка ТС в стране (растет уровень пассивной безопасности ТС, что влияет на степень тяжести исхода ДТП)⁶; повышение качества первой медицинской помощи [1]; повышение уровня транспортной культуры населения в стране [2, 3, 15].

⁶ Аналитический отчет DISCOVERY Research group «Парк легковых автомобилей (Категория В) отечественных и зарубежных марок на 1.01.2008: по маркам и моделям» ?

В-третьих, численные значения относительной энтропии Hn для одной и той же региональной системы обеспечения БДД в основной своей массе должны соотноситься как $(Hn-3) > (Hn-4)$, т.е. чем больше звеньев причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности учтено при определении системной энтропии, тем ниже ее итоговое расчетное значение Hn . В случае, если для какого-то конкретного региона РФ численное значение относительной энтропии $(Hn-3)$ трехзвенного процесса формирования БДД ниже чем аналог $(Hn-4)$ для четырехзвенного процесса, т.е. $(Hn-3) < (Hn-4)$, то это значит, что в этом регионе сформировалась аномальная ситуация именно в звене «Пострадавшие в ДТП – Погибшие в ДТП». Причиной этому может быть любая из вышеназванных причин, а может быть и их совокупность. Так, на рис. 4 к числу таких регионов относятся регионы, идентифицируемые точками с координатами $[0,707; 0,651]$ – Чеченская республика и $[0,777; 0,747]$ – Республика Ингушетия.

К сожалению, в этих субъектах РФ уже давно сложилась особенная ситуация как с обеспечением БДД вообще [17], так и со спасением пострадавших в ДТП в частности [1]. Учет и идентификация причин рассогласования локаций отдельных экспериментальных точек, идентифицирующих состояние организованности конкретных региональных систем ОБДД относительно общероссийского тренда с успехом может быть основой решения целого ряда организационно-управленческих задач в сфере обеспечения БДД на федеральном уровне.

Практическое использование результатов исследований

Представленные выше методика и результаты энтропийного анализа качества управления БДД в отдельных регионах могут быть с успехом применены на федеральном уровне. Сегодня центральный аппарат Главного управления по обеспечению БДД МВД РФ и Научный центр безопасности ГИБДД, по мнению автора, могут испытывать некоторые трудности с идентификацией «узких мест» в процессе обеспечения безопасности дорожного движения именно в регионах страны, отличающихся крайним разнообразием характеристик внешней и внутренней среды. Использование представленной выше методики оценки относительной энтропии систем обеспечения БДД позволит специалистам ГИБДД МВД

РФ четко идентифицировать те проблемные аспекты процессов формирования дорожно-транспортной аварийности, на которые необходимо обращать особое внимание в конкретных регионах страны [18]. А это позволит корректировать направленность региональных Программ по БДД и значительно повысить эффективность весьма значительных финансовых затрат государства на реализацию целей по снижению смертности и ущерба всех видов на дорогах страны.

Основные выводы

Формализуя идеи, представленные в статье, резюмируем их в форме следующих выводов.

- Для транспортно-технологических систем характерны весьма высокие уровни хаотичности и малой прогнозируемости их состояния. Управлять такими системами сложно, а уровень их системной энтропии весьма велик.
- Качество управления БДД можно идентифицировать посредством энтропийных характеристик состояния управляемой системы – абсолютной и относительной энтропией, энтропийным коэффициентом подобия.
- Информационную энтропию региональных систем обеспечения БДД можно идентифицировать как потери информации в процессе ее передачи по причинно-следственному тракту, число элементов которого может варьироваться с учетом наличия информации и целей исследования.
- Сравнение численных значений энтропийных характеристик, полученных с использованием четырех- и трехзвенной методик, позволяет выявлять «узкие места» в процессе обеспечения безопасности дорожного движения в конкретных регионах страны, а значит, способствует корректированию подходов к решению важной государственной задачи народосбережения в сфере обеспечения БДД.
- Для управления БДД на федеральном уровне важно, прежде всего, понимание иерархии регионов страны с позиции фактического состояния дорожно-транспортной аварийности и осознание тех путей решения задачи снижения дорожно-транспортной аварийности, которые могут быть максимально эффективными в конкретном регионе. Вряд ли можно корректно решить эту задачу без оценки энтропии региональных систем обеспечения БДД. Именно поэтому необходимо развивать энтропийные подходы оценки качества управления безопасностью дорожного движения на федеральном уровне.

Литература

1. Аджемоглу Д., Робинсон Д. А. Почему одни страны богатые, а другие бедные. Происхождение власти, процветания и нищеты. – М.: Изд-во АСТ, 2015. – 693 с.
2. Блинкин М. Я., Решетова, Е. М. Безопасность дорожного движения: история вопроса, международный опыт, базовые институции. – М.: Изд. дом ВШЭ, 2013. – 240 с.
3. Вандербильт Т. Трафик. Психология поведения на дорогах. – М.: Манн, Иванов и Фарбер; Эксмо, 2013. – 432 с.

4. Вильсон А. Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 248 с.
5. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. – М.: Советское радио, 1968. – 325 с.
6. Винер Н. Кибернетика и общество. – М.: Изд-во иностр. лит., 1958. – 200 с.
7. Всемирный доклад о предупреждении дорожно-транспортного травматизма [Текст] / М. Педен и др. – М.: Изд-во «Весь мир», 2004. – 280 с.
8. Вучик В. Р. Транспорт в городах, удобных для жизни. – М.: Территория будущего, 2011. – 576 с.
9. Глушков В. М. Введение в кибернетику. – Киев: Изд-во Академии наук УССР, 1964. – 324 с.
10. Гринченко С. Н. Метаэволюция (систем неживой, живой и социально-технологической природы). – М.: ИПИ РАН, 2007. – 456 с.
11. Доклад НИУ ВШЭ «Безопасность дорожного движения в России: современное состояние и неотложные меры по улучшению ситуации. 2013» – М.: НИУ ВШЭ, 2013. – 25 с.
12. Жуков Н. И. Философские основы кибернетики. – Минск: Изд-во БГУ, 1976. – 224 с.
13. Зубаревич Н. В. Стратегия 2020. Тренды и приоритеты пространственного развития // Официальный сайт экспертных групп по обновлению «Стратегии – 2020». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://strategy2020.rian.ru/news/20110404/361067164.html>. (дата обращения: 12.08.2018).
14. Зырянов В. В., Миронюк В. П., Шабанов А. В. Методы формирования региональных транспортно-логистических систем. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГСУ, 2004. – 174 с.
15. Колесов В. И. Петров А. И. Анализ транспортной культуры населения // Транспорт: наука, техника, управление. – 2015. – № 6. – С. 20-22.
16. Колесов В. И., Петров А. И. Кибернетическое моделирование в задачах управления безопасностью дорожного движения // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: материалы международной научно-практической конференции. – СПб.: СПбГАСУ. – 2016. – С. 372-378.
17. Петров А. И. Особенности формирования автотранспортной аварийности в пространстве и времени. – Тюмень: Изд-во ТюмГНГУ, 2015. – 254 с.
18. Фаттахов Т. Дорожно-транспортные происшествия и смертность в России: 1956-2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/dorozhno-transportnye-proisshestviya-i-smertnost-v-rossii-1956-2012> (дата обращения 19.10.2019).
19. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Изд-во иностр. лит., 1963. – 832 с.
20. Шилейко А. В., Шилейко Т. И. Кибернетика без математики. – М.: Энергия, 1973. – 144 с.
21. Kolesov V., Petrov A. Cybernetic Modeling in Tasks of Traffic Safety Management // Transportation Research Procedia. – 2017. – № 20. – P. 305-310.
22. Petrov A., Kolesov V. Entropic analysis of dynamics of road safety system organization in the largest Russian cities // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – Vol. 177. – 012015.
23. Petrov A., Evtuykov S., Kolesov V., Petrova D. Informational - entropic Analysis of Dynamics of Road Safety Orderliness // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 582. – 012021.

References

1. Adzhemoglu, D. Robinson, D.A. (2015) *Pochemu odni strany bogatye, a drugie bednye. Proiskhozhdenie vlasti, prosvetaniya i nishchety* [Why some countries are rich and others are poor. Origins of power, prosperity and poverty]. Moscow: Publishing house AST, 693 p.
2. Blinkin, M.Ya. (2013) *Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: istoriya voprosa, mezhdunarodnyy opyt, bazovye institucii* [Road safety: history, international experience, basic institutions]. Moscow: HSE publishing house, 240 p.
3. Vanderbil't, T. (2013) *Trafik. Psihologiya povedeniya na dorogah* [Traffic. Psychology of behavior on the roads]. Moscow: Mann, Ivanov and Farber; Eksmo, 432 p.
4. Vil'son, A.D. (1978) *Entropijnye metody modelirovaniya slozhnyh system* [Entropy methods for modeling complex systems]. Moscow: The science, 248 p.
5. Wiener, N. (1968) *Kibernetika ili upravlenie i svyaz' v zhivotnom i mashine* [Cybernetics or the Control and Communication in the Animal and the Machine]. Moscow: Soviet radio, 325 p.
6. Wiener, N. (1958) *Kibernetika i obshchestvo* [Cybernetics and society]. Moscow: Foreign literature publishing house, 200 p.
7. *Vsemirnyy доклад o preduprezhdenii dorozhno-transportnogo travmatizma* (2004) [World report on the prevention of road traffic injuries] – Moscow: The whole world» 280 p.
8. Vuchik, V.R. (2011) *Transport v gorodah, udobnyh dlya zhizni* [Transportation for Livable Cities]. Moscow: The territory of the future, 576 p.
9. Glushkov, V.M. (1964) *Vvedenie v kibernetiku* [Introduction to Cybernetics]. Kiev: Ukrainian Academy of Sciences publishing house, 324 p.

10. Grinchenko, S.N. (2007) *Metaevolyuciya (sistem nezhivoj, zhivoj i social'no-tekhnologicheskoy prirody)* [Metaevolution (systems of inanimate, living and socio-technological nature)]. Moscow: IPI RAS, 456 p.
11. *Doklad NIU VShE «Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v Rossii: sovremennoe sostoyanie i neotlozhnyye меры по улучшению ситуации. 2013»* (2013) [HSE report «Road Safety in Russia: current state and urgent measures to improve the situation. 2013»]. Moscow: HSE publishing house, 25 p.
12. Zhukov, N.I. *Filosofskie osnovy kibernetiki* (1976) [Philosophical foundations of Cybernetics]. Minsk: BSU Publishing house, 224 p.
13. Zubarevich, N.V. *Strategiya 2020. Trendy i priority prostranstvennogo razvitiya. Oficial'nyj sayt ekspertnyh grupp po obnoveniyu «Strategii – 2020»* [The 2020 strategy. Trends and priorities of spatial development]. Available at: <http://strategy2020.rian.ru/news/20110404/361067164.html>. (accessed: 12.08.2018) (In Russ.)
14. Zyryanov, V.V., Mironyuk, V.P., Shabanov, A.V. (2004) *Metody formirovaniya regional'nyh transportno-logisticheskikh sistem* [Methods of formation of regional transport and logistics systems]. Rostov-na-Donu: RGSU Publishing house, 174 p.
15. Kolesov, V.I., Petrov, A.I. (2015) [Analysis of transport culture of the population]. *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie* [Transport: science, technology, management]. Vol. 6, pp. 20-22. (In Russ.)
16. Kolesov, V.I., Petrov, A.I. (2016) [Cybernetic modeling in traffic safety management problems]. *Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v krupnykh gorodakh: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsi* [Organization and traffic safety in large cities: proceedings of an international scientific and practical conference]. Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, pp. 125-130 (in Russ.)
17. Petrov, A.I. (2015) *Osobennosti formirovaniya avtotransportnoj avariynosti v prostranstve i vremeni* [Features of formation of motor transport accident rate in space and time]. Tyumen': Publishing House of the TyumGNGU, 254 p.
18. Fattahov, T. (2012) *Dorozhno-transportnye proisshestviya i smertnost' v Rossii: 1956-2012* [Road accidents and deaths in Russia: 1956-2012]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/dorozhno-transportnye-proisshestviya-i-smertnost-v-rossii-1956-2012> (accessed 19.10.2019) (In Russ.)
19. Shennon, K. (1963) *Raboty po teorii informacii i kibernetike* [Works on information theory and Cybernetics]. Moscow: Foreign literature publishing house, 832 p.
20. Shilejko, A.V., Shilejko, T.I. (1973) *Kibernetika bez matematiki* [Cybernetics without mathematics]. Moscow: Energy, 144 p.
21. Kolesov, V., Petrov, A. (2017) Cybernetic Modeling in Tasks of Traffic Safety Management. *Transportation Research Procedia*. Vol. 20, pp. 305-310. (In Engl.)
22. Petrov, A., Kolesov, V. (2018) Entropic analysis of dynamics of road safety system organization in the largest Russian cities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 177. (In Engl.)
23. Petrov, A., Evtyukov, S., Kolesov, V., Petrova, D. (2019) Informational - entropic Analysis of Dynamics of Road Safety Orderliness. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 582. – 012021. (In Engl.)

Информация об авторе:

Артур Игоревич Петров, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия.

ORCID ID: 0000-0003-2634-0567, **Scopus Author ID:** 57191265004

e-mail: ArtIgPetrov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 18.10.2019; принята в печать 29.11.2019.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Information about the author:

Artur Igorevich Petrov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Operation of automobile transport, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia.

ORCID ID: 0000-0003-2634-0567, **Scopus Author ID:** 57191265004

e-mail: ArtIgPetrov@yandex.ru

The paper was submitted: 18.10.2019.

Accepted for publication: 29.11.2019.

The author has read and approved the final manuscript.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ СТЕПЕНИ МАССОПОГЛОЩЕНИЯ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ КЛЕЕВОЙ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ

Ю.В. Родионов¹, В.О. Нугаева²

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза, Россия

¹e-mail: dekauto@pguas.ru

²e-mail: veronika_1111@mail.ru

Аннотация. В работе раскрывается актуальность использования клеевых полимерных материалов для восстановления автомобилей и спецтехники. Созданы предпосылки для создания универсальных полиуретановых клеевых составов нового поколения для восстановления автомобилей с улучшенными адгезионными, физико-техническими и эксплуатационными свойствами, которые обладают высокой стойкостью к агрессивным средам и изготовленные из материалов отечественного производства. Преимуществом склеивания является и то, что этот способ восстановления элементов автомобиля применим для материалов различной природы.

Целесообразность работы обусловлена наличием на рынке дорогостоящих аналогов зарубежного производства для восстановления деталей автомобилей, в связи с чем стоит задача в разработке импортозамещающих составов. Цель: провести исследования степени массопоглощения клеевой композиции в агрессивных средах. Методы: экспериментальные исследования по определению влияния агрессивных сред на клеевой состав проводятся согласно ГОСТу №12020. Результаты: в результате экспериментальных исследований установлено, что из рассмотренных сред, самой агрессивной является вода. Она наиболее полярна из всех рассмотренных агрессивных сред, имеет ряд особенностей, например, малый размер молекул. Научная новизна: выявлено, что в большинстве случаев воздействия агрессивных сред на образцы клеевых материалов, наблюдалось резкое увеличение степени массопоглощения на 20 суток, а в дальнейшем процесс уравнивается. В Пензенском государственном университете архитектуры и строительства с целью снижения себестоимости восстановления деталей различных транспортно-технологических машин разработана быстроотверждающая клеевая композиция на основе полиуретанов холодного отверждения. Она может найти применение для восстановления и ремонта пластиковых элементов автомобиля, а также в машиностроении. Практическая значимость: основные положения и выводы статьи могут быть использованы при разработке технологий ремонта автомобильной техники с применением полиуретановых клеевых композиций. Экспериментальная проверка показала, что разработанные полиуретановые модифицированные клеевые составы нового поколения с улучшенными адгезионными свойствами, уменьшенным временем отверждения, имеют высокую химическую стойкость практически во всех агрессивных средах.

Ключевые слова: детали автомобиля, восстановление, клеевая композиция, степень массопоглощения, агрессивная среда.

Для цитирования: Родионов Ю. В., Нугаева В. О. Результаты исследования показателя степени массопоглощения в агрессивных средах клеевой композиции для восстановления деталей автомобиля // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 8. – С. 127-134. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-127.

RESULTS OF RESEARCH INDICATOR OF DEGREES OF MASS ABSORPTION IN AGGRESSIVE MEDIA OF GLUE COMPOSITION FOR RESTORATION OF CAR DETAILS

Y.V. Rodionov¹, V.O. Nugaeva²

Penza state university of architecture and construction, Penza, Russia

¹e-mail: dekauto@pguas.ru

²e-mail: veronika_1111@mail.ru

Abstract. The paper reveals the relevance of the use of adhesive polymer materials for the restoration of cars and machinery. Prerequisites for creation of universal polyurethane adhesive compositions of new generation for restoration of cars with the improved adhesive, physical-technical and operational properties which possess high

resistance to aggressive environments and made of materials of domestic production are created. The advantage of bonding is that this method of restoring the elements of the car is applicable to materials of different nature.

Expediency of work is caused by presence in the market of expensive analogs of foreign production for restoration of details of cars in this connection there is a task in development of import substituting structures. Purpose: to study the degree of mass absorption of the adhesive composition in aggressive media. Methods: experimental studies to determine the effect of aggressive media on the adhesive composition are carried out in accordance with GOST No. 12020. Results: as a result of experimental studies, it was found that of the considered media, the most aggressive is water. It is the most polar of all considered aggressive media, has a number of features, for example, the small size of molecules. Scientific novelty: it was revealed that in most cases of exposure to aggressive media on samples of adhesive materials, there was a sharp increase in the degree of mass absorption for 20 days, and in the future the process is balanced. The Penza state University of architecture and construction has developed a fast-curing adhesive composition based on cold-curing polyurethanes in order to reduce the cost of restoring parts of various transport and technological machines. It can find application for restoration and repair of plastic elements of the car, and also in mechanical engineering. Practical significance: the main provisions and conclusions of the article can be used in the development of technologies for repair of automotive equipment with the use of polyurethane adhesive compositions. Experimental testing showed that the developed polyurethane modified adhesive compositions of a new generation with improved adhesive properties, reduced curing time, have high chemical resistance in almost all aggressive environments.

Keywords: car parts, restoration, adhesive composition, degree of mass absorption, aggressive environment.

Cite as: Rodionov, Y.V., Nugaeva, V.O. (2019) [Results of research indicator of degrees of mass absorption in aggressive media of glue composition for restoration of car details]. *Intellekt. Innovatsi. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 8, pp. 127-134. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-127.

Введение

В современных рыночных условиях экономики операции по восстановлению транспортно-технологических машин и комплексов, а также по их техническому обслуживанию должны быть вовлечены в единую, унифицированную систему средств материально-технического оснащения. В результате возникла необходимость в совершенствовании методов восстановления деталей и агрегатов автомобилей, которые не требуют больших вложений материальных, денежных и трудовых ресурсов, и применяться могли быть применимы не только специализированными сервисами технического ремонта, ремонтными предприятиями, но и частными владельцами техники.

Техническая эксплуатация современной автомобильной техники и оборудования требует целенаправленного поиска и современных способов их восстановления. Одним из таких способов можно назвать склеивание. Длительный опыт использования клеевых полимерных материалов при восстановлении специализированной техники, в том числе и в полевых условиях, показал: склеивание – самый универсальный из методов ее восстановления. Оно по сравнению с такими традиционными методами, как сварка, пайка, механическое упрочнение и др., гораздо проще с технологической точки зрения.

Метод восстановления элементов автомобиля и спецтехники благодаря клеевому соединению является процессом достаточно экономичным, высокопроизводительным и энергоемким, потому что позволяет осуществлять ремонт без разборки восстанавливаемых узлов и агрегатов. Преимуществом склеивания является и то, что этот способ восста-

новления элементов автомобиля применим для материалов различной природы.

Создание клеевой композиции на полиуретановой основе применением материалов нового поколения, которые обеспечивают высокую работоспособность и длительный срок эксплуатации восстановленных деталей автомобилей, представляет собой актуальную задачу как с научной, так и с практической точки зрения.

Научная новизна заключается в разработке модифицированного клеевого материала нового поколения с улучшенными адгезионными свойствами, с высокой химической стойкостью практически во всех агрессивных средах для восстановления деталей автомобиля.

В Пензенском государственном университете архитектуры и строительства с целью минимизации затрат на восстановление деталей различных транспортно-технологических машин разработана быстроотверждающая клеевая композиция на основе полиуретанов холодного отверждения [9, 11, 12]. Она может найти применение для восстановления и ремонта пластиковых элементов автомобиля, а также в машиностроении [16].

Немало важную роль при выборе и дальнейшем использовании клеевого полимерного композита при условии воздействия негативных, агрессивных сред служит химическая стойкость [5, 13, 14].

В работах [8, 3, 10] раскрывается необходимость оценки эффективности и целесообразности той или иной клеевой композиции, клеевого соединения при эксплуатации восстановленного элемента автомобиля необходимо оценить воздействие атмосферных факторов, воды, агрессивных сред.

Исследование причин, приводящих к отказу склеенного элемента, нарушению его параметров, снижению прочности и других характеристик клеевого соединения позволяет создать ряд возможных путей увеличения ресурса деталей автомобилей и прогнозирования их надежности.

Теоретические исследования

Работоспособность клеевых составов в контакте с агрессивными средами различного рода определяется активностью жидкостей этих сред; химическим строением клеевого полимера; соотношением и совместимостью взаимодействующих компонентов клеевых составов; их физическим и фазовым состоянием, а также видом механической нагрузки и температурой экспозиции [7].

Процесс установления механизма воздействия агрессивных сред на клеевой состав весьма затруднителен. В общем случае он включает ряд моментов:

- адсорбция молекул внешней среды на поверхностный слой полимерных клеевых материалов;
- диффузию среды в объем материалов;
- физико-химическое взаимодействия агрессивной среды с наполнителем и матрицей полимера;
- удаление продуктов реакции взаимодействия от поверхности;
- образование из продуктов реакции взаимодействия слоя, который препятствует диффузионному и конвективному проникновению агрессивной внешней среды вглубь клеевого материала [1, 17].

Протекание перечисленных выше процессов, как правило, способствует изменению (чаще всего ухудшению) основных эксплуатационных свойств, например, механических, диффузионных, сорбционных, а также изменению массы клеевого полимера, его внешнего вида. Под воздействием химических активных сред возникает процесс деструкции, который способствует уменьшению прочности полимерного материала.

Химическая стойкость клеевых составов зависит от их структурных особенностей, а также химических. На химическую стойкость при воздействии агрессивных сред оказывают влияние различные факторы:

- природа основы клеевого состава, так как модифицированные полиуретановые полимеры относятся к гетероцепным (в их главной цепи присутствуют, кроме углерода, другие атомы), то они подвергаются деструкции под действием высоких температур и агрессивных веществ;
- наличие функциональных реакционно-способных групп, находящихся в составе клеевой композиции;
- на скорость протекания процесса диффу-

зии и набухания влияет структура основы клеевого состава, а также степень кристалличности;

- природа и количество наполнителя. Так, например, при вводе в состав инертных наполнителей, совмещающихся с полимером, стойкость к агрессивным средам увеличивается [2, 4, 13, 15].

Методы исследования

Степень массопоглощения после воздействия прототипа агрессивных сред, а именно химических реагентов находилась по методике ISO и по ГОСТ 12020-72 [6].

Методика определения заключалась в том, что клеевые составы в виде кубиков размером 1×1×1 см сначала находились в течение двух недель в обычных условиях. В дальнейшем все полученные образцы взвешивались на электронных весах с точностью до 0,001 г. Затем образцы клеевых составов полностью погружались в среды:

1. Вода.
2. Щелочь NaOH, 10%.
3. Щелочь NaOH, 20%.
4. Щелочь NaOH, 30%.

Исследования действия агрессивных сред проводилось на клеевых составах полученных образцов. Измерения производились в течение 2 месяцев, потому что набухание к этому времени значительно останавливается. Для определения количественной диффузии щелочных сред в клеевой полимерный материал были выполнены экспериментальные исследования степени массопоглощения. До проведения контрольного взвешивания образцы извлекались, протирались досуха, взвешивались с точностью до 0,001 г.

Результаты исследования

В рассмотренных агрессивных средах наблюдается набухание, но этот процесс ограничен. Изменение массы образцов клеевых составов отличаются диапазоном временной стабилизации и определенной глубиной диффузии среды.

Из проведенных исследований кинетических зависимостей необходимо отметить, что из рассмотренных сред, самой агрессивной является вода (рисунок 1). Она наиболее полярна из всех рассмотренных агрессивных сред, имеет ряд особенностей, например, малый размер молекул. В 10 процентном растворе NaOH отсутствует резкий спад степени массопоглощения (рисунок 2).

Изменение степени массопоглощения в 20% и 30% растворах NaOH представлены на рисунках 3 и 4.

Экспериментальные исследования степени массопоглощения разработанных образцов клеевых составов в кислотных средах проводилось аналогичным методом. В результате чего было выявлено, что степень массопоглощения в 10 процентном рас-

творе серной кислоты (рисунок 5) оказалась выше, чем в 20-30 процентных растворах (рисунок 6, 7). Это явление можно попытаться объяснить тем, что при уменьшении количества растворителя снижа-

ется степень диссоциации электролита, что способствует снижению скорости проникновения ионов кислоты во внутреннюю структуру образцов.

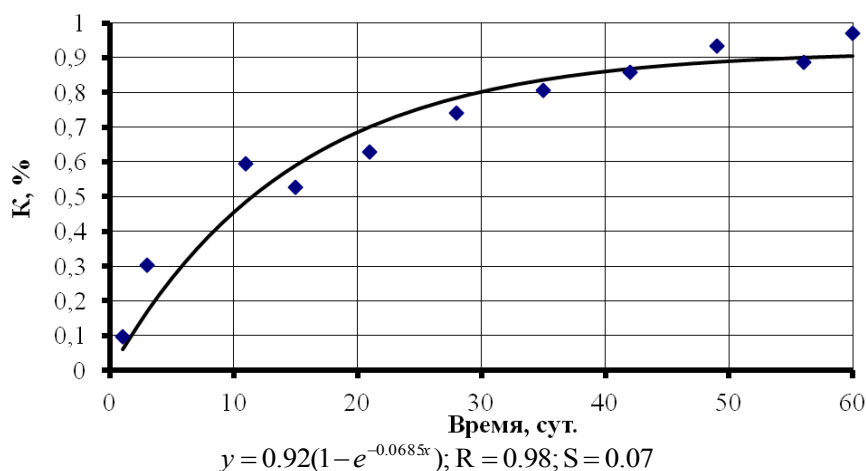


Рисунок 1. Изменение степени массопоглощения в воде

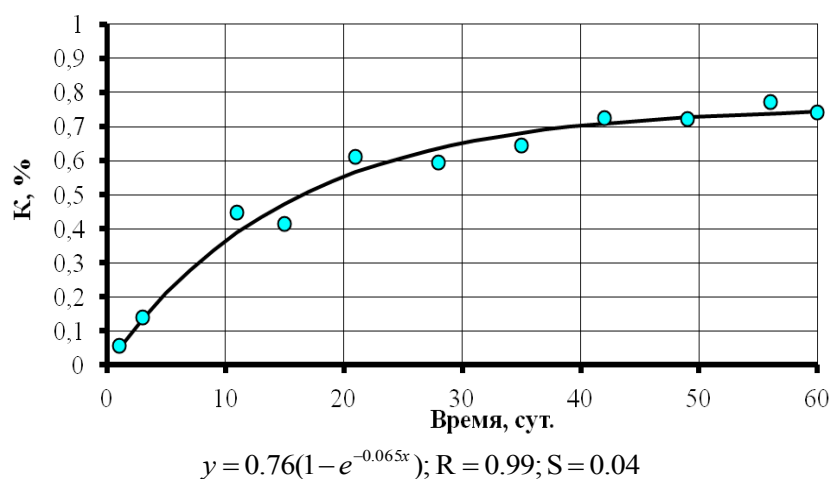


Рисунок 2. Изменение степени массопоглощения в 10% растворе NaOH

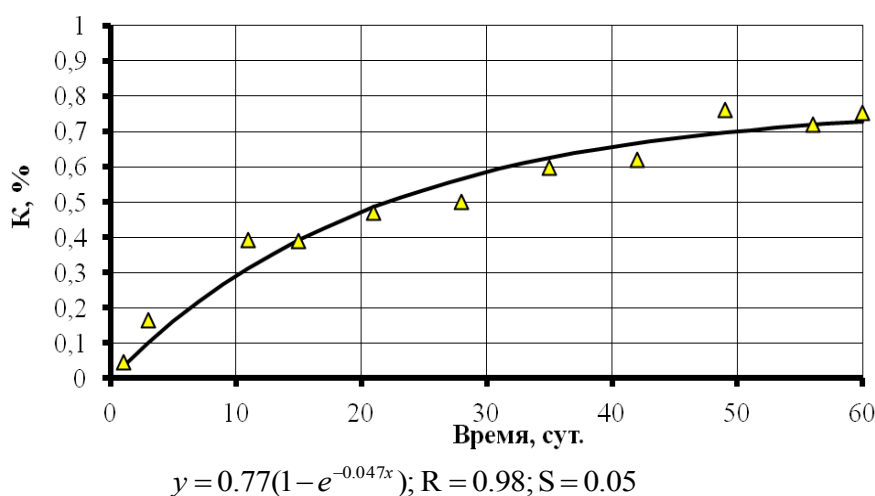
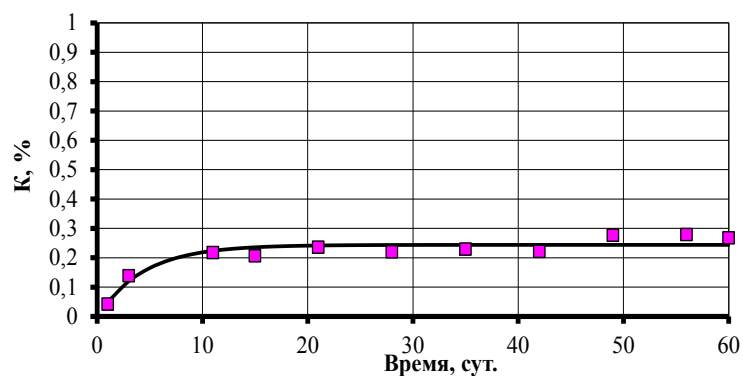
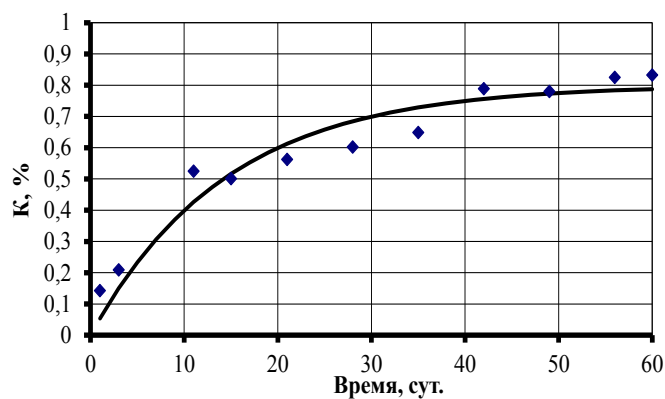


Рисунок 3. Изменение степени массопоглощения в 20% растворе NaOH



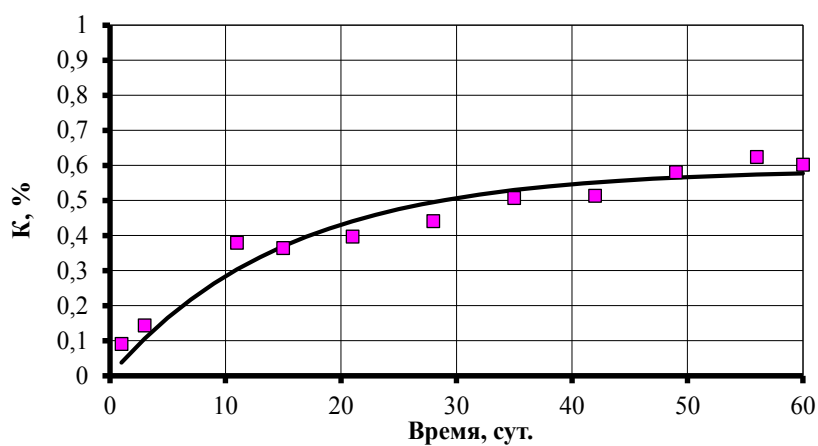
$$y = 0.244(1 - e^{-0.2258x}); R = 0.97; S = 0.02$$

Рисунок 4. Изменение степени массопоглощения в 30% растворе NaOH



$$y = 0.8(1 - e^{-0.069x}); R = 0.97; S = 0.06$$

Рисунок 5. Изменение степени массопоглощения в 10% растворе H_2SO_4

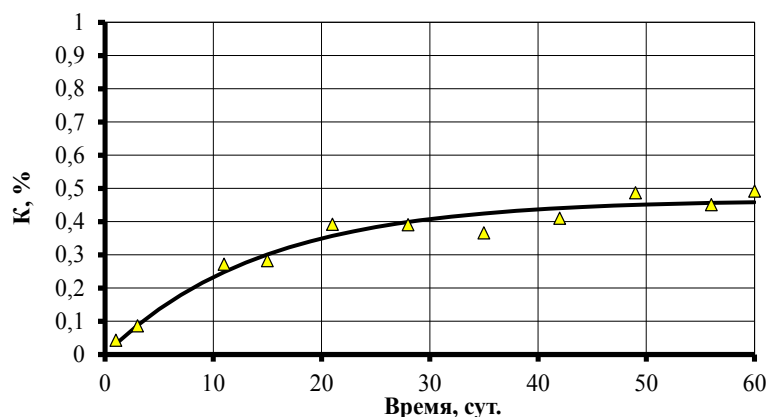


$$y = 0.588(1 - e^{-0.066x}); R = 0.98; S = 0.0045$$

Рисунок 6. Изменение степени массопоглощения в 20% растворе H_2SO_4

В результате эксперимента было выявлено, что в большинстве случаев воздействия агрессивных сред на образцы клеевых материалов, наблюдалось резкое увеличение степени массопоглощения на 15 сутки, а в дальнейшем процесс уравнива-

ется. Это является следствием того, что в процессе диффузии молекулы агрессивных сред проникают в поры поверхностного слоя, а также его дефекты, до полного заполнения образцов.



$$y = 0.466(1 - e^{-0.069x}); R = 0.98; S = 0.03$$

Рисунок 7. Изменение степени массопоглощения в 30% растворе H_2SO_4

Дальнейшим этапом является незначительное растворение, в следствие разупрочнения слабых химических связей. Этот этап переходит в плавное набухание с постоянной скоростью, до процесса стабилизации процесса увеличения массы.

Заключение

Известно, что восстановленные клеевыми составами элементы в процессе работы подвергаются воздействию воды, солей, а также других негативных факторов. Поэтому практическая значимость проведенных исследований заключается в улуч-

шении клеевых составов, позволяющих увеличить срок эксплуатации отремонтированных деталей за счет высокой стойкости к действию агрессивных сред.

Экспериментальная проверка показала, что разработанные полиуретановые модифицированные клеевые составы [9] нового поколения с улучшенными адгезионными свойствами, уменьшенным временем отверждения, имеют высокую химическую стойкость практически во всех агрессивных средах и пригодны для восстановления деталей автомобиля.

Литература

1. Аронович Д. А. Склеивание в машиностроении. Справочник в 2 томах. Т.1 / Д. А. Аронович, В. П. Варламов, В. А. Войтович и др.; Под общ.ред. Г. В. Малышевой. – М.: Наука и технология, 2005. – 544 с.
2. Башкирцев В. И. Клеи и герметики для автомобиля. / В. И. Башкирцев, Г. В. Малышева, С. Н. Гладких – М.: Астрель, 2003. – 112 с.
3. Баурова Н. И. Повышение эффективности ремонта машин за счет обоснования видов и технологических методов применения полимерных материалов: дис. ...канд. техн. наук: 05.02.08 / Н. И. Баурова. – М., 2004. – 175 с.
4. Гарькина И. А. Из опыта разработки материалов специального назначения / И. А. Гарькина, А. М. Данилов, В.О. Петренко // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 235.
5. Гончаров А. Б. Методология технического обслуживания и ремонта технологического оборудования композиционными материалами: дис. ...доктора техн. наук: 05.02.13 / А. Б. Гончаров. – М., 2012. – 459 с.
6. ГОСТ 12020-72 Пластмассы. Методы определения стойкости к действию химических сред. – М.: Издательство стандартов, 1997. – 22 с.
7. Ионова М. А. Снижение водопоглощения полиуретанового покрытия / М. А. Ионова, В. Ю. Чухланов // Современные направления теоретических и практических исследований 2012: тез.докл. междунар. науч.-практ. конф. – Одесса, 2012. – С. 85-87.
8. Кожемяченко А. В. Выбор и исследования влияния компонентов клеевой композиции на прочность

металлополимерных соединений / А. В. Кожемяченко, А. А. Тартанов, В. И. Копаева, О. С. Маслов // Экономика. Бизнес. Инновации Сборник статей II Международной научно-практической конференции. – Изво: «Наука и просвещение». – 2018. – С. 304-309.

9. Патент 2465297 Российской Федерации, МПК C09J 175/08. Полиуретановая клеевая композиция / А. Н. Бобрышев, А. В. Лакно, В. О. Петренко; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Клей-Мастер». Заявлено 12.07.2012, опубликовано 27.10.2012. Бюл. № 30.

10. Петрова А. П. Клеящие материалы. Справочник / Под ред. чл. корр. РАН, д-ра техн. наук Е. Н. Каблова, д-ра техн. наук С.В. Резниченко. – М.: ЗАО Редакция журнала «Каучук и резина», 2002. – 196 с.

11. Родионов Ю. В. Когнитивная модель синтеза клеевых композиций нового поколения / Ю. В. Родионов, В. О. Петренко // Мир транспорта и технологических машин. – 2017. – №3(58). – С. 20-26.

12. Родионов Ю. В. Алгоритм создания клеевой полиуретановой композиции / Ю. В. Родионов, В. О. Петренко // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – №1(60). – С. 3-8.

13. Чухланов В. Ю. Модификация однокомпонентного полиуретана кремнийорганическим соединением / В. Ю. Чухланов, М. А. Ионова // Известия Волгоградского государственного технического университета: межвуз. сб. науч. ст. ВолгГТУ. – Волгоград. – 2013. – №4(107). – С. 119-124.

14. Шафигуллин Л. Н. Разработка составов полимерных композитных материалов специального назначения: дис. ... кандидата техн. наук: 05.23.05 / Шафигуллин Ленар Нургалеевич. – Набережные Челны, 2008. – 196 с.

15. Шестопап А. Н. Справочник по сварке и склеиванию пластмасс / А. Н. Шестопап, Ю. С. Васильев, Э. А. Минеев и др.; Под общ. ред. А. Н. Шестопапа. – К.: Техніка, 1986. – 192 с.

16. Anoprienko A. K., Baurova N. I. The parametric relationship between the characteristics of production methods of bonded-riveted joints on the micro – and macroscale // Polymer Science – Series D. – 2017. – Vol. 10. – № 3. – pp. 244-246.

17. Chukhanov V. Yu. New polymer binders based on oligopiperylene styrene and alkoxysilanes / V. Yu. Chukhanov, N. A. Kolysheva // International Polymer Science and Technology. – 2008. – № 1. – С. 35.

References

1. Aronovich, D.A. (2005) *Skleivaniye v mashinostroyenii* [Bonding in mechanical engineering]. Handbook in 2 volumes. Moscow: Science and Technology, 544 p.

2. Bashkirtsev, V.I. (2003) *Klei i germetiki dlya avtomobilya* [Adhesives and sealants for automobiles]. Moscow: Astrel, 112 p.

3. Baurova, N.I. (2004) *Povysheniye effektivnosti remonta mashin za schet obosnovaniya vidov i tekhnologicheskikh metodov primeneniya polimernykh materialov. Kand.Diss.* [Improving the efficiency of machine repairs by substantiating the types and technological methods of using polymeric materials. Cand.Diss.]. Moscow, 175 p. (In Russ.).

4. Garkina, I.A. (2014) [From the experience of developing special-purpose materials]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. Vol. 5, pp. 235. (In Russ.).

5. Goncharov, A.B. (2012) *Metodologiya tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta tekhnologicheskogo oborudovaniya kompozitsionnymi materialami. Dok.Diss.* [Methodology of maintenance and repair of technological equipment with composite materials. Doc. Diss.]. Moscow, 459 p. (In Russ.).

6. GOST 12020-72 Plastics. (1997) Methods for determining the resistance to the action of chemical environments. Moscow: Publishing house of standards, 22 p.

7. Ionova, M.A. (2012) [Decrease in water absorption of a polyurethane coating]. *Sovremennyye napravleniya teoreticheskikh i prakticheskikh issledovaniy 2012* [Modern trends in theoretical and practical research 2012]. Odessa, pp. 85-87. (In Russ.).

8. Kozhemyachenko, A.V. (2018) [Selection and research of the influence of the components of the adhesive composition on the strength of metal-polymer compounds]. *Ekonomika. Biznes. Innovatsii Sbornik statey II Mezh-dunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Economics. Business. Innovation Collection of articles of the II International scientific-practical conference]. From: “Science and Enlightenment, pp. 304-309. (In Russ.).

9. Bobryshev, A.N., Lakhno, A.V., Petrenko, V.O. (2012) Patent 2465297 of the Russian Federation, IPC C09J 175/08. Polyurethane adhesive composition. Patent holder Clay-Master Limited Liability Company. Announced on 12.07.2012, published on 10.27.2012. Bull. Number 30.

10. Petrova, A.P. (2002) *Kleyashchiye materialy. Spravochnik* [Adhesive materials. Handbook]. Moscow: CJSC “Editorial Board of the journal “Rubber and Rubber”, 196 p.

11. Rodionov, Yu.V. (2017) [Cognitive model for the synthesis of new generation adhesive compositions]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin* [World of transport and technological machines]. Vol. 3 (58), pp. 20-26. (In Russ.).

12. Rodionov, Yu.V. (2018) [Algorithm for creating an adhesive polyurethane composition]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin* [World of transport and technological machines]. Vol. 1 (60), pp. 3-8. (In Russ.).
13. Chukhlanov, V.Yu. (2013) [Modification of a one-component polyurethane with an organosilicon compound]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta: mezhvuz. sb. nauch. st. Volg-GTU* [Bulletin of the Volgograd State Technical University: interuniversity. Sat scientific Art. Volgograd State Technical University]. Volgograd. Vol. 4 (107), pp.119-124. (In Russ.).
14. Shafigullin, L.N. (2008) *Razrabotka sostavov polimernykh kompozitnykh materialov spetsial'nogo naznacheniya. Dok.Diss.* [Development of compositions of polymer composite materials for special purposes. Doc. Diss.]. Naberezhnye Chelny, 196 p. (In Russ.).
15. Shestopal, A.N. (1986) *Spravochnik po svarke i skleivaniyu plastmass* [Handbook of welding and gluing of plastics]. Kiev: Technics, 192 p.
16. Anoprienko, A.K., Baurova, N.I. (2017) The parametric relationship between the characteristics of production methods of bonded-riveted joints on the micro – and macroscale. *Polymer Science. Series D*. Vol. 10. No. 3, pp. 244-246. (In Eng.)
17. Chukhanov, V.Yu., Kolysheva, N.A. (2008) New polimer binders based on oligopiperylene styrene and alkoxyxilanes. *International Polimer Schience and Technology*. Vol. 1, p. 35 (In Eng.).

Информация об авторах:

Юрий Владимирович Родионов, доктор технических наук, профессор, декан Автомобильно-дорожного института, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза, Россия
e-mail: dekauto@pguas.ru

Вероника Олеговна Нугаева, старший преподаватель кафедры эксплуатации автомобильного транспорта, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза, Россия
e-mail: veronika_1111@mail.ru

Статья поступила в редакцию 23.05.2019; принята в печать 29.11.2019.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Yury Vladimirovich Rodionov, Doctor of Engineering, professor, dean of Automobile and road institute, Penza state university of architecture and construction, Penza, Russia
e-mail: dekauto@pguas.ru

Veronika Olegovna Nugaeva, Senior teacher of Operation of the Motor Transport department, Penza state university of architecture and construction, Penza, Russia
e-mail: veronika_1111@mail.ru

The paper was submitted: 23.05.2019.

Accepted for publication: 29.11.2019.

The authors have read and approved the final manuscript.

АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ КУЗОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В МЕСТАХ ПРИМЫКАНИЯ ЛОБОВЫХ СТЕКОЛ

Д.Н. Прошин¹, А.Н. Кузьмин², А.Д. Кустиков³

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия

¹e-mail: proshdn@mail.ru

²e-mail: kuzminlanton@mail.ru

³e-mail: kustikov-ad@yandex.ru

Аннотация. Характерными дефектами лакокрасочного покрытия (ЛКП) кузовов автомобилей, изготавливаемых по современным технологиям окраски, являются коррозионные повреждения металла панели крыши. Дефекты в виде коррозии панели крыши концентрируются на кромке в месте штатного примыкания лобового стекла.

Со временем на окрашенной поверхности изгиба панели крыши в месте примыкания лобового стекла появляются участки с отколовшимся до металла лакокрасочным материалом. ЛКП выше области коррозионных поражений металла имеет вздутия, указывающие на распространение подпленочной коррозии. Ряд дефектов сопровождается нитевидными, визуально похожими на паутину, вздутиями покрытия, которые следует отнести к нитевидной коррозии.

Целью данного исследования является анализ причин разрушений ЛКП и разработка мер, предупреждающих развитие очагов коррозии, позволят значительно снизить затраты производителей и автовладельцев на гарантийный ремонт и эксплуатацию.

С повышением температуры скорость коррозии, как и многих химических процессов, возрастает, так как увеличиваются скорость диффузии, растворимость продуктов коррозии и другие процессы.

С целью исследования распределения энергии тепла от штатной климатической установки при прогретом двигателе внутреннего сгорания, был выбран режим направления воздушного потока на лобовое стекло при максимальной производительности и при помощи тепловизора были выполнены измерения тепловых полей.

В процессе эксплуатации температура стали кузовного элемента (панели крыши) служит одним из определяющих факторов появления изучаемых дефектов. Развитие коррозии в рассматриваемой ситуации зависит от уровня перемещения тепловых потоков, производимых климатической установкой, и термодинамического сопротивления накопленных наружных отложений в нише (щели) между лобовым стеклом и кромкой панели крыши.

Удаление отложений производится при проведении моечных работ. Предложено рассчитать периодичность моечных работ, чтобы предупредить развитие коррозии.

Данное исследование также имеет практическое применение при проведении технических экспертиз производителями и независимыми организациями.

Ключевые слова: кузов автомобиля, лакокрасочное покрытие, распределение энергии тепла, разница коэффициентов теплопроводности, коррозия, периодичность обслуживания.

Для цитирования: Прошин Д. Н., Кузьмин А. Н., Кустиков А. Д. Анализ дефектов лакокрасочного покрытия кузовных элементов в местах примыкания лобовых стекол // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 8. – С. 135-144. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-135.

THE METHOD OF ANALYSIS OF THE DEFECTS IN PAINTWORK BODY ELEMENTS IN PLACES OF AN ADJUNCTION OF GLASS

D.N. Proshin¹, A.N. Kuzmin², A.D. Kustikov³

Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia

¹e-mail: proshdn@mail.ru

²e-mail: kuzminlanton@mail.ru

³e-mail: kustikov-ad@yandex.ru

Abstract. Characteristic defects of paint and varnish coating (LCP) of car bodies, manufactured according to modern painting technologies, are corrosion damage to the metal roof panel. Defects in the form of corrosion of

the roof panel are concentrated on the edge in the place of the regular junction of the windshield.

Over time, on the painted surface of the bend of the roof panel at the junction of the windshield there are areas with a breakaway paint material to the metal. LCP above the area of corrosion lesions of the metal has swelling, indicating the spread of sub-film corrosion. A number of defects are accompanied by thread-like, visually similar to the web, swelling of the coating, which should be attributed to thread-like corrosion.

The purpose of this study is to analyze the causes of destruction of LCP and the development of measures that prevent the development of corrosion foci, will significantly reduce the costs of manufacturers and car owners for warranty repair and operation.

With increasing temperature, the rate of corrosion, as well as many chemical processes, increases, as the rate of diffusion, solubility of corrosion products and other processes increase.

In order to study the distribution of heat energy from the standard climate system with a heated internal combustion engine, the mode of directing the air flow to the windshield at maximum performance was selected and measurements of thermal fields were made with the help of a thermal imager.

During operation, the temperature of the steel body element (roof panel) is one of the determining factors of the appearance of the studied defects. The development of corrosion in this situation depends on the level of movement of heat flows produced by the climate system, and the thermodynamic resistance of accumulated external deposits in the niche (gap) between the windshield and the edge of the roof panel.

Removal of deposits is carried out during washing operations. It is proposed to calculate the frequency of washing operations to prevent the development of corrosion.

This study also has practical application in conducting technical examinations by manufacturers and independent organizations.

Keywords: car body, paint and varnish coating, heat energy distribution, thermal conductivity coefficient difference, corrosion, maintenance periodicity.

Cite as: Proshin, D.N., Kuzmin, A.N., Kustikov, A.D. (2019) [The method of analysis of the defects in paint-work body elements in places of an adjunction of glass]. *Intellekt. Innovatsi. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 8, pp. 135-144. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-135.

Введение

Разрушения ЛКП зачастую являются поводом для претензий клиентов дилерских центров на качество автомобилей. При этом в отличие от транспортных компаний частные автовладельцы могут пренебрегать ежедневным обслуживанием, в том числе уборочно-мочными работами.

Основными дефектами кузовов являются механические повреждения (в том числе сколы от камней или шипов) и коррозия, возникающая после отделения ЛКП или распространяющаяся в виде нитей, преимущественно под неметаллическими защитными покрытиями. В отличие от сколов, которые появляются случайным образом, очаги коррозии под ЛКП распространяются постепенно. Значительное влияние на их развитие, оказывают: температурный режим в местах образования дефектов; границы перепада температур; наличие или отсутствие скоплений влажных загрязнений.

Результаты данной работы имеют практическую ценность для инженерно-технического персонала станций технического обслуживания автомобилей и внедрены в учебный процесс кафедры «Автомобильный транспорт» НГТУ им. Р.Е.Алексеева.

Цель исследования состоит в анализе причин разрушения ЛКП кузовов автомобилей и разработке дополнений к перечню технического обслуживания (ТО), направленных на повышение долговечности покрытия. Достижение поставленной цели позво-

лит снизить затраты производителей на проведение гарантийных работ, а также автовладельцев при эксплуатации.

Объектом разработки является ЛКП крыши автомобиля HYUNDAI I40, представленной на рисунке 1.

Площадь участков с отсутствием лакокрасочного материала различна, в ряде случаев составляет от 2×1 мм², до 25×15 мм² и более, имеет преимущественно овальную или эллипсоидную форму [1, 4, 7].

В местах полной утраты ЛКП наблюдается подпленочная и нитевидная коррозия металла панели крыши (рисунки 2, 3). Зона распространения коррозионных проявлений по кромке панели крыши ограничена резиновым уплотнителем ветрового стекла.

Анализ распределения температуры поверхности

При помощи тепловизора FLUKE Ti105 проведен анализ распределения температуры исследуемой поверхности. Распределение температуры отображалось на дисплее прибора в цвете, где разным температурам соответствовали разные оттенки цвета. Данные сохранялись на CD карту прибора. Изучение тепловых изображений (термограмм) выполнялись после осмотра. Термограммы – изображения в инфракрасных лучах, показывающие картину распределения температурных полей.

Из полученных снимков (рисунки 4, 5) следует, что наибольший нагрев лобового стекла происходит в нижней части, чуть выше зоны покоя стеклоочистителей. Нагрев происходит равномерно, с правой

и с левой стороны, максимально достигая примерно 33–34 °С соответственно. Средняя часть стекла имеет существенно меньший нагрев. Далее можно наблюдать равномерный прогрев верхней части стекла.



Рисунок 1. Дефекты ЛКП на панели крыши

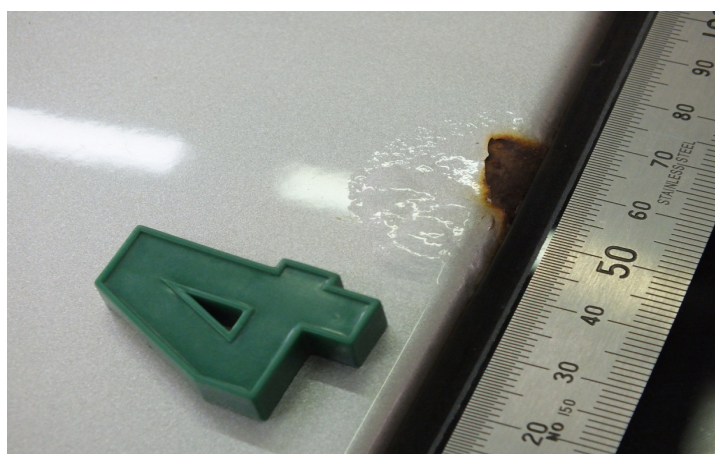


Рисунок 2. Скол ЛКП до металла на кромке панели крыши, подпленочная коррозия



Рисунок 3. Скол верхних слоев ЛКП (правее) и до металла на кромке панели крыши, нитевидная коррозия



Рисунок 4. Тепловизионный снимок ветрового стекла

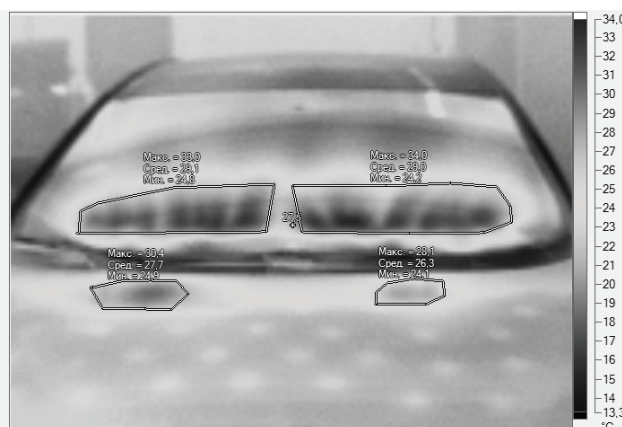


Рисунок 5. Распределение температурных полей

Отдельно были исследованы правая и левая стороны ветрового стекла в месте примыкания панели крыши. По результатам выявлено, что кромка панели крыши в местах непосредственного образования дефектов ЛКП имеет температуру нагрева на 8–10 °C меньше, чем верхняя часть лобового стекла и на 4–5 °C меньше, чем передняя часть панели крыши на расстоянии до 10 см от кромки панели крыши. Далее по панели крыши нагрев распределен не равномерно. Средняя часть не прогревается выше – 2–0 °C.

В процессе эксплуатации температура стали кузовного элемента (панели крыши) служит одним из определяющих факторов появления изучаемых дефектов. Развитие коррозии в рассматриваемой ситуации зависит от уровня перемещения тепловых потоков, производимых климатической установкой, и термодинамического сопротивления накопленных наружных отложений в нише (щели) между лобовым стеклом и кромкой панели крыши.

Временные напряжения в ЛКП достигают наибольших значений и становятся особенно опасными в тех случаях, когда кузов автомобиля подвергается

в процессе эксплуатации резким сменам температур окружающей среды. Повышение теплопроводности ЛКП – это наиболее эффективный и доступный способ снижения временных напряжений, вызываемых термическим ударом. При резком перепаде температур в лакокрасочном покрытии образуются внутренние микротрещины. Образование трещин вызывается низким коэффициентом расширения анодной пленки. Уровень тепловых потоков оказывает влияние и на скорость коррозии.

Анализ конструкции соединения стекла и крыши

Роль теплового потока как ускорителя коррозионных процессов сводится к изменению температуры наружных отложений, накопленных в нише (щели) между лобовым стеклом и кромкой панели крыши, а, следовательно, к изменению их агрегатного состояния. Область скопления наружных отложений в месте штатного примыкания лобового стекла к панели крыши представлена на рисунке 6. Конструктивно в месте формирования дефектов установлен уплотнитель и имеется небольшое углубление.

Сформированная ниша (щель) позволяет загрязнениям накапливаться и удерживаться некото-

рое время в месте примыкания ветрового стекла с уплотнителем к панели крыши.

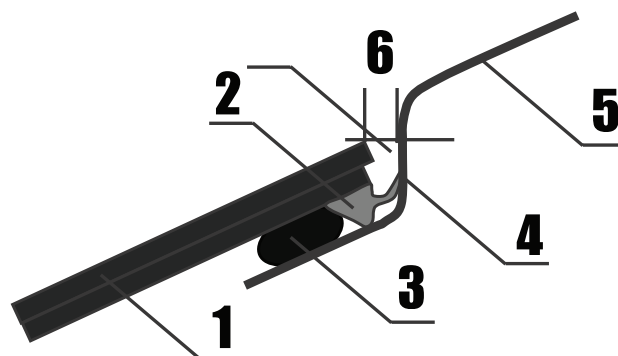


Рисунок 6. Место скопления наружных отложений:

1 – лобовое стекло; 2 – уплотнительный профиль; 3 – полиуретановый клеевой герметик; 4 – место контакта уплотнителя и панели крыши; 5 – панель крыши; 6 – зазор между стеклом и панелью крыши; 7 – ниша (щель), в которой скапливается и удерживается влага и загрязнения при эксплуатации

Таким образом, отведение влаги и загрязнений в данном месте затруднено, что способствует длительному воздействию негативных факторов окружающей среды на ЛКП [2, 3, 9].

Скапливаемая в нише влага вызывает усиление коррозии металла. В случае неплотного контакта металла с неметаллическим коррозионно-инертным материалом также имеет место распространение подпленочной коррозии. Коррозионностойкие материалы обладают повышенной стойкостью к коррозии. Они применяются для изготовления деталей, узлов, аппаратов и конструкций, работающих в коррозионноактивных средах без дополнительных мер защиты от коррозии. К коррозионно-инертным материалам относят собственно коррозионно-инертные материалы, а также антикоррозионные материалы [10, 14].

В зависимости от природы материала коррозионно-инертные материалы подразделяют на металлические и неметаллические.

Указанные неметаллические материалы используют в качестве конструкционных, футеровочных, обкладочных и прослоечных, лакокрасочных покрытий и композиций.

В рассматриваемом случае коррозионно-инертным материалом следует считать резиновый уплотнитель стекла.

Согласно ГОСТ 5272-68 «Коррозия металлов. Термины» П. 45 Щелевая коррозия – усиление коррозии в щелях и зазорах между двумя металлами, а также в местах неплотного контакта металла с не-

металлическим коррозионно-инертным материалом.¹

В случае если между уплотнителем стекла и панелью крыши имеется зазор, в нем скапливаются частички загрязнений. Эти частицы приводят к процессу абразивного изнашивания. Если данные частицы переносятся в процессе движения во время дождя, допустимо говорить о гидроабразивном изнашивании.

ГОСТ 27674-88 «Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения» раскрывает указанные понятия. Абразивное изнашивание – механическое изнашивание материала в результате режущего или царапающего действия твердых тел или твердых частиц. Гидроабразивное (газообразное) изнашивание – абразивное изнашивание в результате действия твердых тел или твердых частиц, увлекаемых потоком жидкости (газа).²

При данных видах изнашивания нарушается целостность ЛКП. При этом ЛКП разрушается до подложки (металла), скапливаемая в нише (щели) влага проникает через образовавшиеся повреждения и приводит к развитию подпленочной и нитевидной коррозии на панели крыши.

Закономерным является увеличение роста внутренних напряжений с ростом скорости охлаждения ЛКП и уменьшение их в случае покрытий из кристаллических полимеров [5, 11].

Последнее находит объяснение в конкурирующих процессах релаксации и кристаллизации: малое время релаксации способствует увеличению напряжений, тогда как уменьшение степени кристал-

¹ ГОСТ 9.032-74. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Классификация и обозначения. – М.: Стандартинформ, 2006 г. – 23 с.

² ГОСТ 27674-88. Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1992 г. – 20 с.

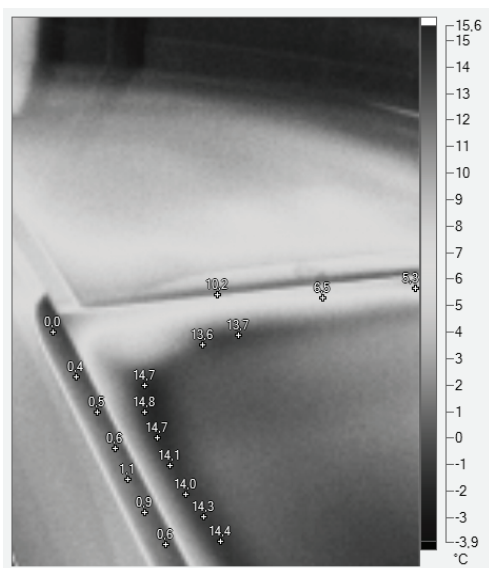
личности при закалке – их снижению. Охлаждение при воздействии жидкости приводит к уменьшению напряжений и предотвращает образование микротрещин.

Влияние окружающей среды

Независимо от вида покрытия нагревание приводит к постепенному спаду внутренних напряжений, что объясняется снижением модуля упругости и ростом скорости релаксационных процессов. Напряжения становятся равными нулю при температурах стеклования (в случае аморфных полиме-

ров) или плавления – (у кристаллических) [8, 12].

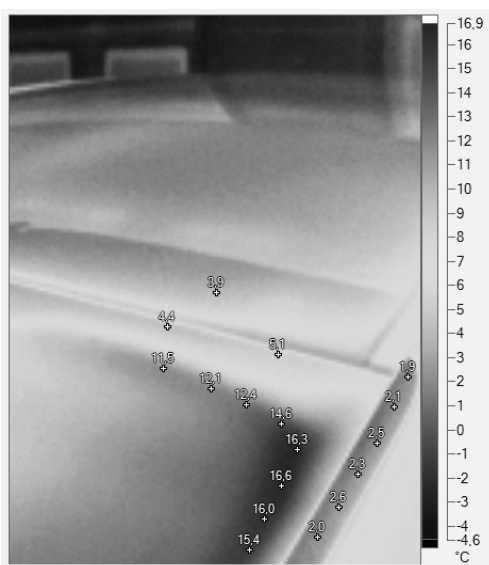
Температура стеклования – температура, при которой высокоэластичное вещество становится твердым, т.е. переходит в стеклообразное состояние. Температура стеклования по своей природе не аналогична переходам вещества из одного агрегатного состояния в другое. В стеклообразном состоянии полимер ведет себя как твердое и хрупкое тело, что характеризуется высоким модулем упругости и очень низкой эластичностью, и пластичностью. Даже небольшая деформация способна привести к разрушению (рисунок 7).



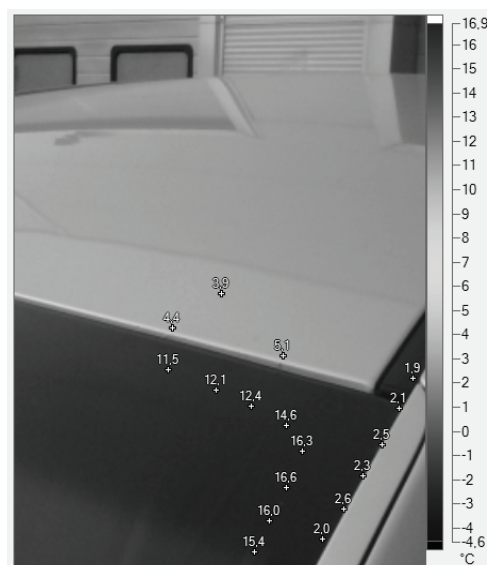
(а) – распределение температурных полей на ветровом стекле справа



(б) – фото ветрового стекла справа



(в) – распределение температурных полей на ветровом стекле слева



(б) – фото ветрового стекла слева

Рисунок 7. Исследование сопряжения ветровое стекло – кромка панели крыши

При последующем охлаждении покрытий напряжения снова восстанавливаются. При этом безразлично, от какой температуры охлаждается покрытие.

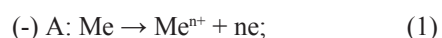
В случае кристаллических полимеров старый порядок и структура полностью разрушаются лишь при существенном нагревании.

Материал подложки не сказывается на формировании усадочных напряжений, однако сильно влияет на термические напряжения. При этом определяющим является термический коэффициент линейного расширения. У металлов, например, он в 5–20 раз меньше, чем у полимеров, а у стекла – в 10–50 раз. Соответственно в последнем случае и напряжения выше.

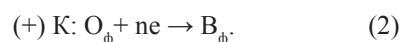
Вскрывать дефекты, выявленные в панели крыши, технически трудно. Все дефекты идентичны по природе происхождения. Ввиду их многочисленности, отчётливо прослеживаются все стадии их развития. Дефекты, имеющие отслоение ЛКП от поверхности металла, позволяют установить неоднородность металла, изменения его структуры в виде углубления (каверны, кратера). Выявленный дефект следует признать электрохимической коррозией на панели крыши.

Электрохимическая коррозия металлов представляет собой самопроизвольное разрушение металлических материалов вследствие электрохимического воздействия их с окружающей электролитически проводящей средой, при которой ионизация атомов металла и восстановление окислительного компонента коррозионной среды протекают не в одном акте, и их скорости зависят от величины электродного потенциала металла. Процесс электрохимической коррозии представляет собой совокупность двух сопряженных протекающих на поверхности металла реакций:

а) анодной «А» (сопровождающейся окислением металла «Ме» на его анодных участках):



б) катодной «К», (сопровождающейся восстановлением окислителя «О_ф» на его катодных участках с образованием его восстановленной формы «В_ф»):



Причиной ее возникновения является химическая, энергетическая и другие виды неоднородности поверхности металла, т. е. разделение на катодные и анодные участки. Последние, имея очень малые размеры и чередуясь друг с другом, в токопроводящей среде представляют собой совокупность огромного числа короткозамкнутых микрогальванических элементов, поэтому электрохимическую

коррозию часто называют гальванической коррозией [4, 15].

Выделяют три основные причины, создающие неоднородность в системе металл-электролит, а, следовательно, и возникновение коррозионных микроэлементов:

– неоднородность металлической фазы (неоднородность сплава по химическому и фазовому составу, наличие примесей в металле, пленок на его поверхности и др.);

– неоднородность жидкой фазы (различная концентрация в электролите ионов данного металла и растворенного кислорода на отдельных участках контакта фаз, разница в pH отдельных зон объема электролита);

– неоднородность наложения внешних условий (разница температур на отдельных участках поверхности металла, различный уровень механических напряжений в одной и той же детали и др.).

С помощью цифрового толщиномера ЛКП Константа К6Ц была измерена толщина в центре дефекта. Она составила величину в 294 мкм, что свидетельствует о проникновении коррозии вглубь металла.

Выше (рисунок 7) приведены термограммы теплового нагружения различных зон лобового стекла и кромки панели крыши исследуемого автомобиля при температуре окружающей среды – 5 °С.

На ЛКП панели крыши в области лобового стекла также отсутствуют какие-либо механические повреждения в виде нарушения его целостности за исключением локальных сколов и царапин.

В области формирования дефектов в непосредственной близости к кромке повреждений стекла с отколовшимся до металла лакокрасочным материалом также не имеется, что позволяет судить о производственной причине возникновения данных дефектов на панели крыши в виде очага коррозии [1, 3, 6].

Корректирование обслуживания ЛКП

Безусловно, наличие таких дефектов на новых автомобилях зачастую является основанием для возврата продавцу. При этом замедлить процесс разрушения ЛКП автомобилей, срок гарантии на которые уже закончился или если владельцем является юридическое лицо, можно путем уменьшения периодичности уборочно-моечных работ. Методом определения оптимальной периодичности по допустимому уровню безотказности было установлено, что при эксплуатации в г. Нижнем Новгороде (наработки до накопления грязевых отложений на кромке стекла слоем до 0,5 мм фиксировались в течение года на 5 автомобилях со средним ежемесячным пробегом 3450 км) необходимо проводить бесконтактную мойку кузова через каждые 850 км.

Заключение

За счет большой разницы коэффициентов теплопроводности стекла, железа и ЛКП (у стекла 1,0–1,15 Вт/м·К, у стали 08кп, 08ю и их зарубежных аналогов – 59–64 Вт/м·К, у ЛКП – 0,87 Вт/м·К) они с разной скоростью и равномерностью нагреваются и охлаждаются в период эксплуатации автомобиля.

В холодное время года и в межсезонный период эксплуатации автомобиля за счет разности теплопроводностей стекла, кузовной стали и самого ЛКП, лобовое стекло прогревается с большей скоростью и равномерностью, в отличие от стали панели крыши. За счет разной температуры

металла панели крыши снаружи и внутри салона, в непосредственной близости от сформированных дефектов, а также примыкания более теплого лобового стекла к холодному металлу панели крыши на стадии прогрева образуются неоднородности в системе металл-электролит. Протекание анодной реакции ионизации атомов металла на неоднородной поверхности и послужило причиной образования очага коррозии в виде язвы, углубленной в толщу металла, на панели крыши.

Перспективным направлением является уточнение механизма развития повреждений ЛКП и расчет периодичностей уборочно-моечных работ с учетом климатических условий.

Литература

1. Долгошеин В. В., Арсенькин В. П., Агеев Ю. В. Изучение устойчивости лакокрасочных покрытий к ударным нагрузкам // Лакокрасочные материалы и их применение. – 1987 г. – № 6. – С. 50–53.
2. Елисаветский А. М., Елисаветская И. В., Ратников В. Н. Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2001 г. – № 6. – С. 17–21.
3. Ильдараханова Ф. И., Кантеров В. Я., Елисаветская И. В. Влияние холодного климата на устойчивость лакокрасочных покрытий // Лакокрасочные материалы и их применение. – 1987 г. – № 4. – С. 20–26.
4. Кузьмин Н.А. Научные основы процессов изменения технического состояния автомобилей: монография / Н.А. Кузьмин, Г.В. Борисов; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород, 2012. – 270 с.
5. Кузьмин, Н.А. Теоретические основы обеспечения работоспособности автомобилей / Н.А. Кузьмин. – М.: Форум; ИНФРА-М, 2014. – 272 с.
6. Кузьмин, Н.А. Теория эксплуатационных свойств автомобилей / Н.А. Кузьмин, В.И. Песков. – М.: Форум; ИНФРА-М, 2017. – 256 с.
7. Кузьмин, Н.А. Техническая эксплуатация автомобилей: закономерности изменения работоспособности / Н.А. Кузьмин. – М.: Форум; ИНФРА-М, 2017. – 208 с.
8. Кустиков, А.Д. Современная диагностика автомобилей / А.Д. Кустиков, Н.А. Кузьмин; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева – Н.Новгород, 2019. – 147 с.
9. Лукинский В.С. Прогнозирование надежности автомобилей / В.С. Лукинский, Е.И. Зайцев. – Л.: Политехника, 1991. – 224 с.
10. Миронова Г.А., Ильдараханова Ф.И., Богословский К.Г. Современные лакокрасочные материалы для антикоррозионной защиты металлоконструкций в атмосферных условиях // Технология лакокрасочных покрытий: сборник научных трудов / Науч.-произв. об-ние «Лакокраспокрытие». – М.: Пэйнт-Медиа. – 2012. – № 4. – С. 4–20.
11. Миронова Г.А., Ильдараханова Ф.И. Лакокрасочные материалы для долговременной антикоррозионной защиты металлоконструкций в атмосферных условиях // Промышленная окраска. – 2012. – № 2. – С. 8–12.
12. Песков, В.И. Расчетные исследования эксплуатационных характеристик автомобилей: монография / В.И. Песков, Н.А. Кузьмин; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород, 2018. – 212 с.
13. Яковлева Л. А., Курмакова А. С., Савченкова В. П., Горовцева Л. В. Влияние эксплуатационных факторов на декоративные свойства лакокрасочных покрытий // Лакокрасочные материалы и их применение. – 1987. – № 6. – С. 38–44.
14. Peter von den Kerkhoff, Helmut Haagen. Lackschadenkatalog. Catalogue of Paint Damage Types. – Vogel Business Media, 1995. – 278 p.
15. Prokes P., Rfendova A. (2007). Anticorrosion efficiency of coatings containing metallic pigments // J. Phys. Chem. Solids. – Vol. 68. – № 5–6. – P. 1083–1086.

References

1. Dolgoshein, V.V., Arsenicin, V.P., Ageev, Yu.V. (1987) [Study of the stability of coatings to impact load. Paintwork materials and their application]. *Lakokrasochnye materialy i ih primeneniye*. [Paint and varnish materials and their application]. Vol. 6, pp. 50–53. (In Russ.)

2. Elisavetskogo, A.M., Elisavetskogo, I.V., Ratnikov, V.N. (2001) [Protection of metals from corrosion with paint coatings]. *Lakokrasochnye materialy i ih primeneniye*. [Paintwork materials and their application]. Vol. 6, pp.17–21. (In Russ.).
3. Eldarkhanova, F.I., Cantero, V.Ya., Elisavetskogo, I.V. (1987) [Impact of cold climate on the stability of coatings]. *Lakokrasochnye materialy i ih primeneniye* [Paintwork materials and their application]. Vol. 4, pp. 20–26. (In Russ.).
4. Kuzmin, N.Ah. (2012) *Nauchnyye osnovy protsessov izmeneniya tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobiley* [Scientific bases of processes of change of technical condition of cars]. Nizhegorod. state tech. in-t named after R.E. Alekseeva. N. Novgorod, 270 p.
5. Kuzmin, N.A. (2014) *Theoretical bases of ensuring operability of cars* [The theoretical basis for ensuring the performance of cars]. Moscow: Forum; INFRA-M, 272 p.
6. Kuzmin, N.A. Peskov, V.I. (2017) *Theory of performance properties of cars*. Moscow: Forum; INFRA-M. – 256 p.
7. Kuzmin, N. A. (2017) *Technical operation of cars: regularities of change of working capacity* [Theory of operational properties of automobiles]. Moscow: Forum; INFRA-M, 208 p.
8. Kustikov, A.D., Kuzmin, N.A. (2019) *Modern diagnostics of cars* [Modern car diagnostics]. N. Novgorod: Nizhegorod. state tech. un-t named after R.E. Alekseeva, 147 p.
9. Lukinskiy, V.S. (1991) *Prognozirovaniye nadezhnosti avtomobiley* [Prediction of reliability of cars]. Leningrad: Polytechnic, 224 p.
10. Mironova, G.A., Il'darhanova, F.I., Bogoslovskij, K.G. (2012) [Modern paint and varnish materials for corrosion protection of metal structures in atmospheric conditions]. *Tekhnologiya lakokrasochnykh pokrytij: sbornik nauchnykh trudov / Nauch.-proizv. ob-nie «Lakokraspokrytie»* [Scientific-production. Obnacion “Lacquer coating”]. Vol 4, pp. 4–20. (In Russ.).
11. Mironova, G.A., Il'darhanova, F.I. (2012) [Paint and varnish materials for corrosion protection of metal structures in atmospheric conditions]. *Promyshlennaya okraska* [Industrial painting]. Vol. 2, pp. 8–12. (in Russ.).
12. Peskov, V.I. Kuzmin, N.A. (2018) *Settlement researches of operational characteristics of cars* [Computational studies of the operational characteristics of automobiles]. N. Novgorod: Nizhegorod. state tech. un-t named after R. E. Alekseeva, 212 p.
13. Yakovleva, L.A., Kurmanova, A.S., Savchenkov, V.P., Gotovtseva, L.V. (1987) [The Influence of operational factors on the decorative properties of coatings]. *Lakokrasochnye materialy i ih primeneniye* [Paint and varnish materials and their application]. Vol. 6, pp. 38–44. (In Russ.).
14. Peter von den Kerkhoff, Helmut Haagen (1995). *Lackschaden katalog*. Catalogue of Paint Damage Types. *Vogel Business Media*, 278 p.
15. Prokes, P., Rflendova, A. (2007). Anticorrosion efficiency of coatings containing metallic pigments. Vol. 68. No. 5–6, pp. 1083–1086. (In Engl.).

Информация об авторах:

Димитрий Николаевич Прошин, старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия
e-mail: proshdn@mail.ru

Антон Николаевич Кузьмин, ассистент кафедры автомобильного транспорта, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия
e-mail: kuzminanton@mail.ru

Александр Дмитриевич Кустиков, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия
e-mail: kustikov-ad@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 07.05.2019; принята в печать 29.11.2019.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Dimitry Nikolaevich Proshin, Senior lecturer of the department of Road transport, Nizhny Novgorod State Technical University named after Alekseev R.E, Nizhny Novgorod, Russia
e-mail: proshdn@mail.ru

Anton Nikolaevich Kuzmin, graduate student, the assistant of the department of Road transport, Nizhny Novgorod State Technical University named after Alekseev R.E, Nizhny Novgorod, Russia

e-mail: kuzminlanton@mail.ru

Aleksander Dmitrievich Kustikov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the department of Road transport, Nizhny Novgorod State Technical University named after Alekseev R.E, Nizhny Novgorod, Russia

e-mail: kustikov-ad@yandex.ru

The paper was submitted: 07.05.2019.

Accepted for publication: 29.11.2019.

The authors have read and approved the final manuscript.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ, ВОССТАНОВЛЕННОГО ПОСЛЕ РЕМОНТА КУЗОВА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

И.Х. Хасанов¹, В.И. Рассоха²

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

¹e-mail: hasanovilgiz1@yandex.ru

²e-mail: cabin2012@yandex.ru

Д.Г. Невولين

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Россия

e-mail: innotrans@mail.ru

Аннотация. Актуальность исследования определяется важностью профилактических мероприятий, направленных на увеличение срока службы кузова легкового автомобиля. Целью исследования является обоснование использования одного из возможных способов защиты лакокрасочного покрытия отремонтированного кузова автомобиля в процессе его эксплуатации. Рассмотрены основные повреждения кузовов легковых автомобилей, проанализированы причины их возникновения. Анализ показал, что наиболее распространёнными среди повреждений и причин разрушений кузовов легковых автомобилей являются износы и некачественный ремонт, в особенности – связанный с восстановлением лакокрасочных покрытий кузова. Произведён анализ дефектов ремонтного лакокрасочного покрытия кузовов в процессе эксплуатации. К основным эксплуатационным повреждениям лакокрасочных покрытий отремонтированных кузовов легковых автомобилей относятся: вздутие лакокрасочного покрытия, износ краски, отклонение цвета детали из-за царапин, отпечатки на влажной краске, слишком мягкое покрытие, пятна от смолы и битума, царапины в результате механических повреждений, царапины от мойки. Представлены эскизы исследованных дефектов и указаны причины их возникновения. Большинство дефектов отремонтированных кузовов возникли в период первых недель эксплуатации, предположительно, вследствие недостаточной твёрдости лакокрасочного покрытия, вызванного либо различными погрешностями в технологии ремонта, либо ранней послеремонтной эксплуатацией при не полностью отвердевшем лакокрасочном покрытии. Проведено исследование твёрдости защитного покрытия отремонтированного кузова согласно ГОСТ Р 54586-2011 (ИСО 15184:1998). Выдвинуто предположение о необходимости защиты лакокрасочного покрытия восстановленного кузова легкового автомобиля в начальный послеремонтный эксплуатационный период. Проанализированы современные способы защиты лакокрасочного покрытия кузова и, с использованием априорного ранжирования факторов, выявлен наиболее эффективный среди них – метод нанесения латексной плёнки, обладающий следующими основными преимуществами: малая толщина, различная цветовая гамма, нанесение методом распыления, отсутствие следов при демонтаже, исключение повреждения лакокрасочного покрытия; невысокая стоимость нанесения. Предлагаемый метод защиты лакокрасочного покрытия кузовов транспортных средств, восстановленных после ДТП, позволит снизить риск возникновения дефектов в процессе эксплуатации, увеличит срок службы кузовов, улучшит качество предоставляемых услуг по кузовному ремонту на автосервисных предприятиях.

Ключевые слова: автомобиль, эксплуатация автомобиля, кузов, техническое состояние, лакокрасочное покрытие, твёрдость, дефект.

Для цитирования: Хасанов И. Х., Рассоха В. И., Невولين Д. Г. Анализ способов защиты лакокрасочного покрытия, восстановленного после ремонта кузова легкового автомобиля. // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 8. – С. 145-152. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-145.

ANALYSIS OF PROTECTION METHODS OF PAINT COATING RESTORED AFTER REPAIR OF CAR BODY

I.H. Khasanov¹, V.I. Rassokha²

Orenburg State University, Orenburg, Russia

¹e-mail: hasanovilgiz1@yandex.ru

²e-mail: cabin2012@yandex.ru

D.G. Nevolin

Ural State University of Communication Routes, Yekaterinburg, Russia

e-mail: innotrans@mail.ru

Abstract. The relevance of the study is determined by the importance of preventive measures aimed at increasing the service life of the car body. The purpose of the study is to justify the use of one of the possible methods of protecting the paint coating of the repaired car body during its operation. The main damages of passenger car bodies are considered, the reasons for their occurrence are analyzed. Their analysis showed that the most common among the damage and causes of damage to the bodies of passenger cars are wear and poor quality repair, especially related to the restoration of paint coatings of the body. Analysis of defects of repair paint coating of bodies during operation was performed. The main operational damages of paint coatings of repaired car bodies include: swelling of paint coating, wear of paint, deviation of part color due to scratches, prints on wet paint, too soft coating, spots from resin and bitumen, scratches as a result of mechanical damages, scratches from washing. Sketches of investigated defects are presented and reasons for their occurrence are specified. Most defects of repaired bodies occurred during the first weeks of operation, presumably due to insufficient hardness of paint coating caused either by various errors in repair technology or early post-repair operation with not fully cured paint coating. The hardness of the protective coating of the repaired body was studied in accordance with GOST R 54586-2011 (ISO 15184:1998). It has been suggested that it is necessary to protect the paint coating of the restored car body during the initial post-repair operational period. Modern methods of protection of the body paint coating and, using a priori ranking of factors, revealed the most effective among them - the method of application of latex film, which has the following main advantages: small thickness, different color gamut, application by spraying method, absence of traces during removal, exclusion of damage of paint coating; Low application cost. The proposed method of protection of paint coating of bodies of vehicles recovered after an accident will reduce the risk of defects during operation, increase the service life of bodies, improve the quality of provided services for body repair at car service enterprises.

Keywords: car, car operation, body, technical condition, paint coating, hardness, defect.

Cite as: Khasanov, I.H., Rassokha, V.I., Nevolin, D.G.: (2019) [Analysis of protection methods of paint coating restored after repair of car body]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 8, pp. 145-152. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-145.

Введение

Увеличение количества легковых автомобилей в нашей стране повышает спрос на сервисные услуги, в частности, на кузовной ремонт, в подавляющем большинстве случаев требующий восстановления лакокрасочного покрытия элементов. Наиболее подверженными ремонтной окраске являются бамперы, передняя панель, дверь задка, капот и другие элементы кузова [1, 7].

Необходимость развития новых автомобильных сервисных технологий в области обслуживания, ремонта и послеремонтной эксплуатации транспортной техники в отношении выбранного объекта исследования требует решения ряда задач, основными из которых являются:

- 1) анализ основных повреждений и причин разрушений кузовов легковых автомобилей;
- 2) анализ дефектов ремонтного лакокрасочного покрытия кузовов легковых автомобилей в процессе эксплуатации;
- 3) анализ способов защиты лакокрасочного покрытия кузовов автомобилей, восстановленных после ДТП, в эксплуатации.

Аналитические исследования

Для решения первой задачи был проведён анализ литературных источников по теме исследова-

ния и результатов собственных наблюдений [1, 7, 9, 11–15]. Анализ показал, что наиболее распространёнными среди повреждений и причин разрушений кузовов легковых автомобилей являются износы и некачественный ремонт, в особенности - связанный с восстановлением лакокрасочных покрытий кузова, а также выявил ряд теоретических вопросов, требующих решения.

В процессе эксплуатации лакокрасочное покрытие кузова автомобиля теряет свои защитные свойства вследствие влияния окружающей среды. Кроме того, процесс разрушения усиливается под воздействием механических повреждений – сколов, трещин, царапин и других.

В качестве второй задачи исследования был проведён анализ дефектов ремонтного лакокрасочного покрытия кузовов легковых автомобилей в процессе эксплуатации [3, 4, 7, 10].

Несмотря на значительное количество слоёв различных материалов, входящих в состав лакокрасочного покрытия кузова, толщина защитного слоя на внешних кузовных деталях легковых автомобилей различных марок незначительна и составляет в среднем 50–250 мкм. Доля защитного фосфатного слоя в общей толщине лакокрасочного покрытия составляет около 30%, грунтового – в среднем 20%, базовая эмаль – 15%, а остальная (в среднем около

40%) приходится на долю прозрачного лака. Для заводских нормативных параметров лакокрасочных покрытий кузовов современных легковых автомобилей характерно среднее значение толщины около 105 мкм [9].

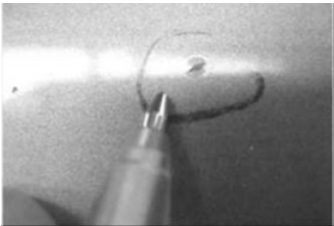
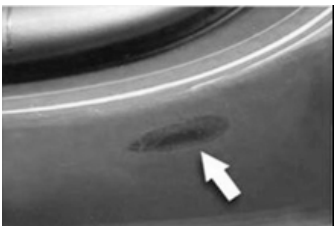
Среди основных дефектов лакокрасочных покрытий отремонтированных кузовов легковых автомобилей в процессе эксплуатации следует выделить:

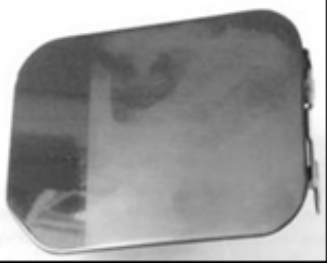
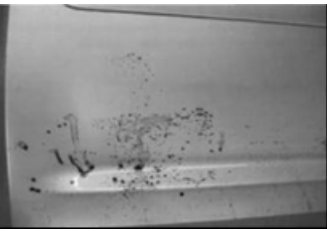
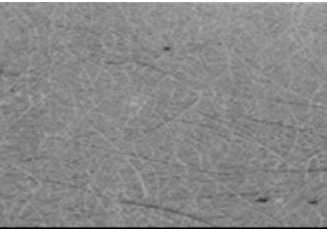
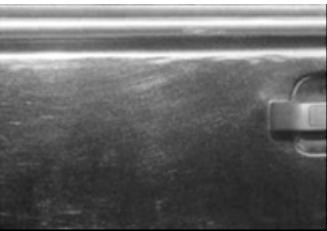
- вздутие лакокрасочного покрытия;
- износ краски;
- отклонение цвета детали из-за царапин;
- отпечатки на влажной краске;
- слишком мягкое покрытие;
- пятна от смолы и битума;
- царапины в результате механических повреждений;

– царапины от мойки.

В таблице 1 представлены основные эксплуатационные повреждения лакокрасочных покрытий отремонтированных кузовов легковых автомобилей, указаны причины их возникновения. Анализ дефектов был проведён на базе малярного участка дилерского центра «FORD» города Оренбурга. Большинство дефектов исследованных кузовов возникли в период первых недель эксплуатации, по нашим предположениям, вследствие недостаточной твёрдости лакокрасочного покрытия, вызванного либо различными погрешностями в технологии ремонта, либо ранней послеремонтной эксплуатацией при ещё «свежем» лакокрасочном покрытии (ЛПК).

Таблица 1. Дефекты лакокрасочных покрытий отремонтированных кузовов легковых автомобилей в процессе эксплуатации

Наименование дефекта	Эскиз дефекта	Описание повреждения	Причина повреждения
Вздутие ЛКП		Внешнее воздействие инородных тел приводят к микроскопическим повреждениям покрытия, влага проникает к металлу. Возникают небольшие вздутия краски, которые со временем увеличиваются в размере.	Столкновение камней с поверхностью ЛКП.
Износ краски		Матовые пятна, потёртости покрытия в местах контакта с уплотнителями, молдингами и т.д. При интенсивном изнашивании (при наличии абразива) происходит истирание поверхности ЛКП до металла.	Относительные перемещения между окрашенной поверхностью и уплотнителями, молдингами, иногда при наличии грязи, абразива.
Отклонение цвета детали из-за царапин		Повреждённая поверхность кузова отличается по оттенку от остального ЛКП (выглядит менее блестящей).	Нарушение пигментации поверхности ЛКП по причине износа.
Отпечатки на влажной краске		Различных размеров и визуальности отпечатки на слоях ЛКП.	Повреждения «свежего» ЛКП по причине неаккуратного обращения.

Наименование дефекта	Эскиз дефекта	Описание повреждения	Причина повреждения
Слишком мягкое покрытие		Покрытие выглядит изношенным, бесцветным и легко царапаемым. Царапины остаются даже после незначительного контакта с покрытием.	Остатки в ЛКП жидких фракций при сушке. Размягчение добавками, содержащимися в моющих составах. Использование моющих средств низкого качества. Отклонения в пропорциях при смешивании лака и отвердителя.
Пятна от смолы и битума		Смоляные и битумные пятна на покрытии кузова (основном в плоскости вращения колёс). При длительном воздействии возникают чётко очерченные круглые вздутия.	Проникновение в слой ЛКП растворителей или их заменителей, содержащихся в смоле или битуме.
Царапины в результате механических повреждений		Царапины (в некоторых случаях односторонние) на покрытии кузова в результате механических повреждений.	Перемещения частиц абразива с острыми гранями вдоль поверхности ЛКП
Царапины от мойки		Равномерные параллельные царапины, распространённые по всей поверхности кузова. Степень повреждаемости зависит не только от интенсивности воздействия при мойке, но и от температуры и влажности окружающей среды.	Царапание покрытия при смачивании и мойке, вращении щёток автоматической портальной установки, протирке в результате попадания в зону воздействия твёрдых частиц, содержащихся в загрязнениях

Методический аппарат и результаты исследования

Для подтверждения этой гипотезы были проанализированы методы контроля окрашенных поверхностей отремонтированных кузовов легковых автомобилей [5, 6]. Кроме того, были проведены экспериментальные исследования с помощью набора карандашей (методика определения твёрдости лакокрасочного покрытия согласно ГОСТ Р 54586-2011 (ИСО 15184:1998), показавшие, что твёрдость покрытия окрашенной поверхности отремонтированных кузовов в 40–50 % случаев составляет степень «В», что требует определённой её защиты.

Согласно ГОСТ 9.032-74, содержащему требования к качеству окрашенной поверхности отремонтированного кузова, твёрдость лакокрасочного покрытия должна быть не менее «НВ».

При проведении экспериментальных исследований на пяти восстановленных после кузовного ремонта автомобилях были получены результаты,

изображённые в виде диаграммы на рисунке 1.

Проводимые замеры показали, что в процессе эксплуатации твёрдость лакокрасочного покрытия из состояния «В» в состоянии «НВ» переходит в течение 2–4 дней, поэтому до этого периода рекомендуется либо воздержаться от эксплуатации автомобиля, либо защитить покрытие кузова от механических повреждений.

В рамках решения третьей задачи исследования было проведено априорное ранжирование факторов [2], влияющих на защиту лакокрасочного покрытия кузова. Для этого был проведён экспертный опрос с распределением рангов от 1 до 10 для факторов защиты. В качестве экспертов выступали 10 маляров, работающих в ООО «Автосалон-2000» города Оренбурга. Расчёт основных показателей производился в программе Exel с соблюдением необходимых требований к априорному ранжированию (коэффициент конкордации $W = 0,605$, Хи-квадрат больше 14,1). Результаты ранжирования приведены в численном представлении в таблице 2.

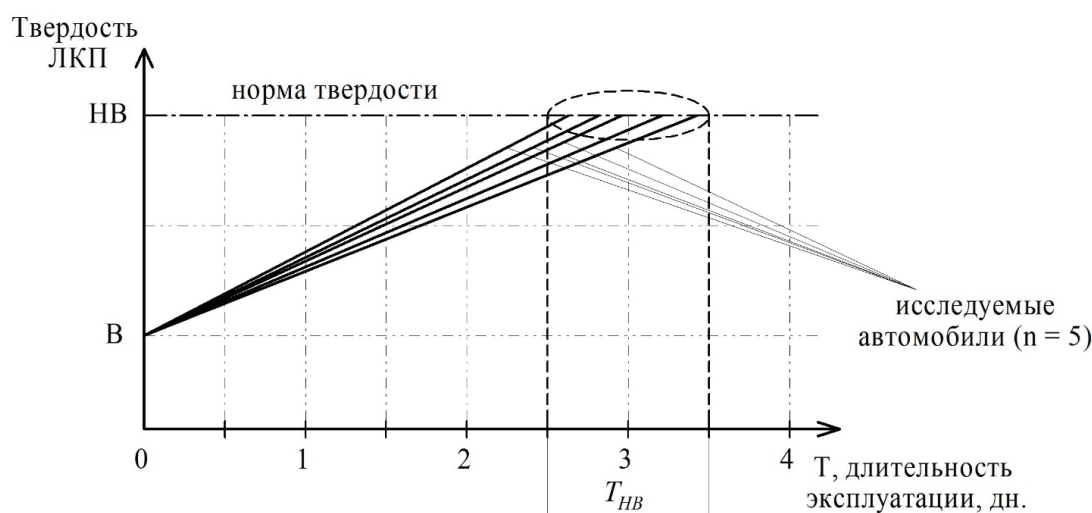


Рисунок 1. Диаграмма твёрдости лакокрасочного покрытия восстановленных кузовов автомобилей в процессе эксплуатации

Таблица 2. Результаты априорного ранжирования факторов

Параметры	Сумма рангов $\sum_{j=1}^m a_{ij}$	Отклонение Δ_i суммы рангов от средней суммы рангов	Квадраты отклонений, Δ_i^2	Вес фактора	Место
Нанесение специальных полирующих составов на основе воска (X_1)	46	15	225	0,095	5
Защита лакокрасочного покрытия кузова полиуретановой плёнкой (X_2)	17	-14	196	0,238	2
Нанесение специальных составов на основе латекса (X_3)	15	-16	256	0,286	1
Нанесение специальных составов на основе винила (X_4)	34	3	9	0,143	4
Нанесение специальных составов на основе диоксида кремния (X_5)	24	-7	49	0,190	3
Установка дефлекторов на капот автомобиля (X_6)	49	18	324	0,048	6
Итого	185	—	1059	1,0	—

Исходя из полученных результатов, была построена априорная диаграмма рангов, изображённая на рисунке 2. Диаграмма позволила выявить наиболее значимые факторы, влияющие на защиту лакокрасочного покрытия (факторы: X_3 , X_2 , X_5 , X_4 , X_1 , X_6).

Обсуждение результатов

На основе вышеизложенного, в качестве наиболее эффективного способа защиты лакокрасочного покрытия кузовов автомобилей, восстановленных после ДТП, в эксплуатации предлагается метод нанесения латексной плёнки, обладающей следующими основными достоинствами [9]:

- имеет малую толщину,

- имеет различную цветовую гамму;
- наносится методом распыления;
- не оставляет следов при снятии;
- не повреждает лакокрасочное покрытие;
- имеет невысокую стоимость.

Стоимость нанесения специального состава на основе латекса на один кузовной элемент в городе Оренбурге на исследуемый период составляет 2000–2500 рублей. Стоимость повторной окраски одной кузовной детали равна в среднем от 4000 до 5000 рублей. Нанесённое защитное покрытие через 6–8 дней эксплуатации может быть удалено, что позволит ремонтному покрытию за это время обрести соответствующую твёрдость «НВ».

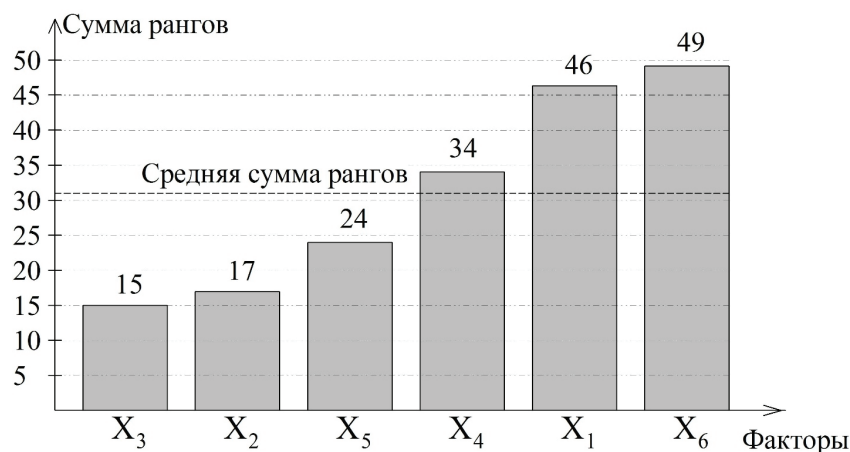


Рисунок 2. Априорная диаграмма рангов

X_1 – нанесение специальных полирующих составов на основе воска; X_2 – защита лакокрасочного покрытия кузова полиуретановой плёнкой; X_3 – нанесение специальных составов на основе латекса; X_4 – нанесение специальных составов на основе винила; X_5 – нанесение специальных составов на основе диоксида кремния; X_6 – установка дефлекторов на капот автомобиля

Заключение

Таким образом, основным результатом исследования, имеющим элементы научной новизны, является выдвижение и подтверждение гипотезы о недостаточной твёрдости лакокрасочного покрытия кузова автомобиля в начальный послеремонтный период, требующий защитных воздействий. Полученные результаты исследований являются составной частью комплексной технологии восстановления и послеремонтной эксплуатации кузовов легковых автомобилей. Её внедрение позволит повысить эффективность эксплуатации легковых автомобилей путём защиты лакокрасочного покрытия кузовов транспортных средств, восстановленных после ДТП, что позволит снизить риск

возникновения дефектов в процессе эксплуатации, увеличить срок службы кузовов, улучшить качество предоставляемых услуг по кузовному ремонту на сервисных предприятиях. Результаты также могут быть использованы при теоретической и практической подготовке экспертов-автотехников, бакалавров и магистров направлений, связанных с эксплуатацией транспортно-технологических машин и комплексов. Исследование планируется продолжить в направлении решения ряда задач, связанных с повышением эффективности применения лакокрасочных материалов и совершенствовании процессов диагностирования защитных покрытий при кузовном ремонте легковых автомобилей.

Литература

1. Гордиенко В. Н. Ремонт кузовов отечественных легковых автомобилей. – М.: АТЛАС-ПРЕСС, 2006. – 256 с.
2. Данелян Т. Я. Формальные методы экспертных оценок // Экономика, Статистика и Информатика, 2015. – № 1. – С. 183-187.
3. Дефекты лакокрасочного покрытия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.europroject.by/download/Brochure-defects-RM.pdf> (дата обращения: 07.11.2019).
4. Ламбурн Р. Лакокрасочные материалы и покрытия. Теория и практика: Пер. с англ. – СПб.: Химия, 1991. – 512 с.
5. Лосавио С. К. Исследуем лакокрасочное покрытие кузова. «АБС Авто» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://expertauto.pro/car-body/issleduem-lakokrasochnoe-pokritie-kuzova> (дата обращения: 19.10.2019).
6. Лосавио С. К. Исследуем лакокрасочное покрытие кузова. Продолжение. Эффективные методики. «АБС Авто» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.abs-magazine.ru/article/issleduem-lakokrasochnoe-pokritie-kuzova-prodoljenie-effektivnie-metodiki> (дата обращения: 19.10.2019).
7. Петер фон Керкхофф, Гельмут Хааген. Каталог повреждений лакокрасочных покрытий: Пер. с нем. – М.: Издательский дом «Третий Рим», 2004. – 272 с.
8. Синельников А. Ф., Лосавио С. К., Синельников Р. Ф. Кузова легковых автомобилей. Техническое обслуживание и текущий ремонт. – М.: Транспорт, 2004. – 334 с.

9. Хасанов И. Х., Рассоха В. И., Золотарёв Е. С. Совершенствование методики защиты лакокрасочного покрытия кузова при эксплуатации легкового автомобиля // Интеллект. Инновации. Инвестиции, 2017. – № 11. – С. 51-54.
10. Эксплуатационные дефекты лакокрасочных покрытий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lakcolor.ru/stati/ekspluatatsionnye-defekty-lakokrasochnykh-pokrytiy.html>
11. Carsten Keller, Matthias Putz. Force-controlled Adjustment of Car Body Fixtures – Verification and Performance of the New Approach // *Procedia CIRP*. – 2016. V. 44. – P. 359-364.
12. Jaime Molina, J. Ernesto Solanes, Laura Arnal, Josep Tornero. On the detection of defects on specular car body surfaces // *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. – 2017. V. 48. – P. 263-278.
13. Laura Arnal, J. Ernesto Solanes, Jaime Molina, Josep Tornero. Detecting dings and dents on specular car body surfaces based on optical flow // *Journal of Manufacturing System*. – 2017. V. 45. – P. 306-321.
14. Suleimanov I. F., Kharlyamov D. A., Mavrin G. V., Khasanov I. Kh., Rassokha V. I., Khasanov R. Kh. Diagnosing Technique Improvement of Power and Bearing Designs in Vehicle Bodies and Frames // *Helix*, 2017. – Vol. 8 (1). – P. 2568-2572.
15. Suleimanov I. F., Nazmutdinov A. Kh., Khasanov I. Kh., Rassokha V. I., Filippov A. A. A research of technical condition of a paint and varnish covering of a body of the car before holding repair actions // *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*, 2018. – Vol. 8, Special Iss. 8. – P. 465-471.

References

1. Gordienko, V.N. (2006) *Remont kuzovov otechestvennykh legkovykh avtomobilej* [Repair of bodies of domestic cars]. Moscow: ATLAS-PRESS, 256 p.
2. Danelyan, T.J. (2015) [Formal Methods of Expert Assessments]. *Ekonomika, Statistika i Informatika* [Economics, Statistics and Informatics]. Vol. 1, pp. 183-187. (In Russ.).
3. Paint coating defects. Available at: <http://www.europroject.by/download/Brochure-defects-RM.pdf> (accessed 07.11.2019) (In Eng.).
4. Lamburn, R. (1991) *Lakokrasochnye materialy i pokrytiya. Teoriya i praktika: Per. s angl.* [Paint materials and coatings. Theory and practice: trans. from engl.]. St. Petersburg: Chemistry, 512 p.
5. Losavio, S.K. *Issleduyem lakokrasochnoye pokrytiye kuzova. «ABS Avto»* [We study the paint coating of the body. ABS Auto]. Available at: <https://expertauto.pro/car-body/issleduem-lakokrasochnoe-pokritie-kuzova> (accessed 19.10.2019) (In Eng.).
6. Losavio, S.K. *Issleduyem lakokrasochnoye pokrytiye kuzova. Prodolzheniye. Effektivnyye metodiki. «ABS Avto»* [We study the paint coating of the body. Continuation. Effective techniques. ABS Auto]. Available at: <http://www.abs-magazine.ru/article/issleduem-lakokrasochnoe-pokritie-kuzova-prodolzhenie-effektivnie-metodiki> (accessed 19.10.2019) (In Eng.).
7. Peter fon Kerkkhoff, Gel'mut Haagen (2004) *Katalog povrezhdeni lakokrasochnykh pokrytij: Per. s nem.* [Catalogue of paint coating damages: trans. from gem.]. Moscow: Publishing House «Third Rome», 272 p.
8. Sinel'nikov, A.F., Losavio, S.K., Sinel'nikov, R.F. (2004) *Kuzova legkovykh avtomobilej. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i tekushchij remont* [Bodies of passenger cars. Maintenance and maintenance]. Moscow: Transport, 334 p.
9. Hasanov, I.H., Rassoha, V.I., Zolotaryov, E.S. (2017) [Improvement of the method of protection of paint coating of the body during operation of a passenger car]. *Intellekt. Innovacii. Investicii* [Intelligence. Innovations. Investments]. Vol. 11, pp. 51-54. (In Russ.).
10. Operational defects of paint coatings. Available at: (accessed 07.11.2019) (In Eng.).
11. Carsten Keller, Matthias Putz (2016) Force-controlled Adjustment of Car Body Fixtures. Verification and Performance of the New Approach. *Procedia CIRP*. Vol. 44, pp. 359-364. (In Eng.).
12. Jaime Molina, J. Ernesto Solanes, Laura Arnal, Josep Tornero (2017) On the detection of defects on specular car body surfaces. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. Vol. 48, pp. 263-278. (In Eng.).
13. Laura Arnal, J. Ernesto Solanes, Jaime Molina, Josep Tornero (2017) Detecting dings and dents on specular car body surfaces based on optical flow. *Journal of Manufacturing System*. Vol. 45, pp. 306-321. (In Eng.).
14. Suleimanov, I.F., Kharlyamov, D.A., Mavrin, G.V., Khasanov, I.Kh., Rassokha, V.I., Khasanov, R.Kh. (2017) Diagnosing Technique Improvement of Power and Bearing Designs in Vehicle Bodies and Frames. *Helix*. Vol. 8 (1), pp. 2568-2572. (In Eng.).
15. Suleimanov, I.F., Nazmutdinov, A.Kh., Khasanov, I.Kh., Rassokha, V.I., Filippov, A.A. (2018) A research of technical condition of a paint and varnish covering of a body of the car before holding repair actions. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*. Vol. 8, Special Iss. 8, 465-471. (In Eng.).

Информация об авторах:

Ильгиз Халилович Хасанов, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия
e-mail: hasanovilgiz1@yandex.ru

Владимир Иванович Рассоха, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры автомобильного транспорта, декан транспортного факультета, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

e-mail: cabin2012@yandex.ru

Дмитрий Германович Неволин, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой проектирования и эксплуатации автомобилей, главный научный сотрудник, Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Россия

e-mail: innotrans@mail.ru

Статья поступила в редакцию 18.10.2019; принята в печать 29.11.2019.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Ilgiz Khalilovich Khasanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate professor of Department of automobile transport, Orenburg State University, Orenburg, Russia
e-mail: hasanovilgiz1@yandex.ru

Vladimir Ivanovich Rassokha, Doctor of Engineering, Associate professor, Professor of Department of automobile transport, Dean of Transport faculty, Orenburg State University, Orenburg, Russia

e-mail: cabin2012@yandex.ru

Dmitry Germanovich Nevolin, Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of Car Design and Operation, Chief Researcher of Ural State University of Communication Routes, Yekaterinburg, Russia

e-mail: innotrans@mail.ru

The paper was submitted: 18.10.2019.

Accepted for publication: 29.11.2019.

The authors have read and approved the final manuscript.

КАНАЛИЗИРОВАНИЕ ЛЕВОПОВОРОТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА ПЕРЕКРЕСТКАХ СО СВЕТОФОРНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

С. А. Эртман¹, Ю. А. Эртман², Г. Н. Морозов³

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

¹e-mail: ertmansa@tyuiu.ru

²e-mail: ertmanja@tyuiu.ru

³e-mail: goga.post@yandex.ru

Аннотация. В отечественной и зарубежной нормативной документации, а также специальной литературе отсутствуют четкие рекомендации по применению метода канализирования пересечений. Нет устоявшейся терминологии применительно к выделенному канализированному потоку перед регулируемым перекрестком, отсутствуют указания по определению его параметров.

Цель исследования заключается в повышении эффективности канализирования левоповоротных транспортных потоков перед регулируемым пересечением как метода организации дорожного движения.

В работе впервые обосновано понятие локального расширения для канализирования, в также предлагается методика расчета его длины в зависимости от различных влияющих факторов. В целях исследования выдвигается гипотеза о том, что оптимальная длина локального расширения зависит от транспортного спроса на поворотное движение, приведенного к 1 циклу светофорного регулирования, и от среднего динамического габарита транспортных средств в потоке. В соответствии с гипотезой, на основе собранных данных производится расчёт длины локального расширения проезжей части для нескольких участков улично-дорожной сети г. Тюмени.

Для обоснования адекватности расчетов использован метод имитационного моделирования в программном комплексе PTV Vissim (микромоделирование). На основе данных натурных обследований участков улично-дорожной сети были созданы имитационные модели, отображающие текущую ситуацию на регулируемых пересечениях, а также оценивалась эффективность проектных решений при организации локальных расширений проезжей части перед перекрестками.

Установленная зависимость оптимальной длины локального расширения проезжей части от приведенного транспортного спроса к 1 циклу с высокой степенью достоверности подтверждена результатами имитационного моделирования. Таким образом, на основе полученной математической модели, возможно, производить расчёты оптимальной длины локального расширения проезжей части перед регулируемыми перекрестками.

Дальнейшие исследования предполагают определение влияния различных факторов на эффективность канализирования транспортных потоков.

Ключевые слова: локальное расширение проезжей части, канализирование транспортных потоков, имитационное моделирование, дорожное движение, регулируемый перекресток, общая эффективность организации движения на перекрестке.

Для цитирования: Эртман С. А., Эртман Ю. А., Морозов Г. Н. Канализирование левоповоротных транспортных потоков на перекрестках со светофорным регулированием // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 8. – С. 153-164. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-153.

THE LEFT-TURN TRAFFIC FLOW CHANNELING TECHNIQUE AT ASIGNALED CROSSING

S.A. Ertman¹, J.A. Ertman², G.N. Morozov³

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

¹e-mail: ertmansa@tyuiu.ru

²e-mail: ertmanja@tyuiu.ru

³e-mail: goga.post@yandex.ru

Abstract. There are not clearly defined instructions for use traffic channeling technique in the normative documentation of the Russian Federation and foreign countries and in the specialized literature. Also there is not the established terminology relative to the channeling of traffic flow on the intersection and instructions for determination of its parameters as well.

The goal of the research is how to increase overall intersection efficiency by the traffic channeling technique.

This work contains justification of the concept of the local extension for the traffic channeling and the methodic of its length calculation in depend on different influencing factors. To reach these goals there is the following hypothesis: the optimal length of local extension depends on transport demand for left-turn traffic per one traffic light cycle and average dynamic size of vehicles in the traffic flow. According to the hypothesis the calculation of the length of the local road extension for several roads of the road network of Tyumen city on the basis of the collected data has been made.

Simulation modeling in the software PTV Vissim (micromodeling) has been used to prove the calculations validity. The simulation models for the current situation at intersection have been developed based on the data obtained for different roads. The effectiveness of the project solutions has been evaluated.

Set the dependency of optimal length of the local road extension on relative transport demand per one traffic light cycle has been highly likely proved by the simulation modeling results. Therefore it is possible to calculate the optimal length of the local road extension before a signaled crossing based on the mathematical model obtained.

Future research is supposed the determination different factors effect on the overall efficiency of an intersection due to the channeling technique.

Keywords: local extension of the roadway, traffic channeling, simulation modeling, road traffic, signaled crossing, overall efficiency of intersection.

Cite as: Ertman, S.A., Ertman, J.A., Morozov, G.N. (2019) [The left turn traffic flow channeling technique at signaled crossing]. *Intellekt. Innovatsi. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 8, pp. 153-164. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-8-153.

Введение

С каждым годом всё более актуальной проблемой в городах России становится обеспечение соответствующей пропускной способности улично-дорожной сети (УДС), определяющей уровень транспортного обслуживания и качества жизни населения. Высокий уровень транспортного обслуживания определяется скоростью, своевременностью, предсказуемостью, ритмичностью, безопасностью и экологичностью функционирования транспортной системы [5]. Одним из наиболее важных факторов, влияющих на уровень городского транспортного обслуживания, является пропускная способность УДС.

Пропускная способность УДС определяется пропускной способностью ее отдельных элементов: перегонов, перекрестков, искусственных сооружений и т.д. Особенно высокое влияние оказывают участки УДС с минимальной пропускной способностью, к которым относятся регулируемые перекрестки.

Повышение пропускной способности регулируемых перекрестков может быть достигнуто либо организационными мероприятиями без изменения их геометрических размеров (оптимизация светового регулирования на перекрестке и на смежных участках УДС, изменение разрешенных направлений движения по полосам движения), либо реконструкцией перекрестка и подходов к нему (расширение проезжей части, строительство путепровода и т.д.).

Полная реконструкция участков УДС, предусматривающая расширение проезжей части автомобильной дороги, строительство инженерных сооружений, разделяющих транспортные, транспортные и пешеходные потоки в разных уровнях, не всегда является возможным и целесообразным вариантом

совершенствования организации дорожного движения (ОДД). Для повышения пропускной способности УДС можно использовать менее дорогостоящие методы [7].

При подходе к перекрестку рекомендуется наличие минимум трёх полос, необходимых для осуществления удобного накопления транспорта [6]. Канализирование поворотных (левоповоротного, правоповоротного) транспортных потоков на перекрестке за счёт выделения целой полосы – не всегда является эффективным вариантом использования пропускной способности полосы, т.к. установлено, что интенсивность по данному направлению составляет не более 25%–30% от общего потока. Поэтому в таких случаях наиболее рациональным вариантом ОДД становится обустройство специальных полос (карманов) относительно небольшой протяжённости перед пересечением для канализирования транспортных потоков по направлениям. Обозначенное мероприятие иногда называют «переходно-скоростными полосами» (ПСП).

Понятие локального расширения проезжей части

В СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги» приводится определение «переходно-скоростной полосы»: «Полоса движения, устраиваемая для обеспечения разгона или торможения транспортных средств при выезде из транспортного потока или въезде в транспортный поток, движущийся по основным полосам» [12].

Переходно-скоростные полосы проектируют:

– на пересечениях и примыканиях в одном уровне в местах съездов на дорогах категорий I–III, в том числе к зданиям и сооружениям, располагаемым в придорожной зоне;

- на транспортных развязках;
- в местах расположения площадок для остановок автобусов;
- у автозаправочных станций и площадок для отдыха.

Исходя из определения, основная задача ПСП – снижение или увеличение скорости для обеспечения безопасного перехода потока транспортных средств с второстепенного направления, и наоборот.

С точки зрения ОДД, полосы для канализирования поворотных потоков перед перекрёстками обозначаются знаками «начало полосы» (рисунок 1). Согласно ГОСТ «Технические средства организации дорожного движения», знаки применяют при увеличении числа полос для движения в данном направлении, а также для обозначения полосы, предназначенной для поворота налево или разворота [9].



Рисунок 1. ГОСТ 52289-2004, знаки 5.15.3 и 5.15.4 – «начало полосы»

Таким образом, в условиях города увеличение числа полос перед пересечением является не ПСП, а участком дороги с увеличенным количеством полос. Расширения проезжей части автомобильной дороги перед перекрёстком, как правило, предназначено для отвода лево- или правоповоротных транспортных потоков, за счёт чего происходит увеличение пропускной способности пересечения. При организации ПСП повышение пропускной способности играет не основную роль, т.к. при обеспечении условий безопасности увеличение пропускной способности происходит за счёт снижения транспортных задержек, вызванных затруднением вхождения потока с второстепенного

направления в основной поток, и наоборот [8, 13].

Отечественный опыт показывает, что увеличение числа полос перед пересечением рассматривалось и ранее как средство повышения пропускной способности пересечения. Например, в книге «Городские пути сообщения» профессор М.С. Фишельсон для разделения транспортных потоков по направлениям предлагает применение «уширения» подходов к перекрёстку [6]. При этом указывается, что длина уширения должна составлять не менее 60 м, как показано на рисунке 2. Однако нет пояснения, почему уширение должно быть именно такой длины, а также в каких именно случаях необходимо увеличивать его протяжённость.



Рисунок 2. Пример уширения подходов и канализирования движения на перекрёстке

Профессор Г. И. Клиновштейн мероприятие по увеличению числа полос не выделяет как самостоятельный вид совершенствования ОДД с целью увеличения пропускной способности пересечения. В первую очередь, речь идёт о применении направляющих островков, и лишь косвенно – об увеличении количества полос перед пересечением (т.н. «карманов») для защиты автомобилей (под номером 3 на рисунке 2), ожидающих возможности повернуть налево [10].

Профессор Ю.А. Кременец при организации светофорного регулирования на пересечении рекомендует выделять левоповоротное движение

в отдельную фазу или использовать другие методы организации дорожного движения при величине транспортного потока, превышающей 120 автомобилей в час [6].

Описание подобного метода канализирования встречается в Highway Capacity Manual 2010 [14]: «...левоповоротные полосы на перекрёстках необходимо применять для уменьшения задержек транспортных средств, осуществляющих движение в прямом направлении, а также для увеличения безопасности (рисунок 3). Левоповоротные полосы обеспечивают место для транспортных средств, ожидающих необходимый интервал для поворота...».

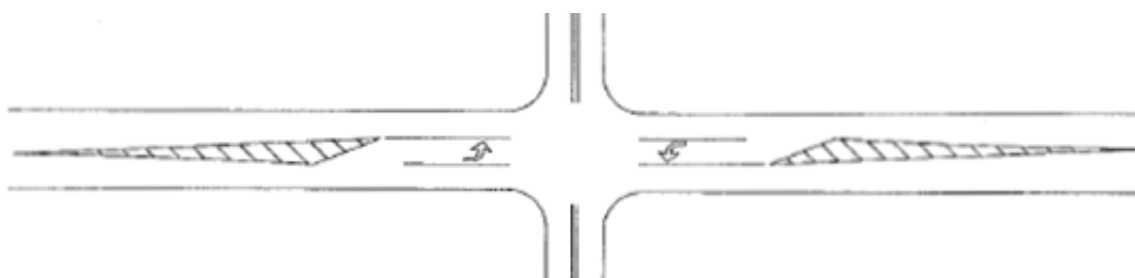


Рисунок 3. Перекрёсток с левоповоротными полосами

Тем не менее, Highway Capacity Manual не содержит конкретных рекомендаций по расчёту оптимальных параметров для поворотных полос.

В ходе изучения ранее выполненных работ был также найден материал о «зонах ожидания» (waiting area) [15]. «Зона ожидания» (рисунок 4) представляет собой часть левоповоротной полосы,

начинающейся после «стоп-линии». Авторы приводят формулу для оценки пропускной способности левоповоротной полосы с «зоной ожидания». Однако не рассматривается сама левоповоротная полоса до «стоп-линии», не указывается, какими характеристиками, в частности длиной, должна она обладать.

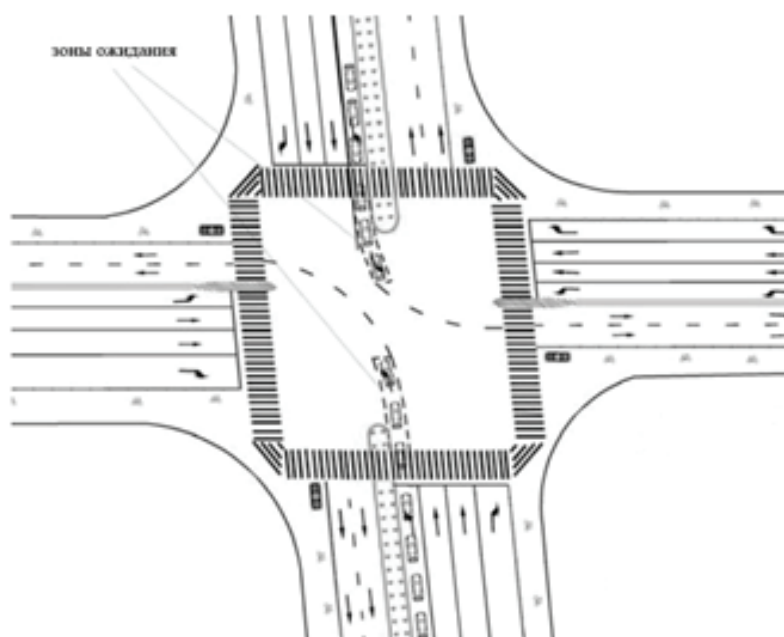


Рисунок 4. Схема регулируемого перекрестка с левоповоротной зоной ожидания

Таким образом, в профессиональной литературе и нормативной документации в настоящий момент отсутствует чёткое определение для мероприятия, предполагающего увеличение числа полос перед пересечением автомобильных дорог, и, как следствие, методика его применения.

Исходя из сказанного, можно сформулировать определение:

Локальное расширение проезжей части (ЛРПЧ) – дополнительная полоса перед перекрёстком, выделенная конструктивно или посредством разметки, предназначенная для отделения поворотных (правой или левоповоротных) транспортных потоков.

При устройстве ЛРПЧ возникает необходимость определения минимально необходимой (оптимальной) длины ЛРПЧ по нескольким причинам:

- недостаточная длина локального расширения не позволит эффективно распределить транс-

портный поток по направлениям, т.к. поворотный поток будет выстраиваться в начале локального расширения, занимая полосу для движения транспорта в прямом направлении;

- чрезмерная длина расширения приводит к перерасходу средств, а также к нерациональному использованию ценного городского пространства;

- разделение транспортного потока по направлениям движения позволит повысить пропускную способность и безопасность движения на пересечении.

Расчёт длины локальных расширений проезжей части

Рассмотрим вариант расчёта локального расширения для левоповоротного потока, осуществляющего движение в выделенной фазе светофорного цикла (рисунок 5).

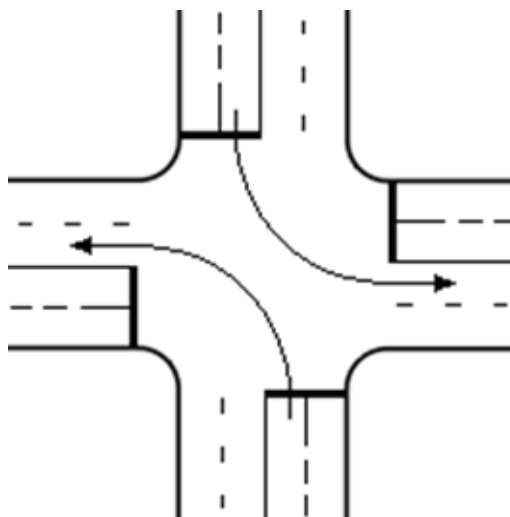


Рисунок 5. Схема разезда транспортных средств в фазе светофорного регулирования

Сформулируем рабочую гипотезу: оптимальная длина локального расширения зависит от транспортного спроса на поворотное движение, приведенного к 1 циклу светофорного регулирования, и от среднего динамического габарита транспортных средств в потоке:

$$L_{\text{лр}} = TC_{\text{пов}}^1 \cdot L_{\text{д}}^0 \quad (1)$$

где:

$L_{\text{д}}^0$ – оптимальная длина ЛРПЧ для поворотного движения, м;

$TC_{\text{пов}}^1$ – транспортный спрос на поворотное движение, приведенный к 1 циклу светофорного регулирования, ТС/цикл.

Транспортный спрос на поворотное движение, приведенный к 1 циклу светофорного регулирования $TC_{\text{пов}}^1$, определяется, исходя из длительности

цикла светофорного регулирования и часового транспортного спроса на поворотное движение (результат округляется «вверх» до целого):

$$TC_{\text{пов}}^1 = \frac{TC_{\text{пов}}}{3600/T_{\text{ц}}} \quad (2)$$

где:

$TC_{\text{пов}}$ – часовой транспортный спрос на поворотное движение, авт./час;

$T_{\text{ц}}$ – длительность цикла светофорного регулирования, с.

Динамический габарит транспортного средства рассчитывается по формуле [10, 3]:

$$L_{\text{д}} = l_{\text{а}} + v_{\text{а}} t_{\text{р}} + l_0 \quad (3)$$

где:

$v_{\text{а}}$ – скорость автомобиля, м/с;

t_p – время реакции водителя, с;
 l_a – средняя длина автомобиля, м;
 l_0 – дистанция до остановившегося впереди автомобиля, м.

Т.к. скорость транспортного средства будет равна 0, то предыдущая формула принимает вид:

$$L_d^0 = l_a + l_0 \quad (4)$$

Таким образом, длина ЛРПЧ может быть определена по формуле:

$$L_{\text{лр}} = \frac{TC_{\text{пов}}}{3600/T_c} \cdot (l_a + l_0) \quad (5)$$

Произведём расчёт необходимой длины локального расширения на примере пересечения ул. Малыгина – ул. Таймырская, г. Тюмень (рисунок 6).



Рисунок 6. Пересечение ул. Мельникайте – ул. Таймырская, г. Тюмень

Высокий транспортный спрос на левый поворот с ул. Таймырская в сочетании со встречным потоком приводят к значительным транспортным заторам на ул. Таймырская, что в периоды максимальной загрузки повышает риск возникновения аварийно-опасных ситуаций и ДТП [10].

Предлагается организовать ЛРПЧ на ул. Таймырская по направлению к ул. Мельникайте для левого поворота за счёт полосы для встречного направления. Входящие потоки с перекрестка на ул. Таймырская двигаются только по одной полосе, т.е. ощутимых помех от сужения проезжей части дороги, предназначенной для движения в данном направлении, не прогнозируется. В то же время, с ул. Таймырская транспортные средства будут иметь возможность осуществлять левый поворот из двух полос, правый поворот из выделенной правой полосы и движение прямо по средней полосе (рисунок 7).

Произведём расчёт оптимальной длины ЛРПЧ по формуле (5). Учитывая, что интенсивность левоповоротного потока 390 тс/час (распределяется на две полосы), время цикла 146 секунд, длина ав-

томобиля в среднем составляет 5 метров, дистанция до остановившегося впереди автомобиля 2 метра, получим:

$$L_{\text{лр}} = \frac{390/2}{3600/146} \cdot (5 + 2) = 55 \text{ метров}$$

Таким образом, минимально необходимая длина ЛРПЧ для левоповоротного потока по ул. Таймырская составляет 55 метров. Для обоснования эффективности проектного решения по ЛРПЧ установленной длины воспользуемся методом имитационного моделирования в программном комплексе PTV Vissim (микромоделирование) [1, 2].

Имитационное моделирование.

Результаты исследования

В программном комплексе PTV Vissim была создана модель, отображающая текущую ситуацию на пересечении проезжих частей улиц Мельникайте и Таймырская, представленная на рисунке 8.

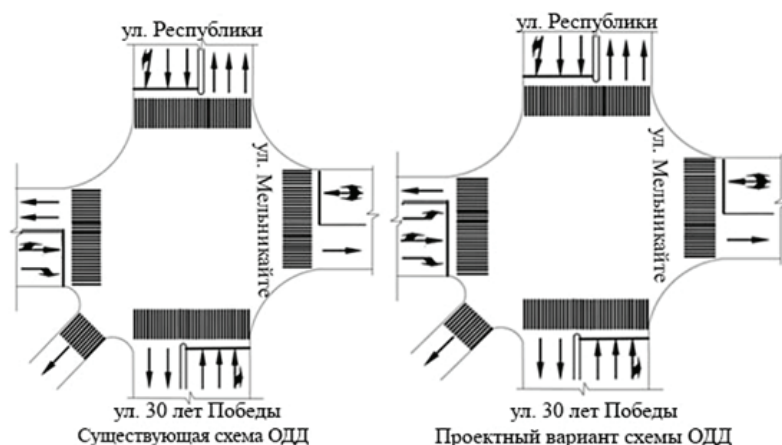


Рисунок 7. Схемы ОДД на пересечении ул. Мельникайте – ул. Таймырская



Рисунок 8. Модель пересечения ул. Мельникайте – ул. Таймырская, текущая ситуация

Изменение параметров проезжей части по ул. Таймырская при введении ЛРПЧ в имитационной модели перекрестка представлено на рисунке 9.



Рисунок 9. Модель пересечения ул. Мельникайте – ул. Таймырская с ЛРПЧ для левоповоротного транспортного потока

Для решения поставленных задач выполнены экспериментальные исследования с использованием разработанной имитационной модели. В ходе эксперимента длина ЛРПЧ изменялась от 28 до 70 метров (кратно 7-метровому динамическому габ-

риту транспортного средства), а также была выделена целая полоса для левоповоротного потока транспортных средств.

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты моделирования пересечения ул. Мельникайте – ул. Таймырская с разной длиной ЛРПЧ проезжей части

Параметры	Сущ. ОДД	Длина ЛРПЧ, м					
		28	49	56	63	70	Отдельная полоса
Среднее количество остановок	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,5
Средняя скорость движения потока, км/ч	13,0	13,9	14,3	14,6	14,6	14,6	14,7
Время задержки (всего потока), час	16,4	15,9	15,6	15,5	15,5	15,4	15,2
Ср. время задержки одного транспортного средства в потоке, с	66,9	62,9	61,2	59,9	59,9	59,9	59,5
Отн. время задержки, %	100	94	91	90	90	90	89

Анализ результатов экспериментальных исследований, представленных в таблице 1, показал, что оптимальным значением длины ЛРПЧ является 56 метров. При уменьшении длины происходит ухудшение показателей эффективности (по сравнению с оптимальным) ОДД:

- время задержек увеличивается на 2%–5%;
- скорость транспортного потока снижается на 2%–5%;
- относительное время задержки увеличивается на 1%–4%.

При увеличении длины ЛРПЧ значительных из-

менений не наблюдается.

Организация ЛРПЧ на данном пересечении за счёт полосы для движения встречного направления позволила бы уменьшить задержки и увеличить скорость транспортного потока на 10%. Расчётная длина соответствует результатам имитационного моделирования.

Для проверки рабочей гипотезы проведём дополнительные исследования. Произведём расчёт длины ЛРПЧ на пересечениях ул. Первомайской (рисунок 10) с последующим имитационным моделированием.

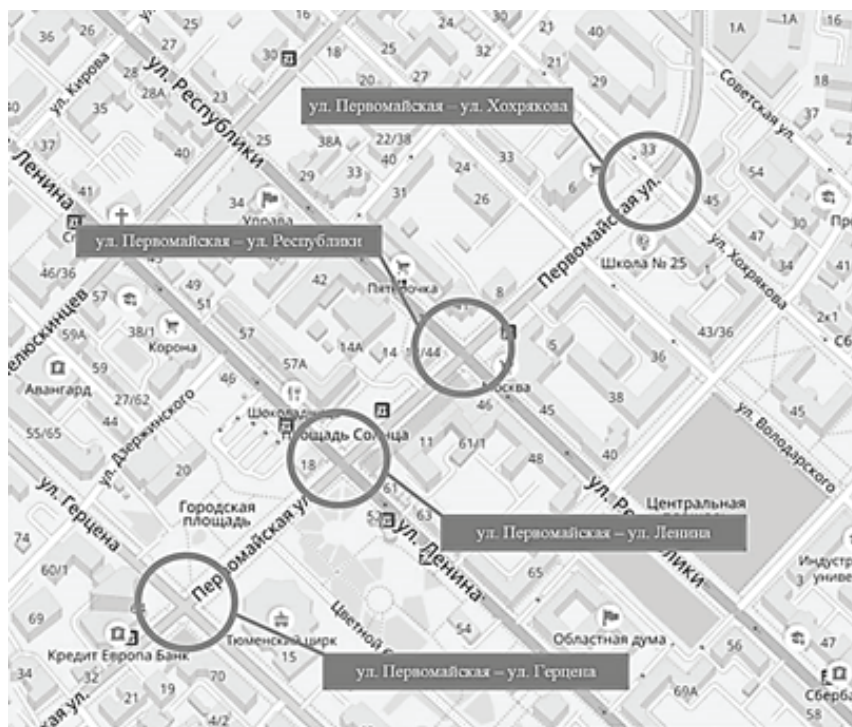


Рисунок 10. Участок УДС г. Тюмени, ул. Первомайская

Для создания имитационных моделей и расчёта оптимальной длины локальных расширений проезжей части на пересечениях ул. Первомайская – ул. Герцена, ул. Первомайская – ул. Ленина, ул. Первомайская – ул. Республики, ул. Первомайская – ул. Хохрякова, произведён сбор исходных данных, включающий в себя:

- определение количества полос движения по направлениям;
- сбор информации о существующей организации дорожного движения на пересечении (разрешенное движение по полосам, циклограммы светофорного регулирования и т.д);
- определение транспортного спроса.

Обоснование эффективной длины ЛРПЧ на пе-

ресечениях ул. Первомайской включает несколько этапов:

- расчётное определение оптимальной длины ЛРПЧ для левоповоротных потоков;
- имитационное моделирование: создание модели текущей ситуации; создание модели с расчётным параметром длины ЛРПЧ; создание моделей, предусматривающих изменение расчётной длины ЛРПЧ для проведения сравнительного анализа (увеличение, уменьшение длины);
- вывод об оптимальной длине ЛРПЧ для левоповоротных потоков.

В таблице 2 представлены данные по оптимальной длине ЛРПЧ на основании расчетов и имитационного моделирования.

Таблица 2. Длины ЛРПЧ, предлагаемые на пересечениях ул. Первомайской, г. Тюмени

Участок УДС. Пересечение	Длина ЛРПЧ, м		ТС _{л.пов.} ^э авт./час	ТС _{пов.} ¹ авт./цикл	Цикл, с
	расчётная	по модели			
ул. Первомайская – ул. Герцена (от ул. Смоленской)	14,0	14	48	2	150
ул. Первомайская – ул. Республики	54,8	56	176	8	160
ул. Первомайская – Ленина	44,0	49	138	7	164
ул. Первомайская – ул. Герцена (от ул. Ленина)	25,2	28	81	4	160
ул. Первомайская – ул. Хохрякова	15,6	21	80	3	100

Протяжённость расчётной длины ЛРПЧ проезжей части на основании расчётной математической

модели совпадают с результатами имитационного моделирования (рисунок 11).

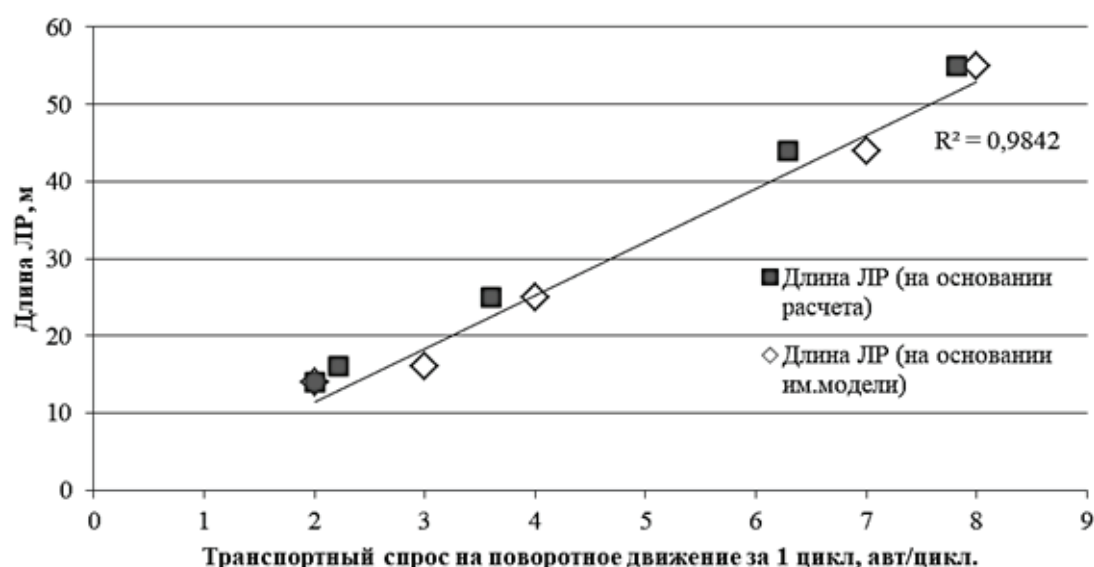


Рисунок 11. Параметры ЛРПЧ, полученные в имитационных моделях и расчётным путём

Таким образом, теоретическое определение значения оптимальной длины ЛРПЧ с высокой досто-

верностью подтверждается экспериментальными данными.

Заключение

Исследования показали, что канализирование левоповоротного потока, положительно отражается на пропускной способности пересечения. Разделение транспортного потока прямого направления от левоповоротного с помощью ЛРПЧ позволяет снизить вероятность возникновения ситуаций, при которых транспортные средства, следующие в поворотном направлении, перекрывают полосу для прямого направления, что повышает безопасность дорожного движения (из-за сокращения маневрирования при движении в прямом направлении) и пропускную способность поворотного направления.

Установлена зависимость минимально необходимой длины ЛРПЧ от транспортного спроса и продолжительности цикла светофорного регули-

рования. Полученная зависимость подтверждается результатами имитационного моделирования в программном комплексе PTV.

На основе полученной математической модели возможно на стадии проектирования производить расчёты оптимальных параметров ЛРПЧ в условиях отсутствия дорогостоящих программных продуктов имитационного моделирования дорожного движения.

Направление дальнейших исследований:

1. Проведение натурного эксперимента для подтверждения полученных результатов исследования.
2. Изучение влияния других факторов дорожного движения на длину ЛРПЧ: интенсивности встречного потока транспортных средств, геометрических размеров перекрестка, погодных условий и т. д.

Литература

1. Захаров Д. А. Особенности функционирования транспортного комплекса города Тюмени // Нефть и газ Западной Сибири. Международная научно-практическая конференция. – Тюмень, 2015. – С. 170-174.
2. Карманов Д. С. Моделирование транспортных потоков Восточного Административного округа города Тюмени // Организация и безопасность дорожного движения: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Тюмень, 2015. – С. 142-145.
3. Колесов В. И., Петров А. И. Модель динамики автомобилизации в задачах прогноза показателей безопасности дорожного движения // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2016. – № 1. – С. 33-36.
4. Левашев А. Г. Уточнение терминологии в области теории транспортных потоков // Транспортное планирование и моделирование. Цифровое будущее управления транспортом: сборник трудов III Международной научно-практической конференции. – Москва, 2018. – С. 77-83.
5. Михайлов А. Ю. Анализ методик расчета пропускной способности пересечений в одном уровне // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – № 12. – С. 231-238.
6. Михайлов А. Ю. Интегрированное территориальное и транспортное планирование // Современные тенденции развития городских систем: материалы Международной научной конференции, посвященной 135-летию со дня рождения основателя уральской архитектурной школы, профессора К. Т. Бабыкина. – Екатеринбург, 2015. – С. 12-13.
7. Морозов Г. Н. Влияние локального сужения проезжей части перед регулируемым перекрестком на его пропускную способность // Организация и безопасность дорожного движения: материалы Международной научно-практической конференции. – Тюмень, 2017. – С. 248-252.
8. Морозов Г. Н. Ограничение остановки, стоянки транспортных средств вдоль проезжей части перед регулируемым пересечением автомобильных дорог в условиях города // Организация и безопасность дорожного движения, материалы XI международной научно-практической конференции. – Тюмень, 2018. – С. 276-279.
9. Преловская С. Е. Совершенствование методики проектирования улично-дорожных сетей российских городов // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2017. – № 9. – С. 109-116.
10. Преловская С. Е. Транспортное планирование в российских городах: перспективы актуализации классификации и подхода к проектированию городских улиц // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2017. – № 6. – С. 113-119.
11. Шабалин И. В. Оценка транспортной опасности перекрестка как основа для анализа эффективности схемы организации дорожного движения // Проблемы функционирования систем транспорта: Материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. – Тюмень, 2014. – С. 368-373.
12. Шаров М. И. Унификация методов оценки качества проектирования улично-дорожных сетей, качества организации дорожного движения и оценки результатов транспортного моделирования // Транспортное планирование и моделирование: сборник трудов международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 96-100.
13. Эртман С. А. Оценка эффективности оптимизации организации дорожного движения на пересечении улиц с интенсивным движением // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – № 6. – С. 219-222.

14. Wanjing Ma. (2017) Increasing the capacity of signalized intersections with left-turn waiting areas [Transportation Research Part A: Policy and Practice]. Vol. 105, pp. 181-196.
15. Xinguo Jiang. (2016) Safety evaluation of signalized intersections with left-turn waiting area in China [Accident Analysis & Prevention]. Vol. 95, pp. 461-469.

References

1. Zakharov, D.A. (2015) [Features of the functioning of the transport complex of the city of Tyumen]. *Osobennosti funktsionirovaniya transportnogo kompleksa goroda Tyumeni* [Oil and gas of Western Siberia. International Scientific and Practical Conference]. Tyumen, pp. 170-174. (In Russ.).
2. Karmanov, D. S. (2015) [Simulation of traffic flows of the Eastern Administrative area of Tyumen]. *Modelirovaniye transportnykh potokov Vostochnogo Administrativnogo okruga goroda Tyumeni* [Organization and road safety: materials of the all-Russian scientific and practical conference]. Tyumen, pp. 142-145. (In Russ.).
3. Kolesov, V.I., Petrov, A.I. (2016) [The dynamics model of motorization in the tasks of forecasting traffic safety indicators]. *Model' dinamiki avtomobilizatsii v zadachakh prognoza pokazateley bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya* [Safety and Emergency Issues]. Vol. 1, pp. 33-36. (In Russ.).
4. Levashev, A.G. (2018) [Clarification of terminology in the theory of traffic flows]. *Utochneniye terminologii v oblasti teorii transportnykh potokov* [Transport planning and modeling. The Digital Future of Transport Management: Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference]. Moscow, pp. 77-83. (In Russ.).
5. Mikhailov, A.U. (2018) [Analysis of methods for calculating intersection throughput at one level]. *Analiz metodik rascheta propusknoy sposobnosti peresecheniy v odnom urovne* [Bulletin of Irkutsk State Technical University]. Vol. 12, pp. 231-238. (In Russ.).
6. Mikhaylov, A.U. (2015) [Integrated territorial and transport planning]. *Integrirovannoye territorial'noye i transportnoye planirovaniye* [Current trends in the development of urban systems: materials of the International Scientific Conference dedicated to the 135th birthday of the founder of the Ural school of architecture, Professor K.T. Babykina.]. Yekaterinburg, pp. 12-13. (In Russ.).
7. Morozov, G.N. (2017) [The influence of local narrowing of the roadway in front of an adjustable crossroads on its capacity]. *Vliyaniye lokal'nogo suzheniya proyezhey chasti pered reguliruyemym perekrestkom na yego propusknyuyu sposobnost* [Organization and traffic safety: materials of the International scientific-practical conference]. Tyumen, pp. 248-252. (In Russ.).
8. Morozov, G.N. (2018) [Parking restriction of vehicles along the carriageway before the adjustable intersection of highways in the city conditions]. *Ogranicheniye ostanovki, stoyanki transportnykh sredstv vdol' proyezhey chaste pered reguliruyemym peresecheniyem avtomobil'nykh dorog v usloviyakh goroda* [Organization and traffic safety, materials of the XI International scientific and practical conference]. Tyumen, pp. 276-279. (In Russ.).
9. Prelovskaya, S.E. (2017) [Improving the design methodology of road networks in Russian cities]. *Sovershenstvovaniye metodik i proyektirovaniya ulichno-dorozhnykh setey rossiyskikh gorodov* [News of higher educational institutions. Construction.]. Vol. 9, pp. 109-116. (In Russ.).
10. Prelovskaya, S.E. (2017) [Transport planning in Russian cities: prospects for updating the classification and approach to the design of city streets]. *Transportnoye planirovaniye v rossiyskikh gorodakh: perspektivy aktualizatsii klassifikatsii podkhoda k proyektirovaniyu gorodskikh hulits* [Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway University]. Vol. 6, pp. 113-119. (In Russ.).
11. Shabalin, I.V. (2014) [Crossroads traffic hazard assessment as a basis for analyzing the effectiveness of a traffic management scheme]. *Otsenka transportnoy opasnosti perekrestka kak osnova dlya analiza effektivnosti skhemy organizatsii dorozhnogo dvizheniya* [Problems of the functioning the transport systems: Materials of an All-Russian scientific-practical conference with international participation]. Tyumen, pp. 368-373. (In Russ.).
12. Sharov, M.I. (2016) [Unification of methods for assessing the quality of designing street-road networks, the quality of traffic management and evaluating the results of transport modeling]. *Unifikatsiya metodov otsenki kachestva proyektirovaniya ulichno-dorozhnykh setey, kachestva organizatsii dorozhnogo dvizheniya i otsenki rezul'tatov transportnogo modelirovaniya* [Transport planning and modeling: proceedings of an international scientific and practical conference.]. St. Petersburg, pp. 96-100. (In Russ.).
13. Ertman, S.A. (2015) [Assessment of the optimization efficiency of traffic management at the street intersection with intensive traffic flows]. *Otsenka effektivnosti optimizatsii organizatsii dorozhnogo dvizheniya na peresechenii ulits s intensivnym dvizheniyem* [Scientific-technical bulletin of the Volga region]. Vol. 6, pp. 219-222. (In Russ.).
14. Wanjing Ma. (2017) Increasing the capacity of signalized intersections with left-turn waiting areas. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 105, pp. 181-196. (In Engl.)

15. Xinguo Jiang (2016) Safety evaluation of signalized intersections with left-turn waiting area in China. *Accident Analysis & Prevention*. Vol. 95, pp 461-469. (In Engl.).

Информация об авторах:

Сергей Александрович Эртман, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

Researcher ID: AAC-3912-2019, **Scopus Author ID:** 57090336900

e-mail: ertmansa@tyuiu.ru

Юлия Александровна Эртман, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

Scopus Author ID: 57090974400

e-mail: ertmanja@tyuiu.ru

Георгий Николаевич Морозов, аспирант, направление подготовки 23.06.01. Технология транспортных процессов, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

e-mail: goga.post@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 22.10.2019; принята в печать 29.11.2019.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Sergey Aleksandrovich Ertman, Candidate of Technical Sciences, Assistant professor of the motor transport operation department, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Researcher ID: AAC-3912-2019, **Scopus Author ID:** 57090336900

e-mail: ertmansa@tyuiu.ru

Julia Aleksandrovna Ertman, Candidate of Technical Sciences, Assistant professor of the motor transport operation department, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Scopus Author ID: 57090974400

e-mail: ertmanja@tyuiu.ru

Georgy Nikolaevich Morozov, postgraduate student, training direction 23.06.01. Technology of transport processes, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

e-mail: goga.post@yandex.ru

The paper was submitted: 22.10.2019.

Accepted for publication: 29.11.2019.

The authors have read and approved the final manuscript.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ, ПРЕДСТАВЛЯЕМОЙ В РЕДАКЦИЮ ЖУРНАЛА

К публикации принимаются ранее неопубликованные оригинальные научные статьи и научные обзоры по следующим научным специальностям: 05.22.01 – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте; 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта; 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности); 08.00.10 – Финансы, денежное обращение и кредит; 08.00.12 – Бухгалтерский учет, статистика; 09.00.01 – Онтология и теория познания; 09.00.03 – История философии; 09.00.04 – Эстетика; 09.00.05 – Этика; 09.00.08 – Философия науки и техники; 09.00.11 – Социальная философия; 09.00.13 – Философская антропология, философия культуры; 09.00.14 – Философия религии и религиоведение. Обзорная статья должна быть концептуальной, т. е. содержать новые идеи и концепции, вытекающие из массива опубликованных материалов.

В случае обнаружения одновременной подачи рукописи в несколько изданий статья будет *ретрагирована* (отозвана из печати).

Статья включает в себя следующие элементы:

УДК. На первой странице статьи, слева в верхнем углу без отступа, указывается индекс по универсальной десятичной классификации.

Заглавие статьи (на русском и английском языках).

Фамилии авторов, место их работы (название организаций) с указанием города и страны приводятся на русском и английском языках. Рекомендуемое количество авторов – не более трех.

Аннотация (на русском и английском языках). Аннотация является самостоятельным информативным текстом, содержащим краткую версию статьи. Рекомендуемый объем аннотации: 250–300 слов.

В аннотации следует отразить актуальность, цель, используемые подходы, методы и (или) методический аппарат исследования, основные результаты, научную новизну, практическую значимость, направления дальнейших исследований, рекомендации. При изложении материала рекомендуется придерживаться вышеуказанной структуры аннотации.

Ключевые слова (на русском и английском языках). Ключевые слова являются поисковым аппаратом научной статьи. Они должны отражать основную терминологию данного научного исследования. Рекомендуемое количество ключевых слов: 5–10 слов.

Благодарности (на русском и английском языках). Здесь следует упомянуть людей, помогавших автору подготовить настоящую статью, а также организации, оказавшие финансовую поддержку.

Основной текст статьи. Принимаются статьи на русском и английском языках. Основной текст статьи излагается в следующей последовательности:

– **Введение.** Данный раздел должен содержать обоснование необходимости и актуальности проводимого исследования, краткое описание научной проблемы, которая требует решения, постановку цели исследования, согласованной с названием статьи, ее содержанием и результатами, а также иные аспекты, что в целом позволило бы читателю понять и оценить важность и значимость проведенного исследования.

– **Структурные части статьи, имеющие соответствующие заголовки.** Здесь раскрываются суть исследуемой проблемы, ее связь с темой статьи, степень ее разработанности в современной науке, методологический аппарат и (или) методический инструментарий проведенного исследования.

– **Результаты исследования** (или иной заголовок структурной части статьи, отражающий полученные результаты исследования и их интерпретацию).

– **Заключение.** Приводятся выводы, основывающиеся на полученных результатах, выводы о научной ценности и практической значимости полученных результатов, даются рекомендации для дальнейших исследований на основе данной работы.

Литература (References). Список литературы должен содержать, как правило, не менее 15 научных источников. Рекомендуется не включать широко известные нормативные правовые акты, справочные и статистические материалы, ссылки на которые предпочтительнее оформлять в виде подстрочных библиографических ссылок. Нежелательны ссылки на диссертации и авторефераты диссертаций. Рекомендуется ссылаться на оригинальные статьи и монографии. Диссертации рассматриваются как рукописи и не являются печатными источниками. Если ссылки на диссертации и авторефераты диссертаций необходимы, то их предпочтительно оформлять также в виде подстрочных библиографических ссылок.

В списке источников рекомендуется наличие работ иностранных авторов, а также работ, изданных за последние 5 лет.

Для оформления списка источников используется ГОСТ Р 7.0.5-2008 и система Harvard system of referencing.

Аффилиация авторов (на русском и английском языках). Для каждого автора указываются фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, должность с названием структурного подразделения организации, наименование организации (постоянного места работы автора) полностью согласно уставу организации; **ORCID ID, Researcher ID, Scopus Author ID** (при наличии); город, страна, электронный адрес (e-mail).

Вклад соавторов (по желанию авторов).

Правила оформления статьи и ее шаблон представлены на сайте журнала <http://intellekt-izdanie.osu.ru/>

Технические требования к оформлению статьи.

Материал должен быть набран в текстовом редакторе Microsoft Word в формате *.doc или *.docx.

Шрифт: гарнитура Times New Roman, 14 pt, межстрочный интервал – 1,5 pt.

Выравнивание текста: по ширине.

Поля: левое – 3 см, правое – 1,5 см, верхнее – 1,5 см, нижнее – 2 см.

Графический материал должен быть выполнен в графическом редакторе. Не допускаются отсканированные графики, таблицы, схемы. Фотографии, представленные в статье, должны быть высланы отдельным файлом в форматах *.tiff или *.jpg с разрешением не менее 300 dpi. Все графические материалы должны быть чёрно-белыми, полноцветные рисунки не принимаются.

К статье отдельным документом прикладывается сопроводительное письмо от авторов статьи, в котором они гарантируют, что представляемая статья нигде ранее не была опубликована, не направлялась и не будет направляться для опубликования в другие научные издания.

Статьи, оформленные без соблюдения данных требований, редакцией не рассматриваются.

Интеллект. Инновации. Инвестиции
№ 8, 2019

Ответственный секретарь – Т.П. Петухова
Верстка – Г.Х. Мусина
Корректурa – Е.В. Пискарева
Перевод – В.А. Захарова
Дизайн обложки – И.В. Возяков

Подписано в печать 16.12.2019 г. Дата выхода в свет 23.12.2019 г.
Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 19,4. Усл. изд. л. 15,46. Тираж 500. Заказ № 162.
Свободная цена

Адрес учредителя, редакции, издателя:
460018, г. Оренбург, пр. Победы, д. 13,
Оренбургский государственный университет.
Тел. редакции: +7 (3532) 37-24-53
e-mail редакции: intellekt-izdanie@yandex.ru

Электронная версия журнала «Интеллект. Инновации. Инвестиции»
размещена на сайте журнала: <http://intellekt-izdanie.osu.ru>

Отпечатано в ООО Издательско-полиграфическом комплексе «Университет»
Адрес: 460000, г. Оренбург, ул. М. Джалиля, 6
тел./факс: +7 (3532) 90-00-26, 92-60-79
e-mail: cadr25@mail.ru