


# ТЕХНИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕРВИСА

ISSN 2074-1146

№ 3 (69), 2024

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, издается с 2007 года

<b>Учредитель:</b>	 <p><b>Санкт-Петербургский Государственный Экономический Университет</b></p>
<b>Редакционный совет:</b>	<p>И.А. Максимцев – ректор СПбГЭУ, д.э.н., профессор – <i>председатель совета</i>; Е.А. Горбашко – проректор по НР СПбГЭУ, д.э.н., профессор – <i>заместитель председателя совета</i>; Г.В. Лепеш – заведующий кафедрой БНиТ от ЧС СПбГЭУ, д.т.н., профессор – <i>главный редактор журнала</i></p> <p><b>Члены редакционного совета:</b> <b>Я.В. Зачиняев</b> – д.х.н., д.б.н., профессор, профессор кафедры социального и естественнонаучного образования Российской государственной педагогической университета имени А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург <b>А.Е. Карлик</b> – д.э.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой экономики и управления предприятиями и производственными комплексами СПбГЭУ, г. Санкт-Петербург; <b>С.И. Корягин</b> – д.т.н., профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, директор института транспорта и технического сервиса БФУ им. И. Канта, г. Калининград; <b>В.Н. Ложкин</b> – д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России; <b>В.В. Пеленко</b> – д.т.н., профессор, профессор кафедры «Теплосиловые установки и тепловые двигатели» Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна; <b>С.П. Петросов</b> – д.т.н., профессор, заслуженный работник бытового обслуживания, заведующий кафедрой «Технические системы ЖКХ и сферы услуг» института сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) «Донского государственного технического университета» (г. Шахты); <b>П.И. Романов</b> – д.т.н., профессор, директор научно-методического центра координационного совета учебно-методического объединения по области образования «Инженерное дело», г. Санкт-Петербург; <b>В.С. Чекалин</b> – д.э.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры государственного и территориального управления СПбГЭУ</p>
<b>Editorial council:</b>	<p><b>I.A. Maksimcev</b> – rector SPbGUEU, doctor of economic sciences, professor – the chairman of the board; <b>E. A. Gorbashko</b> – vice rector for scientific work SPbGUEU, doctor of economic sciences, professor – the vice-chairman of council; <b>G.V. Lepesh</b> – head of the chair the population and territories Safety from emergency situations SPbGUEU, the editor-in-chief of the magazine, doctor of engineering sciences, professor – the editor-in-chief of the scientific and technical journal</p> <p><b>Members of editorial council:</b> <b>Ya.V. Zachinyaev</b> – Doctor of Chemistry, Doctor of Biological Science, professor, professor of department of social and natural-science formation of Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg <b>A. E. Karlik</b> – doctor of economic sciences, pprofessor, honored worker of science of the Russian Federation, head of chair of Economics and management of enterprises and production complexes SPbGUEU, Saint-Petersburg; <b>S. I. Koryagin</b> – Doctor of Engineering Sciences, professor, honored worker of higher school of Russian Federation, the director of institute of transport and the BFU technical service of I. Kant, Kaliningrad; <b>V.N. Lozhkin</b> – Doctor of Engineering Sciences, professor, honored scientist of Russia, Professor of St. Petersburg University of state fire service of the Ministry of Emergency Situations of Russia; <b>V. V. Pelenko</b> – Doctor of Engineering Sciences, professor, professor of thermal power plant and Heat Engines department of St. Petersburg State University of industrial technologies and design; <b>S. P. Petrosov</b> – Doctor of Engineering Sciences, professor, honored worker of consumer services, – head of the chair of "Technical systems of housing and public utilities and a services sector" of institute of services industry and businesses (branch) of "Donskoy of the state technical university" (Shakhty); <b>P. I. Romanov</b> – Doctor of Engineering Sciences, professor, director scientific and methodical center of higher education institutions of Russia (St. Petersburg state polytechnical university), St. Petersburg; <b>V.S. Chekalin</b> – Doctor of Economic Sciences, professor, honored worker of science of the Russian Federation, professor of department of the public and Territorial Department SPbGUEU</p>
<b>Адрес редакции:</b>	<p>191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А Для писем: 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А, офис. 22. Электронная версия журнала: <a href="http://unecon.ru/zhurnal-ttps">http://unecon.ru/zhurnal-ttps</a>; <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a> Подписной индекс в каталоге «Журналы России» –95008; тел./факс (812) 3604413; тел.: (812) 3684289; +7 921 7512829; E-mail: <a href="mailto:gregoryl@yandex.ru">gregoryl@yandex.ru</a>. Оригинал макет журнала подготовлен в редакции</p>

Санкт-Петербург – 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

### ДИАГНОСТИКА И РЕМОНТ

*Булатов С.В.* Сравнительный анализ расхода запасных частей и технико-эксплуатационных показателей парка электромобилей и автомобилей с двигателями внутреннего сгорания.....3

*Чебоксаров А.Н.* Исследование влияния температуры и глубины разряда на работу свинцово-кислотных аккумуляторов.....8

*Лепеш Г.В., Басова М.В., Тихомиров А.Н.* К оценке адгезионной прочности гальванических хромовых покрытий деталей из высокопрочных сталей.....11

### МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Лепеш Г.В., Егоров К.А., Горюнов О.В.* Консервативная оценка функционирования узла обтюрации газодинамической импульсной системы на базе статистического подхода.....20

### ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЕРВИСА

*Аземша С.А.* Дорожный пассажирский транспорт динамической вместимости: история появления и перспективы развития.....28

*Денисов И.В.* Зарядная инфраструктура электрического транспорта: прогнозная оценка динамики развития парка электромобилей в Российской Федерации.....51

*Игнатова Д. Ю.* Методы оценки экологических рисков природоохранного проекта.....60

*Алексеев Г.В., Карпичев Е.В., Чаплинская П.Ю.* Современные технико-экономические проблемы интернет-сервиса.....65

*Яновская А.А.* Развитие и регулирование рынка труда сферы здравоохранения в республике Крым.....70

*Гурен Т.В.* Улучшение позиций Российской Федерации в рейтинге статистического потенциала всемирного банка для обеспечения национальной безопасности в глобальном информационном пространстве.....77

*Кучумов А.В., Богров И.В.* Проектный подход как инновационная форма организации антикризисного управления компанией.....85

*Мордовец В.А., Варданян Э.О., Пастухов А.Л.* Управление человеческими ресурсами в условиях цифровизации.....89

*Угольникова О.Д., Федотова В.А.* Формирование безопасной социально-экономической и социокультурной среды в условиях трансформационного периода.....93

*Марченко В.Д., Завалова М.А., Сагателян Н.Х.* Анализ городской инфраструктуры (на примере микрорайона Чкаловск)....101

Требования, к материалам, принимаемым для публикации в научно-техническом журнале «Технико-технологические проблемы сервиса».....108



УДК 656.072

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСХОДА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ И ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАРКА ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ И АВТОМОБИЛЕЙ С ДВИГАТЕЛЯМИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

С.В. Булатов<sup>1</sup>

*Оренбургский государственный университет,  
Россия, 460048, Оренбург, проспект Победы, д. 149, литер А.*

В статье проводится сравнительный анализ показателей парка электромобилей и автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, таких как затраты на техническое обслуживание и ремонт, на страхование, на топливо, а также технико-эксплуатационные (коэффициенты технической готовности и выпуска). Приводится статистика популярных в России марок электромобилей, информация по видам отказов основных узлов и агрегатов на примере таких марок как Nissan, Tesla и Skoda.

Приведенные в работе экспериментальные исследования будут совершенствоваться с учетом ситуации на рынке транспортных средств и запасных частей, а также экономической обстановки предприятий автомобильного транспорта.

*Ключевые слова:* расход запасных частей, парк автомобилей, транспортное средство, электромобиль, двигатель внутреннего сгорания.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CONSUMPTION OF SPARE PARTS AND TECHNICAL AND OPERATIONAL INDICATORS OF THE FLEET OF ELECTRIC VEHICLES AND CARS WITH INTERNAL COMBUSTION ENGINES

S.V. Bulatov

*Orenburg State University, Russia, 460048, Orenburg, Pobedy Avenue, 149, letter A.*

The article provides a comparative analysis of the indicators of the fleet of electric vehicles and cars with internal combustion engines, such as maintenance and repair costs, insurance, fuel, as well as technical and operational (technical readiness and output coefficients). The statistics of popular brands of electric vehicles in Russia, information on the types of failures of the main components and assemblies are given on the example of such brands as Nissan, Tesla and Skoda.

The experimental studies presented in the work will be improved taking into account the situation on the market of vehicles and spare parts, as well as the economic situation of road transport enterprises.

*Keywords:* spare parts consumption, vehicle fleet, vehicle, electric vehicle, internal combustion engine.

### Введение

По состоянию на 01.01.2024 года в России насчитывалось 39,1 тыс. электромобилей (рис. 1), что составляет всего 0,1% от общего количества легковых автомобилей в стране. Однако рост «электропарка» за последние полгода увеличился в 1,5 раза. Соответственно номенклатура запасных частей (ЗЧ) для них будет расширяться. По прогнозам количество легковых электромобилей к 2030 году должно составить порядка 1,5 млн. единиц. Значительный рост ждет и автомобилей с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) до 70 млн. единиц (при нынешних 46,4 млн. автомобилей) [1-3, 5-10].

Что касается модельного ряда автомобилей с ДВС, то лидером по-прежнему остается Lada, затем идут Toyota, KIA, Hyundai и Renault. Модельный ряд электромобилей представлен на рис. 2.

На протяжении многих лет лидером остается Nissan. Стоит отметить марку китайского производителя Zeekr, которая за год поднялась с 12 места на третье, а также подъем отечественного бренда Evolute с 14 на 5 соответственно.

Поскольку с 30 июня 2024 года вступает запрет сотрудничества Zeekr с компаниями из России, вероятнее всего стоит ждать еще более резкий подъем продаж [1].

EDN PCPQDI

<sup>1</sup>Булатов Сергей Владимирович – кандидат технических наук, ассистент кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей, тел.: +7 950 189 69 93, e-mail: bul.sergey2015@yandex.ru.

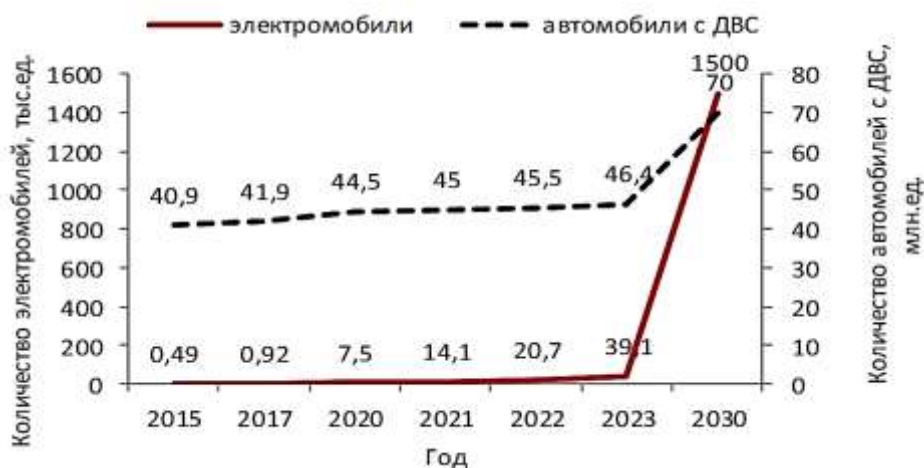


Рисунок 1 – Количество электромобилей и автомобилей с ДВС в России с прогнозом на 2030 год

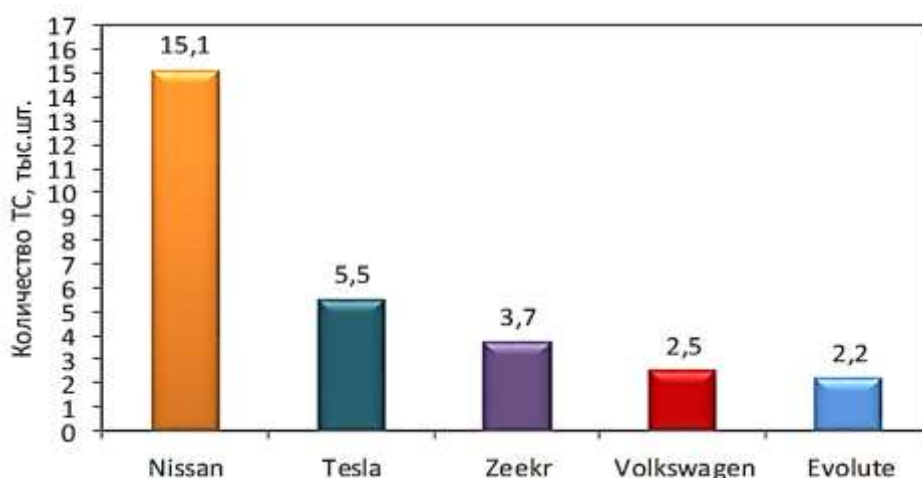
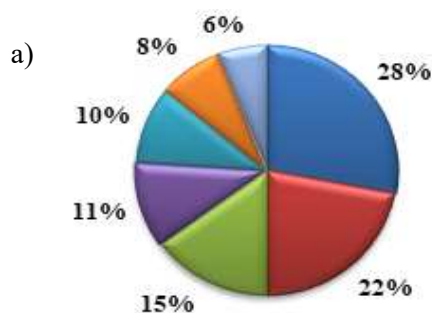


Рисунок 2 – Модельный ряд электромобилей (по состоянию на 01.01.2024 года)

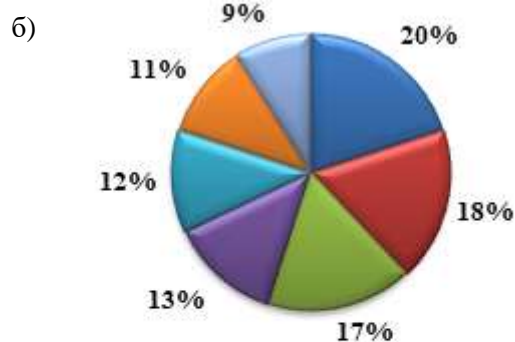
### Основная часть

Несмотря на то, что большое количество производителей электромобилей, в том числе китайских, появились в 2022-2023 году, удалось проанализировать и собрать некоторые данные по отказам.

На рис. 3а и 3б показано распределение неисправностей по агрегатам и системам автомобилей с ДВС в сравнении с электромобилями.



- трансмиссия
- двигатель
- кузов
- тормозная система
- рулевое управление
- ходовая часть
- электрооборудование



- инвертор, PDM-модуль
- батарея
- электродвигатель
- климат-контроль
- трансмиссия
- электропроводка
- кузов

Рисунок 3 – Распределение неисправностей по агрегатам и системам автомобилей с ДВС (а) и электромобилей (б)

Если потребность в ЗЧ для автомобилей с ДВС остается практически одинаковой (50 % неисправностей возникает в узлах трансмиссии и

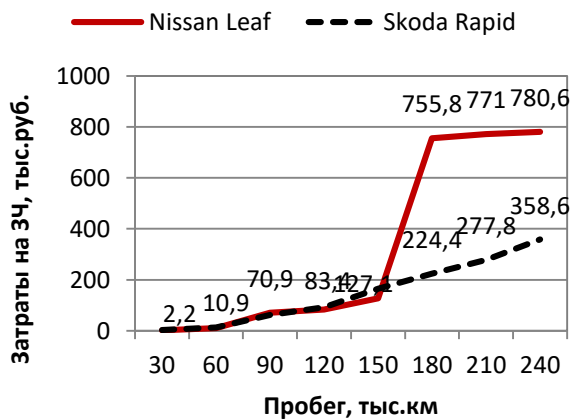
двигателя), то потребность для электромобилей распределена более равномерно (инвертор и PDM-модуль – 20 %, батарея – 18 %, электродвигатель – 17 %). Основная проблема электромобилей – это перегрев систем и элементов.

Для дальнейшего решения поставленной цели и задач проведем сравнительный анализ показателей парков предприятий (автомобили с ДВС – 27 единиц; электромобили – 22 единицы).

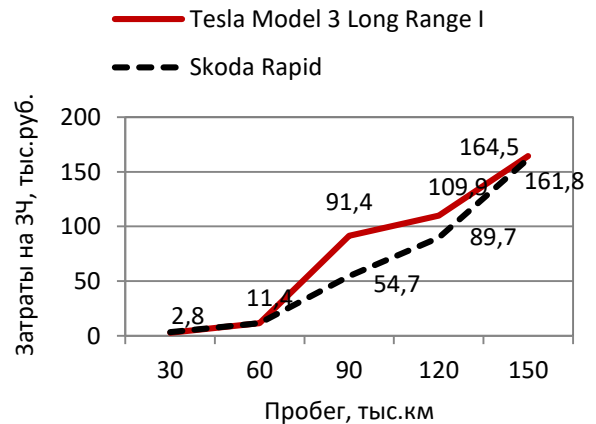
Среди электромобилей большую долю составляет модель Nissan Leaf – 68 %, среди автомобилей с ДВС – это Skoda Rapid – 49 %. Эксплуатация осуществляется в одинаковых условиях. Основные показатели исследуемых парков приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные показатели парков

Показатели парка	Автомобили с ДВС	Электромобили
Количество, ед.	27	22
Средний возраст, г.	7,4	5,6
Среднесуточный пробег, км	100	85
Среднегодовой пробег, км	70000	65000
$K_{ТГ}$	0,92	0,95
$K_{В}$	0,78	0,81
Затраты на ТО и ТР в год, млн.руб.	4,98	3,22
Затраты на КР в год, млн.руб.	5,44	1,99
Затраты на ЗЧ в год, млн.руб.	1,61	1,82



а)



б)

Рисунок 4 – Зависимости затрат на ЗЧ от пробега с начала эксплуатации

На рисунке 4а показан пример того, как затраты на ЗЧ для электромобиля могут быть в 2 раза выше. На пятый год эксплуатации Nissan Leaf при пробеге 179 тыс. км появилась необходимость в замене батареи, стоимость которой была 600 тыс.руб. Как указывалось выше, ресурс батарей, начиная с 2020 года увеличен вдвое. Срок службы достигает 20 лет. На рисунке 4б за-

В результате анализа исследуемых парков стоит обратить внимание на такой показатель как затраты на капитальный ремонт (КР). На ремонт автомобилей с ДВС было потрачено на 63 % больше, чем на ремонт электромобилей. Связано это с тем, что в 2023 году, помимо подорожания на 40%, каждая третья канистра моторного масла была низкого качества, напрямую влияя на ДВС с последующими ремонтными воздействиями. Также данную связь подтверждает статистика обращений клиентов в СТО именно по причине ремонта двигателей. Отсутствие большинства «расходников», меньший износ тормозных колодок, объясняет малое количество обращений клиентов электромобилей в сервисные центры в течение первых 3-5 лет или 100 тыс. км. Неисправности (прогар силовых контактов в батарее) при малых пробегах, в большей степени, связаны с чрезвычайной эксплуатацией электромобиля. Ресурс батареи в последние 2-3 года увеличен на 50-55%. Поэтому главной «причиной» затрат остаются шины.

На рис. 4а и 4б показаны зависимости затрат на ЗЧ от пробега с начала эксплуатации при среднегодовом пробеге 30-40 тыс. км. На рисунке 4а сравнение затрат Skoda Rapid и Nissan Leaf 2015 годов выпуска. На рисунке 4б сравнение затрат Skoda Rapid и Tesla Model 3 Long Range I 2020 годов выпуска. Для получения более точной информации стоимость транспортных средств на вторичном рынке практически одинаковая.

траты на два сравниваемых ТС практически одинаковые. При пробеге 90 тыс. км, была замена шин, которые для Tesla в 2,5 раза дороже, чем для Skoda. Прогнозирование показывает, что после 150 тыс. км затраты на автомобиль с ДВС превысят затраты для электромобиля.

Разница затрат на ЗЧ автомобилей с ДВС и электромобилей может быть рассчитана по формуле:

$$\Delta C_{3ч} = (C^A_{3ч} - C^Э_{3ч}) \cdot L_r^A, \quad (1)$$

где  $C^A_{3ч}, C^Э_{3ч}$  – расходы на ЗЧ, приходящиеся на 30 тыс. км пробега автомобилей с ДВС и электромобилей, руб.;

$L_r^A, L_r^Э$  – среднегодовой пробег автомобилей с ДВС и электромобилей, тыс. км.

Разницу доходов (полученные, например, за счет увеличения годового пробега, перепробега шин и т.д.), полученных с автомобилями с ДВС и электромобилей, можно рассчитать по следующей формуле:

$$\Delta D = (0,98 \cdot D_c - C_{3ч}) \cdot (L_r^Э - L_r^A), \quad (2)$$

где  $D_c$  – доходная ставка на 30 тыс. км пробега, руб.;

$C_{3ч}$  – расходы на ЗЧ на 30 тыс. км пробега, руб.

Количество капитальных ремонтов узлов и агрегатов автомобилей с ДВС и электромобилей может быть рассчитано по формуле [4]:

$$Q_{KR} = \sum_{j=1}^j [\Omega(L_K) - \Omega(L_H)] \cdot A, \quad (3)$$

где  $\Omega(L_H), \Omega(L_K)$  – значение ведущей функции потока отказов узлов и агрегатов на начало и конец года соответственно;

$A$  – число автомобилей с ДВС или электромобилей, ед.;

$L_H, L_K$  – пробег автомобиля с ДВС или электромобиля на начало и конец года соответственно, тыс. км.

Сравнительная характеристика затрат автомобилей 2015 и 2020 годов выпуска показана в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика затрат ТС

Характеристика	2015 г.в.		2020 г.в.	
	Skoda Rapid	Nissan Leaf	Skoda Rapid	Tesla Model 3 Long Range I
Стоимость ТС, млн.руб.	0,88	0,9	1,9	2,5
Общий пробег, км	236088	218070	152147	148973
Стоимость 1 км/руб. (топливо)	4,1	2,3	3,7	2,1
Стоимость 1 км/руб. (общая)	14,2	9,2	9,72	6,88
Затраты на страхование в год, руб.	2980	2980	3477	500000
Средние затраты на ТО в год, руб.	13900	22000	13900	44000
Затраты на ЗЧ с начала эксплуатации, руб.	358641	812406	161800	164452

Исходя из данных таблицы 2, также можно сделать вывод, что электромобиль нуждается в ремонте в разы меньше, но ЗЧ по стоимости меньше для автомобилей с ДВС.

Далее рассмотрим технико-эксплуатационные показатели в парке при различных пробегах ТС.

На рис. 5 показаны зависимости коэффициентов технической готовности от пробега с начала эксплуатации электромобилей и автомобилей с ДВС.

На рис. 6 показаны зависимости коэффициентов выпуска от пробега с начала эксплуатации электромобилей и автомобилей с ДВС.

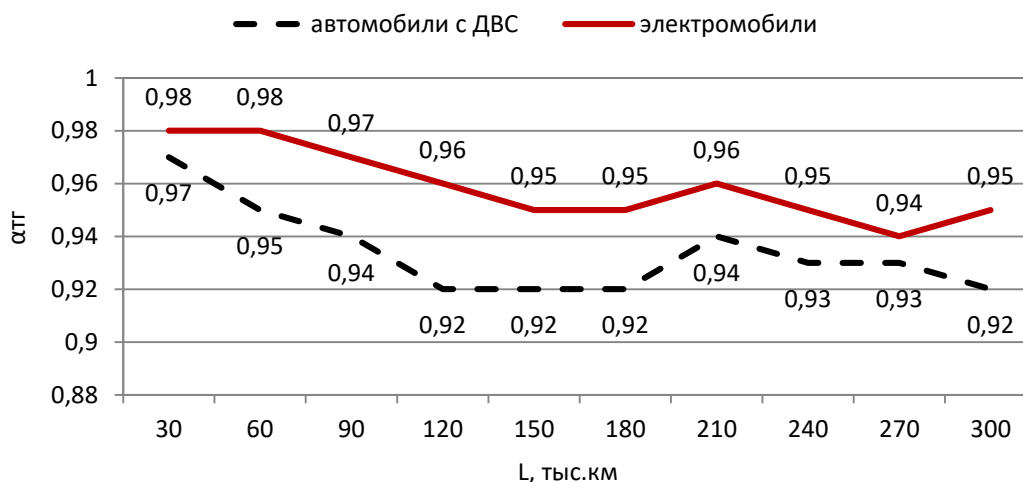


Рисунок 5 – Зависимости коэффициентов технической готовности от пробега с начала эксплуатации электромобилей и автомобилей с ДВС

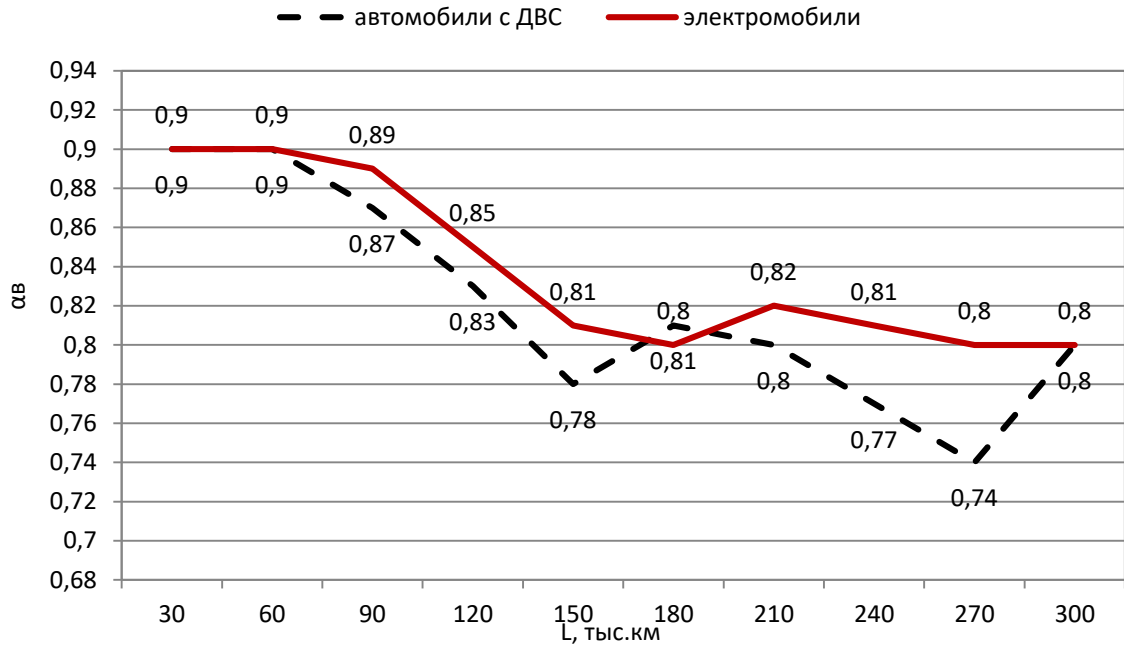


Рисунок 6 – Зависимости коэффициентов выпуска от пробега с начала эксплуатации электромобилей и автомобилей с ДВС

### Заключение

Сравнительный анализ показателей парка электромобилей и автомобилей с ДВС показал, что в среднем обслуживание электромобилей составляет 40 % затрат на содержание автомобилей с ДВС при равном пробеге.

Главной задачей на ближайшее будущее – снижение стоимости новых электромобилей до уровня автомобилей с ДВС, а также развитие зарядной инфраструктуры в стране.

### Литература

1. Автостат инфо [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www. URL: http://avtostat-info.com](http://avtostat-info.com). – Дата обращения: 30.06.2024.
2. Анализ рынка в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www. URL: http://businessstat.ru](http://businessstat.ru). – Дата обращения: 30.06.2024.
3. Борс Н.И. Электромобили как транспорт будущего / Н.И. Борс, Д.Ш. Муратов, Л.А. Пимукова // Сборник материалов II Региональной студенческой научно-практической конференции с всероссийским участием. 2015. С. 105-108.
4. Волгин В.В. Автобизнес. Техника, сервис, запчасти // М.: ИД «Маркетинг». 2003. 848 с.

5. Джайлаубеков Е.А. Электромобили – будущее городского транспорта. Перспективы развития / Е.А. Джайлаубеков, М.А. Нартов // Вестник КазАТК. Алматы, 2014. №1(86). С. 47-53.
6. Кравцов Ю.И. Развитие рынка электромобилей: китайский опыт / Ю.И. Кравцов // Журнал автомобильных инженеров: М. 2017. №5(106). С. 5-11.
7. Рожкова Н.К. Получение конкурентного преимущества в автомобильной промышленности: опыт Китая / Н.К. Рожкова, Д.Ю. Рожкова // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2024. № 2-1. С. 94-99.
8. Ростовский Й.-К. Экономический анализ рынков электромобилей в мире и крупнейших странах и регионах // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2020. № 18. С. 201-218.
9. Ростовский Й.-К. Анализ развития зарядной инфраструктуры для электромобилей в РФ и мире. Инфраструктура пространственного развития РФ: транспорт, энергетика, инновационная система, жизнеобеспечение // Монография. Новосибирск. 2020. С. 256-273.
10. Семикашев В.В. Развитие рынка электромобилей в России как необходимое условие получения выгод от глобального тренда на электрификацию транспорта / В.В. Семикашев, А.Ю. Колпаков, А.А. Яковлев, Й.-К. Ростовский // Проблемы прогнозирования. 2022. № 3(192). С. 52-63.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ГЛУБИНЫ РАЗРЯДА НА РАБОТУ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

А.Н. Чебоксаров<sup>1</sup>

*Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет,  
Россия, 644080, г. Омск, пр. Мира, 5.*

Исследование посвящено анализу влияния температуры окружающей среды и глубины разряда на характеристики свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. Проведен анализ зависимости относительной ёмкости, срока службы и количества циклов разряда от указанных параметров. Предложены методы решения проблем, связанных с понижением характеристик аккумуляторов при неблагоприятных температурных условиях и глубоких разрядах. Использование теплоизоляции и подогрева электролита предложено для оптимизации работы аккумуляторов в различных климатических условиях. Полученные результаты могут быть использованы для повышения эффективности, надежности и срока службы свинцово-кислотных аккумуляторов в различных областях применения.

*Ключевые слова:* свинцово-кислотные аккумуляторы, температура окружающей среды, глубина разряда, относительная ёмкость, срок службы, количество циклов разряда.

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF TEMPERATURE AND DEPTH OF DISCHARGE ON THE OPERATION OF LEAD-ACID BATTERIES

A.N. Cheboksarov

*The Siberian State Automobile and Highway University,  
Russia, 644080, Omsk, Mira Ave 5.*

The study is devoted to the analysis of the influence of ambient temperature and discharge depth on the characteristics of lead-acid batteries. The analysis of the dependence of the relative capacity, service life and number of discharge cycles on these parameters is carried out. Methods for solving problems associated with a decrease in the characteristics of batteries under adverse temperature conditions and deep discharges are proposed. The use of thermal insulation and electrolyte heating is proposed to optimize the operation of batteries in various climatic conditions. The results obtained can be used to improve the efficiency, reliability and service life of lead-acid batteries in various applications.

*Keywords:* lead-acid batteries, ambient temperature, discharge depth, relative capacity, service life, number of discharge cycles.

### Введение

Свинцово-кислотные аккумуляторы, впервые предложенные в XIX веке, остаются одними из самых распространённых и широко используемых источников электроэнергии в мире. Свинцово-кислотные аккумуляторы широко используются в различных областях, начиная от автомобильной промышленности и заканчивая системами резервного питания и возобновляемыми источниками энергии. Их популярность объясняется надежностью, доступностью и низкой стоимостью. Однако, несмотря на все преимущества, эксплуатационные характеристики свинцово-кислотных аккумуляторов значительно зависят от условий их использования, в частности от температуры окружающей среды и режима разряда [1].

Температурные условия эксплуатации играют ключевую роль в эффективности и долговечности аккумуляторов. При низких температурах уменьшается доступная емкость аккумулятора, что связано с повышенной вязкостью электролита и увеличением внутреннего сопротивления. Высокие температуры, напротив, ускоряют химические реакции, увеличивая емкость, но при этом значительно сокращают срок службы аккумулятора за счет ускорения коррозионных процессов.

Глубина разряда также является важным фактором, влияющим на количество циклов заряда-разряда, которое аккумулятор способен выдержать до наступления отказа. Более глубокие разряды ускоряют процесс деградации активных материалов, что ведет к сокращению жизненного цикла аккумулятора.



На рисунке 1 представлен график отображающий зависимость относительной ёмкости свинцово-кислотной аккумуляторной батареи автомобиля от температуры электролита.

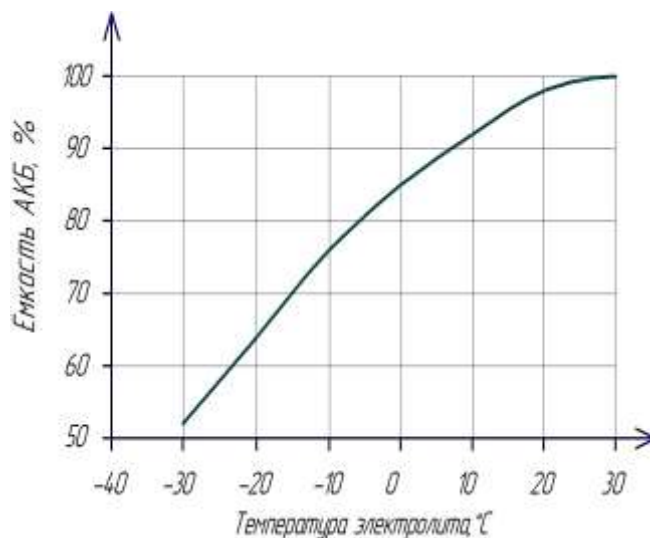


Рисунок 1 – График зависимости относительной ёмкости аккумуляторной батареи от температуры электролита

График демонстрирует четкую связь между этими параметрами. При отрицательных температурах ёмкость аккумулятора значительно снижается: при  $-30^{\circ}\text{C}$  она составляет лишь 52% от номинальной, при  $-20^{\circ}\text{C}$  увеличивается до 64%, а при  $-10^{\circ}\text{C}$  достигает 76%. При дальнейшем повышении температуры до  $0^{\circ}\text{C}$  ёмкость возрастает до

85% [2]. При отрицательных температурах аккумуляторы теряют значительную часть своей ёмкости, что может приводить к проблемам в эксплуатации, особенно в условиях холодного климата.

Проблему снижения ёмкости свинцово-кислотных аккумуляторных батарей в условиях низких отрицательных температур можно решить использованием теплоизоляции, систем подогрева, а также их комбинацией. Теплоизоляция позволит снизить теплопотери в окружающую среду и обеспечит сохранение внутреннего тепла аккумулятора. Для теплоизоляции можно использовать различные теплоизоляционные материалы, такие как пенополиуретан, стекловолокно и другие. Установка подогревательных элементов также позволит поддерживать оптимальную температуру электролита. Подогрев может осуществляться с помощью встроенных нагревателей, работающих от электрической сети или от самой аккумуляторной батареи. Применение этих решений в конструкции аккумуляторной батареи или транспортного средства позволит значительно повысить эффективность, надёжность и срок службы свинцово-кислотных аккумуляторов в условиях холодного климата.

На рисунке 2 представлен график зависимости срока службы аккумуляторной батареи от температуры.

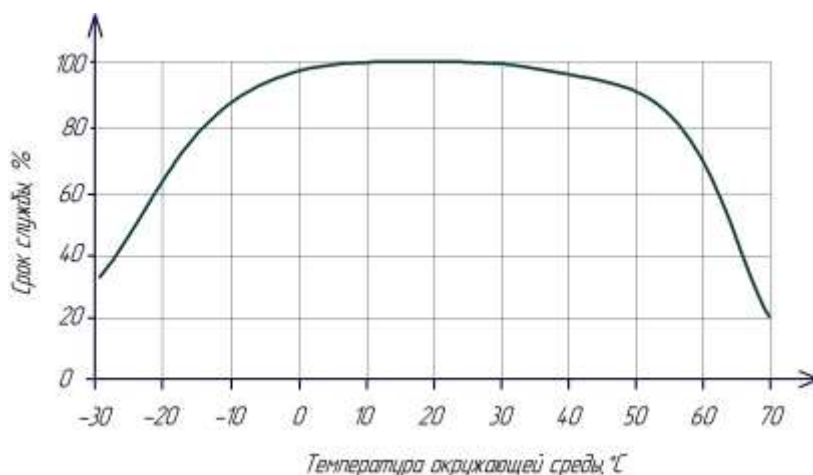


Рисунок 2 – График зависимости срока службы аккумуляторной батареи от температуры

График зависимости срока службы свинцово-кислотной аккумуляторной батареи от температуры представляет собой кривую с выраженным максимумом в области умеренных температур и резкими спадами на обоих концах температурного диапазона. В диапазоне от  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$  наблюдается значительное увеличение срока

службы, который резко возрастает с увеличением температуры. В интервале от  $0^{\circ}\text{C}$  до  $+30^{\circ}\text{C}$  срок службы батареи достигает своего максимума и остается практически стабильным. При дальнейшем увеличении температуры, начиная с  $+40^{\circ}\text{C}$ , срок службы начинает уменьшаться [3].

Снижение срока службы при низких отрицательных температурах связано с несколькими факторами. При низких температурах химические процессы внутри батареи замедляются, что уменьшает эффективность процесса заряда, а также приводит к снижению емкости аккумуляторной батареи. Низкие температуры увеличивают вязкость электролита в следствии чего возрастает внутреннее сопротивление аккумуляторной батареи, что снижает её способность отдавать энергию. Увеличение температуры аккумуляторной батареи выше +40°C вызывает ускоренное испарение воды из электролита, что приводит к быстрому снижению его уровня. Этот процесс сопровождается усиленной коррозией токопроводящих положительных электродов и увеличением саморазряда аккумуляторной батареи.

На рисунке 3 представлен график зависимости количества циклов разряда аккумуляторной батареи от глубины разряда.

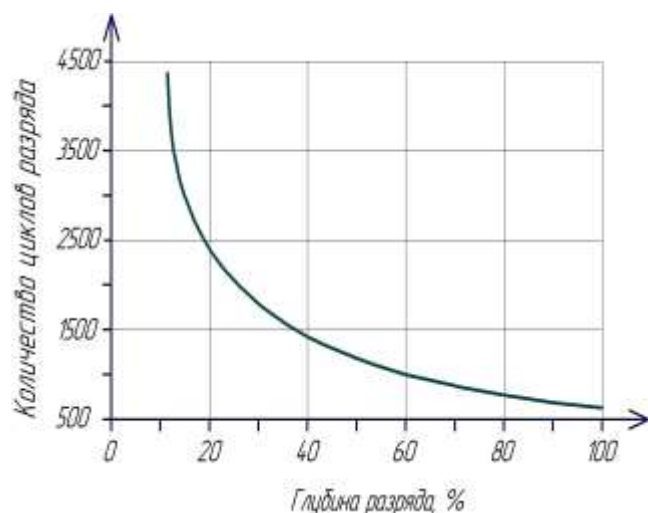


Рисунок 3 – График зависимости количества циклов разряда аккумуляторной батареи от глубины разряда

График представляет собой убывающую кривую, что означает, что с увеличением глубины разряда количество циклов разряда аккумуляторной батареи уменьшается. Из представленных данных видно, что при незначительных значениях глубины разряда (10%) количество циклов разряда составляет около 5000. При глубине разряда до 80% от емкости, типичное время жизни аккумулятора составляет несколько сотен циклов [4].

Увеличение глубины разряда, особенно при переходе к очень глубоким разрядам, значительно сокращает срок службы батареи. Это объясняется тем, что более глубокие разряды приводят к более интенсивному износу аккумулятора, что в конечном итоге сокращает его срок службы.

### Заключение

Исследование показало, что температура окружающей среды и глубина разряда играют решающую роль в работе свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. При низких температурах производительность аккумуляторов снижается из-за замедления химических реакций, что приводит к уменьшению их ёмкости и срока службы. Высокие температуры также оказывают негативное воздействие, вызывая ускоренное испарение воды из электролита и увеличение саморазряда, что сокращает срок службы батарей. Оптимальные условия для долговечной эксплуатации аккумуляторов находятся в диапазоне умеренных температур. Также установлено, что глубина разряда оказывает значительное влияние на срок службы аккумуляторов: более глубокие разряды способствуют ускоренному износу активных материалов, что приводит к сокращению жизненного цикла батареи. Полученные результаты могут быть полезны для разработки оптимальных стратегий эксплуатации и повышения эффективности свинцово-кислотных аккумуляторов в различных сферах их применения.

### Литература

1. Хрусталеv Д. А. Аккумуляторы / Д.А. Хрусталеv. – М.: Изумруд, 2003. – 224 с.
2. Семенов Н.В. Эксплуатация автомобилей в условиях низких температур / Н.В. Семенов. – М.: Транспорт, 1993. – 190 с.
3. Крамаренко Г.В. Безгаражное хранение автомобилей при низких температурах / Г.В. Крамаренко, В.Д. Николаев, А.И. Шаталов. – М.: Транспорт, 1984. – 136 с.
4. Оспанбеков Б.К. Оптимизация ресурсопределяющих эксплуатационных режимов тяговых аккумуляторных батарей электромобилей: дис... канд. техн. наук: 05.09.03 / Б.К. Оспанбеков. – Москва, 2017. – 170 с.

## К ОЦЕНКЕ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ХРОМОВЫХ ПОКРЫТИЙ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ

Г.В. Лепеш<sup>1</sup>, М.В. Басова<sup>2</sup>, А.Н. Тихомиров<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный экономический университет (СПбГЭУ), Россия, 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А.  
<sup>2,3</sup>АО «Центральный научно-исследовательский институт материалов имени Д.И. Менделеева», Россия, 191014, Санкт-Петербург, Парадная ул., д.8.

В статье представлен метод определения адгезионной прочности теплозащитных покрытий поверхностей деталей газодинамических импульсных устройств (ГИУ), работающих в условиях высоких температурно-силовых воздействий. Метод основан на экспериментальных испытаниях натуральных образцов и воспроизведению экспериментальных условий в численном эксперименте на базе CAD/CAE – программных продуктов, что позволяет определить критические условия адгезии и применить их к реальным условиям функционирования ГИУ.

*Ключевые слова:* теплозащитный слой, адгезионная прочность, гальваническое хромовое покрытие, численное моделирование, напряженно-деформированное состояние, сход покрытия.

### TO ASSESS THE ADHESIVE STRENGTH OF ELECTROPLATED CHROME COATINGS OF HIGH-STRENGTH STEEL PARTS

G.V. Lepesh, M.V. Basova, A.N. Tikhomirov  
St. Petersburg State University of Economics (SPbSEU),  
Russia, 191023, St. Petersburg, nab. Griboedov Canal., 30-32, letter A.  
Central Research Institute of Materials JSC named after D.I. Mendeleev,  
Russia, 191014, St. Petersburg, 8 Paradnaya str.

The article presents a method for determining the adhesive strength of thermal protective coatings on the surfaces of gas-dynamic impulse devices (GID) parts operating under high temperature and force influences. The method is based on experimental tests of full-scale samples and reproduction of experimental conditions in a numerical experiment based on CAD/CAE software products, which makes it possible to determine the critical adhesion conditions and apply them to the real operating conditions of the GID

*Keywords:* heat-protective layer, adhesive strength, galvanic chrome coating, numerical modeling, stress-strain state, coating loss of adhesion.

#### Введение

Теплозащитные покрытия применяют для защиты поверхностей деталей, подвергающихся высоким температурам. При чем в газодинамических импульсных устройствах (ГИУ), работающих при воздействии относительно коротких теплосиловых импульсов, применяются относительно тонкие покрытия, толщина которых не превышает 500 мкм [1]. Такие покрытия могут подразделяться на активные, работающие со зна-

чительной потерей массы под воздействием горячих потоков (абляцией) и пассивные [2, с. 114]. Последние имеют незначительный унос массы при действии на них высокотемпературных рабочих сред и представляют собой одно- либо многослойные структуры, основной функцией которых является снижение теплопередачи к поверхности защищаемой детали и, тем самым, термических нагрузок в защищаемых поверхностях.

В качестве пассивных теплозащитных покрытий могут выступать однокомпонентные и многокомпонентные металлические покрытия

---

EDN NWWZEEZ

<sup>1</sup>Лепеш Григорий Васильевич – доктор технических наук, профессор, руководитель комплекса «А» – главный конструктор по направлению «А», тел. +7 (921) 751-28-29, e-mail: gregoryl@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-4160-3292, ScopusID: 57215412255;

<sup>2</sup>Басова Мария Владимировна – начальник сектора отдела «Живучести» тел. . +7 (911) 959-08-10 e-mail: BasovaM@cniim.spb.ru, ORCID: 0000-0002-3216-9391, ScopusID: 57212306491;

<sup>3</sup>Тихомиров Андрей Николаевич – начальник отдела гальванических и электрохимических технологий, тел. +7 (904) 555-49-02, e-mail: Tikhomirov@cniim.spb.ru.

на основе тугоплавких металлов (молибден, вольфрам), карбиды и нитриды металлов. В ряде технических решений применимы покрытия на основе углеродных материалов.

Для защиты каналов труб и сопел ГИУ, транспортирующих горячие жидкости или газы, как правило применяются хромовые покрытия, наносимый гальваническим способом. Данный метод нанесения является достаточно высокопроизводительным и позволяет получать покрытия толщиной от 50 до 300 мкм. Так как хром обладает высокой теплопроводностью, то такая толщина покрытия позволяет защитить поверхность детали от перегрева только при кратковременных импульсных термических нагрузках, измеряемых десятками и сотыми долями секунды [3]. При этом, высокая температура плавления хрома, а также его термостойкость, износостойкость и высокая твердость, обеспечивают изделию с хромовым покрытием дополнительную защиту от износа и коррозии.

Особенностью технологии гальванического хромирования является сильная зависимость свойств покрытия от технологических режимов и состава электролита [4]. Под технологическими режимами в данном случае понимаются в первую очередь температура электролита и плотность тока, варьирование которыми позволяет получить осадки хрома с разными механическими свойствами [5, с. 114]. Управление технологическими режимами и применение специальных технологических приемов, направленных на изменение структурообразования, позволяют обеспечивать адгезионную прочность гальванического покрытия к основе.

#### **Проблема схода хромового покрытия и обеспечения его адгезии к высокопрочной стали**

Одной из основных проблем гальванического хромового покрытия является его склонность к хрупкому разрушению, приводящему, при функционировании ГИУ, к появлению в нём трещин, как по нормали к поверхности, так и вдоль, причем по границе, обеспечивающей адгезию покрытия к основе. Наличие трещин по мере их накопления приводит к сходу покрытия, частичному или полному, т.е., к потере теплозащитных свойств. Трещины могут образовываться из-за различий в механических характеристиках стали и покрытия, а также из-за недостаточной адгезии между ними, вызванной необоснованными технологическими факторами. Это подчеркивает необходимость разработки методов оценки стойкости таких покрытий.

Один из таких методов, распространяе-

мых на различные тонкие покрытия (износостойкие, эрозионностойкие, антифрикционные, защитные, защитно-декоративные и декоративные покрытия на основе хрома, в том числе с добавками тугоплавких соединений и веществ, наносимых электролитическим способом) изложен в ОСТ 3-6772-93 [6]. Согласно этому нормативному документу [6], производится контроль качества сцепления покрытия толщиной не более 0,5 мм с материалом-основой (в данном случае сталью), нанесенным на внутреннюю поверхность трубы с диаметром канала более 50 мм и толщиной стенки более 10 мм. Контроль проводится по результатам сжатия, до величины пластических деформаций, вырезанных из трубы сегментных образцов. В качестве критерия прочности адгезии принимается наименьшее напряжение в сечении образца  $\sigma_{СК}$ , при котором происходит сход покрытия.

Недостатком данного метода является то, что критическое напряжение  $\sigma_{СК}$ , определяется из условия одноосного деформирования металла, в то время как в условиях опыта наблюдается трехмерная деформация образца. Это ограничивает результаты данного метода получением лишь сравнительных испытаний покрытий одинаковой толщины на стандартных образцах, что не позволяет перенести полученные в эксперименте результаты на условия функционирования ГИУ в реальных условиях.

#### **Цель исследования**

Определить стойкость теплозащитного покрытия в условиях реального воздействия на него высокотемпературного потока рабочего тела (газа) возможно лишь по оценке напряженно-деформированного состояния (НДС) покрытия в условиях функционирования ГИУ по критериям, адекватно учитывающим это состояние и определяемым из специально поставленных экспериментов.

При этом важной задачей является адекватность полученных результатов, особенно при определении критериев схода покрытия. Решение указанной задачи может быть осуществлено применением численного моделирования на базе доступных CAD/CAE программных средств, как по отношению к эксперименту, так и для имитационного моделирования покрытия в реальных условиях в последствии.

Важным этапом в решении поставленной задачи является валидация численной постановки по отношению к эксперименту, которая при применении современных CAD/CAE программных средств сводится к выбору граничных условий, обеспечивающих соответствие результатов расчета и эксперимента.

Целью данного исследования является определение критерия прочности адгезии гальванического хромового покрытия по отношению к его НДС с целью дальнейшего его применения к оценке стойкости в реальных условиях функционирования ГИУ.

### Методы и материалы

В рамках исследования использовались сегментные образцы с хромовым покрытием, вырезанные, из трех участков трубы, выполненной из высокопрочной хромо-никель-молибденовой стали ( $\sigma_{0,2} = 1300$  МПа;  $\sigma_B = 1390$  МПа;  $\psi = 38\%$ ). На каждом из трех участков толщина покрытия различная и составляла – 100, 110 и 120 мкм, соответственно. Перед нанесения покрытия участков №1 и №2 с толщинами покрытий 110 и 120 мкм, соответственно, была выполнена предварительная электрохимическая обработки. Участок №3 с толщиной покрытия 100 мкм предварительной электрохимической обработке не подвергался.

Конструкция сегментных образцов участка №1 с толщиной покрытия 120 мкм, соответствовали схеме, указанной на рисунке 1. Конструкция сегментных образцов участков №2 и №3 с толщинами покрытия 110 и 100 мкм, соответственно, представлена на рисунке 2.

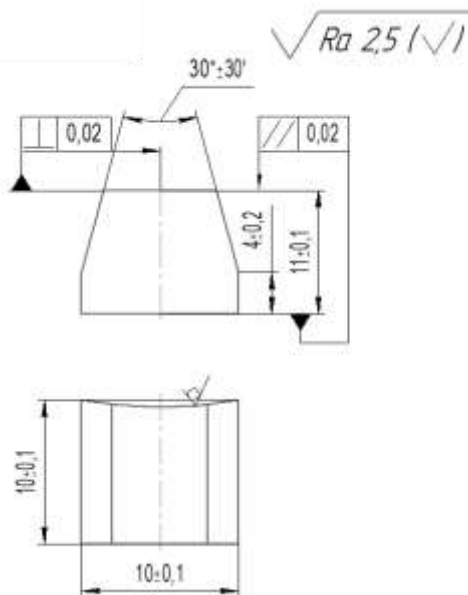


Рисунок 1 – Эскиз образцов, вырезанных с участка №1 (толщина покрытия 120 мкм)

Конструкции образцов, вырезанных из участка №2 и №3 (рисунок 2) незначительно отличались от указаний ОСТ 3-6772-93 [6] в части большей на 1 мм высоты образца с сохранением угла у вершины «трапеции» для увеличения площади исследуемого покрытия. Образцы из участка №1 (рисунок 1) были сделаны на 4 мм

меньше рекомендованной ОСТ 3-6772-93 высоты [6] по причине малой протяженности получившегося участка с заданной толщиной покрытия. Таким образом, изготовленные для испытаний образцы имели отклонения размеров от рекомендованных ОСТ 3-6772-93 из-за невозможности получения стандартных размеров из штатного изделия.

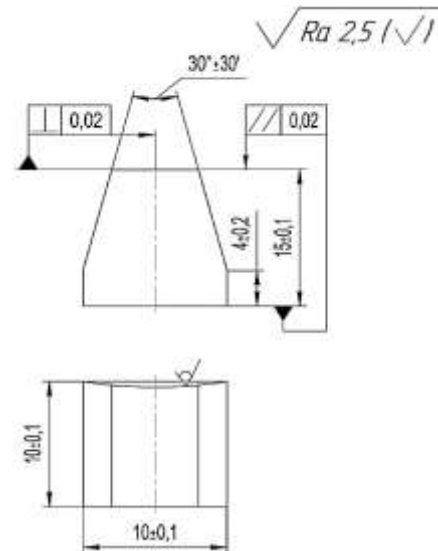


Рисунок 2 – Эскиз образцов, вырезанных с участка №2 и №3 (толщина покрытия 110 и 100 мкм, соответственно)

### Проведение испытаний по определению прочности адгезии

Эксперимент по определению прочности адгезии проводился в условиях, соответствующих ОСТ 3-6772-93 [6] путем сжатия образцов в направлении образующей канала трубы, на испытательной универсальной машине Z400E со скоростью разрушения 1 мм/мин.

Результаты измерений фиксировались от начального усилия сжатия

$$P_{сж}^H = 0,8 \cdot \sigma_{0,2} \cdot S_H, \quad (1)$$

где  $\sigma_{0,2}$  – условный предел текучести основного материала, МПа;

$S_H$  – площадь нижнего основания, мм<sup>2</sup>.

Окончание процесса задавалось при появлении (при десятикратном увеличении) появлении отслоения (сходов) защитного покрытия (рисунок 3).

В соответствии с ОСТ 3-6772-93 [6] площадь поперечного сечения  $S_{ск}$  определялась по нижней границе видимой поверхности скола по формуле

$$S_{ск} = a_{ск} \cdot b, \quad (2)$$

где  $a_{ск}$  – ширина образца на нижней границе скола, мм;

$b$  – длина образца в направлении радиуса, мм.



Рисунок 3 – Схема измерения сегментного образца после испытания

Соответственно [6], в зависимости от усилия сжатия  $P_{сж}$ , определяется значение наименьшего напряжения  $\sigma_{ск}$  (МПа), при котором произошел скол покрытия по формуле:

$$\sigma_{ск} = \frac{P_{сж}}{S_{ск}}, \quad (3)$$

где  $P_{сж}$  – усилие сжатия, Н;  
 $S_{ск}$  – площадь поперечного сечения на нижней границе скола, мм<sup>2</sup>.

Испытаниям подверглись образцы №1, №2, №3 (рисунок 4), вырезанные из различных участков трубы.

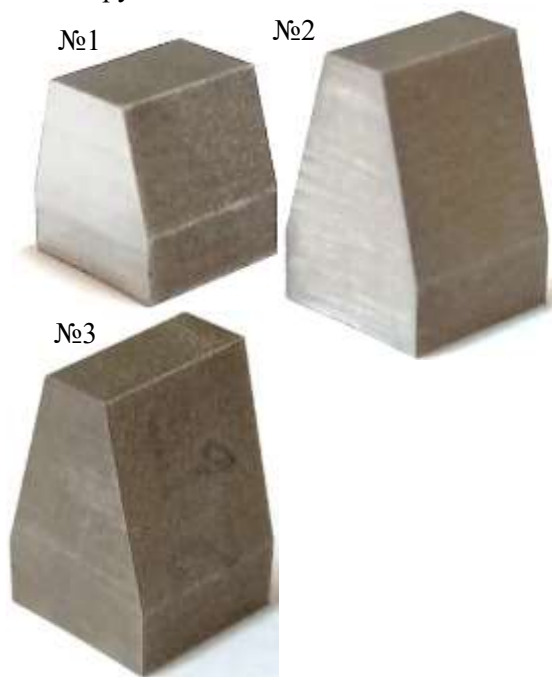
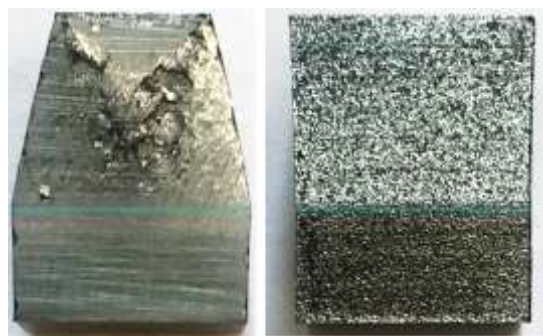


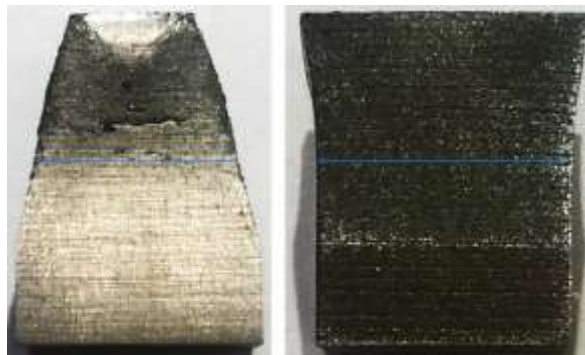
Рисунок 4 – Фотографии образцов №1, №2, №3 до испытания

Фотографии образцов после испытания приведены на рисунке 5.

После испытания, на покрытии образовались сколы и трещины, относительно нижней границы которых (рисунок 5, граница обозначена синей линией), была рассчитана площадь  $S_{ск}$  поперечного сечения на нижней границе скола.



№1



№2



№3

Рисунок 5 – Фотографии образцов №1, №2, №3 после испытания

Рассчитанные в соответствии с изложенным в [6] методом оценки прочности адгезии покрытия, напряжения скола  $\sigma_{ск}$ , составили:

- для образца 1

$$\sigma_{ск} = \frac{P_{сж}}{S_{ск}} = \frac{138,81 \text{ кН}}{102,5 \text{ мм}^2} = 1354 \text{ МПа};$$

- для образца 2

$$\sigma_{ск} = \frac{P_{сж}}{S_{ск}} = \frac{117,82 \text{ кН}}{85,0 \text{ мм}^2} = 1386 \text{ МПа};$$

- для образца 3

$$\sigma_{ск} = \frac{P_{сж}}{S_{ск}} = \frac{114,1 \text{ кН}}{81,4 \text{ мм}^2} = 1402 \text{ МПа}.$$

По результатам испытаний была определена тенденция в снижении напряжения скола по мере увеличения толщины хромового покрытия. Согласно ОСТ 3-6772-93 [6], при нахождении напряжения скола  $\sigma_{ск}$  в диапазоне  $\sigma_{0,2} < \sigma_{ск} < \sigma_B$  стали, покрытие может эксплуатироваться без

сколов в процессе эксплуатации в области упругих деформаций материала – основы. При этом такие покрытия подходят для деталей, работающих при статических, циклических и невысоких динамических нагрузках.

Для образцов покрытия №2 и №3,  $\sigma_v < \sigma_{ск}$ , что должно обеспечивать работу покрытия без сколов в области упругих и малых упругопластических деформаций [6]. Покрытие подходит для тяжело нагруженных деталей, работающих при ударных или высоких циклических нагрузках, могущих вызвать пластические деформации. При этом, следует отметить, что механические свойства стали [7] определяются исходя из условных, а не истинных напряжений. Соответственно, пересчет на истинные напряжения покажет, что  $\sigma_{ск}$  находится на уровне  $\sim \sigma_v$ , следовательно, значительные пластические деформации недопустимы. Это обусловлено тем, что хромовое покрытие, обладая пределом пропорциональности близким по значению к хромо-никеле-молибденовой стали, все же имеет значительно более низкие пластические свойства и склонность к хрупкому разрушению.

#### Численное моделирование нагружения образцов в процессе эксперимента

Полученные значения критических напряжений  $\sigma_{ск}$  значительно превышают значения напряжений в реальных условиях функционирования ГИУ [1]. Однако при их меньших значениях теплозащитное покрытие разрушается. При чем процесс его схода происходит не сразу, а по мере накопления повреждений. Следовательно, для определения критических условий функционирования защитных покрытий необходим подробный анализ его НДС с целью изучения антологии развития повреждений.

Для более детальной оценки НДС проведем численное моделирование процесса нагружения образцов в условиях, соответствующих проведенным экспериментам.

Моделирование процесса сжатия было осуществлено с применением программного обеспечения LS-Dуна, позволяющего проводить исследование при конечных пластических деформациях, реализуемых в натурном эксперименте. Для этого требовалось произвести задание следующих параметров моделирования:

- создание 3D-геометрии образца и контактирующих с ним участков плит испытательной машины;
- задание физических свойств материалов;
- определение граничных условий, с учетом

контактных условий взаимодействия образца с плитами траверс пресса.

Для обеспечения устойчивости применяемого явного метода расчета НДС при больших деформациях и нелинейном поведении материала потребовалось использование малых временных шагов. Однако, это не привело к увеличению времени расчета за счет применения параллельных вычислений, что также является преимуществом выбранного инструмента моделирования.

Геометрия твердотельной модели образцов была построена на основе эскизов, приведенных на рисунках 1 и 2, при этом размеры реально полученных образцов были в поле допуска в соответствии с эскизами. Участок верхней плиты испытательной машины был смоделирован в виде твердотельной пластины. Было принято решение не моделировать в явном виде нижнюю плиту, как верхнюю ввиду малых деформаций нижних оснований образцов и возможности задания закрепления вместо решения контактной задачи.

Для дискретизации геометрии использовались твердотельные 8-узловые гексаэдрические элементы первого порядка с размером сторон 0,2 мм. Каждая из конечно-элементных моделей насчитывала около 120 тысяч элементов. Выбор типа элемента был обусловлен обеспечением необходимой точности и, как было уже отмечено, устойчивости расчета при решении нелинейной задачи с конечными деформациями. В рамках решаемой задачи применены полностью интегрированные формулировки элементов образца, а для плиты испытательной машины выбраны объемные элементы постоянных напряжений.

Сложность численного моделирования подобных испытаний заключается в необходимости выбора граничных условий и формулировок задания процесса, позволяющих получить коррелирующий в должной мере результат с экспериментом.

Физической моделью материала образца была выбрана упругопластическая модель с кривой произвольной зависимости напряжений от деформаций. В соответствии с выбранной моделью материала были применены формулы пересчета условных напряжений и деформаций в действительные по зависимостям [9]:

$$\sigma_s = \sigma_e(1 + \varepsilon_e), \quad (4)$$

$$\varepsilon_s = Ln(1 + \varepsilon_e), \quad (5)$$

где  $\sigma_s$  и  $\varepsilon_s$  – действительные напряжения и деформации;

$\sigma_e$  и  $\varepsilon_e$  – условные напряжения и деформации.

Адекватность результатов численного моделирования эксперименту при конечных деформациях оценивалась по совпадению формы численного деформируемого элемента реальному. Это соответствие подтверждает правильность определения величин конечных деформаций, следовательно, и всех компонент НДС.

Добиться совпадения удалось подбором контактных условий между плитой верхней траверсы испытательной машины и поверхностью образца.

Для получения достоверного результата проведены дополнительные сравнительные численные и экспериментальные испытания сжатием стандартного [6] стального образца №4 с покрытием на величину деформации (4,75 мм), превышающую полученную на образцах №1, №2 и №3 (рисунок 2). Фотография образца 4 после сжатия приведена на рисунке 6.

Как видно из фотографии (рисунок 6), наблюдается неравномерное «течение» стали при больших деформациях, в направлении от поверхности канала трубы в противоположную сторону, обусловленное упрочнением стали у поверхности канала трубы операцией автоскрепления [8]. Цвета побежалости также свидетельствуют о неравномерности распределения пластических деформаций в образце с преобладанием «перетекания» по направлению от покрытия к периферии. Численная симуляция в среде LS-Dyna при этом показывает, что образец при задании однородных свойств стали по всей толщине, должен деформироваться со значительным «перетеканием» стали в направлении от периферии к поверхности канала трубы за счет конструктивной особенности изготовленного из трубы образца – наличия вогнутой поверхности – канала трубы (рисунок 6).



Рисунок 6 – Фотография и результат численной симуляции при одноосном сжатии образца 4 (покрытие располагается справа)

Для того, чтобы компенсировать неоднородность механических свойств стали по толщине трубы и получить более адекватные результаты

анализа НДС, было задано горизонтальное перемещение плиты верхней траверсы в направлении от поверхности канала к периферии величиной 1 мм), а также подобрано значение коэффициента контактного трения, при величине которого, равной 0,2 получено практически полное (в пределах допуска) совпадение формы деформированного образца и его числовой модели (рисунок 7). При этом НДС в образце, особенно в его части, прилегающей к поверхности канала, будет согласовываться с опытными данными, что особенно важно для решения задачи анализа механизма разрушения покрытия.



Рисунок 7 – Фотография и результат численной симуляции при скомпенсированном нагружении образца 4 (покрытие располагается справа)

Численные расчеты НДС среде LS-Dyna образцов №1, №2, №3 также проводились с коэффициентом статического трения 0,2 и подобранными смещениями в горизонтальной плоскости плиты верхней траверсы пропорционально осадке образцов №1, №2, №3 на 0,9 мм, 1,47 мм и 1,19 мм, соответственно.

### Результаты исследования

Результаты расчета НДС образцов по мере их деформирования сопоставлялись с опытными изображениями, полученными в процессе их деформирования на испытательной машине (рисунок 8). Из полученных результатов следует, что при достижении напряжений значений ~1350 МПа для образца №1 и ~1400 МПа для образцов №2 и №3, соответственно, наблюдается разрушение хромового покрытия в виде трещин, определяемых визуально. При этом граница разрушения не прямолинейна и стремится повторить характер распределения наибольших эквивалентных напряжений на поверхности опытного образца под покрытием.

По завершению испытаний, образцы №1, №2 и №3 были разрезаны на две равные половины в осевом направлении (рисунок 9). Из каждой левой половины был сделан микрошлиф и исследо-



вано состояние покрытия на оптическом микроскопе Carl Zeiss NEOPHOT 21.

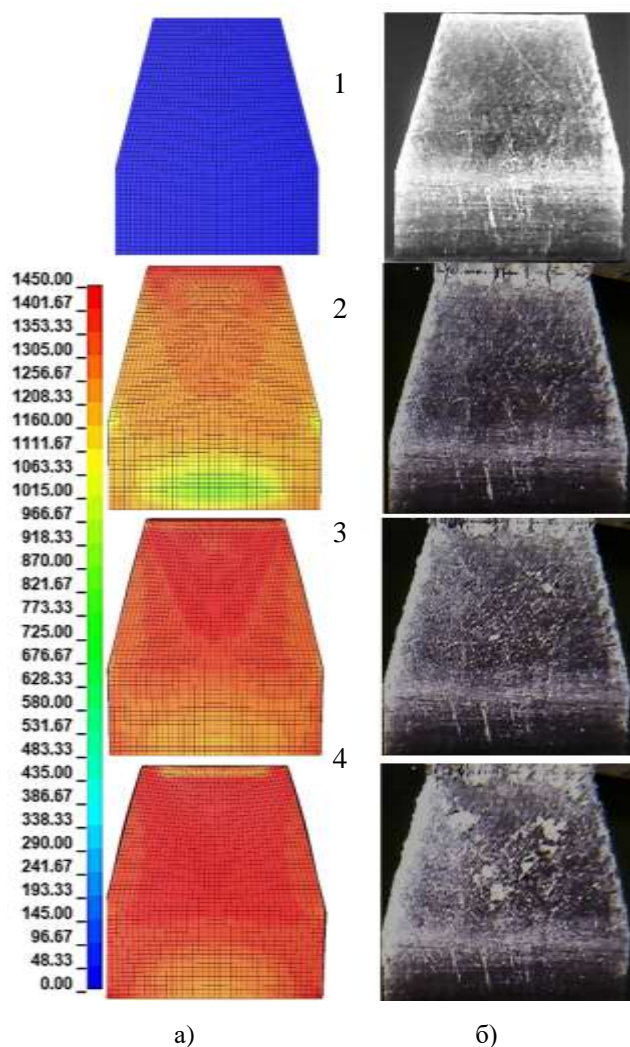


Рисунок 8 – Распределение эквивалентных напряжений (по Мизесу) (а) и фотографии (б) с повреждениями покрытия в процессе проведения испытания образца №1 при деформировании на величину: 1 – 0,0 мм; 2 – 0,2 мм; 3 – 0,5 мм; 4 – 0,9 мм

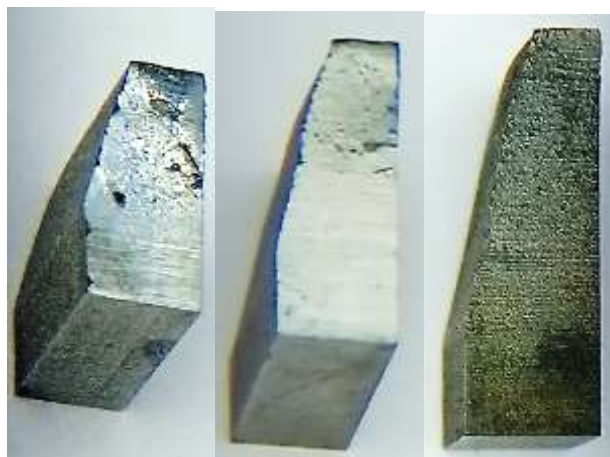


Рисунок 9 – Фотографии образцов после разрезки

По полученным данным можно сделать вывод, что скол в покрытии может происходить в виде трещины, распространенной на всю глубину покрытия по нормали к основе. При этом частота расположения трещин возрастает в направлении увеличения пластической деформации, а в зоне развитых пластических деформаций (~0,3%) возникают сколы покрытия, чаще на полную его глубину. Отмечаются также сколы примерно на половину толщины покрытия и сколы, имеющие хрупкий характер разрушения, т.е. под углом 45° к поверхности.

Снаружи на покрытии такие макротрещины идентифицируются как сетка трещин. Несмотря на наличие сколов после испытаний и первоначальных микротрещин, покрытие осыпается редко, преимущественно оставаясь на образце за счет сцепления с другими частями покрытия, которые еще не потеряли адгезию с основой. При сколе и разрушении связи с частями покрытия, не потерявшими адгезии с основой, происходит выкрашивание целого блока покрытия. Если же скол происходит непосредственно в толщине покрытия, не доходя до основы, то он выглядит как две трещины, расположенные друг к другу под углом 45° к поверхности.

Результаты состояния покрытия образцов №1, №2, №3, сопоставленные с их НДС приведены на рисунке 10. Сопоставление результатов испытаний с результатами численного моделирования показывает, что разрушение покрытия наступает при достижении в поверхностном слое стали эквивалентных напряжений по Мизесу значений 1350...1400 МПа. Из полученных результатов следует, что исследуемое гальваническое хромовое покрытие толщиной 100, 110 и 120 мкм, обладает высокой адгезионной прочностью, а также пластичностью – способно деформироваться без разрушения и потери адгезии при деформации (~0,3%), соответствующей достижению в материале основы истинного значения предела прочности.

При этом критерием стойкости гальванического покрытия при однократном нагружении в рассматриваемом случае (для покрытия данного качества) следует принять условие

$$\sigma_{ск} \leq \sigma_{в} \cdot \quad (5)$$

Таким образом, критическими факторами, влияющими на стойкость покрытий, являются напряжения в подложке покрытия – в данном случае высокопрочной стали.

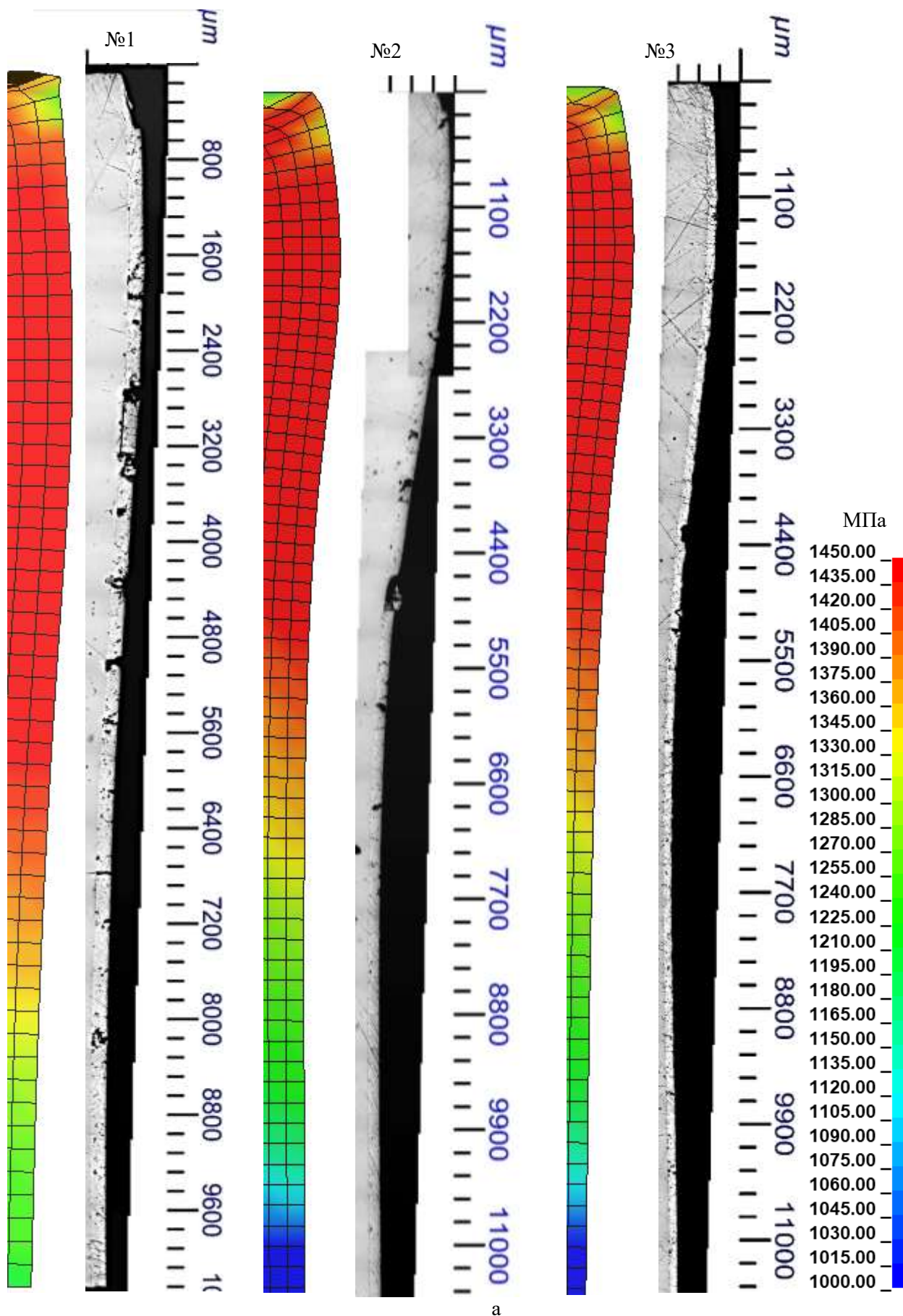


Рисунок 10 – Состояние покрытия образцов №1, №2, №3 после испытания и НДС материала основы под покрытием

### Обсуждение

Свойства гальванических хромовых покрытий в значительной степени зависят от технологии их нанесения. Наиболее значимым является подготовка поверхности под покрытие, выбор соответствующих режимов хромирования, толщина слоя, термическая обработка хромированных деталей и т.п. Полученные в данном исследовании результаты подтверждают высокую адгезию и пластичность гальванического покрытия, которое применялось на данных образцах. Применение других параметров технологического процесса при гальваническом хромировании может привести к получению результатов испытаний в значительной степени отличающихся от изложенных в данной статье. Однако, применение разработанного метода исследования останется актуальным, потому, что он обеспечивает связь между НДС теплозащитного покрытия, определяемого условиями его функционирования и свойством адгезии, определяющим стойкость данного покрытия в условиях его функционирования.

В реальных условиях функционирования ГИУ НДС материала под поверхностью теплозащитного покрытия не достигает критических значений, вызывающих его пластическое деформирование [1], однако уровень напряжений, вызываемый градиентным воздействием температуры, достаточно высокий и может приближаться к пределу текучести материала основы. Температура теплозащитного покрытия может приближаться к критическим температурам стальной основы. Высокая температура хромового слоя снижает его прочностные характеристики. Наличие циклических температурно-силовых воздействий на теплозащитное покрытие при функционировании ГИУ приводит к постепенному его разрушению и сходу с защищаемой поверхности – выносу его потоками горячей рабочей среды. При этом, значимое влияние на стойкость покрытия оказывают его адгезионные свойства, пластичность и прочность, которые могут быть определены по разработанному методу.

Дальнейшим этапом исследования может стать установление взаимосвязи полученных результатов исследования с антологией термосилового нагружения защитного покрытия в условиях функционирования ГИУ.

### Заключение

Разработан метод оценки адгезионной прочности теплозащитных покрытий, нанесенных на детали из высокопрочной стали. Метод позволяет установить взаимосвязь адгезионных свойств покрытия с НДС материала – основы под покрытием, определить критерий адгезионной прочности при однократном нагружении.

Полученные результаты могут быть распространены на реальные условия функционирования термозащитных покрытий при циклическом термосиловом нагружении.

### Литература

- 1 Лепеш, Г. В. Оценка напряженно-деформированного состояния термозащитного покрытия канала трубы, нагруженной высокотемпературным силовым импульсом / Г. В. Лепеш, М. В. Басова // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2023. – № 4(66). – С. 31-37. – EDN IQRTJX.
- 2 Кодолов В.И. Композиционные полимерные материалы в ракетных двигателях твердого топлива: учебное пособие для вузов / В.И. Кодолов, В.В. Кодолова-Чухонцева, М.К. Королева – СПб: Лань, 2024.
- 3 Лепеш, Г. В. Оценка теплового состояния стального цилиндра с термозащитным покрытием, нагруженного высокотемпературным тепловым импульсом / Г. В. Лепеш // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2023. – № 3(65). – С. 33-39. – EDN XFARPI.
- 4 Богорад Л.Я. Хромирование – Изд. 5-е, перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1984. – 97 с.
- 5 Груба О.Н., Векессер А.Н. Повышение эффективности процесса электролитического хромирования // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия Химия. – 2022. - № 1. – с. 114-124.
- 6 ОСТ 3-6772-93 Отраслевой стандарт «Покрытия металлические хромовые. Типовые технологические процессы нанесения».
- 7 ГОСТ 1497-84 Межгосударственный стандарт. Металлы. Методы испытаний на растяжение.
- 8 Лепеш, Г. В. Моделирование процесса автоскрепления толстостенных труб / Г. В. Лепеш, А. С. Зайцев, Е. Н. Моисеев // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2015. – № 1(31). – С. 38-44. – EDN UNWQGH.
- 9 Faridmehr I., Osman M.H., Adnan A.B., Nejad A.F., Hodjati R., Azimi M. Correlation between engeneering stress-strain and true stress-strain curve. Am. J. Civil Eng. Archit. 2014, 2, 53-59.



# МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 621.5

## КОНСЕРВАТИВНАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УЗЛА ОБТЮРАЦИИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ ИМПУЛЬСНОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Г.В. Лепеш<sup>1</sup>, К.А. Егоров<sup>2</sup>, О.В. Горюнов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный экономический университет (СПбГЭУ),  
Россия, 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А;

<sup>1,2</sup>Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт материалов  
имени Д.И. Менделеева», (АО «ЦНИИМ»), 191014, Санкт-Петербург, ул. Парадная, 8;

<sup>3</sup>Акционерное общество «РЭИН Инжиниринг», (АО «РЭИН Инжиниринг»), Россия 194044,  
Санкт-Петербург, Выборгская наб. 45Е.

Разработан статистический подход к проектированию узла обтюрации газодинамических импульсных систем, учитывающий неопределенности, обусловленные разбросами свойств материалов его элементов, отклонениями размеров, стохастичностью нагрузок и погрешностями программно-математического аппарата. Подход основан на строгом математическом обосновании вероятности отказа проектируемого узла обтюрации, что позволяет давать консервативную оценку его надежности при минимальном количестве расчетов.

*Ключевые слова:* узел обтюрации, газодинамическая импульсная система, численное моделирование, модель Муни-Ривлина, математическое ожидание, доверительные интервалы.

## CONSERVATIVE ASSESSMENT OF THE FUNCTIONING OF THE OBTURATION NODE OF A GAS DYNAMIC PULSE SYSTEM BASED ON A STATISTICAL APPROACH

G.V. Lepesh, K.A. Egorov, O.V. Goryunov

*St. Petersburg State University of Economics (SPbGEU),  
Russia, 191023, St. Petersburg, nab. Griboyedov Canal, 30-32, letter A;  
Central Research Institute of Materials JSC named after D.I. Mendeleev,  
191014, St. Petersburg, Paradnaya str., 8;  
Joint Stock Company "REIN Engineering", (JSC "REIN Engineering"),  
Russia, 194044, St. Petersburg, Vyborgskaya nab. 45E.*

A statistical approach to the design of the obturation node of gas-dynamic pulse systems has been developed, taking into account the uncertainties caused by the variations in the properties of the materials of its elements, size deviations, stochastic loads and errors of the software and mathematical apparatus. The approach is based on a strict mathematical justification of the probability of failure of the designed obturation unit, which allows us to give a conservative assessment of its reliability with a minimum number of calculations.

*Keywords:* sealing unit, gas dynamic pulse system, numerical modeling, Mooney-Rivlin model, mathematical expectation, confidence intervals.

---

EDN МҮНХАК

<sup>1</sup>Лепеш Григорий Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Безопасность населения и территорий от ЧС, СПбГЭУ, тел.: +7 (921) 751-28-29, e-mail: GregoryL@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-4160-3292 ScopusID: 57215412255;

<sup>2</sup>Егоров Константин Александрович – ведущий инженер отдела живучести, тел.+7 (921) 982-54-55, e-mail: konstant55@rambler.ru, ORCID:0000-0003-4090-2466;

<sup>3</sup>Горюнов Олег Владимирович – кандидат технических наук, главный специалист, e-mail: ovgoriunov@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6414-8619..

Одной из основных задач, решаемых при создании газодинамической импульсной системы (ГИС), является обеспечение герметизации рабочей камеры [1]. То есть, предотвращение прорыва продуктов горения топлива (ПГ) через узел obtюрации, запирающий рабочую камеру. На рисунке 1 приведена схема герметизации рабочей камеры ГИС, где изображены элементы obtюрующего узла, предотвращающего прорыв ПГ, находящийся под давлением  $P$  между камерой и штоком, посредством плотного прилегания эластичной подушки к уплотнительному участку камеры и

штоку. Конструкция узла obtюрации, как правило, представляет собой эластичную уплотнительную подушку, выполненную из гиперупругих полимерных материалов в форме цилиндра или усеченного конуса. Спереди и сзади подушки устанавливаются металлические кольца (Рисунок 1). Кольца большего диаметра могут иметь косой разрез, позволяющий ему упруго деформироваться в тангенциальном направлении, скользя по конической поверхности камеры, плотно к ней прилегая и обеспечивая obtюрацию ПГ.

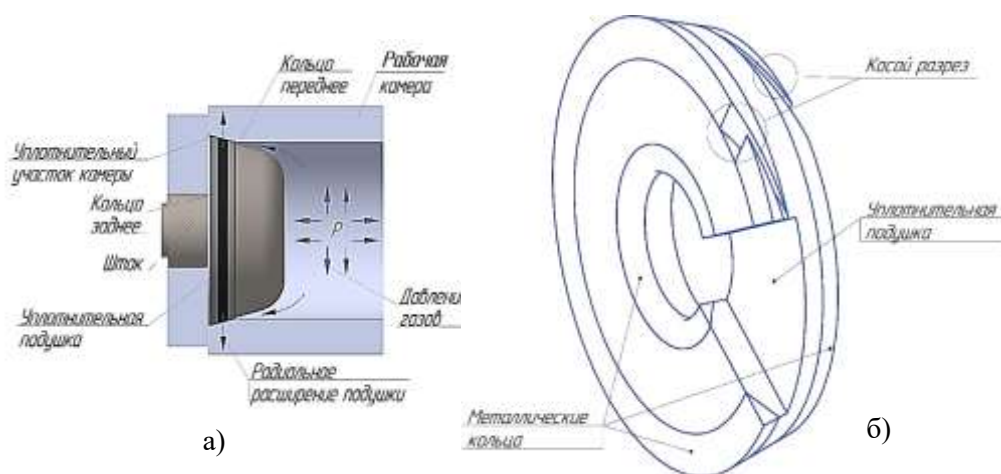


Рисунок 1 – Элементы газодинамической импульсной системы: а) – схема герметизации камеры; б) - конструкция узла obtюрации

особенности функционирования узла obtюрации обусловлены нестабильностями процессов, происходящих при работе ГИС. При этом на оценку функционирования узла obtюрации оказывает неопределенность физико-механических свойств его элементов, изготавливаемых из различных материалов, как из эластичных, так и высокопрочных, выдерживающих предельно-высокие нагрузки. Значение имеют также разбросы геометрии элементов в пределах допусков на их изготовление. С учетом указанных особенностей расчетная оценка функционирования узла obtюрации на основе детерминистского подхода оказывается нецелесообразной. Это приводит к необходимости проведения натурных испытаний на каждом изделии после его изготовления и их выбраковки по результатам этих испытаний.

В данной работе рассмотрен статистический подход к расчетной оценке функционирования узла obtюрации ГИС, основанный на оценке надежности функционирования. За основной критерий надежности узлов obtюрации принимается их работоспособность – способность узла obtюрации герметизировать камеру от прорыва ПГ с вероятностью не менее заданной. В основу раз-

работанного подхода положено построение кривых вероятности отказа узла obtюрации в зависимости от давления ПГ и их оценка с учетом неопределенности различного рода, вносимых элементами узла obtюрации и процессами, происходящими при функционировании ГИУ. В качестве входных параметров расчетной модели принимаются стохастические данные, полученные при интерполяции неизвестной функции нескольких переменных. Это дает возможность разработать расчетную модель, позволяющую оценивать вероятность достижения предельного состояния для неизвестной, в общем случае, функции отклика на нагрузку  $Q$  (напряжения, деформации, перемещения и т.п.), которая зависит от ряда параметров геометрии, механических характеристик, погрешности расчетной модели и пр., а также оценивать влияние (чувствительность) входных параметров модели на результирующее значение вероятности отказа, оптимизировать время расчетов. С целью оценки параметров распределения функции  $Q$  используется разложение в ряд Тейлора до второго порядка малости, что в ряде случаев может дать достаточную консервативную оценку искомого результата.

**Общие положения**

Разработанный подход подробно описан в [2].

Пусть имеется ответная реакция на нагружение  $Q$ . Вероятность того, что характеристика предельного состояния (критерии по напряжениям, деформациям и т. д.) окажется меньше  $R$  ( $P(R < Q)$ ), т.е. наступит разрушение будет [3]:

$$P(R < Q) = F_R(Q) = \int_{-\infty}^Q \rho_R(z) dz, \quad (1)$$

где  $F_R(Q)$  – функция распределения случайной величины  $R$ ;

$\rho_R(z)$  – плотность распределения величины  $R$ .

Для нахождения вероятности разрушения следует учесть все возможные значения  $Q$  (все несовместимые пути реализации события) по формуле полной вероятности

$$P(R < Q) = \int_{-\infty}^{\infty} \rho_Q(Q) F_R(Q) dQ = 1 - \int_{-\infty}^{\infty} \rho_R(R) F_Q(R) dR. \quad (2)$$

**Построение плотности распределения параметра прочности**

В действующих нормативных документах и справочниках значения величин, характеризующих прочность материала представлены, как правило, в виде гарантированных (минимальных) или средних (медианных) значений. При этом предполагается, что распределение указанных величин подчиняется нормальному или логнормальному закону. Учитывая тот факт, что критерии предельных состояний (предел текучести, временное сопротивление, относительное удлинение и др.) являются положительными величинами, примем распределение  $R$  логнормальным:  $R \sim LN(m_R, vR^2)$ . Функция логнормального распределения имеет вид (для  $v < 0,3$ ):

$$P(R < r) = LN(m_R, vR) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}vR} \int_0^r \exp\left(-\frac{(\ln x - m_R)^2}{2vR^2}\right) \frac{dx}{x} \quad (3)$$

При этом справедливо выражение:

$$R_P = M_R \cdot \exp(u(P) \cdot vR), \quad (4)$$

где  $R_P$  – значение характеристики соответствующей вероятности превышения  $P$ ;

$M_R$  – медиана,

$M_R = \exp(m_R)$ ;

$v_R$  – коэффициент вариации;

$u(P)$  – квантиль нормального распределения, соответствующий вероятности  $P$ , и определяемый из уравнения (5)

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{u(P)} e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad (5)$$

Если известны гарантированные значения, как правило, соответствующие обеспеченности 5%, то при заданном значении  $v_R$  можно определить параметр логнормального распределения  $m_R$  на основе выражения (6):

$$m_R = -u(0.05) \cdot v_R + \ln(R_{0.05}), \quad (6)$$

Таким образом, критерии предельного состояния полностью определены и для оценки вероятности разрушения остается определить параметры  $Q$ .

**Построение плотности распределения нагрузки**

Величина  $Q$  может быть оценена на основе натурального эксперимента или численного расчета. В обоих случаях указанная величина является случайной величиной, поскольку, зависит от изменчивости параметров геометрии (допуски, указанные в конструкторской документации), механических характеристик, погрешности расчетной модели и расчета, параметров кривой нагружения. При этом поскольку значение  $Q$  является результатом влияния относительно большого числа входных параметров – в первом приближении на основе предельной центральной теоремы теории вероятности можно принять распределение  $Q$  также нормальным или логнормальным. Поскольку отличие нормального закона от логнормального в случае  $v < 0,3$  и в области практического применения в данной задаче не существенно, то принимается, что  $Q$  имеет логнормальное распределение. Соответственно, плотность распределения  $\rho_Q$  определена. Тогда справедливо равенство:  $P(R < Q) = P(R/Q < 1)$ , или, что тоже самое

$$P(R < Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\theta} e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad (7)$$

где предел интегрирования  $\theta$  определяется по формуле 8:

$$\theta = \frac{\ln(M_Q/M_R)}{\sqrt{v_Q^2 + v_R^2}}. \quad (8)$$

Таким образом, для построения кривых вероятности отказа необходимо определить математическое ожидание  $M_Q$  и коэффициент вариации  $v_Q$  для каждого уровня нагрузки  $N$ , т.е.  $M_Q = M_Q(N), v_Q = v_Q(N)$ .

Для построения кривой вероятности отказа в качестве медианной нагрузки  $N_{0,5}$ , приводящей к разрушению с вероятностью 0,5, нужно решить уравнение  $M_Q(N_{0,5}) = M_R$ . При нелинейном многопараметрическом нагружении зависи-

мость  $M_Q = M_Q(N)$  также нелинейная, стоит отметить, что математическое ожидание зависит от функциональной зависимости, и в общем случае  $M[z(a, b, \dots, x)] \neq z(Ma, Mb, \dots, Mx)$ , где  $a, b, x$  – переменные,  $Ma, Mb, Mx$  – соответствующие математические ожидания случая нагружения.

В случае сложной функциональной зависимости нагрузки от параметров нагружения учет влияния изменчивости входных данных на окончательный результат может быть выполнен на основе разложения в ряд Тейлора

$$M[Q(N, x_k)] = M \left[ Q(N, M_{x_k}) + \frac{\partial Q}{\partial x_k} \Big|_{M_{x_k}} (x_k - M_{x_k}) + \frac{1}{2} \times \frac{\partial^2 Q}{\partial x_k \partial x_m} \Big|_{M_{x_k}} (x_k - M_{x_k})(x_m - M_{x_m}) + \dots \right] = Q(N, M_{x_k}) + \frac{1}{2} \times \frac{\partial^2 Q}{\partial x_k^2} \Big|_{M_{x_k}} S_{x_k}^2, \quad (9)$$

где  $x_k$  – входной параметр расчетной модели (геометрические размеры, механические и физические свойства и т.п.);

$M_{x_k}$  – математическое ожидание параметра  $x_k$ ;

$S_{x_k}^2$  – дисперсия параметра  $x_k$ .

Аппроксимация второй производной по параметру дается выражением:

$$\frac{d^2 Q}{dx_k^2} \Big|_{x=M_{x_k}} \cong \frac{Q(M_{x_k} + \delta M_{x_k}) - 2 \times Q(M_{x_k}) + Q(M_{x_k} - \delta M_{x_k})}{(\delta M_{x_k})^2}, \quad (10)$$

где  $\delta M$  – приращение аргумента, определяется по выражению:

$$\delta M_{x_k} = u(0,95) \times S_{x_k}. \quad (11)$$

Таким образом,  $M_Q(N)$  и  $S_Q^2(N)$  определяются выражениями:

$$M[Q(N, x_k)] = Q(N, M_{x_k}) + \sum_k \frac{Q(N, M_{x_k} + \delta M_{x_k}) - 2 \times Q(N, M_{x_k}) + Q(N, M_{x_k} - \delta M_{x_k})}{2 \times u_{0,95}^2}, \quad (12)$$

$$S_Q^2(N, M_{x_k}) = \frac{1}{4} \times \sum_k \frac{(Q(N, M_{x_k} + \delta M_{x_k}) - Q(N, M_{x_k} - \delta M_{x_k}))^2}{u_{0,95}^2}. \quad (13)$$

Кривая вероятности отказа в зависимости от нагрузки  $N$  будет иметь вид:

$$P(R < Q, N) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\theta(N)} e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad (14)$$

где  $\theta(N)$  – предел интегрирования, определяется по формуле

$$\theta(N) = \frac{\ln(M_Q(N)/M_R)}{\sqrt{v_Q^2(N) + v_R^2}}. \quad (15)$$

Коэффициент вариации определяется зависимостью

$$v_Q(N) = \frac{S_Q(N)}{M_Q(N)}. \quad (16)$$

В случае применения для анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) численных пакетов САЕ – программ (например, ANSYS) выражение (15) необходимо скорректировать путем учета указанной в аттестационном паспорте неопределенности, вносимой самой программой (эпистемическая неопределенность). Она может быть учтена в рамках определения

кривых вероятности отказа с различным уровнем обеспеченности  $W$ .

Относительная погрешность программы ANSYS – 15 % ( $v_U = 0,09$ ). В этом случае случайная величина  $Q$  представляется выражением:

$$Q = M_Q e_Q e_U, \quad (17)$$

где  $e_Q, e_U$  – логарифмически нормально распределенные величины с единичной медианой и логарифмически стандартным отклонением  $v_Q, v_U$ , соответственно. При этом вероятность отказа будет определена соответствующих уровней обеспеченности  $W$ :

$$\theta_W(N) = \frac{\ln(M_Q(N)/M_R)}{\sqrt{v_Q^2(N) + v_R^2}} + u(W)v_U. \quad (18)$$

Применение разработанного подхода представлено ниже на примере проектирования узла обтюрации ГИС представленного на рисунке 2.

В целом, реализация представленного выше подхода состоит из четырех основных эта-

пов, каждый из которых делится на подэтапы (Рисунок 3):

### Этап 1. Выбор критериев отказа узла обтюрации

Важным моментом Этапа 1 является выбор критерия нарушения работоспособности (критерия отказа). В соответствии с [4] наиболее известными видами разрушения упругих поли-

мерных материалов при концентрации напряжений является раздир и прокол.

В силу того, что уплотнительная подушка узла обтюрации функционирует в условиях сложного нагружения и концентрации напряжений, то в качестве критерия отказа было принято разрушение подушки в результате её прокола острыми кромками металлических колец при превышении допустимого усилия в месте контакта.

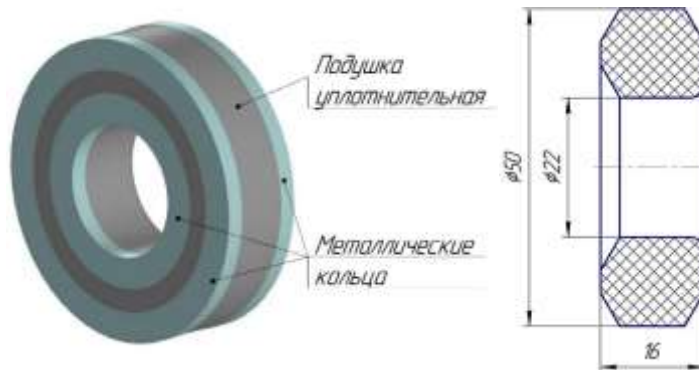


Рисунок 2 – Узел обтюрации цилиндрической формы: а) – узел в сборе; б) – уплотнительная подушка в разрезе (размеры в мм)



Рисунок 3 – Основные этапы методологического подхода оценки надежности узла обтюрации

Величина допустимого внедрения кромок колец может быть определена по приближённой эмпирической зависимости нагрузки при проколе от модуля упругости и радиуса скругления индентора [3]:

$$T_{\text{крит}} = 1,34E_1 \cdot R_0^{0,5} \cdot H, \quad (19)$$

где  $E_1$  – модуль упругости с учётом перераспределения напряжений, за счёт коэффициента концентрации.  $E_1 = 0,1\sigma_{\text{пр}}$ ,

где  $\sigma_{\text{пр}}$  – условный предел прочности материала;

$R_0$  – радиус скругления кромки кольца.

Условие работоспособности узла обтюрации может быть представлено в виде:

$$T < T_{\text{крит}}, \quad (20)$$

где  $T$  – максимальное усилие в месте прокола подушки, определяемое по результатам численного моделирования.



### Этап 2 Конечно-элементное моделирование функционирования узла обтюрации

На этапе 2 построена расчётная конечно-элементная модель и определены нагрузки и граничные условия (Рисунок 4).

Так как основной целью расчёта является демонстрация методологического подхода, то конструкции узла обтюрации и ГИС представлены упрощенно

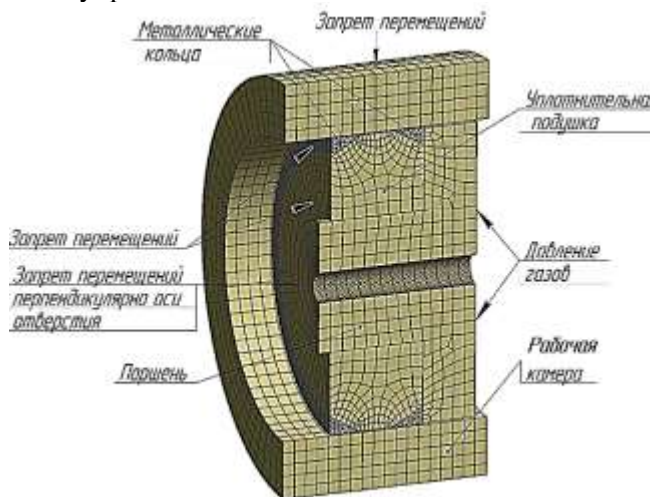


Рисунок 4 – Расчётная конечно-элементная модель

Анализ выполнен с помощью программного комплекса Ansys Mechanical 2022R1 с использованием решателя Autodyn в явных Лагранжевых координатах. С целью снижения затрачиваемых ресурсов ЭВМ задача решалась в осесимметричной постановке.

Давления в расширительной камере принято монотонно возрастающим.

В части задания свойств материалов главный интерес представляет модель материала уплотнительной подушки. Поведение гиперупругих материалов может быть описано с помощью известных моделей – Муни-Ривлина, Нео-Гука, Огдена и др. В данном случае, для выполнения расчётов, была принята 3-х параметрическая модель Муни-Ривлина, как обеспечивающая минимальные отклонения друг от друга расчетных и экспериментальных значений компонентов НДС [1].

При построении кривой вероятности отказа в качестве неопределенностей были приняты механические свойства материала уплотнительной подушки (зависимость напряжений деформаций – кривая «Нагрузка – разгрузка»), диаметр камеры –  $D_{\text{кам}}$ , диаметр подушки –  $D$  и толщина подушки –  $H$ . Размеры металлических колец приняты постоянными.

На основании зависимостей 4 и 6 были определены значения варьируемых параметров. Каждой комбинации присвоен номер, соответ-

ствующий номеру расчёта напряжённо-деформированного состояния с учётом вариации механических свойств и геометрических параметров. Комбинации варьируемых параметров – средних и с обеспеченностью 5% и 95 % приведены на рисунке 6. Для зависимостей напряжений от деформаций в столбце «Значение» знаком плюс отмечены параметры с 5 % обеспеченностью, знаком минус – параметры с 95 % обеспеченностью. Мед. – медианное значение.

Таблица 1 – Комбинации варьируемых параметров (продолжение таблицы не показано)

Варьируемый параметр	Вариант	Значение	Номер расчёта
$\epsilon$ , мкм <sup>-1</sup>	0.0	Мед.	1
$\sigma_T$ , МПа		Мед.	
$D$ , мм		49,75	
$H$ , мм		16	
$D_{\text{кам}}$ , мм		50,2	
$\epsilon$ , мкм <sup>-1</sup>	1.1	-	2
$\sigma_T$ , МПа		Мед.	
$D$ , мм		49,75	
$H$ , мм		16	
$D_{\text{кам}}$ , мм		50,2	
$\epsilon$ , мкм <sup>-1</sup>	1.2	+	3
$\sigma_T$ , МПа		Мед.	
$D$ , мм		49,75	
$H$ , мм		16	
$D_{\text{кам}}$ , мм		50,2	
$\epsilon$ , мкм <sup>-1</sup>	2.1	Мед.	4
$\sigma_T$ , МПа		-	
$D$ , мм		49,75	
$H$ , мм		16	

В результате проведения расчётов были получены картины напряжённо-деформированного состояния подушки для каждой комбинации варьируемых параметров на всех стадиях нагружения.

На рисунке 5 представлена общая картина НДС. Красным, оранжевым и желтым отмечены наиболее нагруженные области в результате взаимодействия с острыми кромками металлических колец.

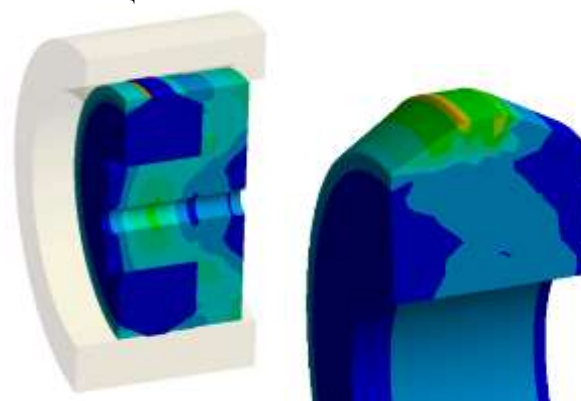


Рисунок 5 – Общая картина НДС (косой разрез на кольцах и малое металлическое кольцо не рассмотрены)

Полученные картины НДС подтверждаются результатами натурных испытаний. На рисунке 6 видны следы разрушения подушки в виде прокола в результате внедрения острых кромок металлических колец.



а)



б)

Рисунок 6 – Следы разрушения (прокола) подушки острыми кромками: а) – Подушка обтюраторная с металлическими кольцами; б) – подушка обтюраторная отдельно

В таблице 2 приведен фрагмент результатов расчётов усилия прокола в зависимости от давления, полученный для 35 комбинаций варьируемых параметров.

### Этап 3 Построение кривых вероятности отказа от давления

По данным, приведенным в таблице на рисунке 9, с помощью зависимости 12 построена результирующая кривая математических ожиданий усилия прокола от давления (Рисунок 7).

Таблица 2 – Результаты расчётов усилия прокола в зависимости от давления газов (продолжение таблицы не показано)

Усилие прокола, Н	Комбинация	Давление, МПа			
		0	100	150	...
1	0.0001	18799	24452	...	
2	0.0001	19438	24679	...	
3	0.0001	19977	25979	...	
...	...	...	...	...	
34	0.0001	25504	28422	...	
35	0.0001	23503	23045	...	

На рисунке 8 приведены зависимости вероятности отказа по критерию прокола от давления, построенные на основании выражения 14, с уровнем обеспеченности 5 %, 50 % и 95 %. Пределы интегрирования для соответствующих уровней обеспеченности определены с учётом выражений 14 и 16.

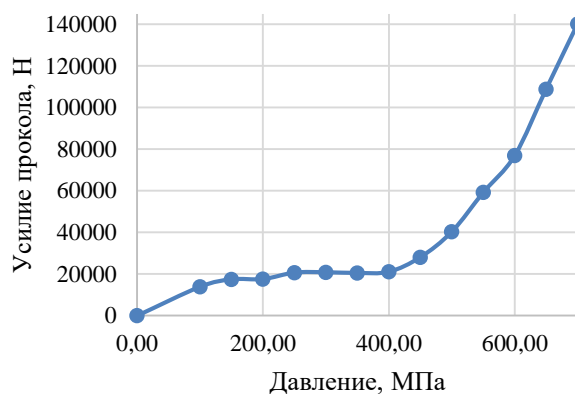


Рисунок 7 – Результирующая зависимость математического ожидания усилия прокола от давления газов

При определении пределов интегрирования, в соответствии с уравнением для критерия отказа, на основании зависимости 14, принято значение максимально допустимого усилия прокола  $M_R$ . Для коэффициента вариации критерия прочности принято значение  $\nu_R=0,05$ .

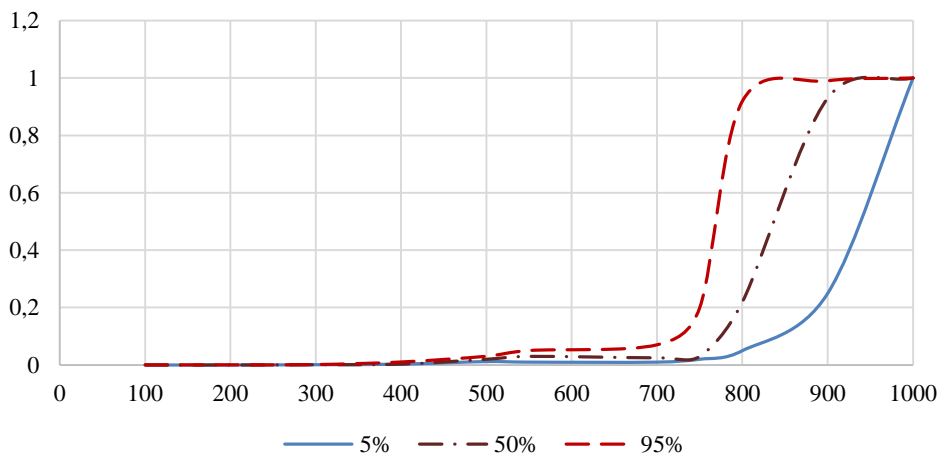


Рисунок 8 – Зависимость вероятности отказа (разрушения) уплотнительной подушки от давления ПГ (с учётом погрешности расчёта программного пакета Ansys)

#### Этап 4 Определение надежности узла обтюрации

Для определения надежности проектируемого узла обтюрации, полученные кривые вероятности отказа необходимо сравнить с кривыми вероятностями отказа референтного узла обтюрации.

В случае отсутствия референтных узлов обтюрации надежность может быть оценена консервативно в соответствии с известными данными

по вероятности возникновения аварий типового оборудования, наиболее близкого по назначению.

Например, если принять ГИС как сосуд под давлением, то в соответствии с [6] вероятность разрушения может быть принята  $2,7 \cdot 10^{-8}$  (Таблица 3).

Таблица 3 - Обобщенные данные по вероятностям инициирования аварий типового технологического оборудования

Тип оборудования	Подтип оборудования	Иницирующее событие, случаев/ год	
		Все утечки	Разрушение
Сосуд под давлением	Газовая фаза	$1,65 \cdot 10^{-5}$	$2,70 \cdot 10^{-8}$
	Двухфазный	$1,65 \cdot 10^{-5}$	$2,70 \cdot 10^{-8}$
Колонны	Двухфазное содержимое	$1,65 \cdot 10^{-5}$	$2,70 \cdot 10^{-8}$
Компрессор		$3,76 \cdot 10^{-3}$	$1,75 \cdot 10^{-6}$
Фильтр		$1,23 \cdot 10^{-4}$	$2,54 \cdot 10^{-5}$
Теплообменник	Воздушный	$7,28 \cdot 10^{-5}$	$1,75 \cdot 10^{-6}$
	Кожухотрубный	$1,35 \cdot 10^{-4}$	$1,75 \cdot 10^{-6}$
	Трубчатый (Змеевик)	$1,65 \cdot 10^{-5}$	$2,70 \cdot 10^{-8}$
Газовая турбина		$1,93 \cdot 10^{-6}$	-
Насос		$1,01 \cdot 10^{-4}$	$7,80 \cdot 10^{-8}$
Резервуар		$9,00 \cdot 10^{-5}$	$1,00 \cdot 10^{-5}$
Магистральный трубопровод, км	Береговой нефтепровод	$6,90 \cdot 10^{-4}$	$1,50 \cdot 10^{-5}$

#### Заключение

Разработан статистический подход к проектированию узла обтюрации ГИС, учитывающий неопределенности, обусловленные разбросами свойств материалов его элементов, отклонениями размеров, стохастичностью нагрузок и погрешностями программно-математического аппарата.

Статистический подход основан на оценке надежности функционирования узла обтюрации ГИС. За основной критерией надежности узлов обтюрации принимается их способность герметизировать камеру от прорыва ПГ с вероятностью не менее заданной.

Подход основан на строгом математическом обосновании, что позволяет давать консервативную оценку надежности узла обтюрации при минимальном количестве расчётов.

Построены кривые вероятности отказа узла обтюрации в зависимости от давления ПГ и проведена его оценка с учетом неопределенности различного рода, вносимых элементами узла обтюрации и процессами, происходящими при функционировании ГИС.

Учёт неопределенностей позволяет снизить трудоёмкость разработки узла обтюрации ГИС, а также снизить риски отказа как разрабатываемого узла, так и всей газодинамической импульсной системы.

#### Литература

1. Лепеш Г.В. Применение CAD/CAE технологий для исследования работоспособности эластичного обтюлятора в условиях импульсного нагружения высоким давлением./ Г.В. Лепеш, Е.С. Иванова, К.А. Егоров// Техничко-технологические проблемы сервиса №1(35) 2016. – с. 24-29.
2. Оценка вероятности отказа защитной оболочки ВВЭР-1000. О.В. Горюнов, Н.Н. Куриков, К.А. Егоров Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР: Ежемесячный научно-технический производственный журнал. Тяжёлое машиностроение (7-8 2020).
3. Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин: Справочник, – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979, —702 с. /с.621/.
4. Зуев Ю. С. Разрушение эластомеров в условиях, характерных для эксплуатации. – Москва: Химия, 1980. - 288 с.,ил.; 20 см.; ISBN В пер. (В пер.)
5. Пальмов В. А. Определяющие уравнения термоупругих, термовязких и термопластических материалов: учеб. пособие / В. А. Пальмов. – СПб.:Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 138 с.
6. Анализ рисков и обеспечение защищенности критически важных объектов нефтегазохимического комплекса./ Н. А. Махутов, В. Н. Пермяков, Р. С. Ахметханов, Д. О. Резников, Е. Ф. Дубинин// Тюмень ТюмГНГУ. –2013.



# ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЕРВИСА

УДК 338.47

## ДОРОЖНЫЙ ПАССАЖИРСКИЙ ТРАНСПОРТ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВМЕСТИМОСТИ: ИСТОРИЯ ПОЯВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

С.А. Аземша<sup>1</sup>

*Белорусский государственный университет транспорта,  
Беларусь, 246653, г. Гомель ул. Кирова, 36.*

В данной публикации дан литературный обзор научных публикаций по тематике, касающейся использования дорожного пассажирского транспорта динамической вместимости – прицепных пассажирских транспортных средств, которые в период роста пассажиропотока сцепляются, повышая вместимость, а в периоды спада – расцепляются, уменьшая вместимость. Показаны современные научные и практические тенденции этого направления за рубежом. Предложен новый подход к организации работы пассажирского транспорта регулярного сообщения в Республике Беларусь, заключающийся в ежедневном прогнозировании пассажиронапряженности на каждый рейс каждого маршрута с последующим назначением на такие рейсы пассажирских транспортных средств динамической вместимости, максимально соответствующей имеющейся пассажиронапряженности.

*Ключевые слова:* пассажирский транспорт регулярного сообщения, модульные пассажирские транспортные средства, пассажирский прицеп, пассажиронапряженность.

### DYNAMIC CAPACITY ROAD PASSENGER TRANSPORT: THE HISTORY OF ITS APPEARANCE AND DEVELOPMENT PROSPECTS

S.A. Azemsha

*Belarusian State University of Transport, 36 Kirova str., Gomel, 246653, Belarus.*

This publication provides a literary review of scientific publications on topics related to the use of dynamic capacity road passenger transport – trailed passenger vehicles that, during a period of increasing passenger traffic, interlock, increasing capacity, and during periods of recession, uncouple, reducing capacity. Modern scientific and practical trends in this field abroad are shown. A new approach to the organization of regular passenger transport in the Republic of Belarus is proposed, which consists in daily forecasting of passenger traffic for each flight of each route, followed by the assignment of passenger vehicles of dynamic capacity to such flights, which maximally corresponds to the available passenger traffic.

*Keywords:* regular passenger transport, modular passenger vehicles, passenger trailer, passenger tension

#### История становления

Дорожный пассажирский транспорт динамической вместимости (ДПТДВ) начал применяться с использования прицепных пассажирских транспортных средств (прицепов, полуприцепов) для гибкого реагирования на колебания пассажиропотока, увеличения вместимости и снижения количества водителей началось более 100 лет назад<sup>1</sup>. Первый автобус с прицепом был разработан в 1920-х годах в Амстердаме<sup>2</sup>.

Во время Второй мировой войны и в первые послевоенные годы прицепные автобусы

использовались как простой и экономичный способ автобусного транспорта для замены изношенных обычных автобусных парков. Полуприцепы были простыми и неудобными, но каждый мог перевозить больше пассажиров, чем одиночный автобус, и почти столько же, сколько двухэтажный автобус, который при этом не имел недостатков, присущих последним – увеличенное время на посадку-высадку пассажиров при высокой заполненности салона

EDN LSSYTM

<sup>1</sup>Аземша Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой "Управление автомобильными перевозками и дорожным движением", тел.: +3(7529) 731-66-77, e-mail: s-azemsha@yandex.by, ScopusID: 15020262100, ORCID:0000-0002-9368-8910.

<sup>1</sup> Wikipedia. The free encyclopedia [Electronic resource]: Trailer bus – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Trailer\\_bus](https://en.wikipedia.org/wiki/Trailer_bus). - Дата доступа: 21.12.2023.

<sup>2</sup> Internet archive wayback machine [Electronic resource]: Buses galore – Режим доступа: <https://web.ar>

chive.org/web/20080302231425/http://homepages.cwi.nl/~dik/english/public\_transport/odds\_and\_ends/bus.html. - Дата доступа: 21.12.2023.

эксплуатировались в Индии<sup>3</sup>, Лозане<sup>4</sup>, Австралии, Мексике, США.

Также прицепные пассажирские транспортные средства Территория бывшего СССР не стала исключением. В 1966 году киевский инженер В. Ф. Веклич для решения проблем дефицита водителей, повышения рентабельности перевозок и наличия маршрутов с чрезвычайно большим пассажиропотоком создал систему соединения троллейбусов в поезд с управлением по системе многих единиц представляющей собой способ управления железнодорожным подвижным составом, при котором в один поезд сцепляется несколько локомотивов или моторных вагонов, а управление тяговыми двигателями ведётся с одного поста управления и одной локомотивной бригадой.

Предложенная Векличем система сцепки позволяла за 3-5 минут расцеплять троллейбусные поезда прямо на маршруте между утренними и вечерними часами пик<sup>5</sup>. После разъединения водитель поезда продолжал движение в первом троллейбусе, а водитель следующего за ним поезда пересаживался во второй троллейбус поезда. Освободившийся поезд оставался на маршруте для отстоя или следовал в депо для профилактического осмотра.

Для создания троллейбусов, способных работать в таких режимах управления, Векличем В.Ф. проведена огромная работа по решению следующих научно-технических задач: обоснование параметров соединительно-управляющих устройств, разработка систем управления торможением ведомых звеньев поездов, разработка методов и средств диагностирования специального оборудования поездов и др. задачи технического характера. В результате и на ведущей, и на ведомой машинах синхронно работали двигатели и тормоза, у них небыло проблем с нехваткой тяги, юзом и буксованием, при этом управлялись они одним водителем из кабины передней машины. Вместимость одной единицы выпуска повышалась вдвое, что позволяло снизить количество водителей, а специальное поворотное сцепное устройство, обеспечивало движение ведомой машины по колеям ведущей.

Автором показано, что фактический экономический эффект от внедрения троллейбусных

поездов составил 2,1-4,9 тыс. руб на один поезд в год [1, с. 29]. Также показано, что для одного маршрута снижение себестоимости достигает 13974 рубля за месяц (на 25 %) [2, таблица 4]. Кроме того, автор установил [1, 2, 3], что:

- применение таких троллейбусов, по сравнению с шарнирно-сочлененными единицами, имеют более высокие тормозные и динамические характеристики, а также вместимость;
- безопасность при перевозке такими троллейбусами в 2,6 раз выше [1, с. 30];
- применение троллейбусных поездов позволяет повысить среднесуточную продолжительность смены водителя и сократить их необходимое число.

Отдельно следует отметить, что такие троллейбусные поезда до 1976 года эксплуатировались нелегально, хотя только в Киеве их было больше 160 единиц. Только отсутствие дорожно-транспортных происшествий по вине их конструкции не создало проблем. Перед началом их эксплуатации необходимо было провести приёмочные испытания и разработать соответствующие технические условия, что не было сделано, поскольку Госавтоинспекция СССР не могла определиться с организацией, которой можно было поручить эту нестандартную задачу – ведь опыта испытания нерельсовых поездов в СССР не было. Только в 1975 году на это уполномочили ГАИ УССР. Введением в действие ТУ «Поезд троллейбусный»<sup>6</sup> 31 марта 1976 года поезда были узаконены.

Следует отметить, что приведенные в [1, 3, 2] предложения не касались технологии организации перевозок с применением прицепных троллейбусов, т.е. не описана методика распределения этих троллейбусов по маршрутам, по часам суток и т.д., что в настоящее время, с учетом цифровизации транспортной отрасли, представляет собой перспективное обширное поле деятельности по повышению эффективности работы пассажирского городского транспорта регулярного сообщения.

Троллейбусные поезда эксплуатировались во многих городах бывшего СССР. Последний поезд был списан в 2013 году в Краснодаре<sup>7</sup>.

<sup>3</sup> Internet archive wayback machine [Electronic resource] : Vintage Photos: Time-Travelling With Mumbai's Iconic BEST Buses – Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20180227210958/http://www.natgeotraveller.in/vintage-photos-time-travelling-with-mumbais-iconic-best-buses/>. – Дата доступа: 21.12.2023.

<sup>4</sup> Urban transport magazine [Electronic resource] : The end of trolleybus trailer operation – Режим доступа: <https://www.urban-transport-magazine.com/en/the-end-of-trolleybus-trailer-operation/>. – Дата доступа: 21.12.2023.

<sup>5</sup> Общественный транспорт Кубани и Адыгеи [Электронный ресурс] : Интернет-энциклопедия по пассажирскому транспорту Краснодарского края и Республики Адыгея – Режим доступа: <http://www.kubtransport.info/photos/k207943.jpg>. – Дата доступа: 19.12.2023.

<sup>6</sup> ТУ 204 УССР 679-75 «Поезд троллейбусный» (введены в действие 31.03.1976)

<sup>7</sup> Общественный транспорт Кубани и Адыгеи [Электронный ресурс] : Троллейбусные поезда Краснодара – Режим доступа: <http://www.kubtransport.info/articles/trains.html>. – Дата доступа: 19.12.2023

Основными причинами отказа от прицепных пассажирских транспортных средств явились:

- необходимость иметь кондуктора в прицепе;
- неписываемость в узкие улицы городов;
- некомфортные условия движения для пассажиров в прицепной единице;
- отсутствие низкопольных прицепов;
- отсутствие обогрева в прицепе;
- невозможность контроля порядка в прицепе водителем.

### Текущее состояние ДПТДВ

В настоящее время ДПТДВ представлен двумя концептуально разными видами транспортных средств:

- прицепные пассажирские транспортные средства, известные в литературе под названиями *taxi-Train*, *BusTrain*, *trailer bus*, *Buszug*, *Busanhänger*, *Anhänger Bus*, *passenger bus trailer*;
- модульные пассажирские транспортные средства, известные в литературе под названиями *modular autonomous buses (MAB)*; *modular autonomous vehicles (MAV)*; *Modular bus units (MBU)*; *Dynamic Autonomous Road Transit (DART)*; *modular, adaptive, and autonomous transit system (MAATS)*).

Сейчас автобусы с прицепом под различными названиями эксплуатируются в:

- Германии. В Мюнхене (Рисунок 1) в 2017 г закуплено 10 пар автобусов с полуприцепами общей стоимостью 4.9 млн евро<sup>8</sup>, а также в

Оснабрюк, Зиген, Констанц и Ройтлинген<sup>9</sup>, Ханау<sup>10</sup>, Грёбенцелля, Цусмарсхаузена, Графенберга, Эрлензее, Альтенштадта и многих других городах Германии<sup>11</sup>. В Германии с 2003 г законодательством разрешена перевозка пассажиров в специальных прицепах при условии получения специального разрешения на такой способ перевозки;



Рисунок 1 – Автобусы с прицепом в Мюнхене

- Грац, Австрия<sup>12</sup>;
- Нидерланды<sup>13</sup>.

Автобусные прицепы производят в настоящее время:

- компания HESS (Швейцария)<sup>14</sup>
- Sono motors, Германия<sup>15</sup>
- MAN Truck & Bus GmbH<sup>16</sup>
- Göppel Bus GmbH, Германия<sup>17</sup>

С марта 2023 года финансируется научный проект «MINGA»<sup>18</sup>, бюджет 13 млн евро, предусматривающий реализацию взводного движения автобусов (*platooning*), заключающегося в следовании автобусов друг за другом на небольшом расстоянии и сочлененных виртуальным дышлом (*virtual drawbar*).

<sup>8</sup> Busplaner [Электронный ресурс] : ÖPNV: Zehn neue Buszüge für München – Режим доступа: <https://www.busplaner.de/de/news/busanhaenger-und-buszuege-wie-gepaeckanhaenger-personenanhaenger-und-sonstige-anhaenger-linienverkehr-oeffentlicher-personennahverkehr-oepnv-oepnv-unternehmen-oepnv-zehn-neue-buszuege-fuer-muenchen-8384.html>. – Дата доступа: 19.12.2023

<sup>9</sup> Matthias Gastel. Mitglied im Deutschen Bundestag [Электронный ресурс] : Kapazität im ÖV mit Busanhängern erhöhen – Режим доступа: <https://www.matthias-gastel.de/kapazitaet-im-oev-mit-busanhaengern-erhoehen/>. – Дата доступа: 19.12.2023.

<sup>10</sup> Einsatzübersicht Omnibus-Anhängerzüge [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.stadtbus.de/2012/einsatz\\_anhaenger.htm/](http://www.stadtbus.de/2012/einsatz_anhaenger.htm/). – Дата доступа: 19.12.2023.

<sup>11</sup> Tramreport [Электронный ресурс] : S-Bahn-Sperung: Expressbus U5 statt Tramverstärker – Режим доступа: <https://www.tramreport.de/tag/buszug/>. – Дата доступа: 19.12.2023.

<sup>12</sup> Tramreport [Электронный ресурс] : Buszug: Testeinsatz in Graz – Режим доступа: <https://www.tramreport.de/2018/10/18/buszug-testeinsatz-in-graz/>. – Дата доступа: 19.12.2023.

<sup>13</sup> Nexobus [Электронный ресурс] : Un autobús con remolque de la compañía Hess Bus está a prueba en la parte oriental de los Países Bajos – Режим доступа:

<https://www.nexotrans.com/noticia/76063/nexobus/un-autobus-con-remolque-de-la-compania-hess-bus-esta-a-prueba-en-la-parte-oriental-de-los-paises-bajos.html>. – Дата доступа: 19.12.2023.

<sup>14</sup> Carrosserie HESS AG [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.hess-ag.ch/fileadmin/user\\_upload/Hess/Bus/Buszug/Flyer/HESS\\_Broschuere\\_Buszug\\_E.pdf](https://www.hess-ag.ch/fileadmin/user_upload/Hess/Bus/Buszug/Flyer/HESS_Broschuere_Buszug_E.pdf). – Дата доступа: 19.12.2023.

<sup>15</sup> New atlas [Электронный ресурс] : Sono Motors to ride a solar passenger bus trailer on Munich streets – Режим доступа: <https://newatlas.com/automotive/sonomotors-mvg-solar-bus-trailer-munich/>. – Дата доступа: 19.12.2023.

<sup>16</sup> Tramreport [Электронный ресурс] : Präsentation der neuen MAN-Buszüge – Режим доступа: <https://www.tramreport.de/2014/10/21/prasentation-der-neuen-man-buszuege/>. – Дата доступа: 19.12.2023.

<sup>17</sup> Грузовик экспресс [Электронный ресурс] : Главное - хвост – Режим доступа: <https://www.gruzovikpress.ru/article/17405-avtobusniy-poezd-goeppegogo4city-glavnoe-hvost/>. – Дата доступа: 19.12.2023.

<sup>18</sup> Muenchen unterwegs [Электронный ресурс] : Automatisierung und digitale Vernetzung des öffentlichen Nahverkehrs in München. Fördervorhaben MINGA – Режим доступа: <https://muenchenunterwegs.de/angebote/minga>. – Дата доступа: 19.12.2023

К сожалению, автору данной публикации не удалось найти научных статей, описывающих (обосновывающих) технологии организации пассажирского транспорта, состоящего из прицепных пассажирских транспортных средств.

### **Модульные пассажирские транспортные средства**

В общем эволюция технологий пассажирских перевозок неплохо описана в [4]. Согласно такому описанию, модульные пассажирские транспортные средства являются на текущий момент наиболее современным этапом становления пассажирского транспорта.

Передовиками в разработке модульного пассажирского транспорта является компания NEXТ, Дубай<sup>19</sup>. NEXТ – передовая интеллектуальная транспортная система, основанная на множестве модульных электромобилей. Каждый модуль может присоединяться и отсоединяться от других модулей на стандартных городских дорогах. При соединении они создают между модулями открытую зону, похожую на автобус, позволяющую пассажирам стоять и переходить от одного модуля к другому.

Продажи модулей запланированы на август 2024 года. Вместимость модуля 15 пассажиров (5 сидячих мест и 10 стоячих), управление водителем. Стоимость покупки одного модуля от 1950 Евро в месяц. Оплата в течении 60 месяцев, т.е. стоимость одного модуля вместимостью 15 пассажиров от 117000 евро. Длина одного модуля 3,28 м, т.е. в соответствии с действующими Правилами дорожного движения Республики Беларусь возможна сцепка максимум из 5 модулей. Общая вместимость сцепки составит 75 пассажиров, а ее стоимость от 585000 евро<sup>20</sup>.

Возможность использования модульных пассажирских транспортных средств при городских перевозках рассматривалась и в Сингапуре в рамках изучения и оценки динамического автономного дорожного транспорта (Dynamic Autonomous Road Transit (DART))<sup>21</sup>.

Возможный варианты технологии организации работы таких модулей достаточно широко освещена в научной литературе. Так, например, в работе [5] такая технология проиллюстрирована рисунком (Рисунок 1).

Предполагается, что пассажиры заказывают поездку через мобильное приложение и указывают пункты отправления и назначения. Затем система генерирует оптимальный маршрут для каждого пассажира и назначает модуль

для работы на маршруте. В зоне пересадки в движении пассажиры могут пересаживаться между модулями в движении, чтобы достичь своего пункта назначения (Рисунок 2). Это позволяет сократить время поездки и увеличить эффективность использования модулей.

В статье отмечается, что модульный пассажирский транспорт не имеет фиксированных маршрутов и расписаний, а вместо этого использует адаптивную стратегию, которая позволяет ему изменять свои маршруты в режиме реального времени в зависимости от потребностей пассажиров. Приведенный авторами пример расчета на произвольных исходных данных показал, что при традиционной системе использования обычных автобусов среднее время в пути составляет 17,09 минут, в то время как при предлагаемой системе МААТS – 14,7 минут, т.е. среднее время на поездку сокращается на 18%.

В работе [6] исследуется возможность использования автономных модульных автобусов для улучшения городского общественного транспорта и повышения комфорта пассажиров. Автор рассматривает в исследовании 4 вида услуг:

1 Обычный автобусный сервис (S1) – автобусы выполняют остановки в соответствии с установленным расписанием и маршрутом, а пассажиры заходят и выходят из автобуса на остановках в соответствии с их потребностями. Этот тип сервиса является базовым сценарием для сравнения с другими видами услуг, рассмотренных автором.

2 Автономный автобусный сервис (S2) – аналогичен автобусному сервису (S1), за исключением того, что автобусы будут управляться самостоятельно, без водителя.

3 Сервис с оборачиваемыми модульными автобусами (S3) – представляет собой концепцию, направленную на минимизацию времени в пути пассажиров до уровня, сравнимого с услугой "от двери до двери", путем устранения промежуточных остановок, которые есть в обычном автобусном сервисе (Рисунок 3, а).

Для этого разработана концепция автобусной остановки, отличная от традиционной. Согласно такой концепции на каждой остановке размещается один или несколько автономных модулей (изображены зеленым цветом на Рисунок 3, а), в который пользователи заходят по мере прибытия, чтобы дождаться состава, состоящего из автономных модулей одного типа (изображены зеленым цветом на Рисунок 3, а). Когда такой состав подъезжает к остановке, он

<sup>19</sup> Next [Электронный ресурс] : Next scenarios – Режим доступа: <https://www.next-future-mobility.com/copy-of-home-1>. – Дата доступа: 19.12.2023.

<sup>20</sup> Next [Электронный ресурс] – Режим доступа: Price List NX23 short V3.7.pdf. – Дата доступа: 19.12.2023.

<sup>21</sup> A research platform for Singapore [Электронный ресурс] : Towards the Ultimate Public Transport System – Режим доступа: <https://www.tum-create.edu.sg/content/towards-ultimate-public-transport-system-0>. – Дата доступа: 19.12.2023.

не снижает скорости. При этом от него отсоединяются модули, где находятся только те пассажиры, которые хотят закончить свою поездку на этой остановке (изображены красным цветом на Рисунок 3, а). Для этого они предварительно в процессе движения состава группируются в соответствующих модулях путем перехода между модулями через межмодульные двери (см. Рисунок 2). В то время как модули будут замедляться

для остановки, происходит обратный процесс: модуль (модули), которые находились на остановке, ускоряются, чтобы пристроиться к составу спереди. В результате этой операции пассажиры (в белых капсулах на Рисунок 3) не тратят время на остановки, где им не нужно выходить.

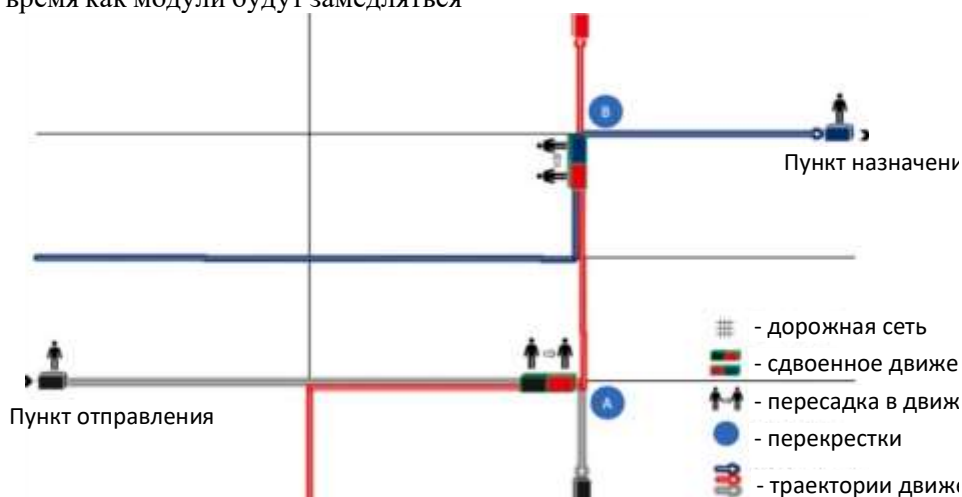


Рисунок 1 – Иллюстративный пример поездки пассажира в предлагаемой модульной автобусной системе [5, с 82]

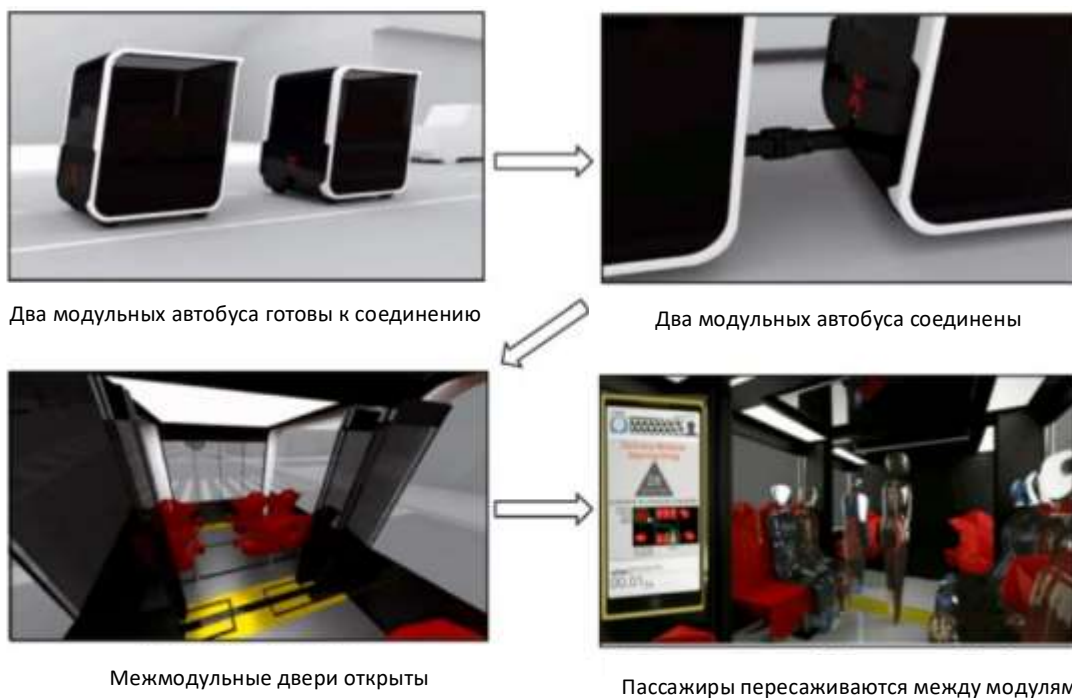


Рисунок 2 – Иллюстративный пример поездки пассажира в предлагаемой модульной автобусной системе [5, с 85]

Очевидно, что модель S3, обладает эксплуатационными преимуществами по сравнению с существующей традиционной моделью (S1), такими как отсутствие затрат на оплату труда водителей, увеличение скорости доставки пассажиров, что, в свою очередь, позволяет сократить время на доставку пассажиров и потенциально уменьшить количество транспортных

средств в обращении. Однако эксплуатация может быть несколько сложной и запутанной, так как модули необходимо присоединять спереди модульного автобуса и отсоединять сзади, а для пассажиров определенным неудобством будет то, что им придется перемещаться в движении



из модуля в модуль. Чтобы решить эти проблемы, сохранив при этом преимущества пересадок по маршруту, предлагается сервис S4.

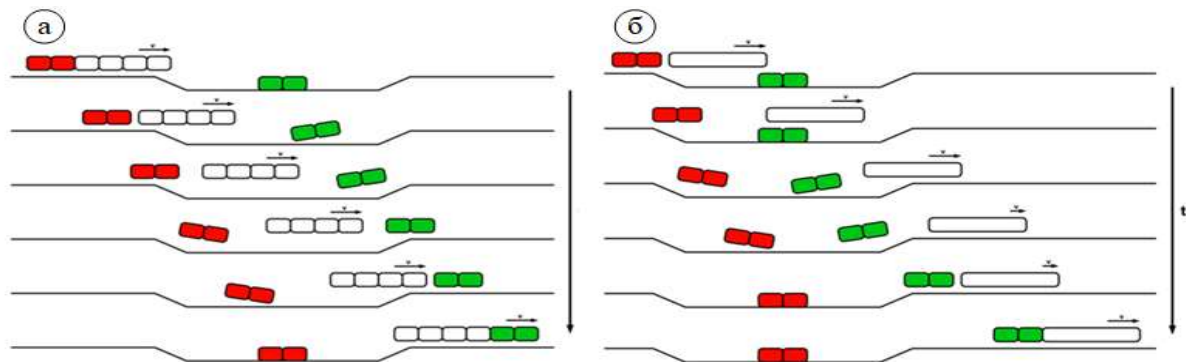


Рисунок 3 – Изображение сервисов: а – S3 [6, с. 33]; б – S4 [6, с.44]

4 Сервис с модульными автобусами, основанными на "материнском" автобусе (S4) – модули прицепляются и отцепляются только с задней части материнского автобуса (Рисунок 3, б). Эта операция означает, что, в отличие от сервиса S3, в данном случае будут использоваться транспортные средства, которые физически проезжают всю линию сразу, без остановок на промежуточных остановках (материнский автобус – белого цвета на Рисунок 3, б). Такие материнские автобусы представляют собой обычные автономные автобусы, как в модели S2.

Таким образом, в этой модели сосуществуют два типа транспортных средств: авто-

номные автобусы большой вместимости, которые не останавливаются на промежуточных остановках, и автономные модули, которые прицепляются/отцепляются от задней части автобусов и останавливаются на промежуточных остановках. Во всех остальных аспектах будут приняты те же допущения, что и в сервисе S3.

Моделирование работы пассажирского транспорта при каждом из четырех рассмотренных вариантов сервисов позволило авторам выделить сферы целесообразности применения каждого сервиса. Так показано изменение стоимости функционирования системы в зависимости от технической скорости движения (Рисунок 4).

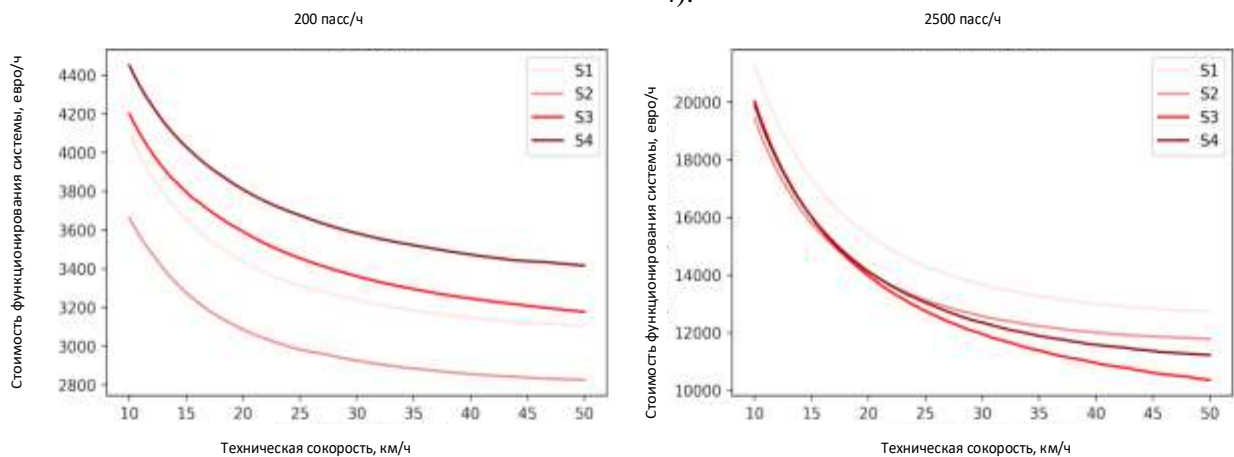


Рисунок 4 – Стоимость функционирования системы в зависимости от технической скорости для мощности пассажиропотока 200 и 2500 пасс/ч [6, с. 66].

Из Рисунок 4 видно, что услуга S2 наиболее оптимальна для всей анализируемой области скоростей при низком спросе (200 пасс/ч). Сценарий с высоким спросом (2500 пасс/ч) показывает, что затраты явно выше, чем при низком пассажиропотоке. Сервис S2 является оптимальным для скоростей до 18 км/ч. При больших скоростях лучшим становится сервис S3.

Рисунок 5 показывает изменение затрат оператора (евро/час) и среднего времени на поездку пассажиром в зависимости от технической

скорости движения. В целом, кривые имеют тенденцию к снижению.

Как можно заметить, кривые содержат небольшие скачки вдоль своей траектории (см. Рисунок 5). Эти скачки обусловлены изменением оптимальных значений как интервала движения, так и расстояния между остановками, которые, в свою очередь, вызывают значительные изменения в затратах, понесенных оператором и пользователями. Однако эти скачки не проявляются на почти однородных кривых, представля-

ющих стоимость системы т.к. они имеют противоположное направление для оператора и для пользователей. Т.е., например, увеличение среднего расстояния между остановками на 100 м может означать сокращение парка, необходимого оператору, но увеличивает время подхода и отхода пассажиров. Поэтому в итоге они нивелируются и не оказывают влияния на однородный тренд кривой стоимости системы (Рисунок 5). Из этого рисунка также видно, что для всех

случаев низкого пассажиропотока предпочтительным является сервис S2. Этот сервис также будет предпочтительным при высоком пассажиропотоке с точки зрения минимизации затрат оператора. С точки зрения минимизации затрат времени на поездку при высоком пассажиропотоке на скоростях до 42 км/ч оптимальным будет сервис S4. На больших скоростях сервис S3 и S4 показывают примерно одинаковый уровень времени на поездку.

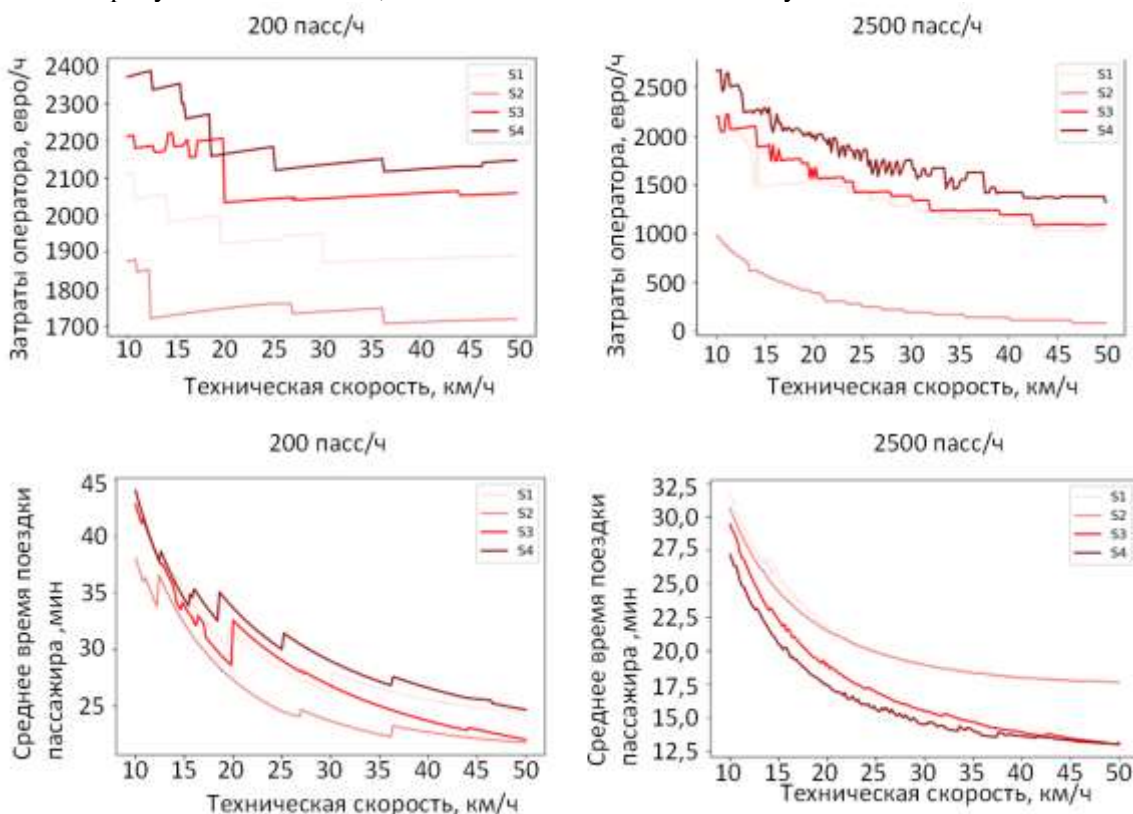


Рисунок 5 – Затраты оператора и среднее время поездки пассажира в зависимости от технической скорости при значениях пассажиропотока 200 пасс/ч и 2500 пасс/ч [6, с. 67].

Показано также влияние величины пассажиропотока на величину затрат оператора и на среднее время поездки пассажира (Рисунок 7).

Рисунок 7 показывает, что с точки зрения снижения затрат оператора оптимальной будет использование стратегии S2. Что касается затрат времени пассажиров, то при малых значениях пассажиропотока (до 750 пасс/ч) оптимальным будет сервис S1, при значениях пассажиропотока 750–1200 пасс/ч оптимальным будут сервисы S3 и S4. При дальнейшем росте пассажиропотока оптимальным будет применение сервиса S4.

Построен график сферы целесообразности применения рассматриваемых стратегий в зависимости от мощности пассажиропотока и технической скорости (Рисунок 6). Как видно S2 является оптимальной ниже определенного порога спроса, который снижается по мере увеличения технической скорости. С другой стороны, услуга S4 является наиболее оптимальной при

высоком спросе (более 3000 пасс/ч) и низкой технической скорости (менее 20 км/ч), а в правой верхней части графика доминирует услуга S3.

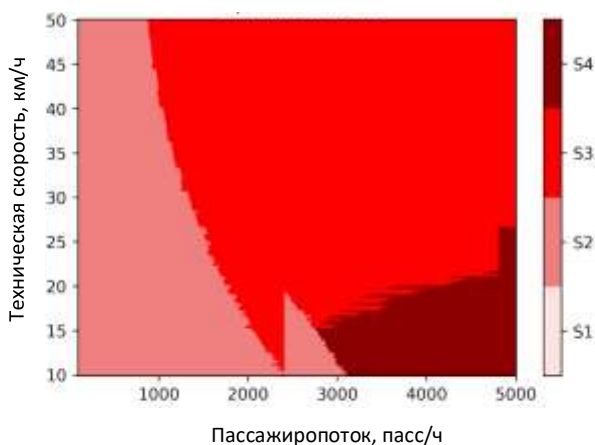


Рисунок 6 – Оптимальное обслуживание в зависимости от спроса и технической скорости [6, с. 71]

Приведены сферы целесообразности применения рассматриваемых сервисов при различных значениях пассажиропотока (1500 пасс/ч и 2500 пасс/ч), стоимости автономного

пассажирского транспортного средства (от 0 до 1 млн евро) и стоимости модуля (в долях от стоимости автономного транспортного средства) (Рисунок 8).

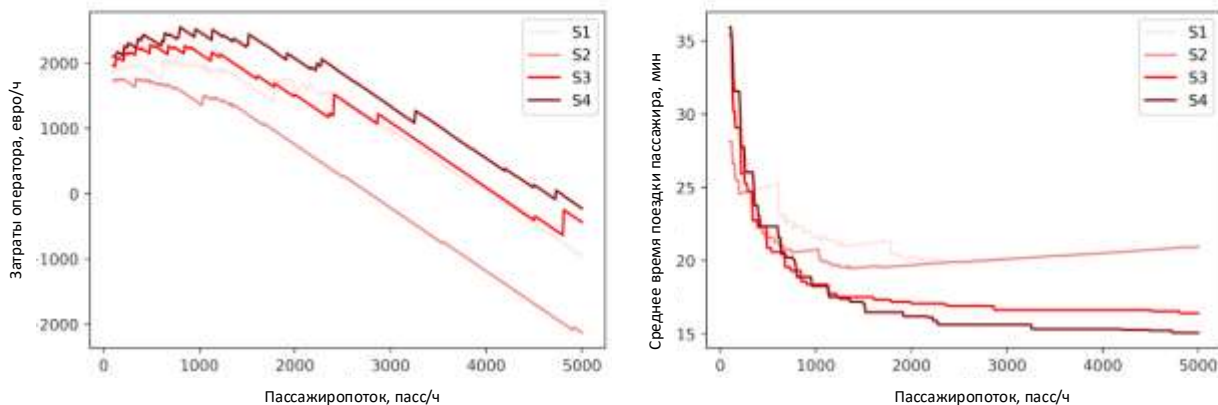


Рисунок 7 – Затраты оператора и среднее время поездки пользователей в зависимости от мощности пассажиропотока [6, с. 69]

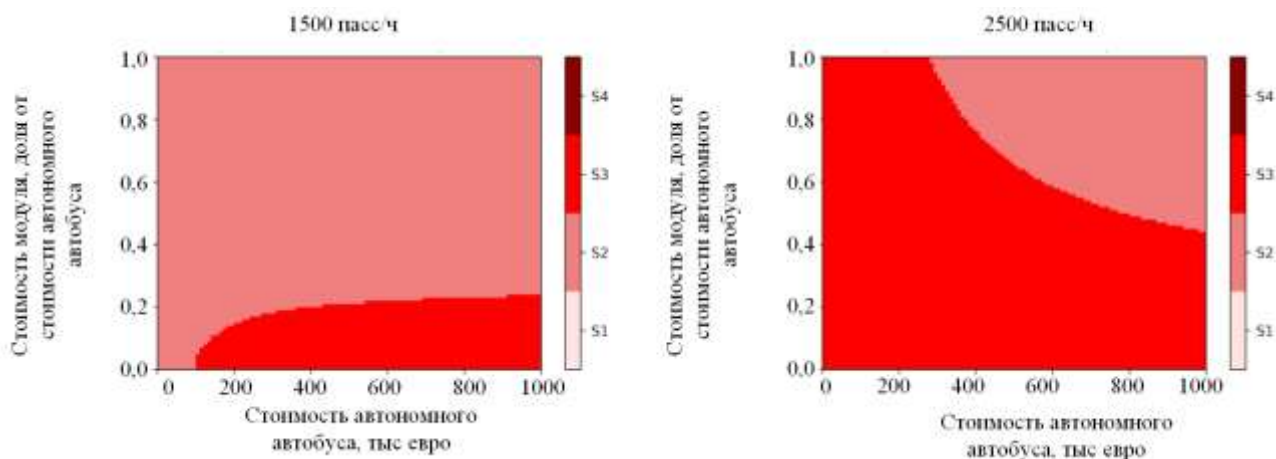


Рисунок 8 – Оптимальный сервис в зависимости от стоимости покупки автономного автобуса и модуля [6, с. 73]

Видно, что при спросе 1500 пасс/час сервис S3 оказывается наиболее оптимальным, если стоимость покупки автономных автобусов превышает 100000 евро, а цена модуля составляет менее 20% от стоимости этих автобусов, в то время как S2 оптимален в остальной части области (

Рисунок 8). При спросе 2500 пасс/ч услуга S3 становится оптимальной в более широкой области: при стоимости покупки автономных автобусов ниже 300000 евро и стоимости модуля около 0,4, что имеет смысл, поскольку в сценариях с высоким спросом пользователи имеют больший вес на общую стоимость системы, и поэтому услуга, более выгодная для них, становится более оптимальной.

Схожие выводы о целесообразности перехода на автономный пассажирский транспорт содержатся и в других научных публикациях, например в [7]. Однако следует понимать, что в приведенных выше расчетах авторы использо-

вали переменные, величины которых будут существенно отличаться для условий Республики Беларусь. Например:

- стоимость 1 пассажиро-часа – 12,5 евро [6, таблица 2]. Рассчитана исходя из средней заработной платы в 2000 евро в месяц;
- стоимость проезда – 1 евро [6, таблица 2];
- стоимость покупки: обычного автобуса 550000 евро, автономного автобуса 650000 евро, модуля 150000 евро [6, таблица 3];
- заработная плата водителя с учетом налогов 37,72 евро/час [6, таблица 3].

Очевидно, что для условий Республики Беларусь значения таких исходных данных будут иные, что ставит под сомнение экономическую целесообразность реализации стратегий S2, S3, S4. Кроме того, реализация стратегий S3 и S4 предусматривает перемещение пассажиров внутри салона во время движения транспортного средства, навыки пользования мобильным телефоном, что кажется трудно реализуемым для не-

которых категорий пассажиров, в том числе преклонного возраста, а также с багажом. Также технологии беспилотного вождения автобусов несовершенны и ДТП с их участием имеют место быть.<sup>2223</sup>

Еще одной системой автобусов, аналогичных системе NEXТ, является система DART. Преимущества применения таких модульных автобусов системы схожи с описанной выше системой NEXТ, и заключаются в [8]:

- лучшая интеграция с интеллектуальной автобусной остановкой обеспечит более быстрый процесс посадки/высадки, что способствует сокращению времени пребывания в автобусе;

- динамическая расстановка приоритетов на дороге обеспечивает более плавное движение с минимальным негативным воздействием на частные автомобили;

- функция диспетчеризации, реагирующая на спрос, повышает адаптивность к колебаниям спроса за счет подстройки вместимости составов модулей под мощность пассажиропотока;

- функция взводного движения обеспечивает объединение одновременно находящихся на дороге модулей во взвод(ы), что минимизирует транспортное воздействие на дороги.

Моделирование работы транспорта по классической системе и систем DART показало, что последний вариант примерно на 40 % дешевле существующего [8, рисунок 3].

В работе [9, раздел 5.2] производится моделирование работы модульных пассажирских транспортных средств методами непрерывного моделирования в одном из районов г. Тампа (штат Флорида, США) с целью оценки эффективности такой системы по сравнению с существующей автобусной системой. Авторы принимают известными абстрактными значения пассажиропотока на 2040 год, равные интервалы движения пассажирских транспортных средств при обоих рассматриваемых системах обслуживания пассажиров.

Рисунок 9 показывает результаты такого моделирования.

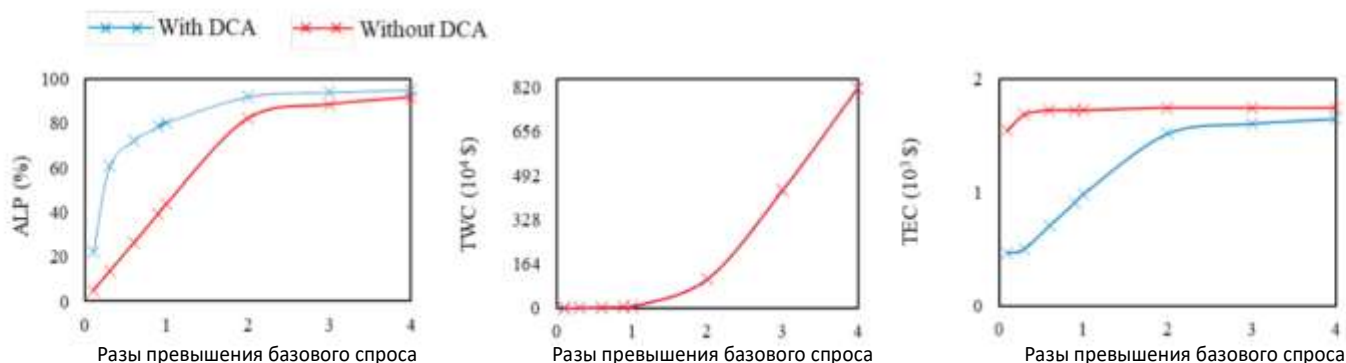


Рисунок 9 – Показатели производительности с модульными пассажирскими транспортными средствами (DCA, dynamic train capacity adjustment) и без них при различных сценариях спроса: ALP (average load percentage) – среднее использование вместимости пассажирских транспортных средств; TWC (total waiting cost) – итоговая стоимость времени ожидания пассажирами; TEC (total energy cost) – итоговая стоимость энергии на перевозку [9, рисунок 16]

Видно (

Рисунок 9), что использование модульных пассажирских транспортных средств позволяет повысить степень использования вместимости и, как следствие – снизить затраты на энергию, необходимую для осуществления перевозок.

В работе [10] смоделирована работа пассажирского городского транспорта при использовании одиночного пассажирского транспортного средства, а также состава модульных пассажирских транспортных средств. Приведена сфера целесообразности использования каждого из этих способов (Рисунок 10).

Видно (Рисунок 10), что применение модульного парка дает возможность сокращения затрат на организацию перевозок на 72 % [10, с. 398].

Схожие выводы по оценке эффективности использования модульных пассажирских транспортных средств в работах [11, 4] показывают следующие ее основные преимущества:

- 1 Повышение скорости доставки пассажиров.
- 2 Снижение стоимости перевозки.
- 3 Снижение загрузки дорог.
- 4 Уменьшение негативного воздействия на окружающую среду.

В работе [12] показываются возможности модульных пассажирских транспортных средств

22

[https://youtube.com/shorts/wN3-jlvc0bo?si=y\\_Wef8Eu74etJLUa](https://youtube.com/shorts/wN3-jlvc0bo?si=y_Wef8Eu74etJLUa)

23

<https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/HAB1906.pdf>

в обеспечении регулярности движения. Авторы рассматривают три стратегии обеспечения регулярности, когда маршрутное транспортное средство опаздывает от графика движения:

1 Отсутствие управления. Маршрутное транспортное средство продолжает движение по маршруту, не принимая никаких действий по восстановлению графика движения.

2 Пропуск остановок. Часть остановочных пунктов пропускается с целью «нагнать» график движения. В этом случае пассажиры, которые хотели выйти на пропущенных остановках вынуждены выходить на следующих остановочных пунктах, где остановка будет совершена. Пасса-

жиры, находящиеся на пропускаемых остановочных пунктах, при такой стратегии несут дополнительные затраты времени на ожидание прибытия следующего маршрутного транспортного средства.

3 Разделение модулей. Передний модуль пропускает остановочный пункт, наверстывая отставание от расписания. Задний модуль останавливается на всех остановочных пунктах. Пассажиры, которым необходимо совершить высадку на пропускаемых остановочных пунктах во время движения маршрутного транспортного средства перемещаются в те модули, которые не будут пропускать остановки.

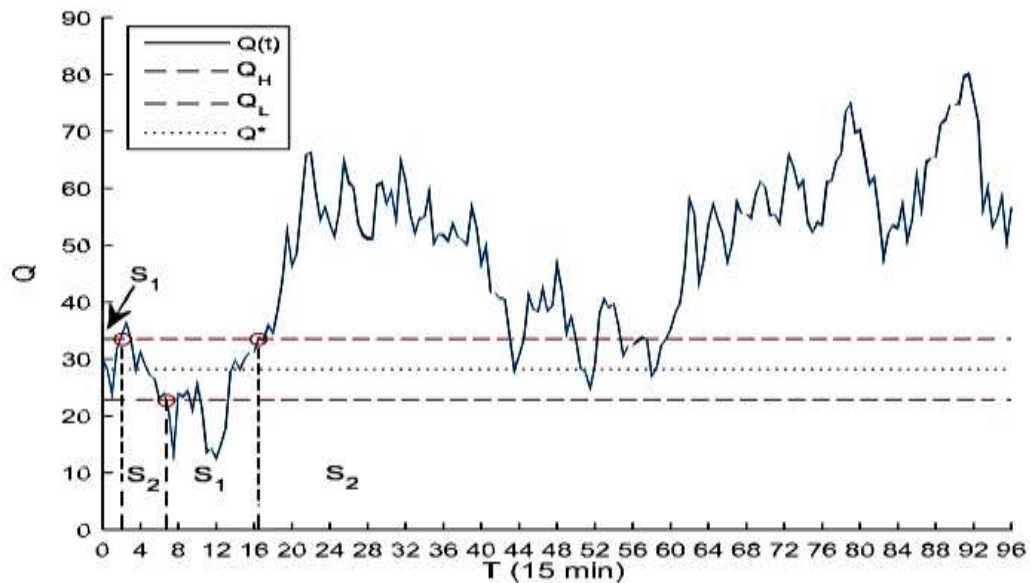


Рисунок 10 – Сфера целесообразности использования одиночного автобуса и состава модульных автобусов [10, с. 397]:  $Q(t)$  – плотность спроса в момент времени  $t$  (поездок / кв миль в час),  $Q_H$  – верхняя граница спроса при которой целесообразен переход на обслуживание составом модульных пассажирских транспортных средств,  $Q_L$  – нижняя граница спроса при которой целесообразен переход на обслуживание одиночным автобусом;  $S_1$  – стратегия работы одиночными автобусами вместимостью 10 пассажиров,  $S_2$  – стратегия работы составом из одиночных автобусов вместимостью 10 пассажиров каждый.

Результаты моделирования показали следующие значения оцениваемых параметров по трем вышеприведенным стратегиям соответственно:

- среднее время ожидания пассажиром прибытия МТС, мин: 7,3; 3,7; 2,2;
- среднее время нахождения в МТС, мин: 23,9; 20,9; 20,2;
- средняя продолжительность всей поездки, мин: 39,3; 31; 24,9.

В работе [13] рассматривается технология работы скорой медицинской помощи при организации такой работы с модульными медицинскими автомобилями. Рассмотрен вариант двух видов таких автомобилей – автомобиль поддержки жизни и медицинский транспортный автомобиль, которые реализованы в виде модулей, способных присоединяться друг к другу и во время движения

перемещать пострадавшего между этими модулями. Предложена схема организации выездной медицинской помощи, при которой автомобиль поддержки жизни направляется на место происшествия, там оказывается помощь пациенту и начинается транспортировка к точке трансфера. В этой точке автомобиль поддержки жизни соединяется с медицинским транспортным автомобилем. После этого медицинский транспортный автомобиль переносит пациента, отсоединяется от автомобиля поддержки жизни и продолжает транспортировку в больницу для выполнения задач по приему в больнице. Автомобиль поддержки жизни после этого направляется на следующее место происшествия. Моделирование работы для условий Sioux Falls (Южная Дакота, США) показало эффективность предлагаемой модульной системы за счет сокращения времени ре-

акции на экстренные вызовы, уменьшения времени транспортировки пациентов в больницу и улучшения общей производительности системы скорой медицинской помощи.

В работе [14] рассмотрена задача обеспечения равномерных интервалов следования между маршрутными транспортными средствами. Для решения данной задачи авторы предлагают стратегию, которая объединяет разделение или удержание автобусов для корректировки интервалов. Разделение автобусов означает, что, когда автобус опаздывает и интервалов до впереди идущего автобуса становится слишком большим, он разделяется на две модульные единицы, которые движутся по маршруту независимо друг от друга. Первая модульная единица пропускает остановку, на которой должен был остановиться автобус, а вторая модульная единица останавливается на этой остановке, чтобы подобрать пассажиров. Затем первая модульная единица останавливается на следующей остановке, где ожидает вторую модульную единицу, чтобы они снова объединились в один автобус. Удержание автобусов означает, что, когда автобус прибывает на остановку раньше, чем требуется, он задерживается на остановке, чтобы сократить интервал до впереди идущего маршрутного транспортного средства. Эти две технологии объединяются в новую стратегию, которая позволяет корректировать интервалы, которые короче или длиннее требуемых. Авторы провели макроэкономическое моделирование на маршруте автобуса в Ханчжоу, Китай, и сравнили свою интегрированную стратегию с другими стратегиями. Результаты показали, что предложенная стратегия превосходит другие стратегии в снижении средней стоимости поездки и ее вариации, ограничивая издержки скопления автобусов до менее 10% при реалистичных уровнях использования системы.

В работе [15] отмечено, что индивидуальные автобусы по требованию – это быстро развивающийся вид общественного транспорта, реагирующего на спрос и способный предложить гибкие возможности без пересадок и поездки "от двери до двери" для пассажиров с одинаковыми потребностями во времени и пространстве. Одним из значительных преимуществ автобусов по требованию по сравнению с традиционными системами, основанными на стационарных маршрутах, является то, что пассажиры могут заранее бронировать услуги через онлайн-платформы. Эта предварительная информация (т. е. зарезервированные заявки, включающие пункты посадки, высадки, и предпочтительные временные окна для этих операций) позволяет оптимизировать работу пассажирского транспорта и снижать затраты на его эксплуатацию. При этом основной проблемой такого способа перевозки пассажиров является удовлетворение заявок, поданных в режиме реального времени во время выполнения

ездки, обеспечив при этом высокое качество обслуживания как уже находящихся в процессе перевозки пассажиров, так и тех, кто только подал такие заявки. В данной статье рассматривается два различных сценария прогнозирования: сценарий 1 (оптимистический) и сценарий 2 (пессимистический). Оптимистический сценарий предполагает высокую способность к прогнозированию, когда имеется достаточно ресурсов и данных для создания сложных и качественных прогнозных моделей. Для этого сценария разработана модель смешанного целочисленного программирования с применением пространственно-временной сети для совместного определения маршрутизации и расписания модулей, распределения пассажиров по модулям и формирования модулей. Пессимистическая операция предусматривает ограниченную точность прогнозов, когда приоритетом является простота, стоимость прогнозов относительно низкая, а заблаговременные заявки от пассажиров крайне нерегулярны. Для решения этой задачи применяется двухэтапная процедура оптимизации. На первом этапе используется детерминированная модель для создания консервативных планов на основе неопределенных прогнозов, включая перемещения модулей и распределения пассажиров по ним, с минимальным штрафом за необслуженных пассажиров. На втором этапе используются стратегии управления для корректировки планов, включая изменение маршрутов, отсоединение (присоединение) модулей и переназначение пассажиров, для выполнения фактических запросов, полученных во время работы. Моделирование работы по предложенным стратегиям на примере Пекина показало возможность снижения затрат на перевозку до 21%.

В работе [16] предлагается новая гибкая система диспетчеризации автобусов, в которой парк полностью автосогласованных модульных автобусов, наряду с обычными автобусами, обслуживает пассажирский спрос. Авторы разработали оптимизационную модель, используемую для определения оптимального состава модульных автобусов и оптимальной частоты обслуживания, с которой автобусы (как обычные, так и модульные) должны отправляться по каждой автобусной линии. При этом явно учитывается динамика перегруженности дорог и сложные взаимодействия между видами транспорта на сетевом уровне на основе недавно предложенной трехмерной макроскопической фундаментальной диаграммы (3D-MFD). Трехмерная макроскопическая фундаментальная диаграмма (3D-MFD) – это концепция, которая используется для моделирования и анализа транспортных систем, учитывая сложные взаимодействия между различными видами транспорта и пассажирскими потоками. Она позволяет учитывать динамику движения транспортных средств и пассажиров в трех измерениях:

пространстве, времени и плотности потока. В контексте данной статьи, 3D-MFD применяется для оптимизации частоты отправки автобусов и оптимального использования автобусных модулей в гибкой системе диспетчеризации.

Рассматриваемая транспортная сеть создана на основе города Цюрих, Швейцария, и состоит из пяти автобусных линий с различным распределением полос движения. Моделирование велось по трем сценариям интенсивностей движения МТС и легковых автомобилей – низкая (L),

средняя (M) и высокая (H) (Рисунок 11). Для каждого сценария также варьируется доля модульных автобусов  $p_m \in \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 1\}$ . Общее число обычных автобусов при  $p_m = 0$  равно  $F_r = 50$  единиц. Их вместимость 120 пасс. При  $p_m \in \{0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 1\}$   $F_r = 50 - (1 - p_m)$ . Вместимость модулей 20 пасс. Максимальное количество модулей, которое можно объединить в единый автобус – 6.

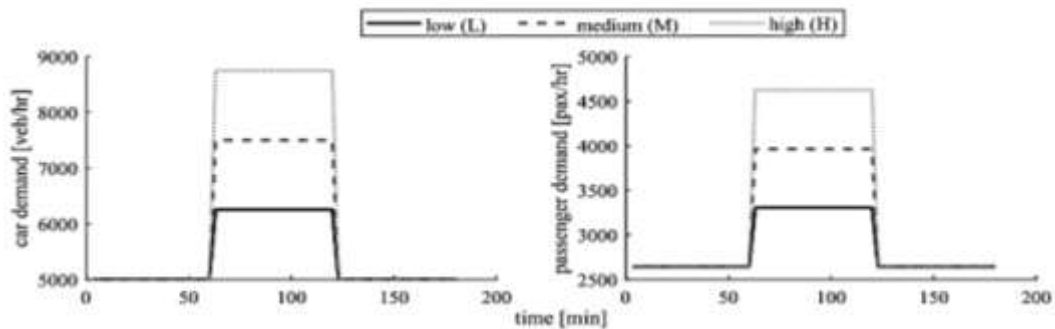


Рисунок 11 – Параметры моделирования: (а) профиль спроса на автомобили; и (b) профиль спроса на пассажиров общественного транспорта [16, с. 50]

Операционная стоимость единицы времени для обычных автобусов ( $\pi_r$ ) – представляет собой величину, связанную с расходами на эксплуатацию обычных автобусов, включая затраты на водителей, техническое обслуживание, энергопотребление, административные расходы и другие операционные издержки, составляет 260 швейцарских франков в час. Операционная стоимость единицы времени для одного модуля ( $\pi_m$ ) – 30 швейцарских франков в час. Указанные суммы эквивалентны 234 и 27 Евро / час соответственно.

С учетом указанных исходных данных проводилась оптимизация закрепления модулей на рассматриваемой маршрутной сети алгоритмом последовательного квадратичного программирования с числом начальных точек равным 50. Результаты представлены в виде диаграмм общей стоимости работы системы общественного транспорта (Рисунок 12), задержек пассажиров (Рисунок 13), стоимости услуг оператора (Рисунок 14).

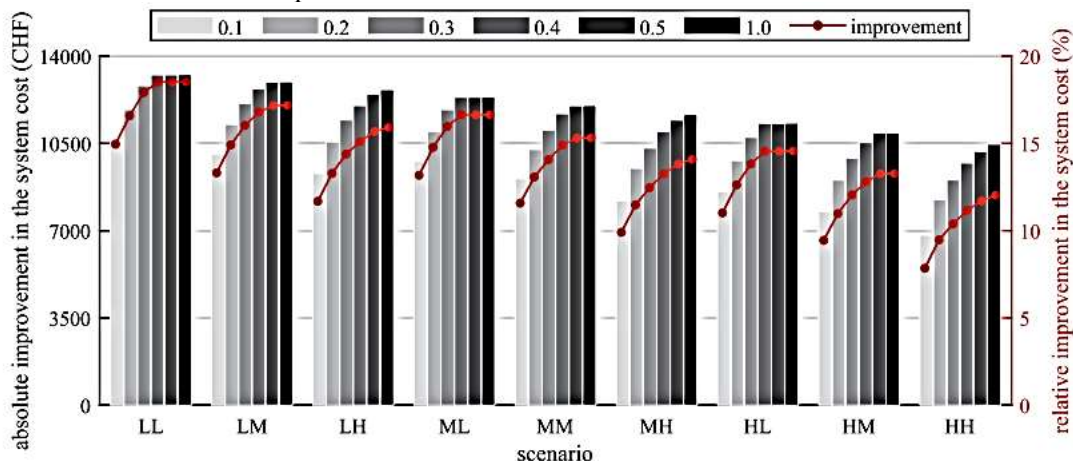


Рисунок 12 – Сравнение улучшения общей стоимости системы для различных уровней проникновения модульных блоков [16, с. 51]

Сценарии движения представлены в виде XY плоскости, где X обозначает уровень спроса на автомобили, а Y - уровень спроса на общественный транспорт: низкий (L), средний (M) или высокий (H) (Рисунок 12). Например, LM озна-

чает сценарий с низким уровнем спроса на автомобили и средним уровнем спроса на общественный транспорт. Как видно предлагаемая система значительно превосходит базовый вариант с использованием только обычных автобусов, осо-

бенно в сценариях с низким спросом на автомобили и общественный транспорт. Потенциальное улучшение может достигать 19 % в зависимости от уровня спроса на автомобили и пассажирский транспорт, а также уровня проникновения модульных автобусов. При увеличении уровня спроса (в частности, на автомобильный транспорт) улучшения становятся меньше, но все равно значительными. Это объясняется двумя причинами. Во-первых, при низком спросе на автобусы и автомобили система отправляет группу из нескольких комбинированных (а то и отдельных) модульных единиц, тем самым повышая коэффициент использования вместимости транспортного средства и снижая эксплуатационные расходы. Во-вторых, благодаря меньшему количеству еди-

ниц, содержащихся в модульном автобусе, система имеет больше единиц в наличии, что позволяет отправлять больше модульных автобусов и сокращать время ожидания пассажиров. С другой стороны, это оказывает минимальное влияние на автомобильный трафик в случае низкого спроса на автомобили из-за меньшего взаимодействия между видами транспорта. При этом отправка большего количества модульных автобусов при более высоком уровне спроса на автомобили не обязательно улучшает работу системы, поскольку воздействие на автомобильный трафик может быть значительным, что приведет к снижению общей производительности системы. Аналогичная ситуация и для остальных исследуемых переменных (Рисунок 13, Рисунок 14).

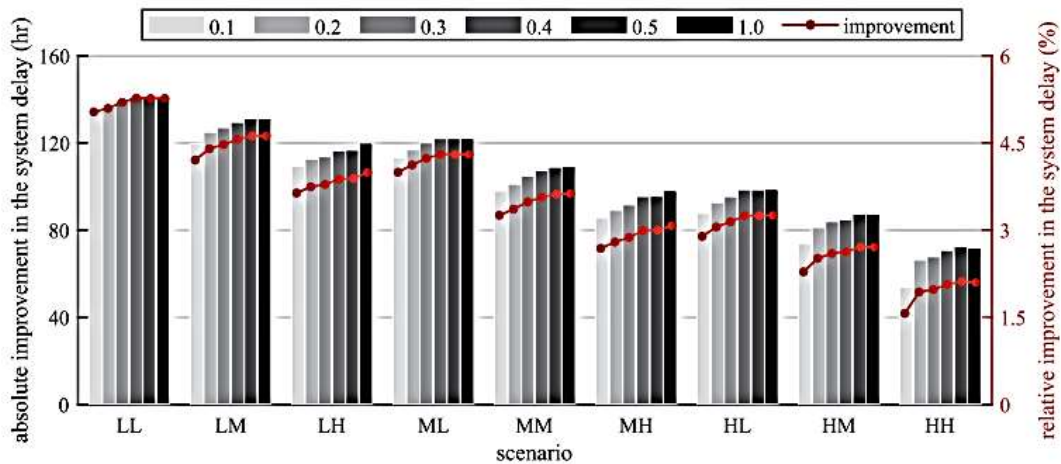


Рисунок 13 – Сравнение улучшения задержки в системе для различных уровней проникновения модульных блоков [16, с. 53]

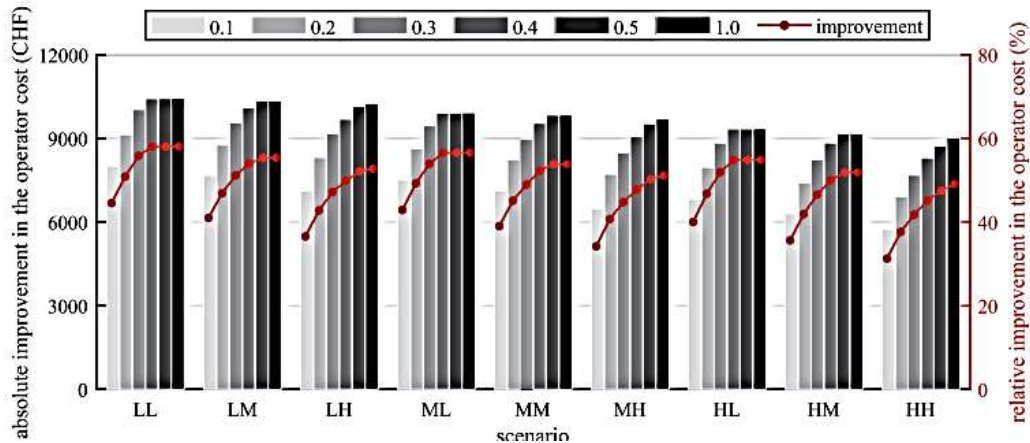


Рисунок 14 – Сравнение улучшения стоимости услуг оператора для различных уровней проникновения модульных блоков [16, с. 53]

Также следует отметить, что уже при небольшой доле модульных пассажирских транспортных средств, наблюдается значительный эффект по всем приведенным критериям. Дальнейший рост доли модульных автобусов позволяет улучшить значения приведенных критериев, но на небольшую величину. А в ряде случаев, увеличение доли модульных автобусов не дает эффекта, как это видно, например, сценарии LL, LM, ML, MM, HL, HM (Рисунок 12), LL, LM, ML, HL,

HM, HH (Рисунок 13), LL, LM, ML, MM, HL, HM (Рисунок 13).

Обобщая краткий анализ научных публикаций в сфере модульных пассажирских транспортных средств, следует отметить их перспективность с точки зрения снижения затрат на функционирование пассажирского транспорта, а также повышения качества предоставляемых пассажиру услуг. можно выделить их ряд основных недостатков:



1 Реализация на практике подобных предложений подразумевает создание принципиально новой пассажирской транспортной системы в городах, где могут отсутствовать регулярные маршруты, постоянное расписание, а пассажиру, возможно, придется менять модуль в движении. Это все потребует фундаментальных изменений в транспортном законодательстве, а также поведении людей.

2 Рассматриваемые модульные пассажирские транспортные средства должны обладать современными цифровыми устройствами, обеспечивающими соединение (разъединение), в том числе в движении, отдельных модулей, а также возможность объединения пространства внутри модулей, движущихся в одном составе. Очевидно, что стоимость таких устройств будет высока, особенно для стран, которые вынуждены будут их экспортировать. А в сочетании со сравнительно небольшой стоимостью топлива, заработной платы водителей и пассажиро-часа реализация таких транспортных систем может оказаться экономически нецелесообразно.

3 Приведенные примеры расчетов основаны либо на абстрактных исходных данных, либо на части маршрутов какого-либо города. Т.е. нет целостной методики управления парком модульных пассажирских транспортных средств с учетом перераспределения модулей по маршрутам, рейсам, ограничений по режиму труда и отдыха водителей, емкости конечных остановочных пунктов и др. ограничений, встречающихся в практической деятельности перевозчиков.

4 Не учтены колебания спроса в зависимости от погодных и календарных факторов [17].

#### ДПТДВ в Республике Беларусь

Большая работа по обоснованию новой системы пассажирского городского транспорта динамической вместимости проделана и в Республике Беларусь [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35]. Предлагаемый в этих работах тип транспорта является системой, в которой информационные процессы (сбор информации, обработка информации, принятие решений) выполняются постоянно и составляют основу информационной транспортной системы. Единичным транспортным средством системы является автономный электрокар, названный инфобусом (

Рисунок 15) и передвигающийся по обособленному железнодорожному пути.

При этом инфобусы собираются в кассеты, состоящие из различного числа единиц. Соединение виртуальное, как в автопоездах. Минимальное безопасное расстояние между инфобусами в кассете обеспечивает электроника. Для более эффективной организации работы этой транспортной системы пассажир, заходя на остановку, проходит через терминал, на котором оплачивает за проезд и указывает остановку назначения. При

накоплении достаточного количества заявок инфобусы выезжают на маршрут и выполняют перевозку между остановочными пунктами маршрута в соответствии с поступившими заявками.

Для уменьшения помех со стороны других транспортных средств, предлагается выделить специальные полосы движения, как это делается для общественного транспорта типа автобуса или троллейбуса, а пересечения дорог проезжать в разных уровнях.



Рисунок 15 – Инфобус [21]

Предложенная авторами система является хорошо обоснованной теоретической моделью работы нового вида пассажирского транспорта, который позволит сократить затраты перевозчика на доставку пассажиров за счет подстройки вместимости используемых пассажирских транспортных средств под фактически имеющийся транспортный спрос. Кроме того, предполагается возможность повышения качества предоставляемых пассажирам услуг за счет снижения количество остановочных пунктов, проезжаемых инфобусом на маршруте.

В тоже время анализ такой системы показывает наличие ряда вопросов и недостатков, часть из которых можно отнести и к описанным выше модульным пассажирским транспортным средствам:

1 Как учесть возможность посадки пассажиров не в свой инфобус?

2 Указано, что стоимость 1 км метро примерно 50 млн долл. В тоже время неясно сколько будет стоить инфраструктура для предлагаемого вида транспорта (терминалы на остановочных пунктах [24], инфобусы, оборудование и программное обеспечение, разноуровневые пути следования через перекресток [25], информационные табло на каждом остановочном пункте [25], монореельс и т.д.).

3 Предоставление приоритета движения инфобусам [20] приведет к сокращению пропускной способности УДС для других транспортных средств.

4 Пассажир указывает станцию назначения пройдя терминал на остановочном пункте, и ждет пока сформируется матрица корреспонденций. А если она будет формироваться очень долго (условие 1 в [25] не выполняется)?

5 Как пассажир узнает в какой именно из подходящих к остановке инфобусов нужно ему садиться, ведь фиксированных маршрутов не будет по мнению автора? Через мобильный телефон? А если его нет или села батарея?

6 Пассажир должен знать хорошо все остановки, чтобы понять на какой именно ему выйти, иначе он не сможет на терминале указать пункт назначения.

7 Авторы использовали в расчетах КПД двигателя 25% [22], в то время как он реально около 50 %.

8 Авторами предлагается разная вместимость инфобуса от 6 до 70 пассажиров, а обоснования конкретной вместимости отсутствуют.

9 Наличие нарушителя, припарковавшего свой автомобиль на пути следования инфобуса, или водителя, совершившего вынужденную остановку, ставит под угрозу функционирование всей системы.

10 Непонятно как устанавливать значения  $k$  (коэффициент пропорциональности, которым устанавливается предпочтение (соотношение) между потерями АТП и пассажирами) и  $T$  (времени терпеливого ожидания), приведенные в [31].

11 Водитель, которому необходимо выезжать в рейс, садится в первый автобус в очереди, который будет являться головой каравана [32, стр. 132]. Это не мотивирует водителя бережно относиться к управляемому им автобусом, что может стать причиной частого их выхода из строя.

12 В экономических расчетах на [32, стр. 133] не учтено то, что в случае с двумя автобусами средней вместимости будет два водителя, в то время как с одним автобусом большей вместимости – один.

13 Неизвестно откуда брать распределение прибытия пассажиров на остановку после отъезда инфобуса с конечного пункта, а также как формировать матрицу предпочтений [34].

14 Зачастую в качестве ограничения рассматривается соответствие вместимости инфобуса объему перевозок пассажиров, а не пассажироместности. Так, например, в [33, выражение 2] нижнее условие показывает, что сумма пассажиров, едущих между  $1$  и  $i^*$  остановками не должна превышать вместимости ( $V$ ) инфобуса (в данной статье заявлено  $V=30$  пасс). В тоже время, если, например,  $i^* = 8$ , и между каждыми парами остановок 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 7-8 едут 10 пассажиров, то суммарный объем перевозок будет равен 70 пассажиров, что не удовлетворяет рассматриваемому ограничению. На самом же деле, максимальное число пассажиров, находящееся в салоне инфобуса, будет равно 10, что меньше его пассажироместности и перевозка возможна.

15 В [28, стр 3] указано, что городской автоматический транспорт может обеспечить почти нулевое время ожидания и безостановочный проезд из пункта отправления до пункта назначения,

что исходя из описанной технологии его работы не представляется возможным. Так, пассажиру нужно на терминале остановочного пункта указать необходимую информацию, которая накапливается до определенного момента, только потом кассета инфобусов выезжает на первый остановочный пункт и пока доедет до того остановочного пункта, на котором подана заявка, пройдет некоторое время и не факт, что это время ожидания будет меньше чем время ожидания пассажира, прибывшего на остановочный пункт в существующей системе организации перевозок с учетом постоянного расписания. Безостановочность проезда также трудновыполнима. Например, если вместимость инфобуса 30 пассажиров и для его заполняемости необходимо что бы между каждой парой пунктов отправления и назначения ехало 30 пассажиров, что соответствует объему перевозок на маршруте за рейс равному  $30 \cdot N$ , где  $N$  – количество пар пунктов отправления и назначения. Тогда, на маршруте из 10 остановочных пунктов, множество пар  $N$  будет выглядеть следующим образом  $\{1-2; 1-3; 1-4; \dots; 1-10; 2-3; 2-4; 2-5; \dots; 2-10; \dots 9-10\}$ . В общем виде, число таких пар равно  $N \cdot (N-1) / 2$ , что для маршрута из 10 остановок составляет 45 пар. При перевозке 30 пассажиров между каждой парой остановочных пунктов общий объем перевозок на маршруте должен быть  $45 \cdot 30 = 1350$  пассажиров за рейс. Практика обследования пассажиропотоков [36, 37, 38, 39] показывает, что за рейс в более чем 80 % случаев перевозится до 100 пассажиров (

Рисунок 16) и показывает малую вероятность организации перевозочного процесса без промежуточных остановочных пунктов.

16 Результаты, приведенные в [40], показывают, что пассажиры, в том числе те, у которых в пользовании есть личный автомобиль, считают, что общественный транспорт по требованию целесообразен в случае низкого пассажиропотока. В случаях же стабильного и высокого пассажиропотока пассажирский транспорт должен ходить по расписанию, что бы его пользователи могли планировать свое время исходя из этого расписания.

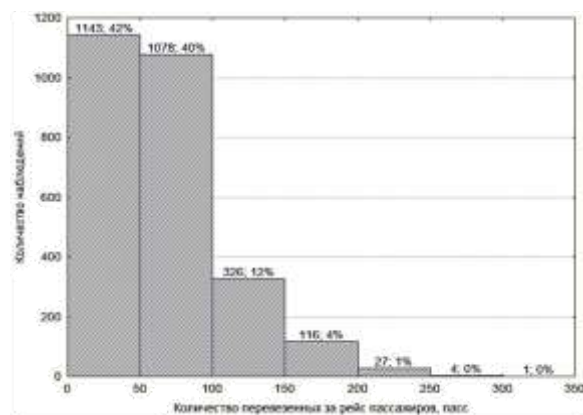


Рисунок 16 – Гистограмма распределения количества перевозимых за рейс пассажиров

В работах [41, 42, 17] также предложена новая система модульного пассажирского транспорта, которая в отличии от [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35] не требует существенных вложений в инфраструктуру и изменений в транспортном поведении.

Что бы избежать описанных выше проблем в работе [41] предложено использование составов модульных ПТС, которые позволяют уменьшать или увеличивать пассажироместимость в зависимости от величины пассажиронапряженности для каждого выполняемого рейса (

Рисунок 17). В период спада пассажиропотока уменьшается пассажиронапряженность и рейс выполняется составом модульного ПТС, состоящим из одного модуля (

Рисунок 17, а). При росте пассажиропотока увеличивается и пассажиронапряженность и на конечных остановочных пунктах в состав модульного ПТС добавляется необходимое количество модулей, обеспечивающих необходимую суммарную вместимость состава модульного ПТС (

Рисунок 17, б). При этом технология организации работы таких модулей, предусматривает минимизацию разницы между вместимостью состава модульного ПТС и пассажиронапряженностью.

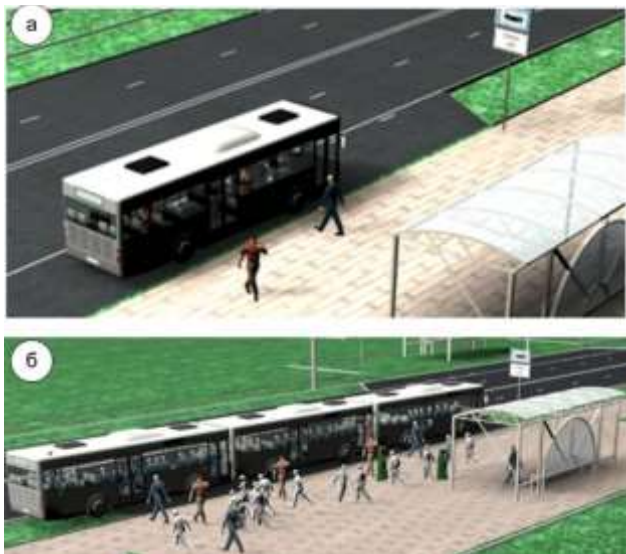


Рисунок 17 – Использование модульных ПТС:  
а – один модуль в периоды спада пассажиропотока; б – три модуля в периоды роста пассажиропотока

Моделирование работы по такой технологии на 16 автобусных маршрутов г. Гомеля показало, что при значении коэффициента использования вместимости 0,55 наблюдается самоокупаемость работы пассажирского транспорта [41]. Моделирование применения такой технологии организации пассажирских перевозок на 1747 езках,

выполненных на 81 городском маршруте г. Гомеля и г. Могилева, показало повышение окупаемости работы пассажирского транспорта с 69,7 % до 81 % [42]. Моделирование применения такой системы с учетом зависимости пассажиропотоков от календарных и погодных факторов показало повышение окупаемости работы на исследуемом обратном рейсе маршрута на 39% (с 79.8% до 110.6%), снижение себестоимости его выполнения на 41% (с 7.74 у.е. до 4.59 у.е.), годовая экономия Э порядка 2.38 млн у.е. в год для всего г. Гомеля. Ориентировочный срок окупаемости не превышает двух лет [17]. Для обеспечения «подстройки» вместимости модульных пассажирских транспортных средств (см.

Рисунок 17) под реальный пассажиропоток на каждом рейсе каждого маршрута предложена интеллектуальная система управления пассажирским транспортом регулярного сообщения (Рисунок 18).

Видно (Рисунок 18), что ежедневно информация от датчиков подсчета пассажиров поступает на сервер, где из нее извлекаются сведения о пассажиронапряженности на каждом рейсе каждого маршрута. Сюда же оператор ежедневно заносит календарную информацию (день недели, его тип, месяц и т.д.), а также прогнозную информацию о погоде на следующий день. На основании массива такой введенной информации ежедневно проводится прогнозирование значений пассажиронапряженности на каждом рейсе каждого маршрута на следующий день. На основании таких прогнозных значений, а также с учетом имеющегося парка модульных ПТС структуры маршрутной транспортной сети производится расчет состава модульного ПТС для работы на каждом рейсе каждого маршрута.

Таким образом, приведенный в работах [41, 42, 17] подход к организации работы пассажирского транспортного средства регулярного сообщения подразумевает наличие в каждом модуле датчика подсчета пассажиров. Конечно, это является дополнительными капитальными вложениями, но их величина на текущий момент вполне приемлема и окупаются такие вложения за 2 года [17]. Также реализация такого подхода не требует серьезной переработки транспортного законодательства и поведения пассажиров, что является дополнительным аспектом в пользу его реализации. Основными проблемами при этом остаются:

1 Отсутствие производства модульных пассажирских транспортных средств на территории Республики Беларусь. Это обусловлено в первую очередь законодательным запретом на участие в дорожном движении пассажирских транспортных средств. Как показывает вышеприведенный анализ публикаций, наличие подобных запретов является необоснованной

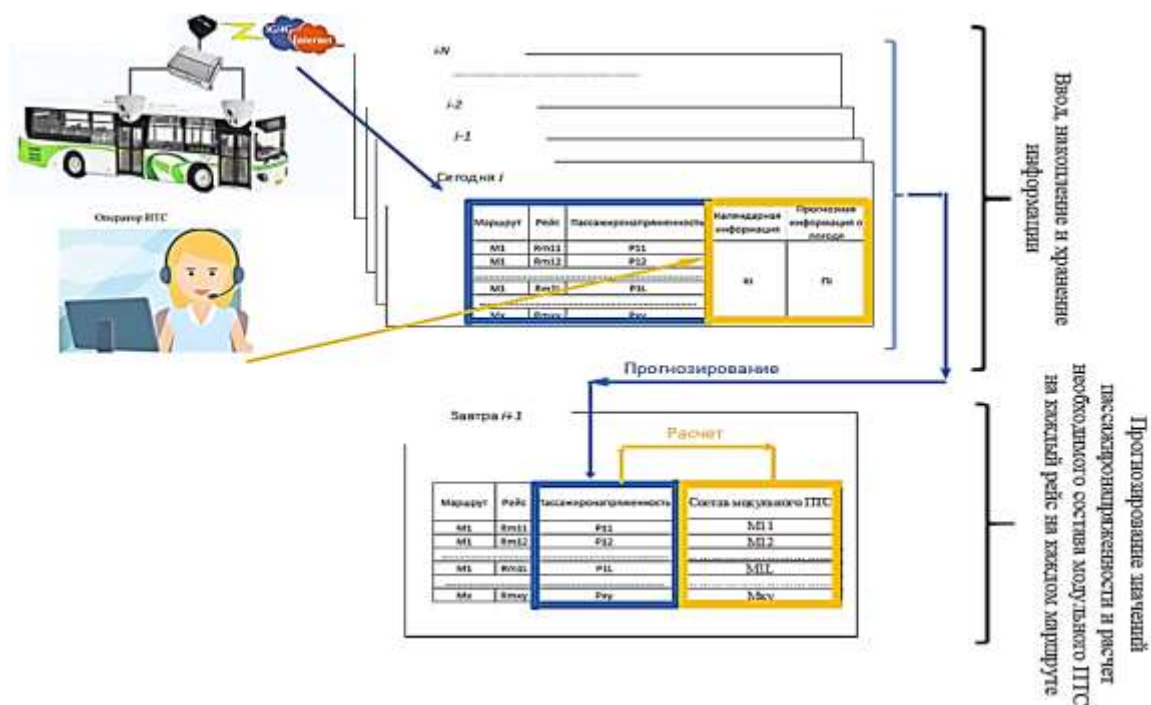


Рисунок 18 – Схема функционирования предлагаемой интеллектуальной системы управления ПТС [43, рисунок 7]

мерой, которую надо пересмотреть.  
 2 Нет обоснованной технологии распределения модулей по рейсам маршрутов с учетом объективно существующих пассажиронапряженностей, ограничений по режиму труда и отдыха

водителей, емкости конечных остановочных пунктов и т.д.  
 Сводная таблица результатов анализа научной литературы в сфере ДПТДВ приведен в

Таблица 1.

Таблица 1 – Обобщение научных источников по применению ДПТДВ

Публикация	Целевая функция	Полученные значения	Присоединение (отсоединение модуля)	Пропуск остановочных пунктов	Маршруты	Описание исходных данных	Полученный наилучший эффект
[5]	Минимизация пересадок в движении + общего количества перемещений модульных автобусов	Планы выполнения пересадок, сцепок и отцепок, а также места их выполнения	На любых остановках	Допускается	Непостоянные	абстрактная дорожная сеть из четырех перекрестков	Снижение на 15 % количества пересадок, снижение на 14 % среднего времени на поездку
[6]	Минимизация $Z_p + \Delta$	Планы выполнения пересадок, сцепок и отцепок, а также места их выполнения	На любых остановках	Допускается	Фиксированные	10 линий маршрутной сети Барселоны: 5 с наибольшим спросом и 5 с наименьшим спросом. Период работы - сутки	Снижение на 17, 4 % значения целевой функции для маршрута D40 при применении стратегии S3 по сравнению с обычным автобусным сообщением
[8]	Минимизация $S_{max}$	Планы выполнения сцепок и отцепок	На начальных остановках	Не допускается	Фиксированные	Северо-восточный сектор Сингапура	Снижение на 44% значения целевой функции на магистральных маршрутах и на 37% - для подвозных маршрутов

[9, 11]	Минимизация $Z_{оп} + Z_{пэ}$	Количество MAV и путь следования для каждого отправления	На начальных остановках	Не допускается	Фиксированные	абстрактный маршрут в одном из районов г. Тампа (штат Флорида, США) с абстрактными значениями пассажиропотока на 2040 год, равными интервалами движения	Более чем в два раза снижение затрат на потребление топлива (энергии) при применении модулей по сравнению с обычными автобусами
[10]	Минимизация $\Theta + Z_{оп} + Z_{п} + Z_{от}$ затраты на подход и отход к остановке	Планы выполнения сцепок и отцепок, когда работать на гибких, а когда на фиксированных маршрутах	На начальных остановках	Не допускается	Непостоянные или фиксированные в зависимости от спроса	абстрактный маршрут, в течение часа	Экономия 3,89 долл / час на маршрут
[12]	Минимизация $Z_{оп} + Z_{п} + Z_{от}$ затраты на подход и отход к остановке	Планы выполнения сцепок и отцепок модулей	На любых остановках	Допускается	Фиксированные	абстрактный маршрут из 20 остановочных пунктов	Снижение среднего времени на поездку с 39,3 мин до 29,4 мин (25,2 %) при реализации стратегии разделения модулей в движении, по сравнению с отсутствием такого разделения
[14]	Минимизация $Z_{оп} + Z_{п} + Z_{от}$ затраты на подход и отход к остановке	Планы выполнения сцепок и отцепок модулей	На любых остановках	Допускается	Фиксированные	Маршрут автобуса № 3 в Ханчжоу, Китай	Снижение среднего времени на поездку с 29,7 мин до 25,2 мин (15 %) при реализации стратегии, которая комбинирует разделение автобусов и их задержку, по сравнению с вариантом, когда реализована стратегия только с задержкой автобусов
[15]	Минимизация $\Theta$	Маршруты, расписания, Планы выполнения сцепок и отцепок модулей	На начальных остановках	Не допускается	Непостоянные	Пригородная маршрутная сеть г. Бэйцзин, Китай. с 3 декабря 2018 года по 18 января 2019 года для обучения и дни с 21 по 25 января 2019 года для тестирования. Данные о поездках взяты из данных смарт-карт	По сравнению с подходом, используемым в режиме реального времени, предлагаемая система позволяет снизить эксплуатационные расходы на 21 % при применении оптимистичного сценария прогнозирования пассажиропотока.
[16]	Минимизация $\Theta + Z_{п}$	Количество и частота использования MAV	На начальных остановках	Не допускается	Фиксированные	5 маршрутов г Цюрих с местными и вы-	почти на 60 % снижение эксплуатационных расходов (в периоды низкого

						деленными полосами. По 1 часу в период высокого, среднего и низкого транспортного спроса.	транспортного спроса) по сравнению с вариантом безмодульного движения автобусов
[17]	Минимизация разности вместимости и пассажиронапряженности	Планы выполнения сцепок и отцепок	На начальных остановках	Не допускается	Фиксированные	Годовые данные о пассажиронапряженности на оборотном рейсе одного автобусного маршрута г. Гомеля за год.	Повышение емкости работы на данном оборотном рейсе на 39% (с 79.8% до 110.6%), снижение себестоимости его выполнения на 41% (с 7.74 у.е. до 4.59 у.е.), годовая экономия Э порядка 2.38 млн у.е. в год для всего г. Гомеля. Ориентировочный срок окупаемости не превышает двух лет
[18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35]		Планы выполнения пересадок, сцепок и отцепок, а также места их выполнения	На любых остановках	Допускается	Непостоянные	Абстрактные данные	
[41]	Минимизация разности вместимости и пассажиронапряженности	Планы выполнения сцепок и отцепок	На начальных остановках	Не допускается	Фиксированные	Часть (16) автобусных маршрутов г. Гомеля	При значении коэффициента использования вместимости 0,55 наблюдается самоокупаемость работы пассажирского транспорта
[42]	Минимизация разности вместимости и пассажиронапряженности	Планы выполнения сцепок и отцепок	На начальных остановках	Не допускается	Фиксированные	Часть (1747) ездов, выполненных на 81 городском маршруте г. Гомеля и г. Могилева	Повышение емкости работы пассажирского транспорта с 69,7 % до 81 %.
[44]	Минимизация суммы $S_{\text{мав}} + Z_{\text{пз}} + Z_{\text{оп}} + Z_{\text{п}} + Ш$	Количество MAV и путь следования для каждой поездки, схема сцепления и расцепления MAV, схема пропуска MAV	На любых остановках	Допускается	Фиксированные	автобусный маршрут 110 в г. Дандун, Китай, 13 остановочных пунктов, протяженностью 7,2 км, с 10:00 до 11 : 10	уменьшение на 32 % целевой функции по предлагаемому сценарию по сравнению со сценарием движения модулей без пропуска остановочных пунктов

[45]	Минимизация $\mathcal{E}$ + $Z_{оп}$ + Ш + $Z_{п}$	Количество MAV и путь следования для каждого отправления	На начальных остановках	Не допускается	Фиксированные	-	-
[46]	Минимизация $\mathcal{E}$ + $Z_{оп}$	Количество рейсов MAV и путь следования для каждого отправления, количество рейсов MAV для разветвленных маршрутов	На начальных терминалах и последней остановке перекрывающегося сегмента	Не допускается	Фиксированные	-	-
[47]	Минимизация $Z_{п}$ + Ш + $\mathcal{E}$ + стоимость передислокации станции + стоимость строительства станции	Расположение и мощность построенной станции, схема сцепления и расцепления MAVs	На построенных станциях	Не допускается	Фиксированные	-	-
[48]	Минимизация $\mathcal{E}$ + $Z_{оп}$	Путь следования, схема соединения и разъединения MAVs	На любых остановках	Не допускается	Фиксированные	Группа городов в Швейцарии, состоящая из 15 узлов и 21 двунаправленной связи, матрица спроса на перевозку в пиковый час из Arbex и da Cunha [2015]	Снижение эксплуатационных расходов на 100 % при применении предлагаемой системы по сравнению с действующей системой
[49]	Минимизация $Z_{оп}$ + стоимость парка MAV	Схема сцепки и расцепки MAV, расписание	На любых остановках	Не допускается	Фиксированные	г Наньтун (Китай), с 5:00 до 21:00. Обратный рейс на маршруте с 10 остановочными пунктами в каждом рейсе.	снижение целевой функции на 50 % в периоды наименьшей интенсивности вне зависимости от применяемой категории расписания
[50]	Минимизация $Z_{оп}$ + $\mathcal{E}$ + затраты на восстановление баланса	Путь следования, количество MAV на остановках	На любых остановках	Не допускается	Фиксированные	-	-

$S_{маv}$  – стоимость владения MAV;

$Z_{пэ}$  – затраты на потребление топлива (энергии);

$Z_{оп}$  – затраты на ожидание пассажирами прибытия пассажирского транспортного средства;

$\mathcal{E}$  – эксплуатационные расходы

Ш – штрафные санкции за пропуск пассажирами MAV из-за его переполненности

$Z_{п}$  – затраты пассажиров на поездку

## Заключение

В данной статье рассмотрена актуальная задача применения ДПТДВ в практической работе пассажирского городского транспорта регулярного сообщения. Отмечено, что в странах бывшего СССР указанный способ повышения эффективности и качества оказываемых пассажирам услуг практически не рассматривается. Это обусловлено сложившимися стереотипами негативного

Таблица 1). Показаны основные проблемы реализации предложенных в таких публикациях технологий работы ДПТДВ. Предложен курс на реализацию на территории Республики Беларусь интеллектуальной системы управления пассажирским транспортом регулярного сообщения (Рисунок 18), подразумевающей использование модульных пассажирских транспортных средств (

Рисунок 17) и ежедневное прогнозирование пассажиронапряженности на каждый рейс каждого маршрута с последующим назначением состава ДПТДВ вместимости, соответствующей такой пассажиронапряженности. Ориентировочные расчеты показывают, что реализация такой интеллектуальной системы управления позволит сделать городской пассажирский транспорт безубыточным, а срок окупаемости такого проекта для условий г. Гомеля не превышает двух лет [17].

Отмечены основные проблемы, препятствующие использованию ДПТДВ на территории Республики Беларусь:

1 Отсутствие производства модульных пассажирских транспортных средств на территории Республики Беларусь. Это обусловлено в первую очередь законодательным запретом на участие в дорожном движении пассажирских транспортных средств. Как показывает вышеприведенный анализ публикаций, наличие подобных запретов является необоснованной мерой, которую надо пересмотреть.

2 Нет обоснованной технологии распределения модулей по рейсам маршрутов с учетом эффективно существующих пассажиронапряженностей, ограничений по режиму труда и отдыха водителей, емкости конечных остановочных пунктов и т.д.

Указанные проблемы являются основными направлениями научных работ в этой сфере.

## Литература

1. Веклич, В. Ф. Повышение эффективности эксплуатации безрельсового электрического транспорта применением средств диагностирования и управления по системе многих единиц : автореф. дис. ... доктора. техн.

влияния прицепных пассажирских транспортных средств на безопасность дорожного движения. В тоже время показано, что практика применения ДПТДВ имеет столетнюю историю, в том числе, на просторах бывшего СССР, и высокую популярность в развитых странах в настоящее время. Проанализированы основные научные публикации по данной тематике, имеющиеся в открытом доступе (

наук : 05.22.07 / В. Ф. Веклич ; Всесоюзный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта. – М., 1990. – 38 с

2. Веклич, В. Ф. Эффективность применения троллейбусов с управлением по системе многих единиц / В.Ф. Веклич; Общество «Знание» Украинской ССР, Киевский дом научно-технической пропаганды . – Киев, 1969. – 19 с.

3. Веклич, В. Ф. Исследование троллейбусов с управлением по системе многих единиц : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 442 / В. Ф. Веклич ; Академия коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова. – М., 1969. – 25 с.

4. Gecchelin, T., & Webb, J. (2018). Modular dynamic ride-sharing transport systems. *Economic Analysis and Policy*, 61, 111–117. <https://doi.org/10.1016/J.EAP.2018.12.003>

5. Jiaming Wu, Balázs Kulcsár, Selpi, Xiaobo Qu, A modular, adaptive, and autonomous transit system (MAATS): An in-motion transfer strategy and performance evaluation in urban grid transit networks, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 151, 2021, Pages 81-98, ISSN 0965-8564, <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.07.005>.

6. Torres, T. (2022). Autonomous modular buses: A deterministic approach to model and assess a public transport line (Master's thesis). Universitat Politècnica de Catalunya | BarcelonaTech. Режим доступа: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/373595/tubal-torres-master-thesis.pdf?sequence=1>. Дата доступа: 14.12.2023

7. Liu, Shiyi & Schonfeld, Paul. (2020). Effects of Driverless Vehicles on Competitiveness of Bus Transit Services. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*. 146. 04020009. 10.1061/JTEPBS.0000327.

8. Sun, Shanshan & Wong, Yiik & Rau, Andreas. (2020). Economic assessment of a Dynamic Autonomous Road Transit system for Singapore. *Research in Transportation Economics*. 83. 100843. 10.1016/j.retrec.2020.100843

9. Chen, Zhiwei & Li, Xiaopeng & Zhou, Xuesong Simon. (2019). Operational design for shuttle systems with modular vehicles under oversaturated traffic: Continuous modeling method. *Transportation Research Procedia*. 38. 359-379. 10.1016/j.trpro.2019.05.020.

10. Guo, Qian-Wen & Chow, Joseph & Schonfeld, Paul. (2017). Stochastic dynamic switching in fixed and flexible transit services as market entry-exit real options. *Transportation Research Procedia*. 23. 10.1016/j.trpro.2017.05.022.

11. Chen, Zhiwei & Li, Xiaopeng & Zhou, Xuesong Simon. (2018). Operational Design for Shuttle Systems with Modular Vehicles under Oversaturated Traffic: Discrete Modeling Method.



12. Khan, Zaid & He, Weili & Menendez, Monica. (2022). Application of Modular Vehicle Technology to Mitigate Bus Bunching
13. Hannoun, Gaby Joe & Menéndez, Mónica. (2022). Modular vehicle technology for emergency medical services. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 140. 103694. 10.1016/j.trc.2022.103694.
14. Khan, Zaid & Menendez, Monica. (2023). Bus Splitting Bus Holding: A New Strategy Using Autonomous Modular Buses For Preventing Bus Bunching. *SSRN Electronic Journal*. 10.2139/ssrn.4356986.
15. Rongge, Guo & Bhatnagar, Saumya & Wei, Guan & Vallati, Mauro & Sharif Azadeh, Shadi. (2023). Operationalizing Modular Autonomous Customized Buses based on Different Demand Prediction Scenarios. *Transportmetrica A: Transport Science*. 10.1080/23249935.2023.2296498.
16. Dakic, Igor & Yang, Kaidi & Menendez, Monica & Chow, Joseph. (2021). On the design of an optimal flexible bus dispatching system with modular bus units: Using the three-dimensional macroscopic fundamental diagram. *Transportation Research Part B Methodological*. 148. 38-59. 10.1016/j.trb.2021.04.005
17. Аземша, С. А., Янкович С. Ю. Оценка эффективности ежесуточного управления парком модульных пассажирских транспортных средств на городских регулярных маршрутах. (2024). *Недропользование и транспортные системы*, 14(1), 4-17. <https://doi.org/10.18503/SMTS-2024-14-1-4-17>
18. Пролиско, Е. Е. Высокопроизводительный вид городского пассажирского транспорта на базе современных интеллектуальных информационных технологий / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2016. – Т. 4, № 5-3(25-3). – С. 336-341. – EDN WZQDXF
19. Пролиско, Е. Е. Новый тип высокопроизводительного общественного городского транспорта / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Перспективы развития транспортного комплекса : Материалы II Международной заочной научно-практической конференции, Минск, 04–06 октября 2016 года / Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «Транстехника». – Минск: Республиканское унитарное предприятие "Белорусский научно-исследовательский институт транспорта "Транстехника", 2016. – С. 11-14. – EDN XVVMGV.
20. Инфобус - новый тип интеллектуального транспорта для внутригородских пассажирских перевозок / Т. А. Глущенко, В. В. Касьяник, Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Вестник Брестского государственного технического университета. Физика, математика, информатика. – 2016. – № 5(101). – С. 67-69. – EDN YWPREL.
21. Швецова, Е. В. Алгоритмы функционирования беспилотной городской пассажирской транспортной системы / Е. В. Швецова, В. Н. Шуть // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. – 2019. – Т. 12-2. – С. 32-39. – EDN KXQIQD.
22. Швецова, Е. В. Интеллектуальный транспорт с разделяющимися частями / Е. В. Швецова, В. Н. Шуть // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. – 2020. – Т. 3. – С. 87-93. – EDN PCREMT.
23. Shviatsova, A. The Smart Urban Transport System / A. Shviatsova, V. Shuts // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. – 2020. – №. 4. – Р. 349-352. – EDN QBHXXM.
24. Шуть, В. Н. Суперскоростная роботизированная интеллектуальная транспортная система городской перевозки пассажиров / В. Н. Шуть, Е. В. Швецова // Университет - территория опережающего развития : Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, посвящённый 80-летию ГрГУ им. Янки Купалы, Гродно, 19–20 февраля 2020 года / Редколлегия: Ю.Я. Романовский (гл. ред.) [и др.]. – Гродно: Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, 2020. – С. 146-149. – EDN WKFQBD.
25. Швецова, Е. В. Планирование и организация перевозочного процесса в интеллектуальной городской пассажирской транспортной системе / Е. В. Швецова, В. Н. Шуть // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2021 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 90-95. – EDN WBGZKI.
26. Швецова, Е. В. Планирование и организация процесса перевозки в пассажирской информационно-транспортной системе / Е. В. Швецова, Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Математические методы в технологиях и технике. – 2021. – № 4. – С. 111-118. – DOI 10.52348/2712-8873\_MMTT\_2021\_4\_111. – EDN BZOPPU.
27. Шуть, В. Н. Концептуальная модель городской пассажирской информационно-транспортной системы / В. Н. Шуть, Е. В. Швецова // Образование, наука и производство в XXI веке: современные тенденции развития : Материалы юбилейной Международной конференции, Могилев, 11–12 ноября 2021 года. – Могилев: Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования "Белорусско-Российский университет", 2021. – С. 170. – EDN VQABCV.
28. Шуть, В. Н. Городской автоматический транспорт / В. Н. Шуть // Транспорт Урала. – 2022. – № 1(72). – С. 3-7. – DOI 10.20291/1815-9400-2022-1-3-7. – EDN NYTZQJ.
29. Пролиско, Е. Е. Модификация работы городского общественного пассажирского транспорта / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Цифровая среда: технологии и перспективы. DETP 2022 : Сборник материалов международной научно-практической конференции, Брест, 31 октября 2022 года. – Брест: Учреждение образования "Брестский государственный технический университет", 2022. – С. 44-46. – EDN OQLPGG.
30. Швецова, Е. В. Использование информационных технологий при организации пассажирских перевозок посредством беспилотного транспорта / Е. В. Швецова, В. Н. Шуть, Е. Е. Пролиско // Цифровая среда: технологии и перспективы. DETP 2022 : Сборник материалов международной научно-практической конференции, Брест, 31 октября 2022 года. – Брест: Учреждение образования "Брестский государственный технический университет", 2022. – С. 150-154. – EDN OZAGFR.

31. Шуть, В. Н. Балансовая модель интересов транспортного предприятия и пассажиров в городских перевозках автоматическим транспортом / В. Н. Шуть, Е. В. Швецова // *Инновационный транспорт*. – 2023. – № 3(49). – С. 18-22. – DOI 10.20291/2311-164X-2023-3-18-22. – EDN ZKATSQ.
32. Шуть В. Н., Персия Л. Интеллектуальные робототехнические транспортные системы. Брест : Изд-во БрГТУ, 2017. 195 с.
33. Швецова, Е. В. Алгоритм организации перевозок на основе критического элемента матрицы корреспонденций / Е. В. Швецова, В. Н. Шуть // *Транспорт Урала*. – 2023. – № 2(77). – С. 34-40. – DOI 10.20291/1815-9400-2023-2-34-40. – EDN VRHNFN.
34. Математическая модель оптимизации работы городского общественного транспорта / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть, А. А. Козинский, А. Н. Жогал // *Университет - территория опережающего развития : Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, посвящённый 80-летию ГрГУ им. Янки Купалы, Гродно, 19–20 февраля 2020 года / Редколлегия: Ю.Я. Романовский (гл. ред.) [и др.]. – Гродно: Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, 2020. – С. 143-146. – EDN WZTXLX.*
35. Швецова, Е. В. Информационно-транспортные системы в контексте городских перевозок / Е. В. Швецова // *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки*. – 2024. – № 1(49). – С. 89-94. – DOI 10.52928/2070-1616-2024-49-1-89-94. – EDN WAJROF.
36. Azemsha S. / The Study of the Trolley Buses Occupancy / S. Azemsha // *Global Journal of Management and Business Research: F Real Estate, Event and Tourism Management* – 2019. – Volume 19 Issue 1 Version 1.0 – P. 6–15. [https://globaljournals.org/GJMBR\\_Volume19/2-The-Study-of-the-Trolley-Buses.pdf](https://globaljournals.org/GJMBR_Volume19/2-The-Study-of-the-Trolley-Buses.pdf)
37. Аземша С.А. / Исследование наполняемости автобусов при городских перевозках пассажиров в г. Могилеве / С.А. Аземша, Т.В. Грищенко, О.О. Ясинская // *Вестник Полоцкого государственного технического университета. Серия В «Промышленность. Прикладные науки»*. – 2020. – № 11. – С. 62–69.
38. Azemsha Siarhei. The Study of Public Transport Occupancy Rate Patterns in Belarusian cities / S. Azemsha, D. Kapski // *International Journal of Engineering Inventions* e-ISSN: 2278-7461, p-ISSN: 2319-6491 Volume 11, Issue 12 [December. 2022] PP: 128-134 <https://ijejournal.com/papers/Vol11-Issue12/1112128134.pdf>
39. Аземша С.А. / Исследование наполняемости автобусов при городских перевозках пассажиров в г. Светлогорске / С.А. Аземша, Т.В. Грищенко, О.О. Ясинская // *Вестник Брестского государственного технического университета «Физика, математика, информатика»*. – 2019. – № 5 (118). – С. 37–40.
40. Klinkhardt, C., Kandler, K., Kistorz, N., Heilig, M., Kagerbauer, M., & Vortisch, P. (2023). Integrating Autonomous Buses as Door-to-Door and First-/Last-Mile Service into Public Transport: Findings from a Stated Choice Experiment. *Transportation Research Record*, 0(0). <https://doi.org/10.1177/03611981231175900>
41. Аземша С.А. Разработка предложений по повышению эффективности работы общественного городского пассажирского транспорта. Научный рецензируемый журнал "Вестник СибАДИ". 2019;16(5):544-557. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2019-5-544-557>
42. Аземша, С. А. Обоснование оптимальной вместимости модуля в составе пассажирского транспортного средства для регулярных городских перевозок / С. А. Аземша // *Транспорт Урала*. – 2023. – № 2(77). – С. 71-78. – DOI 10.20291/1815-9400-2023-2-71-78. – EDN RMSUJJ.
43. Аземша С.А. Совершенствование технологии работы городского пассажирского транспорта регулярного сообщения. Научный рецензируемый журнал "Вестник СибАДИ". 2024;21(3):396-411. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-3-396-411>. EDN: FIDYXY.
44. Jiyu Zhang, Ying-En Ge, Chunyan Tang, Meisu Zhong, Optimising modular-autonomous-vehicle transit service employing coupling–decoupling operations plus skip-stop strategy, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Volume 184, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103450>
45. Zhuang Dai, Xiaoyue Cathy Liu, Xi Chen, Xiaolei Ma, Joint optimization of scheduling and capacity for mixed traffic with autonomous and human-driven buses: A dynamic programming approach, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 114, 2020, Pages 598-619, ISSN 0968-090X, <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.03.001>.
46. Shi, X., Chen, Z., Pei, M., Li, X., 2020. Variable-capacity operations with modular transits for shared-use corridors. *Transp. Res. Rec.* 2674, 230–244.
47. Qingyun Tian, Yun Hui Lin, David Z.W. Wang, Yang Liu. Planning for modular-vehicle transit service system: Model formulation and solution methods, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 138, 2022, 103627, ISSN 0968-090X, <https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103627>.
48. Chen, Z., Li, X., Qu, X., 2022. A continuous model for designing corridor systems with modular autonomous vehicles enabling station-wise docking. *Transp. Sci.* 56, 1–30.
49. Wang, Y., Ceder, A., Cao, Z., Zhang, S., 2023. Optimal public transport timetabling with autonomous-vehicle units using coupling and decoupling tactics. *Transportmet. A: Transport Sci.* <https://doi.org/10.1080/23249935.2023.2220423>
50. Tian, Q., Lin, Y., Wang, D., 2023. Joint scheduling and formation design for modular-vehicle transit service with time-dependent demand. *Transp. Res. Part C: Emerg. Technol.* 147 (2023), 103986.

## **ЗАРЯДНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА: ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ПАРКА ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

И.В. Денисов<sup>1</sup>

*Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых  
Россия, 600000, г. Владимир, ул. Горького, д. 87.*

В статье приведен обзор автомобильных рынков Российской Федерации и ряда зарубежных стран. Установлена динамика продаж электромобилей и их доля в общей структуре реализуемой техники. Проведен анализ факторов, влияющих на процесс электрификации автомобильного парка России. Выполнена прогнозная оценка динамики насыщения населения Российской Федерации электромобилями, позволяющая выработать стратегию развития зарядной инфраструктуры и планировать поэтапный ввод её объектов в эксплуатацию в соответствии с количеством автотранспортных средств с электрическим приводом в конкретном населенном пункте страны.

*Ключевые слова:* Автомобиль, парк электрического транспорта, электромобиль, зарядная инфраструктура, уровень автомобилизации, прогнозирование насыщенности электромобилями, электрические зарядные станции

### **CHARGING INFRASTRUCTURE OF ELECTRIC TRANSPORT: FORECAST ASSESSMENT OF THE DEVELOPMENT DYNAMICS OF ELECTRIC VEHICLE FLEET IN THE RUSSIAN FEDERATION**

I.V. Denisov

*Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov  
Russia, 600000, Vladimir, st. Gorky, d. 87.*

The article provides an overview of the automotive markets of the Russian Federation and a number of foreign countries. The dynamics of sales of electric vehicles and their share in the overall structure of sold equipment have been established. An analysis of the factors influencing the process of electrification of the Russian vehicle fleet was carried out. A forecast assessment of the dynamics of saturation of the population of the Russian Federation with electric vehicles has been carried out, allowing us to develop a strategy for the development of charging infrastructure and plan the phased commissioning of its facilities in accordance with the number of vehicles with electric drive in a specific locality of the country.

*Keywords:* Car, electric vehicle fleet, electric vehicle, charging infrastructure, level of motorization, forecasting the saturation of electric vehicles, electric charging stations

#### **Введение**

Высокий спрос на транспортные перевозки является основной причиной динамичного развития автомобильной промышленности как в Российской Федерации (РФ), так и за рубежом. Конкуренция на рынке производства колесных транспортных машин (КТМ) отличается высоким уровнем и вынуждает компании выпускать качественную продукцию с хорошими эксплуатационными свойствами.

Использование углеводородов в качестве автомобильного топлива для силовых агрегатов автотранспортных средств (АТС) является в настоящее время экономически целесообразным. Достаточные запасы нефти и газа на Земле, необходимые для снабжения транспортной техники

топливом, несложные технологические процессы производства мазута, дизеля, бензинов и сжатого газа из перечисленных ископаемых предопределило их использование в качестве источника энергии для тепловых машин. Однако, принимая во внимание масштаб автомобилизации населения большинства стран Мира, включая и РФ, становится очевидным факт существенного влияния автомобильного транспорта на уровень загрязнения воздушного бассейна нашей Планеты.

Экологическая проблема интенсивного насыщения атмосферы Земли продуктами сгорания топлив двигателей внутреннего сгорания (ДВС) КТМ является актуальной. Ежегодный прирост парка автомобильной техники (АТ) вызывает увеличение объема выбрасываемых

EDN GTVOKE

<sup>1</sup>Денисов Илья Владимирович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электротехники и электроэнергетики», тел.: +7(915)-776-24-14, e-mail: denisoviv@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7137-657X.

тепловыми энергетическими установками загрязняющих веществ, образующихся в процессе выполнения ими транспортной работы, что не только снижает качество воздуха, но и приводит к образованию парникового эффекта. Оксиды углерода и углеводороды, находящиеся в верхних слоях атмосферы Земли, являются основной причиной роста средней температуры воздушного бассейна, а, следовательно, изменения климата. За период четвертой промышленной революции она увеличилась на 0,7 град. [9] Уже сейчас наблюдается активное таяние ледников в Антарктиде и Гренландии, что приводит к изменениям в течениях Мирового океана, перераспределению воздушных масс и т.д. Таким образом, происходит глобальное изменение климата на Земле, которое влечет за собой появление различных погодных аномалий.

Для решения указанной выше экологической проблемы необходимо снижение негативного влияния автомобильного транспорта на атмосферу Земли. Во многих странах ужесточаются нормы максимальных выбросов продуктов сгорания топлив автомобильными двигателями (АД) в воздушный бассейн. РФ ратифицировала экологический класс ЕЭК ООН *Euro-5*, устанавливающий нормы содержания оксидов углерода и азота, углеводородов и взвешенных частиц в выхлопе силовых агрегатов, в 2016 году. С 2015 года в странах Европы действует более строгий экологический класс ЕЭК ООН *Euro-6*.

Производители КТМ для сертификации своей продукции и допуска её на автомобильный рынок, т.е. получения возможности реализовать конечному потребителю, вынуждены вносить изменения в их конструкцию, чтобы удовлетворить жестким требованиям действующих экологических стандартов. Это потребовало от конструкторов провести серьезную работу по модернизации силового агрегата: изменить системы питания и зажигания, установить турбоагрегат с высокой производительностью, а также внедрить компьютерные системы управления его работой. Форсирование современных АД позволяет увеличить их удельную (литровую) мощность и уменьшить экологическую нагрузку на атмосферу Земли. По данным [1] в РФ не менее 30% парка машин поддерживают экологический стандарт *Euro-5*.

Не только автопроизводители модернизируют АД, но и предприятия топливно-энергетического сектора проводят работу по улучшению свойств автомобильных топлив. Они должны соответствовать установленному в стране экологическому классу.

Не смотря на высокую эффективность мероприятий, направленных на снижение валовых

выбросов продуктов сгорания АД, полным решением экологической проблемы загрязнения атмосферы Земли это не стало. Поэтому в транспортном процессе необходимо использовать АД с принципиально иными силовыми агрегатами, позволяющими преобразовывать альтернативные источники в механическую энергию. Электрический транспорт (ЭТ) является в настоящее время наиболее перспективным.

В последнее десятилетие автолюбители многих стран Мира проявляют интерес к электромобилям. Не является исключением и РФ. Следует отметить, что переход на электрический привод дает возможность существенно улучшить эксплуатационные свойства АД. Более высокий КПД электрических машин позволяет получить значительную механическую мощность, что существенно улучшает энерговооруженность КТМ и наделяет их отличной разгонной динамикой. Конструкция АТС при этом упрощается. Это положительно влияет на надежность машин в эксплуатации. Снижается уровень затрат на поддержание АД в технически исправном состоянии по сравнению с автомобилями, оснащенными ДВС. Выбросы опасных веществ от ЭТ, увеличивающих экологическую нагрузку, ограничены только продуктами износа автомобильных шин и фрикционных элементов трансмиссии и тормозного управления.

Результаты исследования [18] содержат факторы, сдерживающие развитие ЭТ в РФ. Среди наиболее значимых авторы выделяют недостаточно развитую инфраструктуру зарядных станций, позволяющая использовать КТМ по назначению, высокая стоимость АД с электрическим приводом и отсутствие предприятий автомобильного сервиса, имеющих достаточный уровень оснащенности производственно-технической базы для проведения работ по обеспечению технической исправности электромобилей.

В соответствии с [14] утверждена Транспортная стратегия РФ до 2030 г., согласно которой развитие транспорта на альтернативных источниках энергии является приоритетным направлением по декарбонизации экономики страны. Переход на использование АД газомоторного топлива, электрической энергии, хранимой в аккумуляторах, и водородных топливных элементов позволят значительно сократить выбросы парниковых газов в атмосферу.

В [15] представлена «Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации», в соответствии с которой к 2030 г. не менее 10% выпускаемых КТМ должны быть с электрическим приводом. Это создает предпо-

сылки не только к созданию, но и активному развитию инфраструктуры зарядных станций (ИЗС) для ЭТ, чтобы собственники КТМ могли полноценно их использовать в транспортном процессе.

Создание и развитие сети электрических зарядных станций (ЭЗС) должно осуществляться исходя из фактического и перспективного численного и структурного состава электромобилей в парке АТС, доступности заправочных станций для конечного потребителя, возможности обеспечения быстрой зарядки аккумуляторных батарей машин, рационального вложения инвестиций с минимальными сроками окупаемости.

В соответствии с «Концепцией...» [15] к 2030 планируется построить и внедрить в эксплуатацию не менее 72 тыс. зарядных станций. При этом 40% из них должны поддерживать быструю зарядку в течение 30...40 минут. Современные ЭЗС, поддерживающие функцию ускоренной передачи энергии в блок аккумуляторов КТМ, имеют энергопотребление 150 кВт и более. Учитывая прогнозируемое число АТ с электрическим приводом в парке РФ и планируемый объем ввода в эксплуатацию ЭЗС, для их надежного функционирования необходима мощность 5500...6000 МВт. Чтобы обеспечить требуемые показатели качества электроэнергии у конечных потребителей [6] в существующей системе снабжения электрической энергией (ССЭЭ) необходимо изыскать и зарезервировать мощность для питания ИЗС.

Таким образом, научные исследования, целью которых состоит в разработке стратегии развития зарядной инфраструктуры электрического транспорта, принадлежащего гражданам, являются своевременными и необходимыми.

#### Постановка задачи исследования.

Автомобильный транспорт является в настоящее время наиболее востребованным хозяйствующими субъектами экономики РФ. Высокая доступность, быстрая ориентированность в

отношении потребителей транспортных услуг, а также возможность доставки грузов и пассажиров в кратчайшие сроки без привлечения дополнительных ресурсов и других видов транспорта стали причинами спроса на автомобильные перевозки. Высокий спрос на АТ способствует активному росту парка машин в стране на 1...3% в год.

Результаты исследований аналитического агентства (АА) «АвтоСтат» показали, что на 1 января 2023 года в РФ зарегистрировано 57,4 млн. сп. ед. колесных транспортных машин (КТМ) (см. рисунок 1) [2].

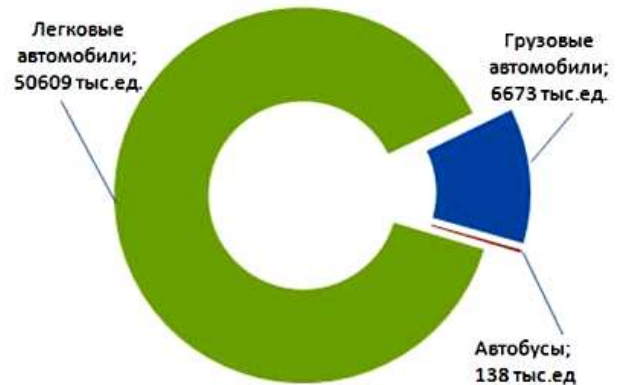


Рисунок 1 – Структура парка КТМ РФ на 01.01.2023 г

ЭТ в начале XX века уже проиграл в конкурентной борьбе КТМ с силовыми агрегатами на основе тепловых двигателей. Основные причины, по которым электромобили не получили широкого распространения, состояли в отсутствии электрохимических элементов достаточной емкости, обеспечивающие им гарантированный запас хода в течение суток, а также отсутствие развитой сети зарядных станций.

Появление современных технологических решений хранения электрической энергии стало импульсом к развитию аккумуляторного транспорта. С 2010 г. в ряде стран наблюдается динамичный рост числа КТМ с электрическим приводом (см. рисунок 2).

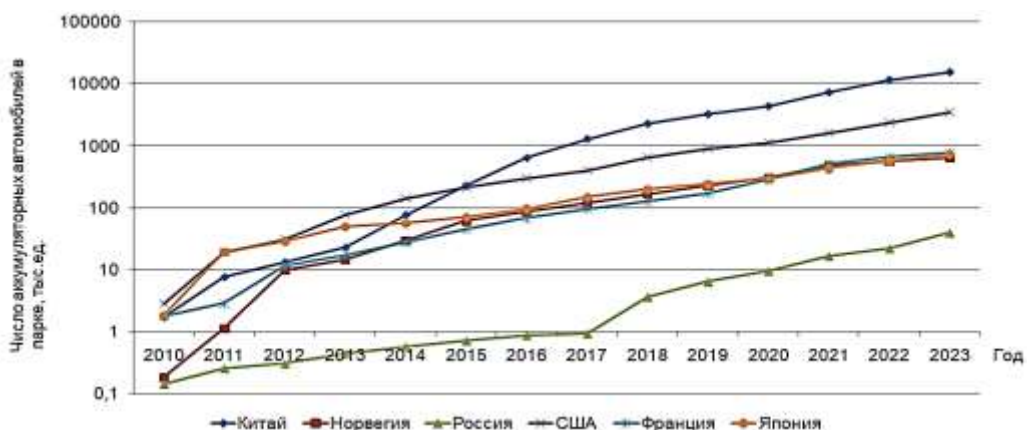


Рисунок 2 – Динамика изменения числа аккумуляторных автомобилей с электрическим приводом в различных странах в период с 2010 по 2023 гг.

В настоящее время мировой парк электромобилей насчитывает более 20 млн. списочных единиц (сп.ед.). Количество КТМ с электрическим приводом в эксплуатации за последнее десятилетие увеличилось в 9,5 раз.

В РФ на начало 2024 г. подключаемых к зарядным станциям автомобилей насчитывалось 39,06 тыс. сп. ед., что составляет долю 0,07% от общего количества АТС в парке. При этом 78,6% аккумуляторных машин составляют электромобили (BEV), а 21,4% являются подключаемыми гибридами (PHEV) (см. рисунок 3) [13].



Рисунок 3 – Парк аккумуляторных машин в РФ на 01.01.2024 г.

На рисунке 4 отражено распределение парка КТМ с электрическим приводом по Федеральным Округам (ФО) [19].

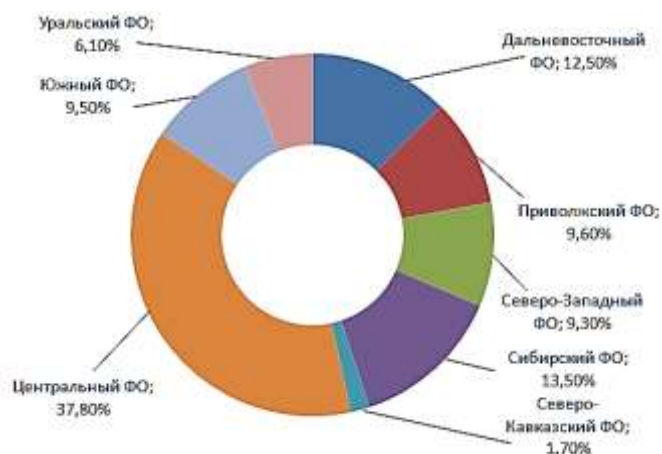


Рисунок 4 – Распределение парка аккумуляторных машин в РФ на 01.01.2024 г. по Федеральным Округам

Согласно данным АА «АвтоСтат» более 64% всех электромобилей эксплуатируются в 10 регионах РФ. Столь разный уровень обеспеченности населения аккумуляторными машинами в регионах РФ вероятно связан с дифференциацией доходов, что, безусловно, следует принимать во внимание при реализации «Концепции...» [15] на период до 2030 г.

Расширение парка ЭТ многие исследователи связывают с рядом факторов, среди которых следует отметить следующие [20]:

- технологические, связанные с развитием конструкции и технологий производства машин, позволившие увеличить запас хода от тяговых батарей, сократить время зарядки и, самое главное, уменьшить их стоимость, сделав электромобили более доступными;

- политические, направленные на различные формы государственной поддержки автолюбителей, отдающих предпочтение электрическим АТС;

- окружающей среды, включающие в себя уровень развития инфраструктуры, удельные эксплуатационные затраты на электромобили по сравнению с КТМ с тепловыми двигателями.

В работе [10] отмечается особая значимость в развитии ЭТ наличие государственной поддержки, как для производителей машин, так и покупателей, а также наличие развитой сети зарядных станций. Авторы указывают на необходимость создания собственного производства электромобилей в РФ.

В [5] указано, что наиболее значимыми факторами, определяющими спрос на ЭТ, являются стоимость АТ и наличие развитой инфраструктуры, позволяющей беспрепятственно эксплуатировать машины на всей территории страны.

Работа [7] содержит перечень факторов, влияющих на процесс электрификации парка АТ, среди которых следует назвать: наличие государственной поддержки, устойчивый спрос на электромобили в коммерческих перевозках, создание локального производства КТМ с электрическим приводом в стране, широкая сеть зарядных станций, снижение уровня выбросов парниковых газов и повышение экологичности, использование альтернативных и безопасных источников электрической энергии для зарядной инфраструктуры и др.

Проведенный литературный обзор, представленных выше, а также других работ, позволил выделить несколько причин столь впечатляющей динамики прироста парка АТ на электрической тяге.

Первая причина, заключается в государственной поддержке граждан. Во многих странах осуществляется субсидирование покупателей, приобретающих электромобили. В странах Европы, например, Франции и Германии, на покупку новых и подержанных аккумуляторных машин государство выделяет денежные средства в размере не менее 6,0 тыс. евро. В Китае субсидия равна 4,5 тыс. евро. Власти Бельгии утвердили

налоговый вычет на приобретение аккумуляторных АТС в размере 30% [4]. В ряде государств Европы собственники КТМ с электрическим приводом освобождаются от оплаты ввозных таможенных пошлин, налоговые службы начисляют на электромобили нулевой транспортный налог, а их проезд по платным автодорогам и парковка в населенных пунктах осуществляется без оплаты и др.

В РФ также существует программа стимулирования спроса на электромобили. Среди наиболее действенных мер поддержки граждан это освобождение от оплаты дорожных сборов и транспортного налога в некоторых регионах страны. С 2022 запущена программа субсидий и на покупку новых КТМ отечественного производства, приобретаемых через льготный лизинг или в кредит, в размере до 25% от стоимости. [59]. Все перечисленные меры являются экономическими и направлены на получение выгоды конечным потребителем при покупке и эксплуатации АТ с электрическим приводом.

Вторая причина, состоит в разработке новых технических решений и их внедрение в конструкцию электромобилей, которые позволяют улучшить эксплуатационные свойства машин, сократить эксплуатационные затраты и сделать их доступными для потенциальных покупателей.

Первая разработка касается новых аккумуляторных батарей (АКБ) на основе ионов лития, изготовленных по технологии *Cell-to-pack* третьего поколения. Использование указанных батарей в качестве источников энергии для электрического привода позволило значительно увеличить запас хода КТМ. Современные электромобили способны перемещаться после полной зарядки на расстояние до 1000 км.

Вторая разработка состоит в создании мощных и экономичных электрических машин, используемых в приводе ведущих колес. В большинстве современных электромобилей используются синхронные электродвигатели с постоянными магнитами, в составе которых присутствуют редкие и редкоземельные материалы. Они обладают хорошими характеристиками, обеспечивая высокий момент на ведущих колесах в широком диапазоне частот вращения ротора, а также поддерживают функцию рекуперации энергии при торможении, что дополнительно увеличивает запас хода КТМ.

Третья причина, заключается в развитии инфраструктуры электрического транспорта, позволяющей использовать КТМ по назначению. На рисунке 5 показаны организации, функционирующие и обеспечивающие эффективное и безопасное выполнение транспортной работы электромобилем, а также ТО и ремонт подвижного состава.



Рисунок 5 – Инфраструктура электрического транспорта

В работе [7] предложена методика оценки готовности инфраструктуры к развитию ЭТ в регионах РФ. Зарядные станции в совокупности с ССЭЭ являются наиболее важными её компонентами. В настоящее время именно недостаточно развитая сеть ЭЗС ограничивает возможности использования уже эксплуатируемых в РФ электромобилей. Поэтому назрела острая необходимость укрупнения сети зарядных станций и увеличения числа из них, поддерживающих возможность быстрой зарядки.

Согласно «Концепции...» [15] к 2030 в РФ планируется построить и внедрить в эксплуатацию 72 тыс. зарядных станций. При этом доля ЭЗС, поддерживающих быструю зарядку ЭТ, должна составлять 40%. Целевое значение соотношения числа зарядных станций и электромобилей планируется как 1:10.

В начале 2024 г. [8,17] в РФ успешно функционировали более 7500 зарядных станций, из которых возможность быстрой зарядки поддерживали около 1200 ед. Однако публичными в настоящее время являются менее половины из

них, что предполагает зарядку батарей КТМ от «домашних» станций.

Доступность ЭЭС и рост суточной пропускной способности одного пункта сократит время зарядки электромобилей, что особенно актуально для дорог междугороднего сообщения.

По мнению экспертов, [17] темпы развития ИЭС в стране опережают динамику прироста парка электрического транспорта. Сейчас в РФ на одну ЭЭС приходится три аккумуляторных автомобиля. Для сравнения в Китае, имеющем в парке более 15 млн. батарейных КТМ, это соотношение больше в три раза.

Сложившаяся ситуация негативно влияет на приток инвестиций в отрасль, поскольку сроки окупаемости ввода новых ЭЭС значительно превышают расчетные 5...7 лет. Эффективность эксплуатации зарядной станции во многом зависит от времени, в течение которого она занята. В настоящий момент загруженность пунктов пополнения энергией тяговых батарей электрического транспорта не превышает 30%, что ниже точки рентабельности.

Без государственной поддержки, компенсирующей издержки компаний на разработку, производство, строительство, технологическое подключение (ТП) и ввод в эксплуатацию сети зарядных станций, развитие инфраструктуры для ЭТ замедлится. В будущем это может оттолкнуть потенциальных покупателей КТМ от приобретения электромобилей.

В РФ при установке ЭЭС государство выделяет субсидии в размере 60% от её стоимости, но не более 1,86 млн. руб. До 2022 г. субсидия на ТП зарядных станций к электросетям достигала 30%, что в количественном выражении составляло до 900 тысяч рублей [17].

Четвертая причина, собственное производство аккумуляторных КТМ и зарядных станций. Это позволит сделать электромобили более доступными для граждан России.

Анализ рынка АТ с электрическим приводом показал, что в 2023 г. в РФ было реализовано 14,09 тыс. штук [16]. Данные продаж свидетельствуют о наличии спроса на аккумуляторные КТМ, что создает предпосылки к созданию новых и развитию в стране существующих производственных мощностей по разработке и выпуску экологически чистых автомобилей. Это позволит уменьшить их стоимость и даст возможность приобрести АТ более широкому кругу граждан. В настоящее время именно цена электрокаров многих потенциальных владельцев останавливает от их покупки. Ускорение темпов производства отечественных электромобилей интенсифицирует переоснащение парка КТМ и внесет весомый вклад в декорбанизацию экономики РФ.

Пятая причина, для обеспечения устойчивого и динамичного развития сети зарядных станций должна успешно функционировать система снабжения электрической энергией.

Общая установленная мощность электростанций Единой энергетической системы (ЕЭС) РФ на начало 2024 г. составляла 248164,88 МВт. В 2023 году электростанции ЕЭС России осуществили генерацию 1134,0 млрд. кВт·ч. При этом потребление составило 1121,6 млрд. кВт·ч [12]. Положительный энергетический баланс в размере 12,4 млрд. кВт·ч создает предпосылки для его экспорта в зарубежные страны и увеличения потребления электрической энергии на внутреннем рынке. Поэтому развитие сети зарядных станций для аккумуляторных КТМ и подключаемых гибридов будет стимулировать спрос на электрическую энергию, в чем должны быть заинтересованы ресурсоснабжающие организации.

Уровень экологичности КТМ с электрическим приводом во многом будет зависеть и от структуры генерации электрической энергии в стране. Две трети генерирующих мощностей ЕЭС России приходится на тепловые электростанции, которые вносят определенный вклад в образование парниковых газов, поскольку используют углеродные виды топлива [12]. С развитием парка ЭТ необходимо увеличение доли экологически чистых источников электрической энергии в структуре генерации ЕЭС РФ. Это является обязательным условием снижения углеродного следа и декарбонизации экономики России и должно происходить одновременно с увеличением парка электромобилей и расширением сети зарядных станций.

#### **Результаты исследования и их обсуждение.**

Для рационального решения задачи по определению количественного состава ЭЭС сети необходимо знать динамику прироста парка АТ с электрическим приводом в целом по России, а также в регионах страны. Для определения динамики изменения числа автомобилей, подключаемых к зарядным станциям, целесообразно воспользоваться методикой, предложенной в [3]. Прогнозная оценка выполнена в горизонте до 2030 г. В рамках настоящего исследования выполнен выбор исходных данных для осуществления расчета, которые показаны в таблице 1.

Осуществлен расчет насыщенности населения РФ АТС категории М1 и аккумуляторными КТМ за указанный выше временной период (см. таблицу 2).



Таблица 1 – Исходные данные для осуществления прогнозной оценки динамики уровня автомобилизации населения РФ электрическим транспортом

Параметр	Год	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Население РФ, тыс.чел.		146804,4	146880,4	146780,7	146748,5	146171,0	146713,7	146447,4
Уровень автомобилизации, сп.ед./1000 жит.		305	309,1	315,4	321	327,6	326,9	327
Число электромо-билей, сп.ед.		920	3600	6300	9400	16500	21700	39060
Насыщенность электро-мобилями, сп.ед./1000 жит.		0,0063	0,0245	0,0429	0,0641	0,1129	0,1479	0,2667

Таблица 2 – Результаты определения уровня насыщенности населения РФ КТМ категории М1 и электро-мобилями за текущий и предшествующий ему периоды

Годы, $T_i$	Время, $i$	Насыщенность КТМ категории М1 $n_i$ , сп.ед./1000 жит.	Прирост насыщенности авто-мобилями, $\Delta n_i$	Насыщенность КТМ категории М1 с электроприводом $n_i$ , сп.ед./1000 жит.	Прирост насыщенности КТМ катего-рии М1 с электроприводом, $\Delta n_i$
2019	0	315,4	0	0,0429	0
2020	1	321	5,6	0,0641	0,0212
2021	2	327,6	6,6	0,1129	0,0488
2022	3	326,9	-0,7	0,1479	0,035
2023	4= $m$	327	0,1	0,2667	0,1188

Установление динамики изменения насыщенности населения АТ от времени -  $i$  выполняют с помощью математических вычислений, используя выражение [3]

$$n_i = \frac{n_{max}n_m}{n_m + (n_{max} - n_m)e^{-qn_{max}(i-m)}} \quad (1)$$

где  $n_{max}$ ,  $n_m$  – предельное и фактическое на текущий  $i$ -й год значения насыщенности населения России КТМ категории М1, в том числе, имеющих электрический привод, сп.ед./1000 жит.;  
 $m$  – индекс (номер) текущего года;

$q$  – коэффициент, позволяющий оценить интенсивность изменения уровня автомобилизации общества РФ, и определяемый с использованием следующей расчетной формулы

$$q = - \frac{\sum_{i=1}^m (\Delta n_i n_i^2) - n_{max} \sum_{i=1}^m (\Delta n_i n_i)}{n_{max}^2 \sum_{i=1}^m n_i^2 - 2n_{max} \sum_{i=1}^m n_i^3 + \sum_{i=1}^m n_i^4} \quad (2)$$

где  $n_i$  – значение насыщенности в  $i$ -м году;  
 $\Delta n_i$  – прирост насыщенности от  $(i - 1)$ -го до  $i$ -го года, т.е.

$$\Delta n_i = n_i - n_{i-1}. \quad (3)$$

График прогноза уровня автомобилизации населения РФ АТС категории М1 показан на рисунке 6

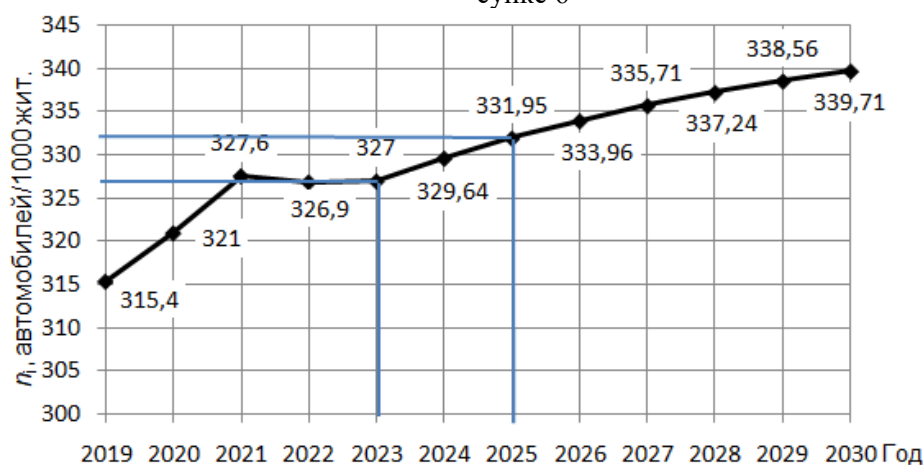


Рисунок 6 – Прогноз насыщенности населения РФ автомобилями категории М1 с традиционными тепловыми двигателями

Аналогичным образом осуществлен расчет динамики изменения насыщенности населения РФ электромобилями. График прогноза

уровня насыщенности населения РФ аккумуляторными КТМ с электроприводом показан на рисунке 7.

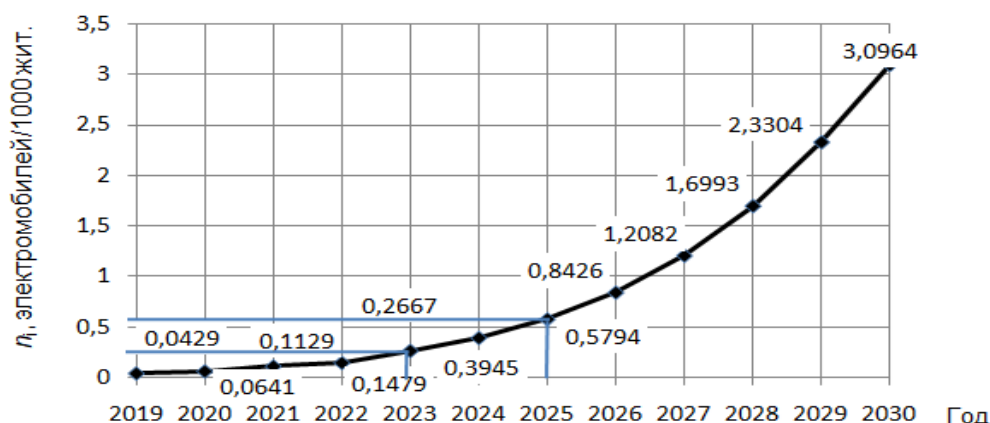


Рисунок 7 – Прогноз насыщенности населения РФ аккумуляторными КТМ категории М1 с электрическим приводом

Таблица 3 – Результаты прогнозирования парка АТС и электромобилей в РФ

Параметр	Год	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Население РФ, тыс.чел.		146740,3	147033,8	147327,9	147622,5	147917,8	148213,6	148510,03
Уровень автомобилизации, сп.ед./1000 жит.		329,64	331,95	333,96	335,71	337,24	338,56	339,71
Число автомобилей в парке, тыс.ед.		48371,4	48807,8	49201,6	49558,3	49883,7	50179,2	50450,34
Насыщенность электромобилями, сп.ед./1000 жит.		0,3945	0,5794	0,8426	1,2082	1,6993	2,3304	3,0964
Число электромобилей, тыс.ед.		57,89	85,02	123,64	177,29	249,36	341,96	454,37
Доля электромобилей в парке, %		0,12	0,17	0,25	0,36	0,5	0,68	0,9

Полученные в результате прогнозирования значения числа аккумуляторных КТМ, приходящихся на 1000 жителей в РФ, свидетельствует о том, что парк данных транспортных средств к 2030 г. возрастет многократно.

В таблице 3 представлены данные количественного изменения числа электромобилей, рассчитанные с учетом установленной динамики изменения насыщенности населения РФ АТ с электрическим приводом и коэффициента естественного прироста населения, который по оценке за последнее десятилетие, составил – 0,002.

#### Заключение

Замена тепловых двигателей АТ, используемых в качестве силового агрегата в КТМ, на электрический привод позволит сократить валовые выбросы отработавших газов, загрязняющих атмосферу оксидами углерода, азота и несгорев-

шими углеводородами, а, следовательно, приведет к уменьшению влияния транспорта на экологию Земли.

Исследование динамики продаж электромобилей у нас в стране и за рубежом выявил устойчивый тренд на электрификацию автомобильного парка. Учитывая то, что в РФ ежегодно число КТМ на электрической тяге возрастает более чем в три раза, к 2030 г их общее количество, согласно проведенной в работе прогнозной оценке, составит более 450 тыс. сп. ед., а их доля в парке будет равна - 0,9%.

К основным факторам, сдерживающим процесс электрификации автомобильного парка в РФ, следует отнести высокую начальную стоимость электромобилей, а также отсутствие развитой сети зарядных станций, позволяющей без ограничений планировать поездки на длительные расстояния по всей стране.

Расширение парка электрического транспорта должно происходить с одновременным увеличением доли экологически чистых источников электрической энергии в структуре генерации ЭЭС РФ за счет развития гидро – и атомной электроэнергетики и использования нетрадиционных и возобновляемых источников. Это является обязательным условием снижения углеродного следа и декарбонизации экономики России.

### Литература

- 30% легковых автомобилей в РФ соответствует экостандартам Евро-5 и выше. [Электронный ресурс] // Аналитическое агентство «Автомобильная статистика». – URL: <https://www.autostat.ru/infographics/57185/>. (дата обращения: 10.05.2024).
- Автомобильный парк: на чем ездят россияне? [Электронный ресурс] // Аналитическое агентство «Автомобильная статистика». – URL: <https://www.autostat.ru/press-releases/47703/>. (дата обращения: 10.05.2024).
- Денисов, И. В. Особенности технико-экономического обоснования и технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта: учеб. пособие / И. В. Денисов; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2018. – 268 с. ISBN 978-5-9984-1015-4.
- Демидов Д.И., Пугачёв В.В. Прогноз глобального развития электротранспорта и инфраструктуры электрических заправочных станций // Известия Оренбургского государственного аграрного университета – 2019. – С. 173–178. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41288910>. Доступ 22.05.2022.
- Каталевский Д.Ю., Гареев Т.Р. Имитационное моделирование для прогнозирования развития автомобильного электротранспорта на уровне региона // Балтийский регион – 2020. – Т. 12. – № 2. – С. 118–139. DOI: 10.5922/2079-8555-2020-2-8.
- ГОСТ 32144-2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - Москва: Стандартинформ, 2014. – 16 с.
- Кайзер Е. В., Лебедева А. С. Оценка готовности транспортной инфраструктуры города Санкт-Петербурга для электротранспорта // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 3 (100). С. 58–68. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-3-7>.
- Какова обеспеченность электромобилей зарядной инфраструктурой в России? [Электронный ресурс] // Аналитическое агентство «Автомобильная статистика». – URL: [https://www.autostat.ru/editorial\\_column/55092/](https://www.autostat.ru/editorial_column/55092/). (дата обращения: 10.05.2024).
- Курносоев А. М., Носенко В. Д. Как избавиться от глобального потепления? [Электронный ресурс] // Международный научно-исследовательский журнал. <https://cyberleninka.ru>. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kak-izbavitsya-ot-globalnogo-potepleniya>. (дата обращения: 10.04.2024).
- Мошков В.Б., Овчинников В.В., Баранник А.Ю., Черняков Д.В. [и др.] Предпосылки и тенденции развития электромобилей // Технологии гражданской безопасности – 2021. – Т.18.– № 2 (68).– С. 14–19. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46170329>. Доступ 22.05.2024.
- Наличие транспортных средств. Официальный сайт Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс], – Режим доступа: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Nalichie\\_ts.xlsx](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Nalichie_ts.xlsx) (дата обращения 01.04.2024 г.).
- Отчет о функционировании ЭЭС России в 2023 году. [Электронный ресурс] // <https://www.so-ups.ru> URL: [https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2024/ups\\_rep2023.pdf](https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2024/ups_rep2023.pdf). (дата обращения: 10.04.2024).
- Парк электрокаров и гибридов в России: ТОП-5 марок. [Электронный ресурс] // Аналитическое агентство «Автомобильная статистика». – URL: <https://www.autostat.ru/infographics/55588/>. (дата обращения: 10.05.2024).
- Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р «Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» [Электронный ресурс] // <http://static.government.ru/>. – URL: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZIOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf>. (дата обращения: 10.05.2024).
- Распоряжение Правительства Российской Федерации от 23 августа 2021 г. № 2290-р «Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года» [Электронный ресурс] // <http://static.government.ru/>. – URL: <http://static.government.ru/media/files/bW9wGZ2rDs3BkeZHf7ZsaxnlbJzQbJJt.pdf> (дата обращения: 10.05.2024).
- Российский рынок новых электромобилей в 2023 году вырос почти в 5 раз. [Электронный ресурс] // Аналитическое агентство «Автомобильная статистика». – URL: <https://www.autostat.ru/news/56565/>. (дата обращения: 10.05.2024).
- Рост зарядных станций в РФ опережает рост числа электромобилей. [Электронный ресурс] // <https://news.drom.ru/9>. – URL: <https://news.drom.ru/93285.html>. (дата обращения: 10.05.2024).
- Санатов Д.В., Абакумов А. М., Айдемиров А. Ю., Боровков А. И. [и др.]. Перспективы развития рынка электротранспорта и зарядной инфраструктуры в России: экспертно-аналитический доклад / Под ред. А. И. Боровкова, В.Н.Княгинина.– СПб.: Политех-Пресс, 2021.– 44 с.[Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46443315>. Доступ 20.05.2024.
- Четверть всех электромобилей в России приходится на Москву. [Электронный ресурс] // Аналитическое агентство «Автомобильная статистика». – URL: <https://www.autostat.ru/infographics/57007/>. (дата обращения: 10.05.2024).
- Yong, Taeseok; Park, Chankook. A qualitative comparative analysis on factors affecting the deployment of electric vehicles. Energy Procedia, 2017, Vol. 128, pp. 497–503. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.066>.

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИРОДООХРАННОГО ПРОЕКТА

Д. Ю. Игнатова<sup>1</sup>

*Санкт-Петербургский государственный экономический университет,  
Россия, 191023, Санкт-Петербург, наб. Канала Грибоедова, д. 30-32 литер А*

В статье представлен анализ методов оценки экологических рисков природоохранных проектов, выделены их достоинства и недостатки, также автором, при помощи «Спирали» («розы») рисков и метода экспертных оценок проведен анализ вероятности наступления событий при реализации проекта – Технологический комплекс.

*Ключевые слова:* отходы, методы оценки рисков, проектные риски, «спираль» («роза») рисков, критерии оценки, экологические риски

### ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT METHODS FOR ENVIRONMENTAL PROJECTS: TRENDS, TENDENCIES AND PERSPECTIVES

D.Y. Ignatova

*Saint-Petersburg state university of economics,  
191023, Russia, St. Petersburg, Griboedov canal emb., 30-32.*

The article presents an analysis of methods for assessing environmental risks of environmental projects, highlights their advantages and disadvantages, and the author, using the "Spiral" ("rose") of risks and the method of expert assessments, analyzes the probability of events during the implementation of the project – a technological complex.

*Keywords:* waste, risk assessment methods, project risks, "spiral" ("rose") of risks, assessment criteria, environmental risks

Существует много методик оценки рисков, которые могут применяться в зависимости от специфики проекта, в основном они разделены на две большие группы – это количественные и качественные. Количественные методы базируются на использовании математических моделей и статистических методах, при этом позволяя получить более точный результат. Качественные методы оценки экологических рисков представляют собой инструменты, основанные на экспертных оценках и анализе данных. [2] К ним относятся метод экспертных оценок, метод сценариев, мозгового штурма, метод Дельфи. [5]

Более подробно рассмотрим некоторые методы оценки рисков природоохранных проектов в таблице 1 и таблице 2.

В таблице 2 представлены достоинства и недостатки исследуемых методов оценки рисков. Наиболее эффективными из них можно считать: метод Дельфи, «спираль» («роза») рисков проекта, Метод ВОСР и метод сценариев.

Проведем оценку рисков одним из представленных методов. Для графического представления вероятности наступления событий используем «Спираль» («розу») рисков. Для этого методом экспертных оценок посчитаем вероятность

наступления событий, последствия, уровень риска и составим критерии оценки показателей (табл.3).

Критерии оценки представлены по 5 балльной шкале:

- шкала вероятности наступления риска строилась исходя из того, что за 1 принято маловероятное наступление события, 5 – очень вероятное наступление риска;

- шкала последствия наступления риска строилась исходя из того, что за 1 – приняты незначительные последствия, а за 5 – катастрофические.

- уровень риска, рассчитывается как произведение «вероятности» и «последствия».

На рисунке 1 представлена графически вероятность наступления событий. В данном случае риски, расположенные ближе к центру лепестковой диаграммы, имеют меньший уровень риска, чем риски дальше от центра.

Согласно проведенному исследованию, экологические риски природоохранных проектов имеют низкую и среднюю вероятность наступления событий, однако именно они представляют наибольшую угрозу для окружающей среды.

EDN LBGQD

<sup>1</sup>Игнатова Дарья Юрьевна – аспирант, ассистент кафедры Менеджмента и инноваций, тел.: +7-981-836-04-93, e-mail: ignatova.d@unicon.ru.

Таблица 1 – Методы оценки проектных рисков

Название метода оценки рисков	Описание метода
Метод Дельфи	Суть данного метода заключается в проведении экспертной оценки квалифицированными специалистами исследуемой области вероятности наступления рисков, их идентификации и анализа. Экспертный анализ рисков проекта, включает идентификацию рисков, их ранжирование и качественную оценку. Метод Дельфи состоит из нескольких этапов: опрос, интервью и мозговой штурм между экспертами области, а результаты обрабатываются статистическими методами.
Анализ чувствительности отдельных факторов проекта [3;7]	Данный метод используется для количественного анализа оценки параметров оказывающих максимальное воздействие на проект, а также уровня его устойчивости. Расчет результата анализа строится исходя из установленного диапазона возможных изменений значений чувствительных к рискам факторов. Для исследования формируется полный перечень факторов, которые будут анализироваться. Затем проходит корреляционное сравнение возможных результатов выбранного фактора при разных уровнях отклонения данного фактора и неизменности остальных показателей. Факторами подверженными изменениям могут быть цена продукции, издержки, инвестиционные затраты на проект, чистый дисконтированный доход и т.д.
«Спираль» («роза») рисков проекта [10]	Данный инструмент используется для оценки влияния отдельных факторов на ключевые показатели проекта. Является дополнительным инструментом, при использовании метода экспертных оценок. «Спираль» («роза») рисков проектов проводится как для оценки рисков на разных этапах реализации проекта, так и для определения чувствительности к рискам выбранных факторов. Для проведения анализа выбираются ключевые показатели, чувствительность которых к рискам необходимо определить, а также выделяются факторы риска и устанавливается диапазон возможных изменений. На основании выбранных данных строится «спираль» («роза») проекта, где каждый угол «спирали» является жизненным этапом проекта, а расстояние от центра уровнем критичности риска.
Метод сценариев	Данный метод используется для оценки вариантов будущего развития инвестиционных проектов исходя из множества альтернативных сценариев, учитывающих влияние рисков на проект. Метод сценариев строится исходя из идентификации ключевых факторов, имеющих наибольшее влияние на проект, построения для каждого из них нескольких альтернативных сценариев и проведении анализа рисков для каждого из них. При проведении анализа рисков в каждом из сценариев оценивается вероятность их наступления и уровень возможного влияния.
Метод BOCR [1]	Данный метод используется для комплексной оценки рисков и других факторов, влияющих на эффективность реализации проекта в условиях неопределенности. В основе метода заложены критерии: преимущества, возможности, затраты и риски. Для проведения анализа необходимо сформировать перечень факторов оценки для каждой из категории BOCR. Затем формируются сценарии возможных событий с учетом факторов неопределенности и установлением многокритериальной оценки каждому проектному решению в рамках всех сценариев. Используемым в методе критериям устанавливается весовой коэффициент, отражающий его важность в достижении целей проекта, и проводится расчет интегральной оценки каждого варианта событий. Исходя из полученных результатов, приоритетным будет считаться вариант, при котором соотношение выгоды к затратам будет наибольшим.
Имитационное моделирование [6]	В основе метода лежит многократное моделирование сценариев с разными числовыми значениями для получения возможных исходов реализации инвестиционного проекта, а также вероятности наступления тех или иных событий, связанных с неопределенностью.

Таблица 2 – Достоинства и недостатки методов оценки рисков

Название метода оценки рисков	Достоинства	Недостатки
Метод Дельфи	<ul style="list-style-type: none"> <li>- учет специфики проекта, экспертами данной области, способных определить возможные риски конкретного проекта и провести их анализ;</li> <li>- комплексная оценки рисков;</li> <li>- данный метод может быть адаптирован под особенности экологического проекта и меняющиеся условия его реализации.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- носит субъективный характер;</li> <li>- является многоэтапным процессом, требующим больших временных затрат и ресурсов;</li> <li>- результат оценки рисков основывается на консенсусе между предложенными вариантами экспертов;</li> <li>- отсутствует возможность определения степени влияния рисков на уменьшение или увеличение прибыли проекта в количественном выражении, его выручки и объемов реализации продукции.</li> </ul>
Анализ чувствительности отдельных факторов проекта [5;9]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- определяет степень влияния факторов на эффективность проекта;</li> <li>- позволяет проанализировать детально возможные изменения каждого выбранного фактора;</li> <li>- позволяет на основе полученных результатов заложить в план реализации проекта мероприятия, направленные на повышение устойчивости проекта и снижения вероятности наступления рисков.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- носит изолированный характер исследуемых факторов, не позволяя провести оценку их взаимосвязи при одновременном изменении нескольких факторов;</li> <li>- в данной методике анализ оценки отклонения выбранных факторов возможен только при неизменности остальных показателей;</li> <li>- точность проведенного анализа зависит от выбранного диапазона изменений фактора рисков, который часто носит субъективный характер;</li> <li>- при формировании количественного анализа метод не учитывает качественные показатели.</li> </ul>
«Спираль» («фоза») рисков проекта [8]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- за счет иллюстрирования легко произвести ранжирование рисков на разных этапах жизненного цикла проекта;</li> <li>- позволяет оценить рискованность отдельных факторов проекта по мере его реализации, а также сравнивать уровень анализируемых рисков на разных этапах жизненного цикла проекта.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не учитывается взаимосвязь рисков, позволяет анализировать каждый фактор отдельно друг от друга;</li> <li>- носит субъективный характер;</li> <li>- является упрощенной моделью оценки рисков и может не учитывать все необходимые параметры для получения точной оценки.</li> </ul>
Метод сценариев	<ul style="list-style-type: none"> <li>- позволяет при анализе учитывать влияние множества рисков на проект, установить их взаимосвязь;</li> <li>- подходит для долгосрочных и крупномасштабных проектов;</li> <li>- данный метод позволяет выявить факторы проекта наиболее уязвимые для рисков, а также провести оценку результатов при различных вариантах событий в условиях текущей неопределенности.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- субъективность проведенного исследования, так как выбор факторов для анализа строится исходя из экспертной оценки;</li> <li>- данный метод не учитывает влияние непредсказуемых факторов на реализацию инвестиционного проекта.</li> </ul>
Метод BOCR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- возможно применение метода для оценки рисков в условиях неопределенности;</li> <li>- многокритеральная оценка, используемая в методе, позволяет отследить наиболее важные критерии в каждом проектном решении и при наступлении разных вариантов событий;</li> <li>- метод используется не только для оценки рисков, но также и возможных затрат, преимуществ и возможностей проекта.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- использование данного метода ввиду анализа большого объема показателей может затруднить интерпретацию результатов, проведенной оценки, для долгосрочных и крупномасштабных проектов;</li> <li>- присвоение весового коэффициента носит субъективный характер.</li> </ul>
Имитационное моделирование [6]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- точность результатов в рамках заданных параметров;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- необходимость обработки большого объема статистических данных, сложность с их сбором при моделировании расчетов показателей;</li> </ul>

	<p>- способен учитывать влияние множества взаимосвязанных факторов, не линейных зависимостей и дискретных событий;</p> <p>- анализ взаимосвязанных входных и выходных данных позволяет установить степень влияния отдельных факторов на функционирование проекта, а также разработать стратегию минимизации неопределенности выходных величин.</p>	<p>- сложность учета не количественных факторов;</p> <p>-отсутствие возможности корректного моделирования наступления очень высокой или очень низкой вероятности событий, что влияет на степень оценки наступления риска.</p>
--	--	---

Таблица 3 – Расшифровка критериев оценки показателя

Название риска	Категория риска	Вероятность	Последствия	Уровень риска
Неэффективная сортировка	Технологические риски	2	2	4
Сбои в работе оборудования	Технологические риски	3	5	15
Неполное обезвреживание отходов из-за неэффективно выбранной технологии	Технологические риски	1	4	4
Проблемы с логистикой	Организационно-управленческие риски	1	4	4
Загрязнение воздуха	Экологические риски	2	5	10
Возникновение неприятных запахов	Экологические риски	2	5	10
Отсутствие спроса на биотопливо	Финансовые риски	3	5	15
Недостаток квалифицированных кадров	Организационно-управленческие риски	2	3	6
Отсутствие доступа к передовым технологиям	Организационно-управленческие риски	4	4	16
Нехватка финансовых ресурсов для выполнения кредитных обязательств	Финансовые риски	1	3	3
Несоответствие проекта экологическим нормам	Экологические риски	1	4	4
Аварии, вследствие неправильной эксплуатации комплекса	Технологические риски	3	5	15

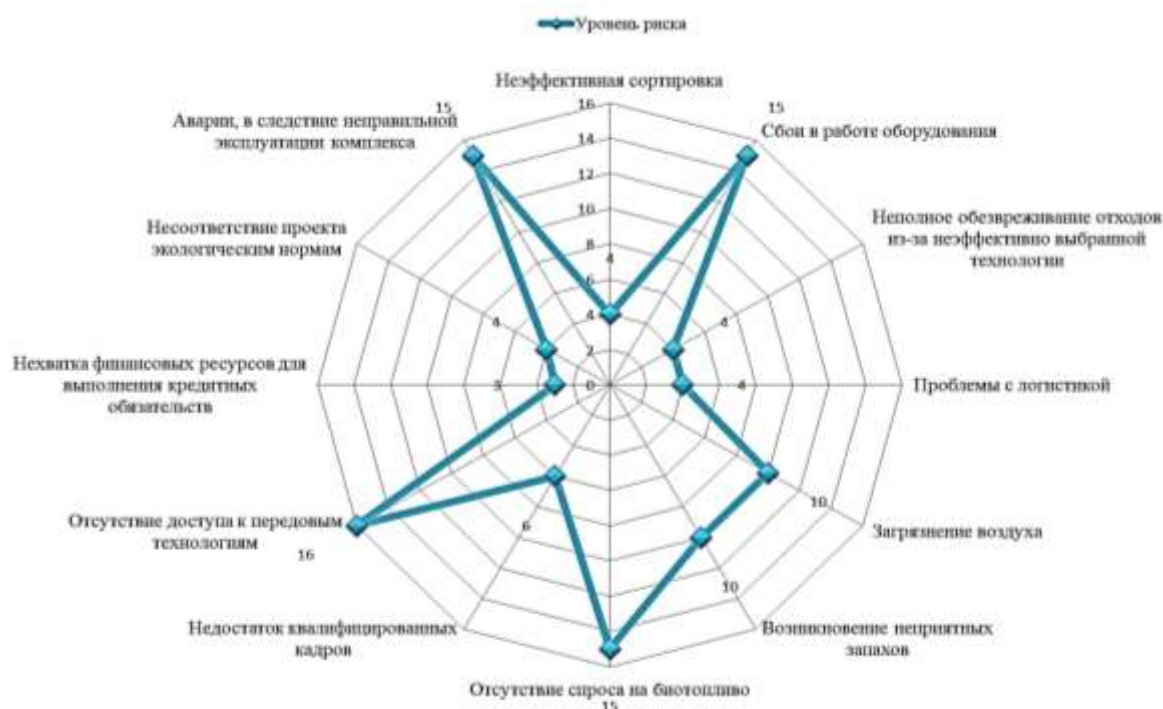


Рисунок 1 – «Спираль» («роза») рисков природоохранного проекта Технологический комплекс

Наиболее высокая вероятность наступления событий и более критических последствия для реализации самого проекта, связана с технологическими рисками, такими как сбой в работе оборудования, недостаток квалифицированных кадров, низкий процент обезвреживания отходов вследствие неправильно выбранной технологии. Наиболее серьезную опасность для окружающей природной среды и населения может представлять аварии в Технологическом комплексе из-за неправильной эксплуатации оборудования.

Финансовые риски имеют среднюю вероятность наступления событий и не несут критических последствий. Погашения кредита на строительство Технологического комплекса планируется за счет реализации вторичного сырья, биотоплива и электроэнергии, а также выпуска корпоративных «зеленых облигаций». В случае невозможности погашения кредита в установленные сроки по текущим условиям, предполагается получение субсидии от государства.

Важно отметить, что мерами снижения наступления рисков могут быть передовые системы управления Технологическим комплексом, в том числе внедрение систем нейросетей, проводящих мониторинг состояния оборудования комплекса, использование передовых технологий по обезвреживанию отходов, соблюдение экологических норм и стандартов при эксплуатации оборудования.

Таким образом, можно сделать вывод, что выбор метода оценки экологических рисков природоохранных проектов зависит от целей и задач проекта, доступных для анализа данных [4]. Оценка экологических рисков позволяет минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и здоровье населения, снизить экономические издержки, возникающие при устранении последствий, а также составить план по предупреждению наступления критических ситуаций и повысить эффективность проекта.

## Литература

1. Атаев А. М. Экспертно-аналитические модели и технологии сравнительной оценки инновационных проектов // ТДР. – 2011. – №11. – С.45–48.
2. Аронов А.М., Зверева М.А., Петров А.Н., Петрова И.И. Управление рисками корпорации // А.М. Аронов [и др.]; под ред. А.Н. Петрова. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2019. – 289 с.
3. Гайфуллина М.М., Фролов В.Е. Методы оценки и идентификации кадровых рисков нефтегазовых компаний // Вестник экономики и менеджмента. – 2015. – № 1. – С.8-14.
4. Городнова Н.В., Соколов С.А. Анализ опыта минимизации экологических рисков в процессе построения «зеленой» экономики // Экономика, предпринимательство и право. — 2023. — № 6 (13). — С. 1963–1982.
5. Грачев С.А. Оценка и управление рисками / С. А. Грачев, М. А. Гундорова; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Владимир: Издво ВлГУ, 2020. – 287 с.
6. Егоров А.А. Применение имитационного метода моделирования в анализе рисков при формировании портфеля региональных инвестпроектов и принятии решений // Вестник РУК. — 2016. — №4(26). — С. 37–44.
7. Суховольская Н.Б. Оценка результатов анализа чувствительности инвестиционных проектов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. — 2018. — №4(53). — С.185–189.
8. Тымуль Е.И. Использование метода «Спирали» для наглядного ранжирования рисков энергетических предприятий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Тымуль\_Использование метода спирали.pdf (bsu.by) (Дата обращения 20.07.24)
9. Риски проекта // Портал МГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://portal.tpu.ru/SHARED/e/ERMUSHKO/ucheba/Ta b5/13\\_Tema\\_Student.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/e/ERMUSHKO/ucheba/Ta b5/13_Tema_Student.pdf) (Дата обращения 28.07.2024)
10. Управление рисками проекта // Портал ВШЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pm.hse.ru/data/2022/01/15/1768295501/Управление%20рисками%20проекта.pdf> (Дата обращения 29.07.2024)



## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИНТЕРНЕТ-СЕРВИСА

Г.В. Алексеев<sup>1</sup>, Е.В. Карпичев<sup>2</sup>, П.Ю. Чаплинская<sup>3</sup>

*Государственный институт экономики, финансов, права и технологий (ГИЭФПТ),  
Россия, 188300, Гатчина, ул. Роцинская, 5.*

В данной статье приведен анализ влияния различных факторов, связанных с использованием интернета и информационно-коммуникационных технологий, на научную активность и инновационную деятельность населения. Результаты анализа позволяют выявить ключевые факторы, способствующие повышению научной активности и инновационной деятельности, и могут быть использованы для разработки эффективных стратегий развития науки и технологий.

*Ключевые слова:* информационно-коммуникационные технологии, средства развития творческой активности, мобильные устройства, интернет.

### MODERN TECHNICAL AND ECONOMIC PROBLEMS OF INTERNET SERVICE

G.V. Alekseev, E.V. Karpachev, P.Yu. Chaplinskaya  
*State Institute of Economics, Finance, Law and Technology (GIEFT), 5,  
Roshchinskaya str., Gatchina, 188300, Russia.*

This article analyzes the impact of various factors related to the use of the Internet and information and communication technologies on scientific activity and innovative activity of the population. The results of the analysis make it possible to identify key factors contributing to increased scientific activity and innovation, and can be used to develop effective strategies for the development of science and technology.

*Keywords:* information and communication technologies, means of developing creative activity, mobile devices, the Internet.

#### Введение

К основополагающим документам, задавшим долгосрочный вектор современного развития российского общества, относится Указ Президента РФ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» от 7 мая 2024 года №309, который в целях обеспечения устойчивого экономического и социального развития Российской Федерации, укрепления государственного, культурно-ценностного и экономического суверенитета, увеличения численности населения страны и повышения уровня жизни граждан, основывается на традиционных российских ценностях и социальной справедливости, определяет ориентиры обеспечения безопасности государства и открытости его внешнему миру, на основе экономического развития, предпринимательской

и частной инициативе, обладающих высокой эффективностью и технологичностью [1].

Одним из наиболее важных направлений реализации этих процессов является их цифровая трансформация. Задающим вектор современного этапа совершенствования систем цифровизации в различных сферах жизни общества, является Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная протоколом заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 г. № 7. Она определяет «Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием», Москва, 2019.

Этот документ предусматривает, например, в качестве первоочередных следующие направления цифровой трансформации:

---

EDN ZGJAGS

<sup>1</sup>Алексеев Геннадий Валентинович – доктор технических наук, профессор кафедры Информационные технологии и высшая математика, e-mail: gva2003@mail.ru, ORCID:0000-0002-2867—108X;

<sup>2</sup>Карпичев Евгений Владимирович – кандидат экономических наук, Проректор по учебной работе и цифровой трансформации, e-mail: karpichev2007@yandex.ru;

<sup>3</sup>Чаплинская Полина Юрьевна – студент экономического факультета, e-mail: polina.chaplinskaya@mail.ru.

- создание и развитие новых бизнес-моделей; формирование нового подхода к управлению данными;  
 - цифровое моделирование, внедрение цифровых технологий и платформенных решений; создание цифровой среды» [2].

**Цель и методы исследования**

Представление о существующих на текущий момент достоинствах и недостатках, и главное о путях преодоления возникающих трудностей можно найти в сборнике данных Статистического обзора Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» за 2024 год [3].

В рамках проведенных исследований его специалистами проводился анализ публикационной активности в сфере передовых научных достижений, а также активность их использования в патентно-изобретательской деятельности в связи с развитием информационно-коммуникационных технологий. Оба выбранных параметра достаточно объективно оценивают эффективность использования научных разработок.

Учитывая изложенное, в качестве целевых функций, отражающих накопленный к настоящему времени творческий потенциал, относили:

Y1 – количество публикаций в высокорейтинговых журналах (индексируемых в базе «Скопус»);

Y2 – количество поданных заявок для защиты права интеллектуальной собственности на созданные технические решения.

В качестве варьируемых параметров, обуславливающих значения целевых функций, выбрали:

X1 – использование интернета населением 15-74 лет, %;

X2 – занятые в профессиях с ИКТ, тыс. чел.;

X3 – абоненты доступа к интернету, тыс. чел.;

X4 – абонентская плата за доступ к интернету, руб.;

X5 – доступ к интернету в домашних условиях, %;

X6 – использование мобильных устройств населением для выхода в интернет вне дома или работы, %.

По результатам, приведенным в указанном статистическом сборнике, сформирована следующая таблица 1. Полученные сведения были подвергнуты математико-статистическому анализу с построением соответствующей корреляционной таблицы 2.

Таблица 1 – Статистические данные по сфере информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) за 2018 – 2022 г.г.

Годы	использование интернета, %	занятые в ИКТ, тыс. чел.	абоненты доступа к интернету, тыс. чел.	абонентская плата за интернет, руб.	выход в интернет вне дома, %	выход в интернет вне работы, %	статьи из базы Скопус, шт	заявки на патенты, шт
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	y1	y2
2018	87,3	8045,4	131359	564	76,6	64,8	13388	2062
2019	88,6	8626,7	145633	554	76,9	59,2	17293	2706
2020	89,6	9148,9	149622	553	80	62,3	18695	2489
2021	91,8	9013,3	160745	571	84	69,1	18221	2161
2022	93,5	8643,1	164260	585	86,6	74,2	16423	2203

Таблица 2 – Корреляционная матрица статистических данных

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	y1	y2
x1	1							
x2	0,481962	1						
x3	0,964113	0,663973	1					
x4	0,784395	-0,1397	0,606365	1				
x5	0,985963	0,443612	0,923887	0,823726	1			
x6	0,830381	0,012475	0,662527	0,973903	0,889836	1		
y1	0,430541	0,975088	0,642503	-0,21377	0,358743	-0,10035	1	
y2	-0,23056	0,379753	-0,02326	-0,66149	-0,37288	-0,70217	0,54112	1

**Основная часть**

Предварительный анализ таблицы, сформированной в результате расчета взаимных коэффициентов корреляции исследованных показателей, свидетельствует об определенной корректности набора варьируемых параметров и выбранных функций отклика, в частности указывает на наличие связи между ними и тесноту этой связи.

Самые первые впечатления говорят, например, о том, что на уровень «научности публикаций» (Y1) практически не влияют X4 (абонементная плата за интернет) и X6 (выход в интернет вне работы), из чего можно предположить, что результаты такого рода публикаций создаются в рабочее время. С другой стороны, наблюдается определенная активность в изобретательской деятельности (Y2) лиц, непосредственно занятых в сфере информационно-коммуникационных технологий – X2. Развитию ситуации, соответствующей в области цифровизации всех сфер жизни общества способствует естественная связь между самими целевыми функциями (Y1) и (Y2), что говорит как об определенном влиянии теоретических научных разработок на их практическую ценность, так и представляющие международный интерес наши инженерные разработки.

Детализацию отмеченных эффектов можно осуществить анализом влияния на целевые функции отдельных выделенных варьируемых параметров.

Наибольший интерес представляет их связь с целевой функцией Y1.

Дисперсионный и регрессионный анализ данных с помощью электронных таблиц позволили построить общие уравнения регрессии не только выбранного типа для функций отклика Y1(статьи из базы «Скопус»), но оценить некоторые парные эффекты влияния на целевые функции [5].

С помощью оценки парной регрессии получили следующие полиномиальные уравнения и их графики.

$$Y1(X1) = -3547047,5 + 78490,935X1 - 431,88914X1^2.$$

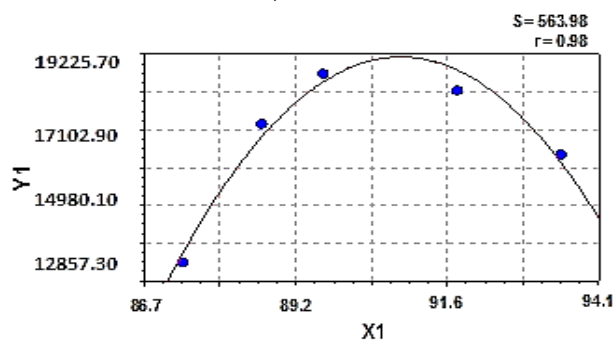


Рисунок 1 – Изменение количества публикаций Y1 от использования интернета населением X1

$$Y1(X2) = -181081,16 + 41,247064X2 - 0,002122236X2^2$$

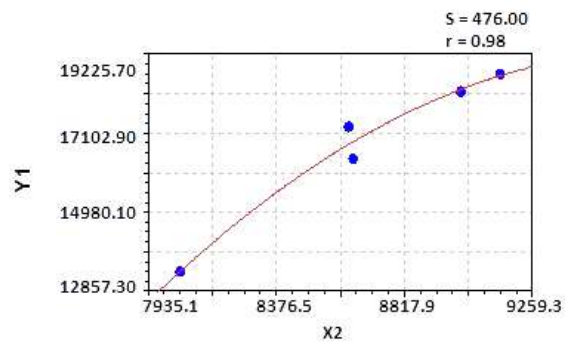


Рисунок 2 – Изменение количества публикаций Y1 от занятых в профессиях с ИКТ X2

$$Y1(X3) = -247768,44 + 3,4892933X3 - 0,000011434X3^2.$$

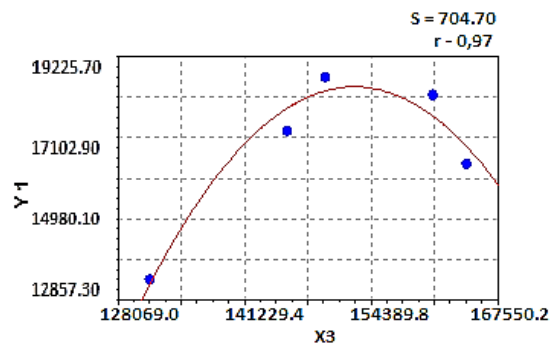


Рисунок 3 – Изменение количества публикаций Y1 от абонентов доступа к интернету X3

$$Y1(X5) = -918068,21 + 22855,879X5 - 139,345X5^2$$

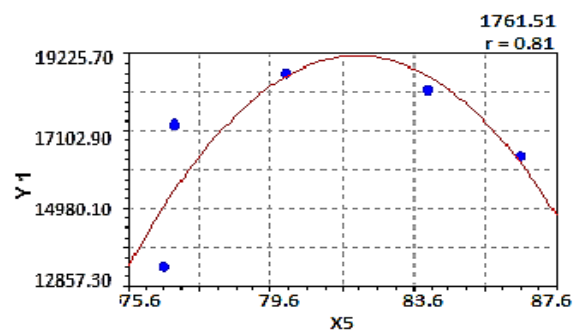


Рисунок 4 – Изменение количества публикаций Y1 от доступа к интернету в домашних условиях X5

Предварительно перед расчетом нормализовали показатели занятых в сфере ИКТ предполагая, что они входят в число лиц, имеющих доступ к Интернету. Полученные результаты приведены в таблице 3.

Аналогичные выкладки были проведены и для Y2. Соответствующие уравнения регрессии выглядят следующим образом:

$$Y1(X1, X2) = -1,8 - 0,97X2 + 13,42X1 + 184,26X2^2 - 8248X1 \cdot X2;$$

$$Y_2(X_1, X_2) = -0,9 - 0,32X_2 + 6,63X_1 + 161,82X_2^2 - 2743X_1 \cdot X_2.$$

Таблица 3 – Обработка статистических данных для X1 и X2

Варьируемые параметры					ср.вых
X2	X1	X1 <sup>2</sup>	X2 <sup>2</sup>	X1*X2	Y1
6,1	87,3	37,21	7621,29	532,53	13,38
5,9	88,6	34,81	7849,96	522,74	17,29
6,1	89,6	37,21	8028,16	546,56	18,69
5,6	91,8	31,36	8427,24	514,08	18,22
5,3	93,5	28,09	8742,25	495,55	16,42
6,1	87,3	37,21	7621,29	532,53	13,38
5,9	88,6	34,81	7849,96	522,74	17,29
6,1	89,6	37,21	8028,16	546,56	18,69
5,6	91,8	31,36	8427,24	514,08	18,22
5,3	93,5	28,09	8742,25	495,55	16,42
5,3	93,5	28,09	8742,25	495,55	16,42
<b>предельные значения</b>					
5,3	87,3	мин			
6,1	93,5	макс			
<b>уравнение нелинейной регрессии</b>					
-1,79797	-0,96659	13,41996	184,2655	0	-8248,24
8,87E-14	2,75E-14	6,61E-13	5,41E-12	0	2,4E-10
<b>1</b>	5,63E-14	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
2,79E+27	6	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
35,47007	1,91E-26	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д

В графическом виде результаты расчета изображены на рис.5

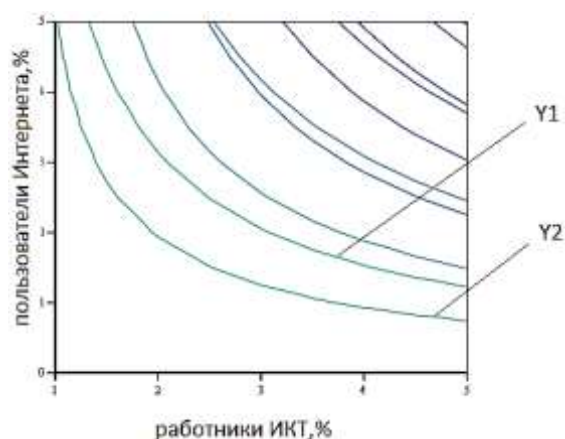


Рисунок 5 – Характер изменения линий уровня целевых функций от варьируемых параметров X1 и X2

Аналогичной обработке подвергались изменения целевых функций от количества работающих в сфере ИКТ и абонементальной платы за Интернет (рис.6).

$$Y_1(X_1, X_2) = -1,26 - 0,06X_1 + 59X_2 + 74,4X_1^2 - 20665X_1 \cdot X_2;$$

$$Y_2(X_1, X_2) = 0,05 + 0,01X_1 - 2,25X_2 - 369X_1^2 + 1048X_1 \cdot X_2.$$

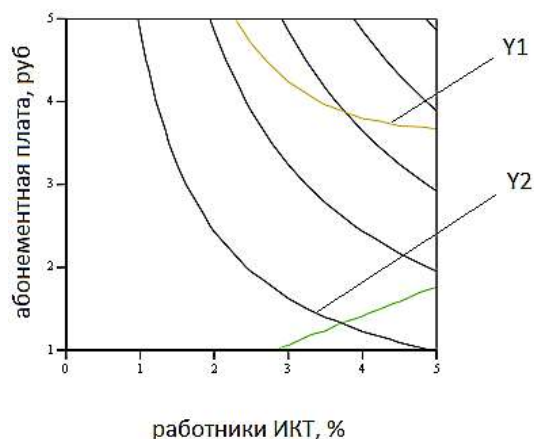


Рисунок 6 – Характер изменения линий уровня целевых функций от варьируемых параметров X1 и X2

Дополнительному анализу подвергалось влияние на целевые функции количества работающих в сфере ИКТ и общего количества пользователей Интернет.

Проведённый анализ позволил установить следующие уравнения регрессии и их графическую интерпретацию (рис.7).

$$Y1(X2, X3) = 1,77X2 - 128285X2 \cdot X3;$$

$$Y2(X2, X3) = 0,925X2 - 64084X2 \cdot X3.$$

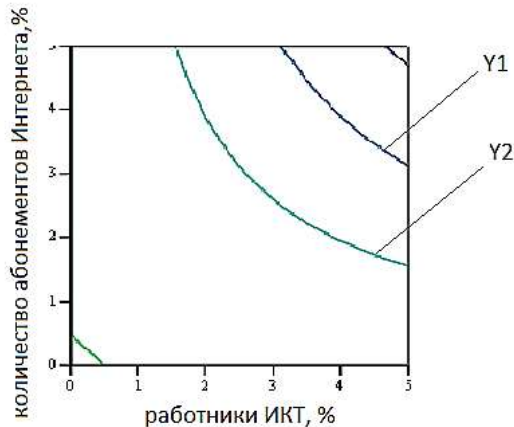


Рисунок 7 – Линии поверхностей уровня количества публикаций и заявок на патенты от занятых в профессиях с ИКТ (X1) и абоненты доступа к интернету (X2)

### Выводы

Представляется наиболее информативным графический анализ этих групп уравнений с помощью пакета прикладных программ Mathcad в виде поверхностей уровня таких функций отклика как  $Y1(X1, X2)$  и  $Y2(X1, X2)$  [5].

Так, например, графическое изображение линий уровня поверхностей описываемых этими уравнениями позволяет получить области, описывающие предпочтительные варианты дальнейшего развития информационно-коммуникационных технологий.

На количество статей «Скопус» отрицательно влияют такие показатели, как абонентская плата за доступ к интернету ( $x4$ ) и использование мобильных устройств населением для выхода в интернет вне дома или работы. Это может быть связано с тем, что высокая абонентская плата за доступ к интернету может ограничивать возможности авторов знакомиться в интересующих их областях науки и достижениями в них зарубежных авторов и публиковать свои результаты исследований в высокорейтинговых журналах. Высокая стоимость абонентской платы интернета может сделать процесс публикации более дорогим. В результате, авторы могут предпочесть другие способы распространения результатов своих

исследований. Мобильный интернет часто имеет ограничения по скорости и объему данных, что может затруднять работу с большими объемами информации, необходимой для проведения исследований и написания статей. Кроме того, мобильные устройства могут иметь ограниченные возможности для редактирования и форматирования текста, что также может создавать проблемы при подготовке статьи к публикации.

Таким образом, высокие цены на интернет и использование мобильных устройств для доступа в него могут отрицательно влиять на количество публикаций в высокорейтинговых журналах, поскольку они создают дополнительные препятствия для авторов и делают процесс публикации более сложным и дорогостоящим.

Более устойчивой к изменениям выбранных параметров оказалась целевая функция, связанная с количеством подаваемых заявок на изобретения. Такая ситуация может быть связана с тем, что значительная часть информации для изобретательской деятельности черпается из производственной практики. Вместе с тем, высокая стоимость интернет-сервиса, также может явиться причиной недостаточного использования информации на производственных предприятиях.

Результаты анализа, хотя и носят качественный характер, но дают определенные ориентиры в направлениях дальнейшего развития как материальной базы ИКТ, так и расширения возможностей доступа к интернет-услугам еще более широкого круга пользователей.

### Литература

1. Указ Президента РФ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» от 7 мая 2024 года, №309
2. «Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием», Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», Протокол заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 г. № 7. 2019.
3. Краткий статистический сборник Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Наука. Технологии. Инновации: 2024, Москва, 2024
4. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0 СПб., 1997, 384 с.
5. Кирьянов Д.В. Самоучитель Mathcad 13/ - СПб.: 2006.-528 с.

## РАЗВИТИЕ И РЕГУЛИРОВАНИЕ РЫНКА ТРУДА СФЕРЫ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ

А.А. Яновская<sup>1</sup>

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,  
Россия, 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, ул. Научная, 1*

С целью определения динамики развития и регулирования рынка труда сферы здравоохранения Республики Крым проведен анализ основных показателей медицинских организаций за период с 2014 по 2022 гг. Проанализирована динамика численности медицинских работников, их среднемесячной заработной платы и производительности труда работников организаций сферы здравоохранения за исследуемый период, выявлена взаимосвязь факторов, повлекшие негативные тенденции развития рынка труда, даны рекомендации по их устранению.

*Ключевые слова:* регулирование, рынок труда, здравоохранение, производительность труда, заработная плата.

### DEVELOPMENT AND REGULATION OF THE LABOUR MARKET IN THE SPHERE OF HEALTH CARE IN THE REPUBLIC OF CRIMEA

A.A. Yanovskya

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University,*

*Street Nauchnaya, 1, 295492, Agrarnoe, Simferopol, Republic of Crimea, Russia*

In order to determine the dynamics of the development and regulation of the labour market in the health sector of the Republic of Crimea, an analysis of the main indicators of medical organizations in the period from 2014 to 2022 was conducted. The dynamics of the number of medical workers, their average monthly salary and productivity of workers of health-care organizations during the research period has been analyzed, the interrelation of factors that have caused negative trends in the development of the labour market has been identified, recommendations for their elimination.

*Keywords:* regulation, labor market, health care, labor productivity, wages.

В условиях нестабильности под влиянием экономических и политических санкций перед государством стоит первоочередная задача – обеспечение безопасности и сохранение здоровья населения. В таком случае сфера здравоохранения выступает ключевой социально значимой отраслью с широким диапазоном трудовой деятельности, в которой насчитывается большое количество медицинских работников (врачи, медсестры, санитары и др.) и работников, обеспечивающих вспомогательную и сопутствующую деятельность сферы здравоохранения.

Структура исследования развития и регулирования рынка труда сферы здравоохранения в Республике Крым построена следующим образом: проанализируем основные показатели численности и материально-технической базы медицинских организаций, финансово-экономические показатели сферы здравоохранения Республики Крым и динамику заработной платы, рассчитаем производительность труда работников организаций в сфере здравоохранения за период с 2015 по 2023 гг.

Проведем анализ основных показателей численности работников и материально-технической базы медицинских организаций Республики Крым за период с 2014 по 2022 год (табл. 1).

Численность врачей и среднего медицинского персонала за исследуемый период имеет тенденцию роста. За период с 2014 г. по 2022 г. штатная численность врачей увеличилась на 983 чел. или на 12,3%. Штатная численность среднего медицинского персонала за этот же период увеличилась на 1807 чел. или на 10,1%. Однако за 2022 г. численность среднего медицинского персонала резко сократилась на 894 чел. или на 4,4% (объясняется сменой жительства некоторой численности работников, в т.ч. переезд за границу в связи с началом СВО). Количество медицинских организаций существенно сократилось с 117 в 2014 году до 68 в 2020 году, однако в 2022 году их количество увеличилось до 96 единиц. Наблюдается увеличение амбулаторно-поликлинических организаций со 108 единиц до 352 организаций. Если проанализировать по структуре: самостоятельные организации или входящие в состав

EDN ZVQZJK

<sup>1</sup>Яновская Анна Анатольевна – кандидат экономических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой управления персоналом, тел. +79788545765, e-mail: anna\_net88@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0247-5643

юридических лиц, то динамика статистических данных подтверждают о существенной реорганизации амбулаторно-поликлинических организаций в Республике Крым после воссоединения с Российской Федерацией. Также значительное влияние произошло в связи с реализацией эффективных программ государственного регулирова-

ния сферы здравоохранения, например, реализация национальных проектов «Здравоохранение» и «Демография». Соответственно показатели мощности амбулаторно-поликлинических организаций, выражающиеся числом посещений пациентами в смену, увеличились.

Таблица 1 – Основные показатели здравоохранения Республики Крым

Показатели	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Численность врачей всех специальностей, чел.	8000	8166	8447	8444	8741	8479	8647	9056	8983
Численность среднего медицинского персонала, чел.	17821	19473	20497	20171	20407	19821	20041	20522	19628
Всего медицинских организаций, ед.	117	121	112	88	69	68	68	92	96
Больничные организации, диспансеры, имеющие койки - всего, ед.	61	62	58	57	51	50	49	54	56
Амбулаторно-поликлинические организации, всего (самостоятельные и входящие в состав организаций (юр. лиц)), из них	108	328	339	336	335	350	319	339	352
самостоятельные, ед.	56	59	54	31	18	18	19	38	40
входящие в состав организаций (юридических лиц), ед.	52	269	285	305	317	332	300	301	312

Источник: составлено автором [1; 2]

Отметим тенденцию динамики медицинских работников, имеющих высшую и первую квалификационные категории, то по данному показателю наблюдается сокращение численности работников не только на рынке труда Республики Крым, но и в целом по Российской Федерации. Появляется проблема в отношении того, что оказание высокотехнологичной медицинской помощи имеет право осуществлять только медицинский работник, имеющий квалификационную категорию не ниже первой, а на рынке труда такая категория работников находится в дефиците в связи с влиянием многих факторов, начиная от бюрократических требований к работникам сферы здравоохранения и завершая экономико-политическими факторами, повлекшие за собой отток высококвалифицированных кадров за границу. Для устранения данной негативной тенденции необходимо внести предложения в политику государственного регулирования сферы здравоохранения относительно удержания высококвалифицированных кадров и соответствия уровня

оплаты их труда. Рассмотрим подробнее численность работников медицинских организаций по отдельным специальностям, представленные в таблицах 2 и 3.

Анализируя динамику показателей численности среднего медицинского персонала Республики Крым по отдельным специальностям за 2014-2022, отметим, что с 2014 по 2021 гг. спад показателя происходил дважды – в 2019 году (сокращение составило 586 чел. или на 3% в основном это фельдшеры и лаборанты) и в 2022 году (сокращение составило 894 чел. или на 4,4% по всем специальностям, но в основном это медицинские сестры и прочие категории среднего медицинского персонала).

Анализируя динамику статистических данных таблицы 3, отметим, что в целом численность врачей по отдельным специальностям в Республике Крым за 2014-2022 гг. более стабильная, чем динамика численности среднего меди-

цинского персонала, однако незначительное снижение численности также прослеживается в 2019 году.

Таблица 2 – Численность среднего медицинского персонала Республики Крым по отдельным специальностям за 2014-2022 гг., человек

Показатели	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Отклонение 2022/2021	
										чел.	%
Численность среднего медицинского персонала - всего	17821	19473	20497	20171	20407	19821	20041	20522	19628	-894	-4,4
из них											
фельдшеры (лечебное дело)	1234	899	1076	1045	1146	1185	1170	1320	1324	4	0,3
акушерки	902	774	969	804	770	793	710	680	655	-25	-3,4
медицинские сестры	13102	14199	14825	14767	15030	14464	14735	15115	14660	-455	-3,0
лаборанты	1005	721	699	619	639	599	599	557	541	-16	-2,9
фельдшеры-лаборанты (медицинские лабораторные техники)	439	663	705	701	783	705	719	754	726	-28	-3,7
Рентгено-лаборанты	382	385	404	418	447	412	424	452	460	8	1,8
зубные врачи	355	36	41	26	23	20	15	15	17	2	13,3
прочие	402	1796	1778	1791	1569	1643	1640	1629	1245	-384	-23,6

Источник: [3; 4]

Кроме этого, более положительная динамика численности врачей в медицинских учреждениях Республики Крым в 2022 году, существенные сокращения произошли по таким медицинским специальностям как акушеры-гинекологи, педиатры, дерматовенерологи, социал-гигиенисты и организаторы здравоохранения, стоматологи. Увеличилась численность врачей в 2022 году по таким специальностям как терапевты, анестезиологи-реаниматологи, врачи по лечебной физкультуре и спортивной медицине, врачи санитарно-противоэпидемической группы и врачи по общей гигиене.

Сфера здравоохранения является достаточно емкой по структуре и составу работников, принимающих участие в формировании и развитии отрасли. Несомненно, «главная роль отводится медицинскому персоналу – врачам и среднему медицинскому персоналу, но, к примеру, без

работников организации здравоохранения или технических работников, кто обслуживает дорогостоящее оборудование, отрасль существовать не сможет» [7]. С этой целью проанализируем среднемесячную заработную плату по полному кругу организаций сферы здравоохранения Республики Крым, которая графически представлена на рисунке 1.

Данные рисунка 1 отражают поступательный рост среднемесячной заработной платы за период с 2015 по 2021 гг. Наибольший рост среднемесячной начисленной заработной платы наблюдается в 2018 году и составил 21%, в 2021 году по сравнению с 2020 годом рост среднемесячной заработной платы в организациях сферы здравоохранения составил 12%, а по сравнению с 2015 годом среднемесячная заработная плата в 2021 году увеличилась на 15426,00 рублей или на 66%.



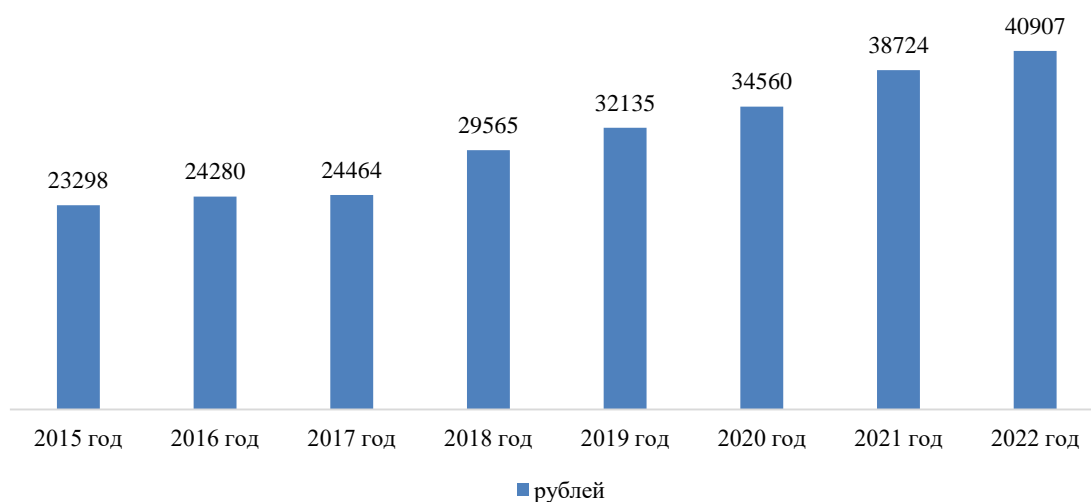


Рисунок 1 – Среднемесячная начисленная заработная плата по полному кругу организаций сферы здравоохранения Республики Крым: Источник: [8; 9]

Таблица 3 – Численность врачей по отдельным специальностям в Республике Крым за 2014-2022 гг., человек

Показатели	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Отклонение 2022/2021	
										чел.	%
Численность врачей	8000	8166	8447	8444	8741	8479	8647	9056	8983	-73	-1
из них:											
терапевтического профиля	1778	1818	1918	1952	2010	1919	1921	1991	2056	65	3,2
хирургического профиля	800	775	835	893	917	862	862	944	956	12	1,3
анестезиологи-реаниматологи, токсикологи	374	392	372	392	393	382	373	398	415	17	4,3
акушеры-гинекологи	561	570	569	579	581	597	597	601	565	-36	-6,0
педиатры	740	804	726	736	743	705	705	768	741	-27	-3,5
офтальмологи	177	190	200	195	197	189	202	199	196	-3	-1,5
отоларингологи	183	187	194	184	188	179	176	189	203	14	7,4
неврологи	285	295	329	314	321	302	312	332	338	6	1,8
психиатры и наркологи	241	220	255	251	266	252	246	243	239	-4	-1,6
фтизиатры	111	124	106	113	119	118	118	114	109	-5	-4,5
дерматовенерологи	134	146	153	144	147	143	155	156	144	-12	-7,7
рентгенологи и радиологи	209	200	213	220	241	234	243	253	268	15	6,0
врачи по лечебной физкультуре и спортивной медицине	15	26	16	12	12	17	15	22	26	4	18,2
врачи санитарно-противоэпидемической группы и врачи по общей гигиене	47	57	61	59	111	143	146	87	140	53	61,0
социал-гигиенисты и организаторы здравоохранения	447	388	361	326	290	297	307	308	285	-23	-7,5
стоматологи	963	990	995	990	1033	1043	1047	1078	1032	-46	-4,3

Источник: [5; 6]

Связана данная тенденция с оптимизацией количества рабочих мест, многие медицинские сотрудники работают по совместительству (этот фактор также увеличивает сумму среднемесячной заработной платы), а также рост заработной платы связан с выполнением указов Президента Российской Федерации о повышении заработной платы медицинским работникам, индексацией заработной платы. Кроме этого, начислялись дополнительные выплаты медицинским работникам, которые работали в больницах во время пандемии, а также имеется некоторая тенденция нехватки медицинских работников первичного звена, в связи с этим сотрудники работают по несколько смен, что также отражается на статистике роста заработной платы. То есть, эти тенденции являются следствием влияния мер государственной политики регулирования рынка труда сферы здравоохранения. Поэтому целесообразно рассмотреть влияние региональной политики на развитие и регулирование рынка труда сферы здравоохранения в Республике Крым.

В соответствии с распоряжением Совета министров Республики Крым от 21.06.2016 № 632-р «Об оптимизации в бюджетной сфере» с целью «сокращения неэффективных бюджетных расходов при сохранении объёма и качества, предоставляемых населению медицинских услуг» [10], в 2016 году была проведена реорганизация структуры и оптимизация штатной численности учреждений сферы здравоохранения, в результате

которой «количество учреждений было сокращено на 14,1%, соответственно штатная численность сотрудников, занятых в сфере здравоохранения, в том числе штат административного, хозяйственного и обслуживающего персонала был сокращён» [11].

Вместе с тем, в процессе данного исследования, нами была выявлена тенденция сокращения численности работников некоторых медицинских специальностей, которые вызваны рядом объективных причин, а именно:

- сокращение численности работников по совместительству, по причине увеличения нагрузки в связи с более жёсткими требованиями к соблюдению регламентов оказания медицинской помощи;

- сокращение штатной численности в связи с достижением работников пенсионного и старшего пенсионного возраста и выходом на пенсию из-за роста нагрузок, а также усилением квалификационных требований и аккредитации медицинских специалистов в соответствии с нормативными требованиями;

- переезд ряда специалистов для работы по причине смены места жительства или получения гражданства другой страны [12].

Исходя из вышеперечисленных причин сокращения численности медицинских работников, проведем анализ производительности труда работников организаций сферы здравоохранения, статистические данные и методология расчета, которых представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Расчет показателей производительности труда работников организаций сферы здравоохранения Республики Крым

Годы	Прибыль, млн. рублей	Средняя численность работников, тыс. человек	Производительность труда одного работника (ст. 2 / ст.3), тыс. рублей	Индекс производительности труда $(\text{ПТ}_{\text{тек.года}} - \text{ПТ}_{\text{пред.года}}) / \text{ПТ}_{\text{пред.года}} \times 100\%$
1	2	3	4	5
2015	443,6	65,539	6,77	-
2016	893,4	64,219	13,91	105,47
2017	641,1	61,077	10,50	-24,5
2018	699,4	59,999	11,66	11,05
2019	1028,8	60,385	17,04	46,14
2020	1699,0	59,307	28,65	68,13
2021	4662,6	60,257	77,38	170,1
2022	796,89	58,819	13,55	-82,5
2023	2163,6	57,147	37,86	179,4

Источник: [13]

Анализируя статистические данные таблицы 4 отметим, что за период с 2015 по 2021 годы наблюдается ежегодное увеличение показателя

прибыли организаций сферы здравоохранения, при этом наблюдаются колебания средней численности работников на протяжении всего ис-

следуемого периода. Однако в таком случае прослеживается существенный рост производительности труда в организациях сферы здравоохранения до 2021 года. В 2022 году показатель прибыли сократился в 5 раз, соответственно производительность труда также значительно сократилась и составила 13,55 тыс. рублей на одного работника, но к 2023 году показатель производительности постепенно возвращается до уровня 2020 года. В целом производительность труда одного работника увеличилась с 6,77 тыс. рублей в 2015 году до 37,86 тыс. рублей в 2023 году (рис. 2).

Повышение производительности труда работников организаций сферы здравоохранения обусловлено, в первую очередь, за счет внедрения новых систем оплаты труда работников отрасли и оплаты медицинской помощи, основанных на учете объемов и качества предоставляемых услуг,

внедрении технологий бережливого производства в медицинских организациях, которые ориентированы на повышение удовлетворенности потребителей медицинских услуг, снижение трудопотерь медицинского персонала, повышение качества и производительности труда в организациях сферы здравоохранения за счет рационального распределения ресурсов и времени.

Отметим, что механизмы повышения производительности труда разрабатываются на предприятиях в базовых несырьевых отраслях экономики, которые на сегодняшний день подвержены технико-технологической трансформации управления производственными процессами, однако в социальной сфере, в частности в сфере здравоохранения, вопросы повышения производительности труда остаются не урегулированными.

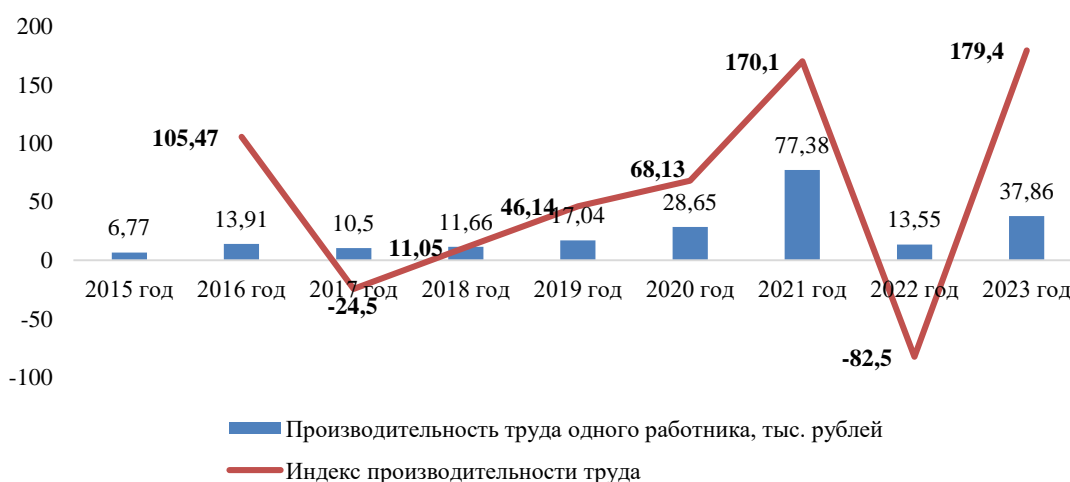


Рисунок 2 – Производительность труда работников организаций сферы здравоохранения Республики Крым

Источник: составлено автором на основании расчетов таблицы 4

Таким образом, данное исследование позволило сделать вывод, что развитие рынка труда сферы здравоохранения можно охарактеризовать по росту таких факторов: за исследуемый период наблюдается увеличение количества медицинских организаций; прослеживается рост мощностей амбулаторно-поликлинических организаций, выражающийся в увеличении числа посещений пациентами в смену. Несмотря на то, что нами была выявлена тенденция сокращения численности медицинских работников по ряду причин, которые были описаны выше, отметим, что по некоторым специальностям, таким как терапевты, анестезиологи-реаниматологи, врачи по лечебной физкультуре и спортивной медицине, врачи санитарно-противоэпидемической группы и врачи по общей гигиене, то их численность на 2022 год

увеличилась, одним из факторов увеличения является реализация механизма целевого обучения с целью обеспечения медицинских организаций квалифицированными кадрами по тем специальностям, по которым наблюдается дефицит.

Вместе с тем развитие рынка труда сферы здравоохранения неразрывно связано с механизмами регулирования трудовых отношений и реализацией мер, способных повышать устойчивость и эффективность всей сферы здравоохранения. В процессе данного исследования нами было выявлено, что процесс регулирования рынка труда сферы здравоохранения носит динамический характер и реализация определенных мер зависит от степени влияния внешних факторов, влияющих на развитие рынка труда. За исследуемый период следствием регулирования рынка труда сферы

здравоохранения выявлены следующие трансформационные процессы: в рамках реализации эффективных программ государственного регулирования – национальные проекты «Здравоохранение» и «Демография», происходит реорганизация амбулаторно-поликлинических организаций, реализуются механизмы удержания высококвалифицированных кадров, в том числе за счет внедрения новых систем оплаты труда медицинских работников, наблюдается постепенный рост производительности труда, основанный на реализации концепции бережливого производства, направленной на развитие модели пациентоцентричности, формирование эффективной системы управления взаимодействием с пациентами и основанной на анализе концептуальной роли бережливого производства в повышении производительности труда организаций сферы здравоохранения через призму социо пространственного развития человеческого капитала региона.

### Литература

1. Основные показатели здравоохранения Республики Крым 2014-2021 гг. / Официальная статистика Управления Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. Режим доступа: <https://82.rosstat.gov.ru/folder/190958> (дата обращения 08.03.2024).
2. Основные показатели здравоохранения Республики Крым за 2022 г. / Официальная статистика Управления Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. Режим доступа: <https://82.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Основные%20показатели%20здравоохранения%202022.pdf> (дата обращения 09.03.2024).
3. Численность среднего медицинского персонала Республики Крым по отдельным специальностям за 2014-2021 гг. / Официальная статистика Управления Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. Режим доступа: <https://82.rosstat.gov.ru/folder/190958> (дата обращения 08.03.2024).
4. Численность среднего медицинского персонала Республики Крым по отдельным специальностям за 2022 г. / Официальная статистика Управления Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. Режим доступа: <https://82.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/+Средний%20медперсонал%202018-2022.pdf> (дата обращения 09.03.2024).
5. Численность врачей по отдельным специальностям в Республике Крым 2014-2021 гг. / Официальная статистика Управления Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. Режим доступа: <https://82.rosstat.gov.ru/folder/190958> (дата обращения 08.03.2024).
6. Численность врачей по отдельным специальностям в Республике Крым за 2022 г. / Официальная статистика Управления Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. Режим доступа: <https://82.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/+Численность%20врачей%20по%20специальностям%202018-2022.pdf> (дата обращения 09.03.2024).
7. Симченко, Н. А. Системообразующие компоненты развития креативного человеческого капитала / Н. А. Симченко, А. А. Яновская // Механизмы формирования модели креативного пространственного развития экономики Республики Крым / Министерство науки и высшего образования российской федерации фгаоуво «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского». – Симферополь: ИП Корниенко, 2023. – С. 116-132.
8. Занятость и оплата труда работников здравоохранения в Республике Крым в 2020 г.: Пресс-выпуск / Крымстат - Симферополь, 2021. Режим доступа: [https://82.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/зар.%20плата\\_здрав\\_2020\\_1.pdf](https://82.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/зар.%20плата_здрав_2020_1.pdf) (дата обращения 08.03.2024).
9. Заработная плата в Республике Крым за 2022 год. Оплата труда, демография и уровень жизни / Министерство труда и социальной защиты Республики Крым. Режим доступа: <https://mtrud.rk.gov.ru/documents/12bfd16e-bddd-4242-a5fe-320725254976> (дата обращения 09.03.2024).
10. Об оптимизации в бюджетной сфере. / Распоряжение Совета министров Республики Крым от 21.06.2016 № 632-р. Режим доступа: <https://rk.gov.ru/ru/document/show/5899> (дата обращения 11.03.2024).
11. О фактически достигнутых значениях показателей для оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти РК за 2016 год и их планируемых значениях на 3-летний период / Доклад Главы Республики Крым, Председателя Совета министров РК Аксенова С.В. Режим доступа: <https://rk.gov.ru/file/doklad-glavy-respubliki-krym-predsdatelya-soveta-ministrov-respubliki-krym-za-2016-god.pdf> (дата обращения 11.03.2023).
12. Симченко, Н. А. Научно-методологические концепты формирования креативного человеческого капитала / Н. А. Симченко, А. А. Яновская // Механизмы формирования модели креативного пространственного развития экономики Республики Крым / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского». – Симферополь: ИП Корниенко, 2023. – С. 88-116.
13. Социально-экономическое положение Республики Крым. Официальные статистические публикации. Крымстат. – Симферополь. Режим доступа: <https://82.rosstat.gov.ru/folder/27359> (дата обращения 09.03.2024).

# УЛУЧШЕНИЕ ПОЗИЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В РЕЙТИНГЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ВСЕМИРНОГО БАНКА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ГЛОБАЛЬНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Т.В. Гурен<sup>1</sup>

*ФГБУ «Научно-исследовательский институт проблем социально-экономической статистики Федеральной службы государственной статистики» (НИИ статистики Росстата),  
Россия, 105187, г. Москва, Измайловское ш., д. 44.*

В статье обосновано значение национальной статистической системы для обеспечения безопасности страны. Определены позиции России в оценке Индекса статистической эффективности и его компонентов, сформулированы предложения по улучшению этих позиций.

*Ключевые слова:* национальная статистическая система, статистический потенциал, Индекс статистической эффективности, рейтинги.

## IMPROVING THE POSITION OF THE RUSSIAN FEDERATION IN THE RANKING OF THE STATISTICAL POTENTIAL OF THE WORLD BANK FOR ENSURING NATIONAL SECURITY IN THE GLOBAL INFORMATION SPACE

T. V.Guren

*Federal State Budgetary Institution "Scientific Research Institute of Problems of Socio-Economic Statistics of the Federal State Statistics Service" (Research Institute of Statistics of Rosstat),  
Russia, 105187, Moscow, Izmailovskoe sh., 44.*

The article substantiates the importance of the national statistical system for ensuring the security of the country. The positions of Russia in the assessment of the Statistical Efficiency Index and its components are determined, and proposals for improving these positions are formulated.

*Keywords:* national statistical system, statistical potential, Statistical efficiency Index, ratings.

### Введение

Одним из важнейших факторов современных геополитических условий является обеспечение национальной безопасности в глобальном информационном пространстве, которое аккумулирует в себе мировые информационные ресурсы и инфраструктуры.

Политику государств, главной целью которой является обеспечение жизненно важных интересов экономики и общества, обуславливают национальные приоритеты, которые в том числе направлены на обеспечение достойного места страны в глобальном информационном пространстве. Ключевая роль в успешном управлении государством принадлежит национальным статистическим системам, которые предоставляют важную общественную услугу и тем самым создают основополагающую предпосылку для принятия правительствами решений по вопросам экономики, общества и окружающей среды.

Оценка и улучшение потенциала национальных статистических систем являются частью глобальной Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года, принятой Генеральной Ассамблеей ООН [1]. Инструменты оценки потенциала были разработаны такими организациями, как Париж21, Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО), Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН), Экономическая комиссия Организации Объединенных Наций для Африки (UNECA) и Бюро переписи населения США.

Тем самым глобальная повестка дня в области статистики предопределила систему целей и задач, решение которых требует совместного партнерства национальных статистических систем для измерения прогресса.

EDN YUUCBA

<sup>1</sup>Татьяна Вячеславовна Гурен – кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник, тел.: +7 (963) 633-16-65, e-mail: m\_guren@mail.ru.

Понятие национальной статистической системы Российской Федерации определено в Федеральном законе «Об официальном статистическом учете и системе государственной статистики в Российской Федерации» [2]. Это «государственная федеральная информационная статистическая система, представляющая собой совокупность позволяющих осуществлять официальный статистический учет первичных статистических данных и административных данных, формируемой на их основе в соответствии с официальной статистической методологией официальной статистической информации и обеспечивающих формирование такой информации информационных технологий и технических средств». Формирование такой информации осуществляют Федеральная служба государственной статистики (Росстат), министерства и ведомства, являющиеся в соответствии с указанным законом субъектами официального статистического учета.

Ожидаемый эффект от деятельности национальной статистической системы во многом зависит от потенциала, который обуславливает ее место в глобальном информационном пространстве. Это создает предпосылки для расширения глобальных возможностей по передаче официальных статистических данных. Важная роль в данном процессе принадлежит международным организациям, которые принимают участие в регулировании международного обмена информацией, в том числе в обеспечении ее качества и достоверности. В этой связи задача определения потенциала российской статистической службы приобретает особую актуальность.

НИИ статистики Росстата проводилось исследование с целью сопоставления потенциала российской статистической службы с зарубежными службами и разработки рекомендаций по его повышению. При этом первостепенная задача заключается в изучении международных подходов к измерению статистического потенциала стран, используемых международными организациями.

Одной из таких организаций является Всемирный банк (далее – Банк), который для достижения своей главной цели, направленной на борьбу с бедностью во всем мире, формирует представительную базу статистических данных, отражающих все аспекты этого процесса. Содержащаяся в ней информация является основой для разработки базисных сценариев развития экономической ситуации, эффективных политических

мер в государственном и частном секторах, а также для определения целевых показателей и мониторинга результативности проводимой в странах политики. Все это требует постоянного повышения качества и количества статистических данных. В своей базе открытых данных<sup>24</sup>. Всемирный банк ежегодно публикует статистические показатели для оценки статистического потенциала и его эффективности по странам мира, а также мета-данные для их расчета.

Банк является инициатором и основным спонсором таких международных программ, как «Общая система распространения данных», «Основа оценки качества данных», активным участником международных инициатив по повышению статистического потенциала, таких как Париж21, Марракешский план действий по статистике, направленный на совершенствование статистики развития, а также так называемого Траст-фонда, который представляет собой новый инновационный глобальный инструмент финансирования, предназначенный для обеспечения наиболее важных в мире возможностей воздействия на данные.

#### **Система показателей Всемирного банка для оценки статистического потенциала стран**

Важнейшей статистической продукцией Банка является ежегодная публикация показателей статистического потенциала. Система таких показателей была разработана Банком в 2004 г. в качестве инструмента для оценки эффективности его кредитных проектов, связанных с улучшением статистического потенциала стран, на основе ключевого индикатора – Индекса статистического потенциала (SCI).

SCI основан на диагностической схеме, оценивающей статистический потенциал стран в следующих областях: методология, источники данных, а также периодичность и своевременность их предоставления. Основу оценки составляли 25 показателей в перечисленных областях с использованием общедоступной информации по 146 странам, в число которых не входили страны с высоким уровнем дохода. Однако со временем возникла необходимость совершенствования подхода к определению статистического потенциала, поскольку различные его аспекты быстро устарели, а методология измерения и охват стран остались прежними, в то время как глобальный масштаб данных значительно изменился. Технологические достижения в области вычислительной техники и возможности хранения данных

<sup>24</sup> Веб-портал Всемирного банка. – URL: <https://data.worldbank.org/>.

обусловили необходимость совершенствования национальными статистическими службами (далее по тексту – НСС) методов сбора данных и практики их распространения, а также повышения их качества.

Кроме того, SCI фокусировался на более бедных странах, поскольку одним из главных приоритетов Всемирного банка является создание мира, свободного от бедности, на пригодной для жизни планете<sup>25</sup> и, как указывалось выше, в целях борьбы с бедностью во всем мире Банк предоставляет статистическую информацию обо всех аспектах процессов, происходящих в развивающихся странах.

Однако такой подход ограничивает в настоящее время актуальность показателя и применение его во все более глобализирующемся мире. Это ограничение, связанное с охватом стран, стало еще более заметным в наше время, когда все национальные статистические системы сталкиваются с аналогичными проблемами, связанными с эволюцией и адаптацией к новым источникам данных, технологиям обработки данных и партнерам по обработке данных. Перечисленные факторы потребовали создания стандартного инструмента для измерения статистического потенциала стран последовательным и сопоставимым образом как для более богатых, так и для более бедных стран. Таким инструментом явилась разработанная Банком новая система улучшенных показателей эффективности для оценки статистического потенциала.

Система показателей статистической эффективности (SPI) предлагает новую перспективную основу для измерения всех статистических систем – от менее зрелых до высокоразвитых – и охватывает всю национальную статистическую систему. SPI включает набор из 51 показателя, данные по которым публикуются, начиная с 2016 г. и в настоящее время доступны по 217 странам, из них около 180 стран располагают достаточными данными для расчета индекса статистической эффективности (этот набор стран охватывает 99,2% населения мира) [4, 5].

На веб-портале Всемирного банка показатели эффективности публикуются как по отдельным странам, так и в разрезе географических регионов: Южная Азия; Европа и Центральная Азия; Ближний Восток и Северная Африка; Восточная Азия и Тихоокеанский регион; Страны Африки к югу от Сахары; Латинская Америка и Карибские острова; Северная Америка. Кроме того, предусмотрено предоставление данных в

группировке стран по уровню дохода: низкий; ниже среднего; выше среднего; высокий.

Российская Федерация входит в группу стран Восточной Европы и Центральной Азии, а по уровню дохода отнесена к группе стран с доходом выше среднего. Это позволяет сформировать необходимые рейтинги и выполнить оценку позиций страны в том или ином рейтинге.

Характеристика процесса публикации Банком показателей статистической эффективности приведена ниже в таблице 1.

Для пользователей на веб-портале Всемирного банка размещен подробный материал методологического характера «Измерение статистических показателей стран: обзор обновлений индекса статистического потенциала Всемирного банка» [3], а также ряд рабочих документов по этому вопросу, подготовленных экспертами Банка [4, 5, 6].

Сводным показателем, измеряющим эффективность национальной статистической системы, является Индекс статистической эффективности (SPI). Он представляет собой общий балл SPI, который измеряется по пяти основным компонентам: использование данных, информационные услуги, информационные продукты, источники данных и инфраструктура данных, каждый из которых, в свою очередь, состоит из четырех-пяти измерений, включающих определенные наборы показателей (рисунок 1).

На первом этапе выполняется измерение каждого из 51 показателей на основе балльной оценки – показателю присуждается количество баллов, соответствующее предусмотренным для этого критериям. Например, для показателя, характеризующего доступность данных о результатах сельскохозяйственной переписи за 20 лет, предусмотрена следующая шкала оценки: 1 балл – сельскохозяйственная перепись, проведенная за последние 10 лет; 0,5 балла – сельскохозяйственная перепись, проведенная за последние 20 лет; 0 баллов – если вышеперечисленные условия не соблюдены.

Подсчет баллов осуществляется преимущественно по шкале баллов от 0 до 1. Для большинства показателей шкала является трехуровневой: 1; 0,5 и 0 баллов; в ряде случаев она состоит из четырех уровней: например, 1; 0,6; 0,3 и 0 баллов или 1; 0,67; 0,33 и 0 баллов. Для отдельных показателей предусмотрен индивидуальный подход к подсчету баллов.

С учетом перечисленных предпосылок методология оценки Индекса статистического потенциала (SPI) включает несколько этапов.

<sup>25</sup> Веб-портал Всемирного банка. – URL: <https://www.worldbank.org/en/home>.

Таблица 1 – Характеристика публикации показателей статистической эффективности (SPI) на веб-портале Всемирного банка

Охват	Публикация данных – с 2016 года	
217 стран	<p><b>В группировке данных:</b></p> <p><b>По географическому положению</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Южная Азия;</li> <li>Европа и Центральная Азия</li> <li>Ближний Восток и Северная Африка</li> <li>Восточная Азия и Тихоокеанский регион</li> <li>Страны Африки к югу от Сахары</li> <li>Латинская Америка и Карибские острова</li> <li>Северная Америка</li> </ul> <p><b>По уровню дохода</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>низкий</li> <li>ниже среднего</li> <li>выше среднего</li> <li>высокий</li> </ul>	
		<p><b>Оценка стран по 51 показателю по компонентам:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>использование данных</li> <li>информационные услуги</li> <li>информационные продукты</li> <li>источники данных</li> <li>инфраструктура данных</li> </ul> <p><b>Публикация наборов данных:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>по категориям SPI</li> <li>по отдельным странам</li> <li>по группам стран</li> <li>по уровню дохода</li> </ul>

КОМПОНЕНТ SPI	ИЗМЕРЕНИЕ					
1. Использование данных	Национальные органы исполнительной власти	Национальные органы исполнительной власти	Гражданское общество	Академические круги	Международные организации	
2. Информационные услуги	Публикация данных	Онлайн-доступ	Консультационные/аналитические услуги		Услуги по обеспечению доступа к данным	
3. Информационные продукты	Социальная статистика (ЦУР 1-6)	Экономическая статистика (ЦУР 7-12)	Экологическая статистика (ЦУР 13-15)		Институциональная статистика (ЦУР 16-17)	
4. Источники данных	Переписи и обследования	Административные данные	Геопространственные данные		Данные, полученные частными лицами	
5. Инфраструктура данных	Законодательство и управление	Стандарты и методы	Навыки	Партнерства	Финансы	

Рисунок 1 – Структура системы показателей статистической эффективности (SPI)

После подсчета баллов по показателям выполняется оценка каждого измерения в целом, которая представляет собой невзвешенное среднее значение показателей в рамках этого измерения. Например, измерение «Стандарты и методы» будет формироваться путем определе-

ния невзвешенного среднего значения, входящего в него показателей, характеризующих используемую систему национальных счетов, базовый год национальных счетов, базовый года ИПЦ, а также применяемые классификации национальной промышленности, классификации потребления домохозяйств и т. д.



На заключительном этапе выполняется оценка Индекса статистического потенциала (SPI), который является обобщающим показателем этой системы. Общий балл SPI формируется путем последовательного агрегирования показателей, рассчитанных по каждому из пяти измерений.

Таким образом, расчеты выполняются на основе следующего алгоритма, реализуемого посредством выполнения следующих последовательных вычислений (таблица 2).

Таблица 2 – Алгоритм расчета Индекса статистической эффективности (SPI)

$SPI.DIM_{tpd} = \sum_{i=1}^{N_i} \frac{SPI.IND_{tpdi}}{N_i}$	$SPI.IND_{tpd}$ – показатель $i$ измерения $d$ компонента $p$ во временном интервале $t$ $N_i$ – количество показателей в измерении $d$
$SPI.PIL_{tp} = \sum_{d=1}^{N_d} \frac{\omega_{pd} \cdot SPI.DIM_{tpd}}{N_d}$	$SPI.PIL_{tp}$ – компонент $p$ во временном интервале $t$ $\omega_{pd}$ – вес измерения $d$ в компоненте $p$ $N_d$ – количество измерений $d$ в компоненте $p$
$SPI.INDEX_t = \sum_{p=1}^{N_p} \frac{SPI.PIL_{tp}}{N_p}$	$SPI.INDEX_t$ – Индекс статистического потенциала (SPI) во временном интервале $t$ $N_p$ – количество компонентов $p$ в (SPI)

В качестве источников информации для расчета показателей статистической эффективности Всемирный банк использует данные различных международных организаций: Международного валютного фонда, Статистического отдела ООН, Статистического института ЮНЕСКО, Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), Продовольственной и сельскохозяйственной организации (ФАО), Международной организации труда (МОТ), Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и др. Источниками данных этих организаций является разработанные ими различные вопросники, которые заполняются НСС.

В частности, Росстат заполняет около 50 вопросников международных организаций, имеющих широкую тематическую направленность. Наиболее представительный объем информации, охватывающий многие социально-экономические сферы, предоставляется в формате почти 30 вопросников ОЭСР.

#### Позиции Российской Федерации в рейтингах статистического потенциала Всемирного банка и возможности их улучшения

Для оценки позиций Российской Федерации в системе показателей статистической эффективности на основе данных, публикуемых Банком, были составлены рейтинги участвующих в оценке 217 стран по Индексу статистической эффективности (SPI) за период с 2016 по 2022 г., на о в оценке SPI (таблица 3).

Как видно из полученных рейтинговых оценок, в топ-10 стран по уровню статистической

эффективности входят в основном европейские страны и США, в отдельные годы в эту десятку попали Австралия (2016-2018 гг.) и Республика Корея (2019 г.). Позиции Российской Федерации не столь высоки: 48-е место в 2016 г., 47-е – в 2017 г., 49-е – в 2018 г., 43-е – в 2019 г., 50-е в 2020 г. и 43-е в 2022 г.

Кроме того, была выполнена сравнительная оценка Российской Федерации по Индексу статистической эффективности SPI со странами Европы и Центральной Азии, а также по группе стран, имеющих доход выше среднего (в которую входит наша страна). Результаты такой оценки приведены на рисунке 2.

Графики демонстрируют динамику оценочных баллов SPI по Российской Федерации за период с 2016 по 2022 г. Из них видно, что на всем протяжении данного периода они практически соответствуют общим оценкам по группе стран Европы и Центральной Азии. При этом оценочные показатели в сравнении с группой стран по доходу выше примерно на 20 баллов.

Нужно обратить внимание на то, что в 2022 г. Российская Федерация продемонстрировала рост Индекса SPI по сравнению с 2020 г. – с 83,3 до 84,1 балла. Тогда как в целом по группе стран с доходом выше среднего данный показатель снизился с 69,6 до 68,5 балла.

Кроме того, была выполнена сравнительная оценка по отдельным компонентам SPI. В частности, в 2022 г. наша страна показала наилучшие результаты в оценке использования данных и информационной инфраструктуры – соответственно 93,4 и 90 баллов. Наиболее низко (72,83

балла) оценено использование источников данных (рисунок 3).

Таблица 3 – Рейтинговые позиции Российской Федерации по Индексу SPI среди топ-10 стран мира в 2016-2022 гг.

2016			2017			2018		
Место	Страна	Индекс SCI	Место	Страна	Индекс SCI	Место	Страна	Индекс SCI
1	Италия	90,3	1	Италия	90,1	1	Италия	90,2
2	США	89,6	2	Австралия	89,1	2	Норвегия	90,2
3	Швеция	88,0	3	Мексика	88,7	3	Австрия	89,5
4	Австрия	88,0	4	Швеция	88,7	4	Словения	89,0
5	Финляндия	87,5	5	Финляндия	88,6	5	США	88,9
6	Австралия	87,4	6	Словения	88,3	6	Финляндия	88,8
7	Словения	86,9	7	Австрия	87,9	7	Швеция	88,7
8	Канада	86,3	8	США	87,1	8	Польша	88,6
9	Испания	86,1	9	Швейцария	86,9	9	Австралия	88,4
10	Швейцария	86,1	10	Испания	86,8	10	Швейцария	88,3
...	...	...	...	...	...	...	...	...
48	Российская Федерация	71,6	47	Российская Федерация	73,5	49	Российская Федерация	75,7
2019			2020			2022		
Место	Страна	Индекс SCI	Место	Страна	Индекс SCI	Место	Страна	Индекс SCI
1	Норвегия	90,1	1	Норвегия	90,5	1	Финляндия	93,6
2	Италия	89,9	2	Финляндия	90,1	2	Норвегия	93,5
3	Австрия	89,1	3	Австрия	89,8	3	Канада	92,9
4	Польша	89,1	4	Италия	89,6	4	Нидерланды	92,8
5	Словения	88,9	5	Швеция	89,6	5	США	92,8
6	США	88,9	6	США	89,6	6	Словения	92,5
7	Испания	88,9	7	Польша	89,2	7	Швеция	92,2
8	Швеция	88,5	8	Словения	89,1	8	Италия	91,9
9	Финляндия	88,5	9	Ирландия	88,7	9	Дания	91,6
10	Республика Корея	88,3	10	Нидерланды	88,6	10	Польша	91,6
...	...	...	...	...	...	...	...	...
43	Российская Федерация	78,2	50	Российская Федерация	80,2	43	Российская Федерация	84,1



Рисунок 2 – Индекс SPI по Российской Федерации и странам Европы и Центральной Азии с доходом выше среднего в 2016-2022 гг.

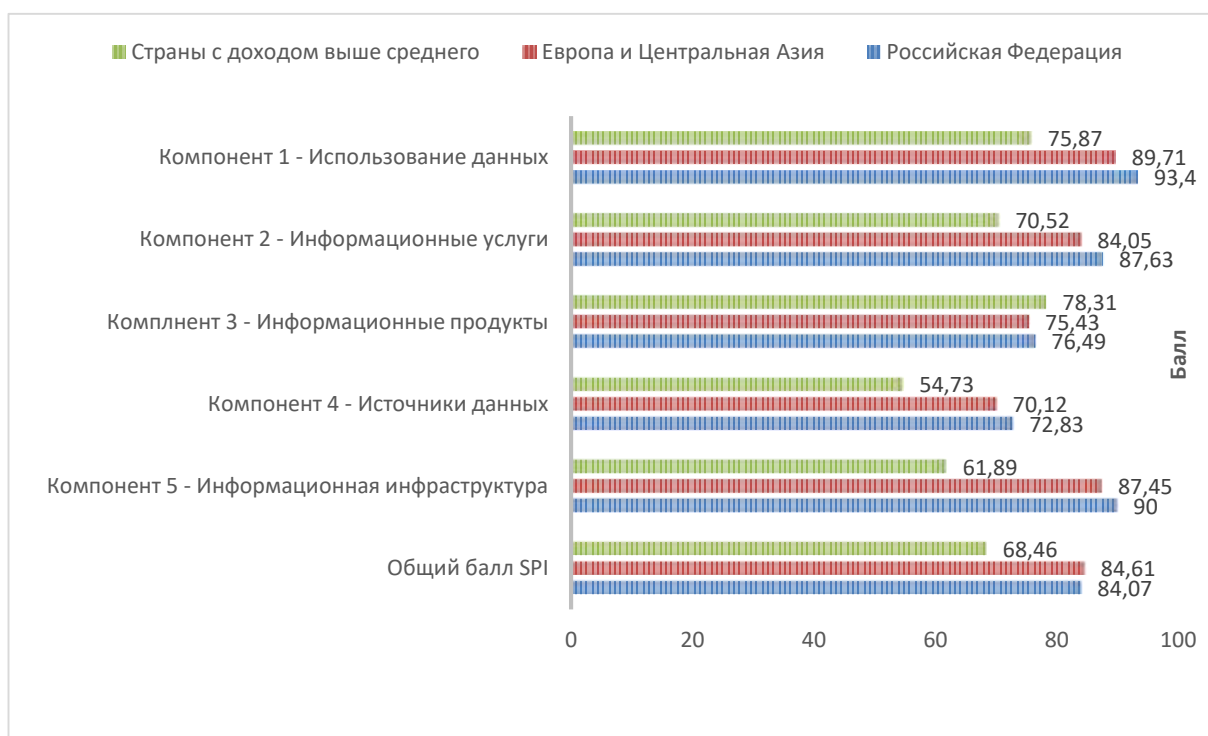


Рисунок 3 – Оценки компонентов SPI по Российской Федерации и группе стран Европы и Центральной Азии с доходом выше среднего в 2022 г.

Для более детальной оценки в процессе исследований были выявлены факторы, оказавшие влияние на уровень статистической эффективности Российской Федерации. С этой целью рассмотрены оценочные баллы, полученные по каждому показателю.

В качестве примера рассмотрим результаты анализа оценок, выставленных Российской Федерации в 2022 г.

В компоненте 1 «Использование данных» из 4 входящих в него показателей наивысшая оценка получена по показателям, характеризующим: наличие сопоставимого коэффициента бедности на уровне 1,90 доллара США в день (в среднем за 5 лет); наличие данных о смертности детей в возрасте до 5 лет (на 1000 рожденных), соответствующих стандартам качества согласно ООН IGME (в среднем за 5 лет); наличие данных о безопасной питьевой воде для использования; уровень активной рабочей силы в разбивке по полу и возрасту. При этом не столь высоко оценено наличие данных о качестве обслуживания долга по данным Всемирного банка, что повлияло на общую оценку компонента, составившую 93,4 балла.

87,6 балла по компоненту 2 «Информационные услуги» обусловили не столь высокие оценки онлайн-доступа к информационным ресурсам. При этом высшие баллы присуждены за предоставление услуг по обеспечению доступа к данным.

Компонент 3 «Информационные продукты», получивший 76,4 балла, оценивался на основе

расчета доли показателей, формируемых национальной статистической системой (в Российской Федерации – Росстатом) по 17 целям устойчивого развития (ЦУР), в общем количестве глобальных показателей, предусмотренных в каждой цели. По большинству ЦУР (за исключением Цели 13: Борьба с изменением климата и Цели 16: Мир, правосудие и эффективные институты) процесс формирования показателей оценивается недостаточно высоко.

Приблизительно на таком же уровне оценен компонент 4 «Источники данных» (72,8 балла), что обусловлено низкими оценками доступности за последние 10 лет данных об обследовании сельского хозяйства и обследовании предприятий/учреждений, а также недостаточной доступностью геопространственных данных по Российской Федерации.

В компоненте 5 «Инфраструктура данных», оцененном в 90 баллов, самые высокие оценки выставлены практически по всем показателям, характеризующим: соответствие национального статистического законодательства основополагающим принципам статистики ООН; использование в статистическом учете современных классификаций и системы национальных счетов. При этом в 0 баллов оценен показатель, характеризующий базовый год, принимаемый при расчете индекса потребительских цен. Критерии оценки этого показателя основываются на том, что индекс потребительских цен служит индикатором инфляции и отражает изменения стои-

мости приобретения фиксированной корзины товаров и услуг среднестатистическим потребителем. Веса обычно получаются на основе обследований потребительских расходов, а базовый год ИПЦ относится к году, в котором были получены веса. В этой связи рекомендуется периодически менять базовый год, чтобы отразить изменения в структуре расходов. Полученная оценка позволяет сделать вывод о том, что данные условия Российской Федерацией не выполняются.

Выполненный анализ позиций Российской Федерации в рейтинговых оценках статистической эффективности Всемирного банка позволяет высказать предположение о том, что статистический потенциал нашей страны оценен недостаточно и имеются все предпосылки для его повышения. К такому выводу приводят следующие обстоятельства.

Методология расчета показателей предусматривает использование источников данных из различных международных организаций. Однако подобный подход вызывает опасение в части достоверности и актуальности исходных данных. Это может быть связано, в частности, с такими факторами, как сроки предоставления НСС информации по показателям (в России они регламентированы федеральным планом статистических работ), а также установленный регламентом НСС пересмотр данных по прошествии некоторого временного периода.

В свою очередь, как указывалось выше, источниками данных международных организаций являются статистические вопросники, заполняемые Росстатом. При этом можно предположить, что в них могут отсутствовать отдельные показатели, предусмотренные в системе показателей Всемирного банка для оценки статистической эффективности.

Таким образом, есть все основания предположить, что перечисленные обстоятельства могут оказывать влияние на низкие результаты оценок по показателям Российской Федерации.

Кроме того, вызывает сомнение низкая оценка доступности источников данных по показателям российской статистической системы. В этой связи нужно отметить, что в Федеральном законе «Об официальном статистическом учете и системе государственной статистики в Российской Федерации» одним из основных принципов официального статистического учета является полнота, достоверность, научная обоснованность, своевременность предоставления и общедоступность официальной статистической информации (за исключением информации, доступ к которой ограничен федеральными законами) [2, статья 4]. Соблюдая данный принцип Росстат, как и другие субъекты официального статистического учета, публикуют в открытом доступе всю формируе-

мую ими информацию как в Единой межведомственной информационно-статистической системе (ЕМИСС), так и на своих веб-порталах.

С учетом изложенного важнейшим инструментом, с помощью которого можно повысить оценки статистического потенциала Российской Федерации, является верификация данных по показателям, публикуемым Всемирным банком. Это позволит не только актуализировать имеющиеся данные, но и дополнить (в случае необходимости) систему показателей недостающими данными.

### Выводы

Результаты проведенного исследования позволили обосновать важнейшую роль статистического потенциала в обеспечении национальной безопасности страны в глобальном информационном пространстве. При этом особое значение имеют подходы к измерению статистического потенциала стран, используемые международными организациями.

В качестве наглядного примера рассмотрена деятельность Всемирного банка по формированию и публикации данных, характеризующих статистическую эффективность 217 стран, поскольку эти данные являются информационной базой для разработки базисных сценариев развития экономической ситуации в мире, а также служат основой для определения целевых показателей и мониторинга результативности проводимой в странах политики.

Были изучены система показателей статистической эффективности, а также методология их формирования, что позволило выявить по Российской Федерации за период с 2016 по 2022 г. оценочные значения как отдельных показателей, так и Индекса статистического потенциала (SPI), который является обобщающим глобальным показателем, отражающим статистический потенциал страны.

Для обоснования позиций Российской Федерации по уровню статистического потенциала составлены рейтинговые оценки стран, представленных в системе показателей Всемирного банка. Анализ полученных результатов показал, что наша страна на протяжении 2016-2022 гг. занимала в этих рейтингах не столь высокие места. В этой связи была выполнена факторная оценка возможных причин, оказавших влияние на представленные Всемирным банком оценки по показателям статистической эффективности Российской Федерации, а также выявлены причины, обусловленные используемыми источниками информации и их актуальностью.

Все это позволяет прийти к выводу о необходимости проведения верификации данных по Российской Федерации, опубликованных Всемирным банком, с целью актуализации их значений либо восполнения недостающих показателей.

Это также будет способствовать повышению оценки открытости предоставления официальной статистической информации и возможностей онлайн-доступа к ней.

### **Литература**

1. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Декларация Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций, принятая 25 сентября 2015 года. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/420355765>.
2. Федеральный закон от 29 ноября 2007 г. № 282-ФЗ Об официальном статистическом учете и системе государственной статистики в Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_72844/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72844/).
3. Measuring the Statistical Performance of Countries: An Overview of Updates to the World Bank Statistical Capacity Index. SPI Team. 2021-03-24. [Электронный ресурс]. – URL: <https://worldbank.github.io/SPI/>.

4. Cameron Grant J., Dang Hai-Anh H., Dinc Mustafa, Foster James, Lokshin Michael M. Measuring the Statistical Capacity of Nations. Policy Research Working Paper. 2019. No. 8693. World Bank, Washington. [Электронный ресурс]. – URL: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/440191616164007723/statistical-performance-indicators-and-index-a-new-tool-to-measure-country-statistical-capacity>.
5. Dang Hai-Anh H., Pullinger John, Serajuddin Umar, Stacy Brian. Statistical performance indicators and index – a new tool to measure country statistical capacity. Policy Research Working Paper No.9570. World Bank, Washington. Development Economics Development Data Group March 2021. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nature.com/articles/s41597-023-01971-0>.
6. Statistical Performance Indicators. Russian Federation Country Report. [Электронный ресурс]. – URL: <https://datanalytics.worldbank.org/SPI/>

УДК 338.46

## **ПРОЕКТНЫЙ ПОДХОД КАК ИННОВАЦИОННАЯ ФОРМА ОРГАНИЗАЦИИ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ КОМПАНИЕЙ**

А.В. Кучумов<sup>1</sup>, И.В. Богров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Россия, 191023, Санкт-Петербург, кан. Грибоедова, д. 30-32;*

<sup>2</sup>*Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, Россия, 190020, Санкт-Петербург, Лермонтовский пр., д. 44а.*

Статья отражает анализ значения антикризисного управления для компаний. Рассмотрены современные принципы построения стратегии антикризисного управления компанией, приведен проектный подход в качестве основы при разработке плана развития. Представлена схема использования проектного подхода в построении антикризисной стратегии предприятия, а также рассмотрены его основные задачи. Представлены преимущества и недостатки применения проектного подхода в формировании стратегии антикризисного управления предприятием, исходя из его особенностей.

*Ключевые слова:* антикризисное управление, менеджмент, предприятие, проект, проектный подход, проектное управление.

### **PROJECT APPROACH AS AN INNOVATIVE FORM OF THE CRISIS MANAGEMENT ORGANIZATION OF A COMPANY**

A.V. Kuchumov, I.V. Bogrov

*St. Petersburg State University of Economics,*

*Russia, 191023, St. Petersburg, kan. Griboyedov, 30-32;*

*St. Petersburg University of Management Technologies and Economics,*

*44 a Lermontovsky Ave., Saint Petersburg, 190020, Russia.*

The article reflects an analysis of the importance of crisis management for companies. The modern principles of building a company's anti-crisis management strategy are considered, and the project approach is given as the basis for developing a development plan. A scheme for using the project approach in building an anti-crisis strategy for an enterprise is presented, and its main tasks are also considered. The advantages and disadvantages of using the project approach in the formation of an enterprise anti-crisis management strategy, based on its characteristics, are presented.

*Keywords:* anti-crisis management, management, enterprise, project, project approach, project management.

EDN ХВВАУА

<sup>1</sup>*Кучумов Артур Викторович – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления в сфере услуг, доцент, тел.: +7(911) 767-55-54, e-mail: arturspb1@yandex.ru;*

<sup>2</sup>*Богров Илья Владимирович, аспирант кафедры управления социально - экономическими системами, тел.:+7 (911) 767-55-54, e-mail: iv.bogrov@gmail.com.*

Антикризисное управление организацией содержит в себе набор методов, способов и разработанных тактик по предупреждению кризисов, создание и развитие заведомо подготовленных правил по выведению организации из кризисного состояния. Сущность этого направления в менеджменте основана на реализации специального комплекса мероприятий стратегического характера для компании с целью устранения причин и последствий кризисного события, сохранения и улучшения состояния организации, ее положения на рынке. Основными факторами эффективности реализации антикризисных мероприятий является стратегический подход, своевременность распознавания опасных

обстоятельств и их предпосылок, опыт сотрудников, степень согласованности принимаемых решений в моменте. Немаловажную роль играет и общая экономическая эффективность предприятия, которая основана на эффективности производства, эффективности структуры производства и эффективности потребления [1].

Антикризисному управлению как отлаженной программе по поддержанию качества деятельности компании присущи некоторые функции. Рассмотрим основные из этих функций антикризисного управления в их традиционном понимании, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Функции антикризисного управления [1,5]

Функция	Краткое описание
Предкризисное управление	Исследование характеристик институциональных, функциональных и мотивационных параметров, соответствие системы управления организации, выявление предкризисных явлений и механизмов предотвращения, изучение конфликтологии и межличностных отношений между сотрудниками, создание системы своевременного распознавания признаков и природы кризиса и локализации нежелательного воздействия
Управление в условиях кризиса	Определение целей управления, путей и доступных средств, изучение новых качеств системы управления и анализ адаптационных изменений, оценка способности компании выдерживать напряжение в период кризиса, определение границ экспертного знания сотрудников, оценка причинно-следственных связей развития объекта и программы управления
Управление процессами выхода из кризиса	Выработка инновационных решений и стратегий поведения, которые будут включать своевременные и приемлемые для организации приемы выхода из кризисной ситуации

Приведенные функции отражают разнообразие проблем по этапам возникновения и развития кризисной ситуации в компании. Каждый из этапов включает ряд трудностей, которые являются схожими по природе и отражают приоритетное значение выбора и реализации тех или иных методов в момент наступления определенного этапа.

Современные методы борьбы с кризисом раскрывают значимость отдельных областей менеджмента, как разноуровневой системы. При построении стратегии антикризисного управления важное значение приобретает прогнозирование развития явления на рынке и в условиях компании, моделирование положения компании относительно конкурентов, согласование логической взаимосвязи тактик внутри антикризисных мер, управление стратегией и последующие пути ее изменения в соответствии с динамикой внешних обстоятельств. Комплексность и новизна методик в антикризисном управлении, повышение эффективности функционирования компании в долгосрочной пер-

спективе лучше всего сочетаются при применении проектного подхода. Преимущества проектного управления заключается в новизне направления для российского бизнеса и помимо новых методик при организации бизнес-процессов, направление предусматривает активное внедрение автоматизированных систем управления [3]. Следственно, проектное управление или проектный подход в управлении – это специфическая управленческая деятельность, организационный метод, ориентированный на выполнение запланированных результатов с использованием доступных ресурсов, построенный на системе управления проектами и внедрении технологий, позволяющих обеспечивать долгосрочное видение организации посредством выполнения комплекса мер в формате проектов [2, 4, 7]. Проектное антикризисное управление, реализуемое через проектный подход, базируется на ряде модулей, составляющих алгоритм решения проблемы возникновения кризисного явления, влияющего на деятельность организации и ее положение на рынке. Особенности алгоритма заключаются в том, что модули, содержащие этапы

противодействия кризису выстраиваются по принципам разработки проекта. На основании теоретического обоснования использования проектного подхода в построении системы управления была построена схема (рис. 1).

Данная схема подразделяет процессы по построению стратегии антикризисного управления компанией с использованием проектного подхода на два этапа: планирование и реализацию. Планирование определяет начальные процедуры по постановке проблемы и выявлению путей ее решения, временных, человеческих и материально-технических ресурсов. Этап планирования складывается из обширного перечня

процессов, структурированных на организационный этап, контролирование и мониторинг обстановки в процессе реализации проекта, внесение изменений, анализ адекватности и применимости методов достижения результата в их изначальной последовательности, внесение изменений. Завершение проекта является последовательностью процедур по введению проекта в деятельность компании.

В соответствии с проведенным исследованием удалось сформулировать преимущества и недостатки использования проектного подхода при построении стратегии антикризисного управления предприятием, которые отражены в табл. 2.

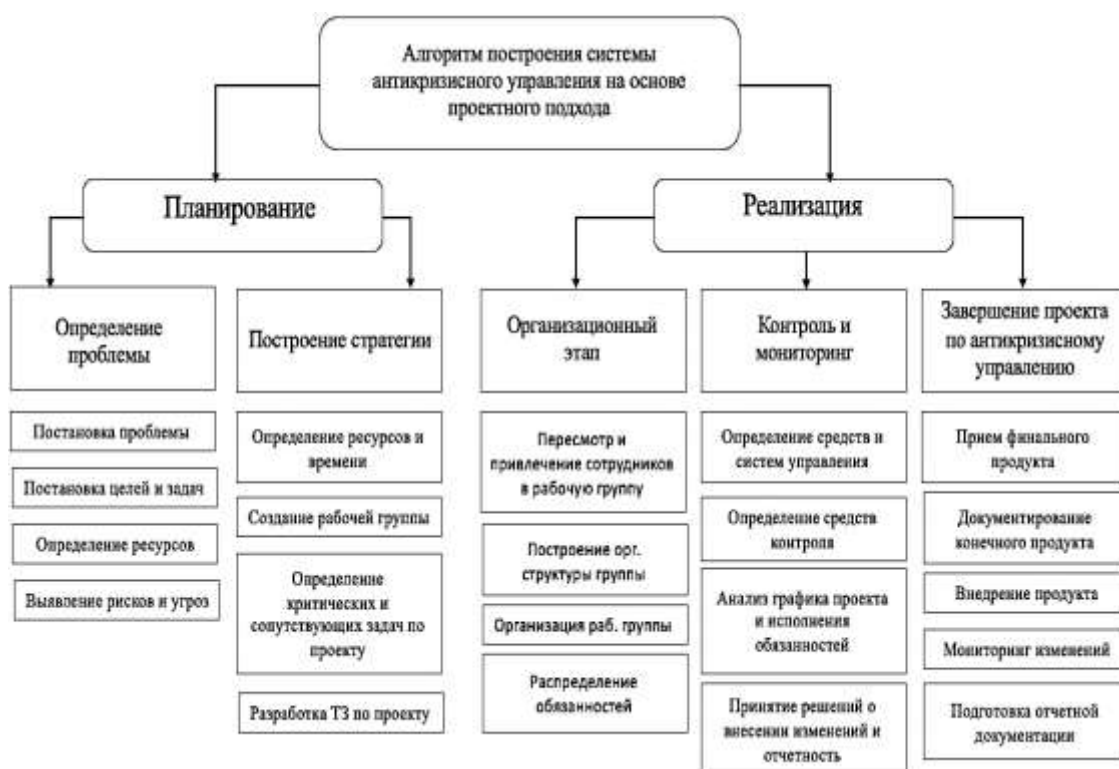


Рисунок 1 – Схема использования проектного подхода в построении стратегии антикризисного управления компанией [6]

В процессе исследования удалось выявить баланс между количеством преимуществ и недостатков использования проектного подхода в реализации стратегии антикризисного управления компанией. Тем не менее, некоторые недостатки позволяют предполагать, что на современном этапе развития проектный подход требует доработки для его применения в условиях подготовки предприятия к кризису, т.к. предполагает серьезные финансовые затраты при том, что отсутствует единая методология оценки результативности, а параметры рекомендуемых инструментов заблаговременного контроля его применения.

Таким образом, антикризисное управление компанией является одним из главных механизмов для выхода предприятия из кризиса. Цель преодоления возникших кризисных ситуаций с применением мер по сглаживанию и предупреждению последствий считается важнейшей для любой компании, из чего следует, что нахождение и разработка выгодных методик позволяет приблизиться к успешному разрешению проблемы. Проектный подход рассматривается многими исследователями как шаблон при разработке стратегии антикризисного управления, способный улучшить положение предприятия на рынке.

Таблица 2 – Преимущества и недостатки использования проектного подхода в антикризисном управлении

№	Преимущества/недостатки	Характеристики
<b>Преимущества</b>		
1.	Целенаправленный и структурированный подход	Ясность целеполагания подхода позволяет систематически решать проблемы, совмещать задачи по сохранению компании на нужном уровне производства и борьбе с последствиями кризиса
2.	Гибкость и централизованность	Структура стратегии, построенной на основах проектного подхода позволяет изменять набор используемых инструментов и быстро реагировать на изменения в условиях кризиса
3.	Комплексное привлечение ресурсов	В процессе реализации стратегии по антикризисному управлению компанией с применением проектного подхода есть возможность использовать все полезные ресурсы компании и распределить обязанности между всеми заинтересованными сторонами
4.	Систематическое контролирование	Специфика стратегии антикризисного управления с использованием проектного подхода позволяет постоянно контролировать и мониторить качество исполнения обязанностей, слаженность процессов и изменения в условиях кризиса
5.	Управление рисками и угрозами	Проектный подход как основа антикризисного управления позволяет изначально оценить риски и систематически отслеживать вероятность их наступления в процессе реализации стратегии
<b>Недостатки</b>		
1.	Долгосрочное и трудоемкое планирование	Этап планирования занимает наибольшее число времени относительно других этапов, что может привести к несоответствию исполнения процессов графику, некоторые пункты в стратегии могут быть реализованы неполностью
2.	Финансовые риски и ограниченность ресурсов	Дорогостоящее обеспечение процессов внутри стратегии и материально-технического обеспечения при одновременном нахождении в условиях кризиса может привести компанию к банкротству
3.	Отсутствие гарантий эффективности	Сложность структуры стратегии не гарантирует надлежащее выполнение всех задач и достижение требуемого эффекта при достижении результатов
4.	Отсутствие системы оценки результатов реализации стратегии	Отсутствие четкой системы оценки результативности использования проектного подхода в управлении не позволяет четко оценить результаты и изначально характеризует его как ненадежный
5.	Усложненная схема реализации	Большое количество задач и этапов при построении стратегии антикризисного управления с использованием проектного подхода не гарантирует их влияние на положение компании и несет риски несоответствия выбранной методологии специфике компании

Источник: сост. автором

### Литература

- Алексашкина Е.И., Василёнок В.Л., Негреева В.В. Антикризисное управление на предприятии: Учеб. пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 92 с. – Режим доступа: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/1882.pdf> (дата обращения: 11.03.2024).
- Бакланова, Ю.О. Эволюция подхода к проектному управлению инновациями: инициатива, проект, программа, портфель / О.Ю. Бакланова // Современные технологии управления. №3 (15), 2013. С. 46-54. – Режим доступа: [https://aldebaran.ru/author/o\\_baklanova\\_yu/kniga\\_upravlenie\\_portfelem\\_proektov\\_razvitiya\\_/read/?ysclid=lty8g7rd8x707366508](https://aldebaran.ru/author/o_baklanova_yu/kniga_upravlenie_portfelem_proektov_razvitiya_/read/?ysclid=lty8g7rd8x707366508) (дата обращения: 11.03.2024).
- Ебата, Вэлком Шанел. Применение проектного подхода в управлении организацией / Вэлком Шанел Ебата. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2023. – №13 (460). – С. 71-73. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/460/101142/?ysclid=lty7m8ae2w615419542> (дата обращения: 12.03.2024).
- Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г., Полковников А.В. Управление проектами: учеб. пособие / И.И. Мазур и др.; под общ. ред. И.И. Мазура, В.Д. Шапиро. 9-е изд., стер. М., 2013. 456 с. – Режим доступа: <http://sh18.ru/wp-content/uploads/2017/11/Upravlenie-proektami.pdf> (дата обращения: 11.03.2024).
- Плужников В.Г., Шикина С.А. Антикризисное управление: учебное пособие / В.Г. Плужников, С.А. Шикина; под ред. В.Г. Мохова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – 112 с. – Режим доступа: <https://hsem.susu.ru/es/wp-content/uploads/sites/14/2017/11/MU-AntiKrisis->



Shikina.pdf?ysclid=lty6lkhei6355386923 (дата обращения: 11.03.2024).

6. Шихвердиев А.П. Проектное управление: монография : текстовое научное электронное издание / А.П. Шихвердиев; Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Сыктыв. гос.ун-т им. Питирима Сорокина, 2019. – Режим доступа: [http://e-](http://e-library.syktsu.ru/megapro/Download/MObject/709/Шихвердиев%20А.П.%20Проектное%20управление_монография.pdf)

library.syktsu.ru/megapro/Download/MObject/709/Шихвердиев%20А.П.%20Проектное%20управление\_монография.pdf (дата обращения 12.03.2024).

7. Юрьева Т.В. Проектный подход как инструмент реализации стратегических целей / Т.В. Юрьева // Экономические науки. №11(120), 2014. С. 7-10. – Режим доступа: [https://ecsn.ru/wp-content/uploads/201411\\_7.pdf](https://ecsn.ru/wp-content/uploads/201411_7.pdf) (дата обращения: 12.03.2024).

УДК 005; 005.96; 005.95

## УПРАВЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

В.А. Мордовец<sup>1</sup>, Э.О. Варданян<sup>2</sup>, А.Л. Пастухов<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>*Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики  
Россия, 190020, Санкт-Петербург, Лермонтовский пр, д.44, Лит.А;*

<sup>2</sup>*Северо-Западный институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства  
и государственной службы при Президенте РФ,  
Россия, 199178, Санкт-Петербург, Средний проспект В.О., д. 57/43.*

В статье приведено описание основных трендов, связанных с понятием управления талантами и определены истоки данной управленческой парадигмы. Проанализированы этапы системы управления талантами в компании. Определена необходимость актуализации потребности в управлении талантами в современной организации. Дано авторское определение дефиниции «управление талантами». Выявлены проблемы применения системы управления талантами в условиях цифровизации.

*Ключевые слова:* менеджмент, цифровизация, управление персоналом, управление талантами, инструменты управления человеческими ресурсами, технологии управления человеческими ресурсами.

## HUMAN RESOURCE MANAGEMENT IN A DIGITALIZED ENVIRONMENT

V.A. Mordovets, E.O. Vardanyan, A.L. Pastukhov

*St. Petersburg University of Management Technologies and Economics,  
Russia, 1190020, St. Petersburg, Lermontovskii pr., 44, liter A;*

*North-West Institute of Management of the Russian  
Presidential Academy of National Economy and Public Administration,  
Russia, 199178, St. Petersburg, Sredny prospect VO, 57/43*

To accomplish the objectives of the study, the main trends related to the concept of talent management were described and the origins of this management paradigm were determined. The stages of the talent management system in the company were analyzed. The need to update the need for talent management in a modern organization has been identified. The author's definition of the definition of "talent management" is given. Problems of using the talent management system in the context of digitalization have been identified.

*Keywords:* management, digitalization, personnel management, talent management, management tools.

### Введение

Глобальная политическая, экономическая и социальная неопределенность, получившая концептуальное описание (концепция VUCA), оказывает существенное влияние на все элементы бизнес-процессов [1]. Возникает необходимость в разработке системы, позволяющей наиболее

быстро и эффективно обеспечивать адаптацию работников предприятия к изменяющимся условиям внешней среды, а также адаптацию предприятий за счет бизнес-компетенций развития и эффективного использования потенциала работников [3].

EDN ВСАХNB

<sup>1</sup>*Мордовец Виталий Анатольевич – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой управления социально-экономическими системами, тел.: +7 (921) 584-58-98, e-mail: mordovets@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8266-5537;*

<sup>2</sup>*Варданян Эдгар Овикович – аспирант, +7 (999) 211-59-56, e-mail: edgarvar93@mail.ru, ORCID: 0009-0003-0802-7726;*

<sup>3</sup>*Пастухов Александр Львович – кандидат философских наук, доцент, доцент кафедры безопасности, тел.: +7(911) 188-49-42, e-mail: alpast@yandex.ru, ORCID: /0000-0003-1470-1142*

Действительность Индустрии 4.0 диктует жесткие условия функционирования в новых реалиях, которые проявляются в постоянных изменениях внешней среды и в требованиях к компетенциям сотрудников. Это заставляет владельцев компаний более рационально относиться к отбору и обеспечению карьерного роста наиболее талантливых работников, ориентируясь на применение их знаний на определенной должности, постепенно расширяя их компетенции [3].

Активное формирование и бурное развитие информационного общества в качестве составляющих сложного интенсивного фактора «человеческий капитал», способствующего этому развитию, выдвинули его компоненты: знания, креативность и инновационность [6, с. 4]. В этом исследовании авторы обосновывали возрастающую роль этих компонент человеческого капитала в современной экономике.

Система управления талантами включает следующие этапы: привлечение и/или «выращивание» талантов в самой организации; обучение и развитие; удержание и стимулирование. Наибольшего успеха добиваются компании, которые в свой арсенал ввели процедуры оценки, и/или аттестации сотрудников, а затем их ротации в соответствии с итогами оценки. Запустить механизм управления талантами с применением цифровых технологий в полной мере препятствует недостаточная компетентность руководства компаний.

Указанное проблемное пространство управления талантами (УТ) нуждается в корректировке, так как классическая система управления персоналом в недостаточной степени учитывает особенности формирования интеллектуальных и творческих компетенций работников, включая цифровые навыки и способности к эффективному взаимодействию в цифровой среде.

Работа с человеческими ресурсами в организации предполагает динамическое совершенствование системы управления персоналом с учетом современных требований и технологий, включая цифровые и гибкие навыки. Это предполагает необходимость модернизации системы корпоративного управления с учетом разработки соответствующих корпоративных методик.

*Цель и задачи исследования.* Необходимость исследования современных теоретических работ и практического опыта управления талантами определила цель данной работы – исследование особенностей системы управления талантами в современных условиях цифровой трансформации.

Объектом исследования в данной статье является система управления предприятием.

Предметом исследования в статье стала система управления талантами (человеческим ресурсом).

*Новизна исследования* заключается в авторском определении рассматриваемого в системе управления предприятием понятия талант-менеджмента и выявлении проблем, которые препятствуют управлению талантами в условиях цифровизации.

*Методология.* Применялись методы описания, сравнительного, системного и структурного анализа, синтеза, а также индукции и дедукции.

### **Обсуждение**

Термин «управление талантами» был введен в научный оборот в 1990 году. В понятие «управление талантами» входит определение тех новаций, которые появляются в HR-сфере, в сфере управления предприятием и представляет собой целенаправленный, ежедневный процесс, ориентированный на своевременное развитие сотрудников, формирование у них высокого потенциала и на эффективное применение талантов, цифровых навыков в организации.

В настоящее время система управления талантами стала основой обновленной бизнес-стратегии компаний, которые были ориентированы на успех, и распространилась на все уровни управления. Понятие «талантливый работник» («талант») имеет определенную когнитивную вариативность. Применительно к корпорациям он применяется исключительно к тем сотрудникам, которые наделены умениями и навыками, необходимыми для реализации стратегических целей организации [2, с. 506]. Особенностью интерпретации данного понятия в этом случае является признак обладания работниками определенными специфическими свойствами – компетенциями.

В настоящее время дефиниция «талант» в корпоративной среде часто используется исключительно для характеристики творческих способностей сотрудников и их применения в инновационном процессе компании.

Определяя сущность и значение управления талантами в системе управления организацией, необходимо выполнить анализ функциональных блоков системы управления талантами (рисунок 1). Из рисунка следует: функциональные блоки системы управления талантами включают как элементы классической подсистемы управления персоналом предприятия, так и элементы командообразования. Соответственно, по нашему мнению, система управления талантами представляет собой совокупность HR-процессов, ориентированных на привлечение и удержание высокоэффективных сотрудников в компании и активную работу с ними, а также командообразование и формирование соответствующей корпоративной среды, обеспечивающей в наибольшей степени раскрытие необходимых для развития предприятия талантов работников.

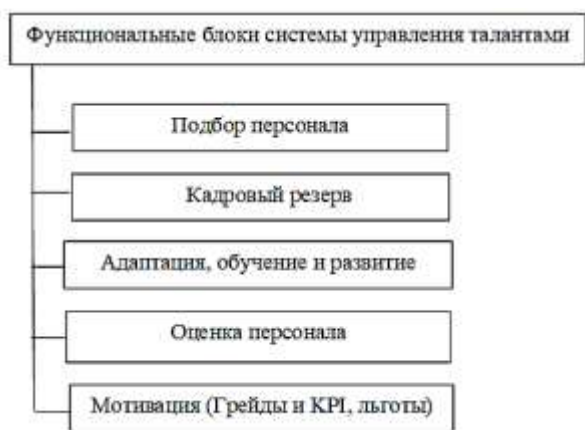


Рисунок 1 – Структурно-функциональная модель управления талантами

В контексте исследования практического опыта применения управления талантами в корпорациях можно выделить следующие подходы:

1. Выявление и анализ успешности каждого работника для определения возможности использования и развития его успешности (успехов) в интересах компании.

2. Селекция персонала, которая предполагает выделение определенной группы «талантов» из всего трудового коллектива для формирования впоследствии управленческого состава организации [4].

Соответственно, управление талантами включает в себя несколько компонентов:

- формирование и развитие творческих компетенций, направленных на реализацию производственных и коммерческих задач;

- формирование цифровых компетенций, направленных на систематизацию производства, повышение производительности труда и снижение ошибок в работе;

- управление успешностью, что включает в себя развитие индивидуальной карьерной траектории;

- повышение эффективности использования персонала и качества управления.

Выскажем предположение, что эффективное управление талантами на отечественных предприятиях может стать стратегическим фундаментом в трансформации существующей всей HR-системы. При этом все HR-функции могут измениться и реализовываться на совершенно иных принципах, таких как удержание талантов и создание для них особых условий, а также включение талантливых работников в управленческие процессы. При этом можно выделить три базовые схемы, применяемые к такого рода сотрудникам. Во-первых, это кадровый резерв, который выражается через четко выстроенный план будущих замен, прежде всего руководящего состава. Во-вторых, это преемственность и системное планирование. В-третьих, непосредственно управление талантами.

Особенностью УТ выступает постановка определенного круга задач относительно каждого из трех вариантов взаимодействия с талантами.

Последовательность в управлении талантами включает следующие действия:

1. Разработка стратегического плана предприятия.

2. Разработка кадровой политики предприятия.

3. Разработка кадровой стратегии предприятия.

4. Формирование прогноза потребности в сотрудниках.

5. Определение методов выявления талантов персонала.

6. Определение методов развития работников.

При этом важно учитывать, что повышение уровня неопределенности на микро, мезо и макро уровнях, а также сопутствующее этому изменение состояния различных социальных институтов приводят к тому, что применяемые HR-технологии становятся недостаточно эффективны, а иногда способствуют ошибкам в принятии управленческих решений, что, в свою очередь, приводит к ущербу.

Система управления талантами в рамках цифровой экономики меняет своё содержание в условиях, когда корпоративные правила по работе с персоналом не меняются, включая подбор, адаптацию персонала и формирование кадрового резерва.

«Инструментами адаптации систем работы с персоналом в условиях социальных и технологических изменений являются ERP-системы и роботизация управления персоналом, а также нейротехнологии» [2].

ERP-система предполагает выполнение следующих функций:

- управление трудовыми ресурсами в комбинации с производственными ресурсами и рыночной потребностью;

- управление талантами;

- управление финансовыми ресурсами в режиме он-лайн;

- применение цифровых подходов к управлению для повышения его прозрачности и скорости принятия решений;

- обеспечение сбалансированности в управлении ресурсами и процессами.

Посредством ERP-систем управление сотрудниками стало восприниматься как дополнительный источник, ориентированный на воспроизводство капитала предприятия. В результате стал виден рост производительности труда и не только у талантов, но и у всех сотрудников. Это стало возможно за счёт последовательно выстроенной системы, включающей весь спектр сопутствующей документации о сотрудниках. Это прежде всего показатели оценки и эффективности деятельности сотрудников, периодичность переобучения,

планирование карьеры, контроль за начислением заработной платы, KPI сотрудников и ряд других вопросов.

В настоящее время далеко не все крупные российские компании применяют ERP-системы в управлении, а среди среднего и малого бизнеса почти никто не использует эту и подобные системы. В качестве позитивного примера можно представить опыт компании ПАО «Мегафон», применившей ERP-систему для управления юридической службой с повышением уровня цифровизации отдельного подразделения предприятия до 77 % [3, с. 27].

Третий упомянутый компонент - HR-роботизация. Здесь речь идёт о применении в HR-сфере HR-ботов и роботов. Основной функционал сводится к освобождению профильных сотрудников от рутинной работы.

В качестве примера можно указать опыт проведения первичного интервью с соискателем: элементы HR-роботизации с успехом справляются, высвобождая сотрудников HR-отделов для другой эффективной работы.

Обратимся к опыту, которым обладают отечественные предприятия, в том числе сферы услуг, в системе управления талантами. По уровню цифровизации и применения зарубежного опыта в своей деятельности лидирующие позиции занимает «Сбербанк». В этом акционерном обществе принята и реализуется программа «Сбербанк талантов», которая ориентирована на карьерный рост талантов [5]. В банке «ВТБ» разработаны и активно развиваются свои две программы управления талантами: «Карьерные маршруты» и «Кадровый актив». Первая из них ориентирована на большую часть сотрудников «ВТБ» - банка, и в качестве ее ключевой цели выступает построение карьеры сотрудника. Основной задачей при этом является минимизация текучести кадров и их развитие. Вторая программа в максимальной степени ориентирована на постоянный поиск и отбор талантливых менеджеров [5]. Госкорпорация «Росатом» свою кадровую политику разделила на следующие структурированные уровни:

1. «Достоинство Росатома» – уровень топ-менеджеров. Согласно политики компании на регулярной основе проводится комплекс мероприятий по развитию ТОП-менеджмента и переобучение руководящего состава компании.

2. «Капитал Росатома» – уровень среднего звена.

3. «Таланты Росатома» – уровень линейного персонала. Акцент сделан на поиске талантов среди специалистов и руководителей. Основной принцип - найти сотрудников с высоким творческим потенциалом [4, с.110].

Из приведенных примеров следует, что УТ применяют именно те компании, которые являются признанными лидерами в своей деятель-

ности. Опыт отечественных компаний свидетельствует, что система управления талантами становится важной составной частью системы управления человеческими ресурсами.

Выделим общие тренды, которые имеют место в рамках системы управления талантами:

1) формирование корпоративной культуры, включая корпоративную среду, наиболее благоприятную для развития талантов персонала и применения ими цифровых технологий;

2) активизация горизонтальных связей в системе управления, повышение гибкости, коммуникабельности и эффективности. Достигается за счет повсеместного внедрения креативных элементов для преодоления неопределенности внешней среды. Происходит быстрая адаптация к ним и генерация новаций;

3) активизация применения ERP-системы, тем более что платформа 1С предлагает в том числе облачные варианты данной системы;

4) полномасштабная перестройка всего образовательного процесса внутри корпораций, связанная с активизацией процесса цифровизации экономики, в том числе внедрения элементов искусственного интеллекта;

5) на новый уровень осознания и понимания выходит дизайн-мышление. Важной составляющей управления талантами в последнее время становится усовершенствование рабочего пространства, эргономика. Рабочая среда талантливого работника должна быть комфортна, ориентирована на избегание стрессовых ситуаций в рабочих моментах.

6) выстроенная системная аналитика в управлении талантами. Применение современных технологий, включая искусственный интеллект, создает оптимальные условия для выстраивания действенной высокопродуктивной команды, созданной на базе обладающих разными талантами сотрудников.

В настоящее время эффективная система управления талантами включает:

1. Привлечение и/или развитие работника в самой организации.
2. Обучение и развитие «талантов».
3. Формирование рабочей среды.
4. Систему удержания и мотивации.

Управление персоналом в системе управления предприятием нуждается в изменениях, так как цифровизация и современные подходы в сфере управления предприятием становятся более эффективными при применении системы управления талантами.

Наибольшего успеха добиваются компании, которые в свой арсенал управления персоналом ввели процедуры оценки и/или аттестации сотрудников, а затем их ротации в соответствии с итогами оценки. Запустить в полной мере механизм УТ часто мешают определенные элементы корпоративных правил, корпоративная среда и

недостаточность компетенций у руководства компаний в области управления талантами.

### *Литература*

1. Варданын Э.О. Взаимосвязь цифровой трансформации и технологиями управления человеческими ресурсами. / В.А.Мордовец, Э.О.Варданын // Теория и практика управления предпринимательскими структурами в современных условиях. Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции под общей редакцией В.А. Мордовца. Санкт-Петербург: Издательство Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, - 2023. – С. 152 – 157.
2. Кондрашов И. LegalTech и юристы будущего / И.Кондрашов, А. Иванов, Х. Цшайге, А. Пронин, А.

Серго, Т. Гаштайер, А. Вашкевич, Р. Квитко, А. Нестеренко, А. Савельев, С. Переверзев, В. Калятин, С. Будилин // Закон. - 2017. - № 11. С. 20–36.

3. Лескина Э.И. Управление талантами как основа кадровой политики в эпоху цифровизации: проблемы и перспективы правового регулирования. // Вестник Саратовской государственной юридической академии – 2021. - №2. С. 238 – 245.

4. Полевая М. В. Управление талантами: трактовка, систематизация, опыт / М. В. Полевая, С. Дзаппала, Е. В. Камнева // Управленческие науки. – 2018. – №8(4). – С. 104-111.

5. Руденко Г. Г. Опыт в сфере управления талантами: от микроуровня к глобальным курсам / Г.Г. Руденко, В.Н. Сидорова, Н.В. Сидоров // Вестн. Ом. ун-та. Сер. «Экономика». – 2018. – № 1 (61). – С. 127–133.

6. Формирование синергии человеческого капитала в условиях современной экономики / А. Л. Пастухов, В. В. Угольников, О. Д. Угольникова. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2014. – 130 с.

УДК 32.019; 316.423

## **ФОРМИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОЙ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И СОЦИОКУЛЬТУРНОЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИОННОГО ПЕРИОДА**

О. Д. Угольникова<sup>1</sup>, В. А. Федотова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 191023, г. Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А, Россия;*

<sup>2</sup>*Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, 190020, Санкт-Петербург, Лермонтовский пр, д.44, Лит. А, Россия.*

На основе результатов собственного социологического исследования сделан вывод о текущем состоянии социально-экономической и социокультурной безопасности при взаимодействии регионов Северо-Запада Российской Федерации и Республики Беларусь.

*Ключевые слова:* трансформационный период, социокультурная безопасность, социально-экономическая безопасность, регион, идентичность, опрос, социальная группа, молодежь.

### **FORMATION OF A SAFE SOCIO-ECONOMIC AND SOCIO-CULTURAL ENVIRONMENT IN THE CONDITIONS OF THE TRANSFORMATION PERIOD**

O. D. Ugolnikova, V. A. Fedotova

*Saint Petersburg State University of Economic, 30-32A Griboyedov Canal, Saint Petersburg, Russian Federation, 191023;*

*St. Petersburg University of Management Technologies and Economics, 44, liter A Lermontovskii pr., St. Petersburg, Russian Federation, 1190020*

These issues are considered in the context of integration processes of the Russian Federation and the Republic of Belarus within the framework of the Union State. On the basis of the results of own sociological research the conclusion is made about the current state of socio-economic and socio-cultural security in the interaction between the regions of the North-West of the Russian Federation and the Republic of Belarus,

*Keywords:* transformation period, socio-cultural security, socio-economic security, region, identity, survey, social group, youth.

EDN ACNYJG

*Исследование выполнено в рамках ИНИР СПбГЭУ «Обеспечение социальной безопасности регионов в условиях нестабильности и формирования новых социальных угроз» (Протокол №12 заседания Научно-технического совета ФГБОУ ВО СПбГЭУ от 25.10.2023).*

<sup>1</sup>*Ольга Дмитриевна Угольникова – кандидат физико-математических, доцент, доцент кафедры безопасности населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, +7-906-235-59-49, e-mail: olga\_ugolnikova@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7944-2092;*

<sup>2</sup>*Вера Александровна Федотова – младший научный сотрудник Института управления и информационных технологий, +7-952-244-06-44, e-mail: fedotova888@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0412-0408.*

### Введение

Для обеспечения безопасности регионов Союзного государства в условиях трансформационного периода требуется установить ключевые факторы, способствующие формированию безопасной социально-экономической и социокультурной среды в этих условиях. Текущая внешняя политико-экономическая обстановка обусловила актуальность выбранной темы работы. Социологическое исследование на примере взаимодействия регионов Северо-Запада и Республики Беларусь проведено ввиду недостаточной степени проработанности. Авторами были сформулированы следующие вопросы: «В период быстротеменяющейся реальности, высокой мобильности населения задумываются ли граждане о процессе социально-экономической и социокультурной безопасности? Задумывается ли современное поколение, молодежь о территориальной, региональной идентичности? Связаны ли (и если да, то как) социально-экономическая, социокультурная безопасность с территориальной, региональной идентичностью? Какие мнения и оценки закреплены в сознании молодежи как социальной группы о взаимодействиях с населением других регионов страны, Союзного государства?». Решалась задача выявления объективных показателей и факторов, обеспечивающих безопасность в трансформационный период, общественно-значимых характеристик личности, отражающихся в оценке факторов и приобретенных установках, в наибольшей степени влияющих на формирование социокультурной и социально-экономической безопасности. Определялись основные тенденции и особенности в оценках и мнениях студенческой молодежи Северо-Запада о безопасности регионов на примерах взаимодействия Северо-Западного региона России с Республикой Беларусь.

### Постановка проблемы

Цель исследования - установить факторы, в высшей степени влияющие на формирование и обеспечение социокультурной и социально-экономической безопасности в трансформационный период, что определило объект исследования (анализ и выводы выполнены в теоретической части статьи). Мнения социальных групп на изменения в обществе в трансформационный период составили предмет исследования (описание и выводы собственного социологического исследования). Согласно мнениям опрашиваемых, сделан вывод о приобретаемых в обществе установках, в свою очередь в наибольшей степени влияющих на формирование новых факторов, укрепляющих социокультурную и социально-экономическую безопасность. Авторы считают, что учет потребностей и мнений участников межрегионального взаимодействия, молодежи, способствует устойчи-

вым и продуктивным отношениям между регионами России, Республики Беларусь, Союзного государства.

### Теоретические аспекты

Современные условия требуют решений, направленных на обеспечение социально-экономической и социокультурной безопасности в трансформационный период как новой реальности. Следует учитывать степень экономических, социальных, цивилизационных, информационных, ментальных и иных угроз российским и белорусским регионам, в целом - Союзному государству. Научная значимость данной статьи заключается в уточнении основных понятий исследования, расширении эмпирических показателей, позволяющих описывать изучаемые объекты, выявлении глубоко значимых факторов и приобретенных установок, в наибольшей степени влияющих на обеспечение социокультурной и социально-экономической безопасности. К наиболее значимым факторам, влияющим на снижение социокультурной безопасности, отнесены: дискредитация моральных и нравственных устоев, культурных ценностей. Обзор источников нормативно-правового регулирования в области национальной безопасности, других видов безопасности представлен в ([9], с. 9-11).

Введем понятие трансформационного периода – это период, в течение которого общество осуществляет коренные экономические, политические и социальные преобразования, а экономика страны переходит в новое, качественно иное состояние в связи с кардинальными реформами социально-экономической системы.

Обеспечение национальной безопасности зависит от учета ее социокультурной компоненты, включающей в качестве элементов культуру, цивилизационную самобытность и идентичность общества, и ее основным механизмом является ценностно-нормативная защита через обычаи, традиции, источники права. Суть социокультурной безопасности заключается в существовании пространственной среды, где человек, социальные группы ощущают безопасность в социокультурной среде во время трансформационных изменений общества, а непосредственно человек, социальные группы не создают угроз обществу. В то же время существуют в теории самостоятельные дефиниции «социальная безопасность» и «культурная безопасность».

Формирование безопасной социально-экономической и социокультурной среды в рамках взаимодействия сообществ по различным видам жизнедеятельности направлено на создание условий для эффективного функционирования различных социальных групп и индивидов, обеспечивая им возможности прежних и новых типов коммуникаций в условиях трансформационного

периода. Важным аспектом является учет потребностей и мнений участников этих взаимодействий, что способствует устойчивым, продуктивным отношениям между регионами, включая регионы Северо-Запада и Республики Беларусь способствуя безопасному развитию. Следует согласиться с утверждением, что «социокультурная безопасность строится ...на политике властей... и на реальных адаптационных стратегиях населения в новых социально-экономических, политико-культурных условиях» ([7], с.2).

Выявлению социокультурных факторов адаптации, влияющих на изменения жизненных позиций населения, посвящены работы Петровой Е.С. и Соломатина Д.Е. [6], включая рассмотрение основных институтов, таких как семья и семейное воспитание; уровень и качество формирования связи «личность-государство»; уровень доверия социально-экономическому и общественно-политическому строю, обществу и государству. Результаты социологических исследований, проведенных среди молодежи, установили, что в процессе социальных перемещений молодежь ищет пути интегрирования в другую социальную группу, что связано с барьерами и рисками такого перехода [5]. Кроме этого, есть сравнительные исследования молодежи по вопросам культурного профиля студенческих субкультур России и Белоруссии [8], и в рамках данного исследования было обнаружено, что системы ценностных ориентаций и ощущение общности, единения с референтными группами людей совпадают, однако есть различия в историческом и национальном самосознании. В таком случае, необходимо более подробно обратиться к анализу понятия «социальная идентичность» и его содержанию.

Идентичность не статичное и не однозначное понятие. Оно вбирает и отражает культурные, исторические, социальные, личностные и другие особенности. Маркерами идентичности, как правило, называются: язык, место рождения, культура; гордость и особость, рост патриотизма. В отдельных публикациях проанализирована взаимосвязь и взаимообусловленность идентичности и экономики. Например, в [10] отмечалось, что в подсистемах «экономика», «политика», «социальная сфера» и «культурная сфера» при кризисе первой, второй или их комбинации общество сохранит консенсус по базовым ценностям. При кризисе третьей, четвертой или их комбинации общество не сможет преодолеть кризис.

Существует глубокая связь понятия идентичности с пространственно-географическим фактором, и поэтому в научный обиход введено понятие «территориальная идентичность».

Общие подходы к понятию идентичности складывались в различных областях исследований. Как категория социального и гуманитарного

знания идентичность рассматривается Г.Я. Миленковым, а И.С. Семенов определяет ее как деятельность государства и других субъектов политического процесса. И.Н. Воробьева изучает территориальную идентичность как фактор и следствие социального участия [4]. С позиций обеспечения безопасности идентичность освещена в трудах В.А. Авксентьева [1], Идентичность как фактор безопасности в условиях нарастания степени экономических, политических, военных, социальных, цивилизационных, информационных, ментальных и иных угроз российским и белорусским регионам, а в целом - Союзному государству, включая внутренние угрозы, наибольшее внимание уделяется факторам, способствующим обеспечению безопасности.

Исследование вопросов, идентичности населения требует совершенствования методик измерения. В современных исследованиях конструируется наднациональная идентичность - в рамках Союзного государства, уровень сопряжения новой категории с категорией национальной идентичности, например, в трудах О. В. Бахловой и И. В. Бахлова [3]. Данный подход перспективен для использования на постсоветском пространстве. С 2012 г. идет активное исследование проблем общероссийской идентичности, когда началась разработка Стратегии государственной политики Российской Федерации на период до 2025 г. Общегражданская идентичность рассматривается в работах В.А. Ачкасова, К.В. Завершинского. Эти вопросы исследовались также в [2] Как психологический феномен, в психологии появилось сообщество «мировое гражданство». Для глубокой интеграции Российской Федерации и Республики Беларусь необходимо обеспечить управление разнообразием идентичности в сложных, многослойных обществах. Гуманитарное измерение интеграционных процессов в Союзном государстве связано с реализацией социокультурных проектов. Соотношение уровней идентичности внутри России и Республики Беларусь определит углубление или снижение их интеграции в Союзное государство, повышение или снижение уровня обеспечения его безопасности, формирование и развитие или разрушение суверенитета Союзного государства.

#### **Материалы и методы исследования**

В сентябре 2023 г. был проведен опрос среди студентов Санкт-Петербурга по указанным выше цели, объекту и предмету исследования. При проведении первичного пилотажного исследования в качестве респондентов были отобраны жители Северо-Западного региона, которые могут поделиться своими оценками и опытом взаимодействия. Обоснованием того, что в выборку вошли именно студенты, является следующее: они наиболее активная часть населения, включен-

ная в общественные процессы и острее восприимчивая к изменениям под действием внешних и внутренних факторов. Метод опроса позволяет включить необходимое количество открытых вопросов и получить качественную информацию, отражающую мнения и оценки респондентов по вопросам территориальной и других видов идентичности.

Первый этап - пилотажное исследование на небольшой группе молодежи, что позволяет выявить возможные ошибки и улучшить инструментарий. По итогам пилотажного исследования выполняется предварительный анализ полученных данных, который включает статистические методы, качественный анализ данных.

Основным методом сбора данных выбран онлайн опрос, так как данная платформа позволяет сохранить анонимность ответов респондентов и представляет возможность хранения и первичной обработки данных. Применялся также количественный метод для изучения представлений опрашиваемых по вопросам адаптации к реальности в трансформационного периода и развития безопасной социально-экономической и социокультурной среды в Северо-Западном регионе РФ и Республике Беларусь. Опрос выбран основным методом, так как служит для выявления содержательных характеристик общественного сознания и предполагает получение информации непосредственно от объекта исследования.

Отметим, что применение метода онлайн опроса имеет ряд преимуществ при проведении социологического исследования. Во-первых, он позволяет привлечь большое количество участников и получить необходимый объем данных. Кроме того, метод онлайн опроса очень доступный: участники могут заполнять анкету в удобное для них время и месте, что расширяет географию исследования. Проведение онлайн исследования позволяет минимизировать затраты времени и ресурсов на организацию и проведение опроса. Вопрос анонимности также проработан при онлайн опросах, и такое исследование справедливо претендует на честность и достоверность получаемых ответов. Результаты онлайн опроса могут быть получены быстрее, чем при использовании других методов (наблюдение или интервью). Таким образом, метод онлайн опроса представляется наиболее эффективным в случае проведенного пилотажного социологического исследования.

В ходе исследования было опрошено 300 респондентов. В выборке представлены юноши (42%) и девушки (58%), в возрасте от 17 лет до 35 лет, при этом основной массе опрошенных больше 22 лет (65%). В выборочную совокупность попали обучающиеся бакалавриата, специалитета, магистратуры, аспирантуры очной и заочной форм обучения, а также обучающиеся кол-

леджа ЧОУ ВО «СПбУТУиЭ». Распределение респондентов по уровню образования: обучающиеся институтов 80%, студенты колледжа 20% опрошенных.

По региону проживания большинство респондентов являются жителями Санкт-Петербурга и Ленинградской области (рис 1). По 3 респондента из Архангельской, Мурманской областей, 2 из Калининградской области и по одному из Белгородской, Тверской областей, Республики Карелия и Республики Саха (Якутия).

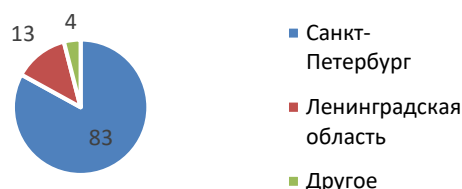


Рисунок 1 – Распределение ответов по региону проживания (в % к числу опрошенных)

Основная часть респондентов родились и выросли в городе, таким образом, среди опрошенных основная часть городские жители (72 %), из них 15% выросли в столице, 57 % – крупном городе, 22 % - в поселке городского типа, и 6 % - в сельской местности (рис.2).

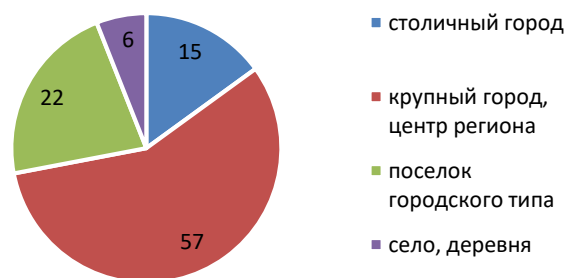


Рисунок 2 – Распределение ответов о происхождении респондентов (в % к числу опрошенных)

Анкета включает несколько блоков вопросов, касающихся:

1. социально-демографических характеристик респондента;
2. оценки текущего состояния социально-экономической и социокультурной безопасности, частоты и направленности (туризм, бизнес, образование, родственные связи и т.д.) взаимодействий между жителями регионов Северо-Запада России и Республике Беларусь, тенденций изменения взаимодействий жителей регионов за последние годы, их оценка;
3. оценки общности, близости, схожести граждан регионов Северо-Запада России и Республики Беларусь, мнение о возможных общих социально-значимых характеристиках или их отсутствии.



4. наиболее значимых факторов, влияющих на создание безопасной социально-экономической и социокультурной среды в регионах Северо-Запада России и Республике Беларусь и отношение населения к реальности в условиях трансформационного периода: политическое, экономическое сотрудничество, культурное взаимодействие, сотрудничество в области образования, в других социальных сферах.

### Обсуждение и результаты

Рассмотрим последовательно, какие установки относительно социально-экономической и социокультурной среды в регионах Северо-Запада России и Республике Беларусь сформировались у молодежи и как они порождают определенные устойчивые взгляды на территориальную (региональную) идентичность и мнения в различных оценках взаимодействия регионов Союзного государства.

Заслуживающим внимания представляется сравнение оценок текущего состояния безопасности в регионах Северо-Запада России и Республике Беларусь. По мнению 82% респондентов оно оценивается как разная степень безопасности в регионах (рис.3).

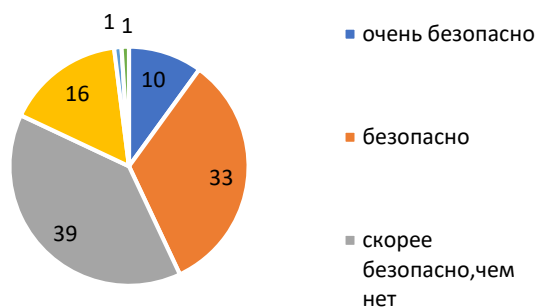


Рисунок 3 – Оценка текущего состояния безопасности в регионах Северо-Запада России и Республике Беларусь (в % к числу опрошенных)

Отметим, что текущее состояние безопасности в регионах Северо-Запада России и Республике Беларусь молодежью оценивается в большей степени положительно, так 39% опрошенных представляют текущее состояние как «скорее безопасное», что является наиболее распространенным ответом. Негативные оценки безопасности также присутствуют среди ответов, однако так считают менее 1/5 опрошенных.

Анализируя оценки важности взаимодействия регионов Северо-Запада России с Республикой Беларусь, более 90% опрошенных оценивают наличие такого взаимодействия достаточно высоко, заявляя оценки такому взаимодействию как «очень важно» и «важно» (рис. 4).

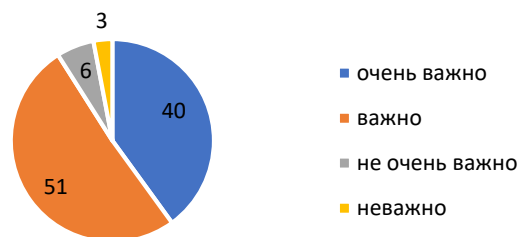


Рисунок 4 – Распределение ответов об оценке уровня важности взаимодействия регионов Северо-Запада РФ и Республике Беларусь (в % к числу опрошенных)

Процент респондентов, взаимодействующих с гражданами других регионов в реальности, не дистанционно, невысок. Распределение ответов на вопрос о целях и частоте взаимодействий с жителями Республики Беларусь (поездки, бизнес, туризм и т.д.) представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Распределение ответов о целях и частоте реального, не дистанционного взаимодействия (в % к числу опрошенных)

Вид взаимодействия	Регулярно (несколько раз в месяц)	Иногда (несколько раз в год)	Редко (раз в год или реже)	Никогда не взаимодействовал
Туризм	4	7	21	52
Бизнес	3	6	5	89
Торговля	3	7	9	76
Образование и наука	4	7	7	76
Культура	5	8	12	68
Спорт	5	6	9	74
Родственные связи	4	12	7	70

Наиболее частые взаимодействия среди молодежи связаны с целью посещения родственников, а также туризмом, культурой, образованием и спортом.

Среди ответов студенческой молодежи об ощущении общности граждан России и граждан

Республики Беларусь преобладают оценки, связанные с наличием общей идентичности (рис.5).

Так на вопрос об ощущении общности, близости с гражданами Республики Беларусь ответы распределились следующим образом: 23% опрошенных склонны чувствовать данную общ-

ность всегда, 19 – часто, 38 – иногда. Каждый пятый из опрошенных высказал мнение, что общности с гражданами Республики Беларусь нет.

Для студенческой молодежи важно идентифицировать чувство общности с конкретными показателями, поэтому был задан уточняющий вопрос о том, что именно, по их мнению, служит объединяющим началом граждан России с гражданами Республики Беларусь, и был возможен выбор не более трех вариантов ответа из предложенных 10 вариантов (рис. 6).

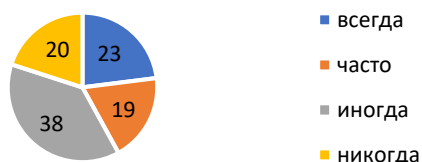


Рисунок 5 – Распределение ответов о чувстве общности, близости граждан России и граждан Республики Беларусь (в % к числу опрошенных)



Рисунок 6 – Распределение ответов о возможных причинах объединения на основе фактора идентичности (в % к числу опрошенных)

В качестве того, что могло бы объединить с гражданами Республики Беларусь были выбраны следующие показатели: «историческое прошлое», так ответили 52 % респондентов, «культура, обычаи, праздники» - это второй по популярности ответ, так считают 47% опрошенных, и на третьем месте ответ «родная земля, территория, природа» - так считают 42% опрошен-

ных. Несмотря на то, что для большинства опрошенных родственные связи являются главной причиной для взаимодействий, для объединения в большей степени значимыми становятся территориальные и социокультурные факторы. Наименьшее число выборов у ответа «общее государство» (11%), то есть для молодежи нет осознанной идентификации с общим государством как фактором для объединения граждан. Анализируя ответы о влиянии различных факторов, по мнению студенческой молодежи, на создание безопасной социально-экономической среды в регионах Северо-Запада России и Республике Беларусь, выявлены следующие особенности (рис. 7).



Рисунок 7 – Распределение ответов о факторах, которые влияют на создание безопасной социально-экономической среды в регионах Северо-Запада РФ и Республике Беларусь (в % к числу опрошенных)

Оценивая различные факторы, которые влияют на создание безопасной социально-экономической среды в регионах Северо-Запада России и Республике Беларусь, большинство респондентов выбирают как наиболее важные уровень экономического развития и качество жизни (64% и 56%, соответственно). Среди респондентов 34% на третье место выдвигают два фактора: политическая стабильности и уровень, доступность образования. Таким образом, по мнению респондентов наиболее значимы для создания безопасной социально-экономической среды являются следующие экономические факторы: уровень экономического развития и качество жизни (наиболее широкое понятие, отражающее уровень жизни населения).

Респондентам также было предложено выбрать наиболее значимые направления развития взаимодействия и сотрудничества регионов Северо-Запада России с Республикой Беларусь и успешной адаптации населения к новым вызовам в условиях трансформационного периода (рис.8).



Рисунок 8 – Распределение ответов о наиболее значимых направлениях развития взаимодействия регионов Северо-Запада РФ с Республикой Беларусь (в % к числу опрошенных)

Распределение ответов свидетельствует, что по мнению студенческой молодежи наиболее значимыми являются экономическое и политическое направления. 64% опрошенных считают, что успешное политическое взаимодействие и сотрудничество между регионами Северо-Запада РФ и Республикой Беларусь, включая разработку общих государственных стратегий и программ, в большей степени способствует развитию взаимодействий между регионами. Почти столько же респондентов, 62% опрошенных, считают: укрепление экономических связей и развитие торговли между регионами стран способствуют успешной адаптации населения в условиях трансформационного периода. Отметим, что на третьем месте по значимости респондентами выбран ответ, связанный с развитием образовательных программ, обменом знаниями и опытом в этой социальной сфере между регионами (28%). Социокультурный аспект безопасности у молодежи не находится в области приоритетов взаимодействия между регионами России и Республики Беларусь (развитие межкультурного диалога, сотрудничество в области культуры, туризма 22% и 21%, соответственно).

В качестве открытого вопроса респондентам было предложено написать позитивные и

негативные, на их взгляд, изменения во взаимодействии регионов Северо-Запада России и Республики Беларусь за последние годы. Среди позитивных были перечислено свыше 180 развернутых предложений. Ответы были сгруппированы по содержательным характеристикам. Среди позитивных изменений отмечены: укрепление экономических связей, увеличение объема торговли, расширение туризма, улучшение политических отношений, развитие дружественных связей и другие. Например, такие ответы респондентов: «...взаимодействие в торговле и экономической сфере активно развивается», «...регионы реализуют совместные проекты и инициативы для развития своих отношений», «позитивные моменты появились как расширение сотрудничества в сферах экономики, науки и образования», «...много позитивных изменений, развитие сотрудничества и туризма», «...более дружеские отношения». Для ответа в графе о негативных изменениях большая часть респондентов ответили, что таких не наблюдается. 12 развернутых ответов касались представлений о негативных изменениях в экономическом взаимодействии, политической нестабильности и медленных темпов сотрудничества в развитии инноваций.

### Выводы

Теоретический и практический результат изучения вопросов формирования безопасной социально-экономической и социокультурной среды в условиях трансформационного периода на примере взаимодействия регионов Северо-Запада России с Республикой Беларусь представляет комплексное исследование, включающее оценку текущего состояния безопасности, частоты и направленности взаимодействий между жителями регионов Северо-Запада России и Республики Беларусь, тенденции изменений во взаимодействии регионов, произошедшие за последние годы и их оценка по показателям социально-экономической и социокультурной безопасности со стороны обучающейся молодежи в возрасте до 35 лет. Анализ полученных данных позволит установить, какие факторы оказывают наибольшее влияние для формирования и развития безопасной социально-экономической и социокультурной среды на примере взаимодействия регионов Северо-Запада России с Республикой Беларусь. Результаты исследования значимы для разработки программ и проектов, направленных на развитие взаимодействий между регионами в рамках Союзного государства, а также для определения приоритетных направлений сотрудничества. В результате проведенного исследования выявлена необходимость активизации развития сотрудничества в сфере культуры, туризма, других направлений социокультурной сферы, общественных социокультурных инициатив для межкультурного диалога.

На основе полученных результатов сделаны выводы о достаточно глубокой, по мнению студенческой молодежи, взаимосвязи между регионами Северо-Запада России и Республикой Беларусь, общности и ощущении совместной безопасности, необходимости развития сотрудничества не только в экономике, но в сфере социального взаимодействия и межкультурного диалога. Особенностью оценок и мнений обучающейся молодежи Северо-Запада о безопасности регионов стала недооценка социокультурной безопасности: этот аспект не находится в области приоритетов (на примерах взаимодействия Северо-Западного региона России с Республикой Беларусь развитие межкультурного диалога, сотрудничество в области культуры, туризма как значимый фактор назвали 22% и 21% опрошиваемых, соответственно).

Для дальнейшего исследования актуальна выработка конкретных мер по формированию знаний обучающейся молодежи о значимости социокультурной безопасности в системе общей

безопасности регионов, национальной безопасности государства. На основе результатов пилотного социологического исследования установлена важность проведения мероприятий, направленных на развитие сотрудничества России и Республики Беларусь в социально-экономической и социокультурной сфере: гуманитарной мобильности, обмена культурными и духовными ценностями, наибольшей доступности регионов Союзного государства с целью глубокого ознакомления с их историей, культурой, традициями, достижениями.

### Литература

1. Авксентьев В. А. Идентичность как фактор безопасности // Наука: комплексные проблемы. Изд-во Адыгейского госуниверситета. №1 (1), 2013. С. 52-56.
2. Александрова С. Ю., Угольникова О. Д. Общероссийская идентичность как культурологический аспект обеспечения социальной безопасности // Инновационные технологии и вопросы обеспечения безопасности реальной экономики. В сб.: Материалы IV Всероссийской науч.-практ. конференции. Под редакцией Г.В. Лепеша, О.Д. Угольниковой, С.Ю. Александровой. Санкт-Петербург, 2022. С. 5-14.
3. Бахлова О. В., Бахлов И. В. Политика идентичности в контексте нациестроительства и интеграционного взаимодействия (на примере Союзного государства Беларуси и России) // Регионология. Том 28, № 4, 2020. С. 723-753.
4. Воробьева И. Н. Территориальная идентичность населения как фактор и следствие социального участия // Социологическая наука и социальная практика. 2023. Т. 11, № 1. С. 70-85.
5. Камботова Ж.В. Динамика жизненных позиций молодежи в контексте социокультурной адаптации: региональный аспект. Автореферат дис. на соискание ученой степени канд. соц. наук: 22.00.06 - Майкоп, 2008. - 27 с.
6. Петров Д.С., Соломатина Е.Д. Социально-экономические аспекты социокультурной адаптации российской молодежи // СТЭЖ. 2016. №1 (22). С.131-135.
7. Польшенко О.В. Социокультурная безопасность в работах отечественных ученых. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsiokulturnaya-bezopasnost-v-rabotah-otechestvennyh-uchenyh?ysclid=Izqcaqo77955684380>
8. Селиванова З.К. Сравнительный социологический анализ культурного профиля студенческих субкультур России и Белоруссии // Вестник МЭИ. 2020. № 1. С. 109—117.
9. Социальные опасности: учебное пособие / Г.В. Лепеш, О.Д. Угольникова, С.Ю. Александрова. – СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2023.– 80 с.
10. Федотова Н. Н. Роль идентичности в развитии экономики и модернизации // Философия и культура. — 2012. — № 10. — С. 76–86.

## АНАЛИЗ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ (НА ПРИМЕРЕ МИКРОРАЙОНА ЧКАЛОВСК)

В. Д. Марченко<sup>1</sup>, М.А. Завалова<sup>2</sup>, Н.Х. Сагателян<sup>3</sup>

*БФУ им. И. Канта, ОНК «Институт высоких технологий»,  
Калининград, Россия, ул. Генерал-лейтенанта Озерова, 57.*

В статье на примере развития микрорайона Чкаловск рассматривается развитие городской инфраструктуры. Показана тенденция постепенного развития социальной инфраструктуры, принятая в Калининградской области, основанная на разделении всей инфраструктуры на меньшие части, что приводит к более эффективным решениям ее развития.

*Ключевые слова:* инфраструктура, городская инфраструктура, жилищное и коммунальное хозяйство, благоприятная и комфортная среда

## ANALYSIS OF URBAN INFRASTRUCTURE (BASED ON THE EXAMPLE OF THE CHKALOVSK MICRORODISTRICT)

V.D. Marchenko, M.S. Zavalova, N.A. Sagatelyan

*BFU named after I. Kant, Educational and Scientific Cluster "Institute of High Technologies",  
Russia, Kaliningrad, General-Lieutenant Ozerov Street, 57.*

The article examines the development of urban infrastructure using the example of the development of the Chkalovsk microdistrict. The trend of gradual development of social infrastructure adopted in the Kaliningrad region is shown, based on the division of the entire infrastructure into smaller parts, which leads to more effective solutions for its development.

*Keywords:* infrastructure, urban infrastructure, housing and utilities, favorable and comfortable environment

Когда речь заходит о городской инфраструктуре, чаще всего подразумевают именно аспект благоустройства города, муниципального объекта, района, то есть имеется в виду социальная инфраструктура. К ней относятся объекты как жилищного, так и коммунального хозяйства, которые обеспечивают комфортное проживание населения и функционирование общества в целом; включает объекты здравоохранения, социальной поддержки отдельных групп населения, образования и науки, культуры и искусства, физической культуры и спорта, а также рекреации и досуга. По сути, создание наиболее благоприятной и комфортной среды обитания всегда было и остается самой важной и значимой задачей для государства (чем и занимаются органы местного самоуправления). Комфортность и общий уровень развития благоустройства города складываются из этих же показателей, но уже отдельных его частей – районов. Концепция разделения всей инфраструктуры на меньшие части делает процесс развития и улучшения качества жизни населения более легким и

какой-то степени более эффективным, поскольку более глобальная задача в данном случае разбивается на меньшие по масштабу.

Данная тенденция «постепенного развития» прослеживается и в Калининградской области. Она становится более комфортной, развитой и туристически привлекательной, так сказать, поэтапно – улучшается город за городом, район за районом. Взять в пример хотя бы Зеленоградск и бывший Балтрайон. Одним из таких субъектов стал как раз микрорайон Чкаловск. Его история начинается с усадьбы Танненвальде (рис. 1), которая впервые упоминается в XVI веке. Он располагался у южной опушки Фритценского леса. Усадьба успела сменить восемь хозяев прежде, чем начал строиться новый посёлок Зидлунг в северо-востоке от неё в 1919 году после постройки железной дороги. В имени на тот момент уже проживало 432 человека. В 1929 году, на десятилетие посёлка, была построена народная школа (Otto Braun-Schule) и освящена новая кирха, а к 1938 году население выросло до 2669 человек. К началу XX века здесь была

EDN BUGSVG

<sup>1</sup>Марченко Виктория Дмитриевна - канд. эконом. наук, доцент, Калининград, Россия, e-mail: [VDMarchenko@kantiana.ru](mailto:VDMarchenko@kantiana.ru);

<sup>2</sup>Завалова Мария Сергеевна – студентка направления «Сервис МКД», Высшая школа междисциплинарных проблем и инжиниринга, e-mail: [MZavalova@stud.kantiana.ru](mailto:MZavalova@stud.kantiana.ru);

<sup>3</sup>Сагателян Нарине Хареновна – старший преподаватель, e-mail: [NaSagatelyan@kantiana.ru](mailto:NaSagatelyan@kantiana.ru).

народная школа, кирпичный завод, пекарня, железнодорожная станция. В 1935 году рядом с посёлком начали сооружать военный аэродром. В состав Кёнигсберга посёлок вошёл 1 апреля 1939 года.

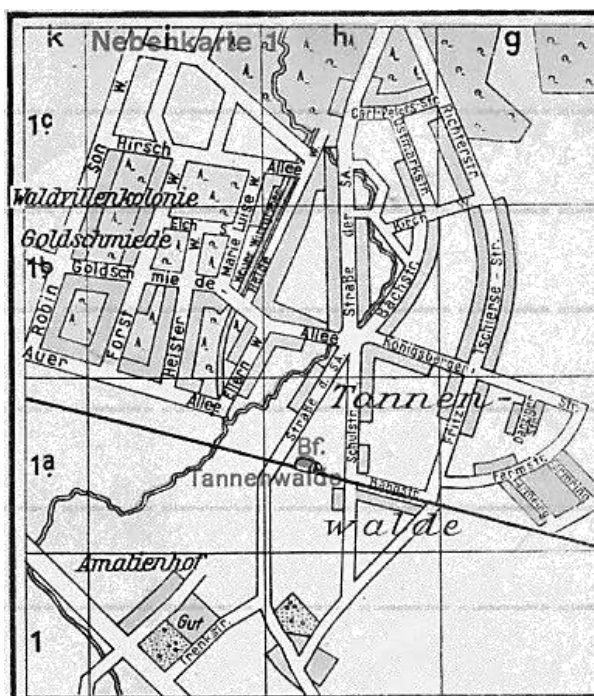


Рисунок 1 – Расположение старой усадьбы

Само имение было полностью снесено при строительстве новой автомобильной дороги, огибающей увеличившийся аэродром. Вошедшие в состав посёлка Чкалово (после очередного переименования в 1949 году из Чкаловского городка) посёлки Проверен (Prowehren) и Штритткайм (Strittkeim) более не существуют. В дальнейшем название Чкалово официально трансформировалось в Чкаловск.

Чкаловск – микрорайон, входящий в состав города Калининграда. Административно он относится к Центральному району города, расположен непосредственно за окружной дорогой (рис. 2), рядом с дорогой Калининград - Светлогорск. Имеется железнодорожная станция на линии Калининград — Пионерский — Светлогорск (станция Чкаловск-Западный). С центром Калининграда посёлок связан четырьмя маршрутами (№ 23, № 31, № 36, № 72). При въезде в Чкаловск раньше проходили троллейбусы № 1 и № 2, которые сменили маршрут после строительства новых развязок на Советском проспекте. В сам посёлок протянуть троллейбусную линию нельзя из-за пересечения с линией электричек.

Танненвальде (нем. *Tannenwalde*) означает «Еловый лес». И по особенности расположения поселка (ныне микрорайона) становится ясно причина давнего названия: спустя столько

лет Чкаловск по-прежнему окружен лесом. Именно наличие лесополосы и отсутствия промышленных предприятий даёт ему преимущество в экологическом вопросе. Воздух в микрорайоне гораздо чище, чем в центре города.

Рассматривая микрорайон с точки зрения благоустройства, стоит начать с объектов здравоохранения. В Чкаловске на данный момент имеется:

- детская поликлиника;
- городская больница (№3);
- медицинско-диагностический центр;
- 7 аптечных пунктов (1 из которых работает круглосуточно);
- 3 стоматологических центра.

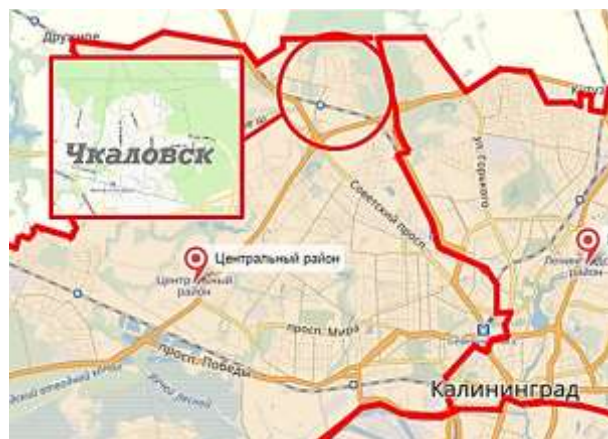


Рисунок 2 – Географическое расположение микрорайона

Для сравнения, в Холмогоровке есть всего один аптечный пункт, который работает до девяти вечера, поликлиник и прочих организаций нет.

Что касается объектов образования и науки - дела обстоят весьма хорошо, особенно если сравнивать с другими районами. В пределах микрорайона уже построены школа, 2 государственных детских сада и 1 частный, а с недавних пор функционирует и автошкола.

На начало учебного 2019-го года в школе №11 было скомплектовано около 50 классов - это примерно 1500 учеников. обучение ведется в две смены: около 1000 учеников в 32 классах в первую смену и 500 учеников в 20 классах – во вторую. Здание школы, по сути, состоит из двух «соединенных» между собой корпусов в 4 этажа. Как можно было заметить, учреждение перестало справляться с потоком учеников. Главным вопросом стало улучшение прилегающей территории (спортивной инфраструктуры) и строительство нового корпуса. До 2019-го года на заднем дворе здания была лишь заасфальтированная спортплощадка, которая уже несколько лет нуждалась в ремонте, однако к

этому году была уже устроена совсем новая площадка. Теперь она состоит из стадиона со спецпокрытием, некотором расположены несколько огороженных высоким забором полей для различных видов спорта (футбольное, волейбольное и баскетбольное поля), а также комплекс турниров-тренажеров. Вопрос с новым корпусом остро стоял несколько лет, и вот сейчас, в 2023-ем году, начали строительство, которое временно лишило школу нового спорткомплекса.

Детский сад №51 состоит из трех корпусов - 2 старых и 1 новый. Старый детсад довольно невелик, он может вместить около 80-100 детей. Таким образом, жители микрорайона снова нуждались в расширении учреждения. Новый корпус, несмотря на проблемное строительство, открыли в 2015-ом году. В детсаде было организовано 17 групп, рассчитанных на 460 мест, что позволило полностью ликвидировать очередь в Чкаловске. Трехэтажное здание было в 4 раза больше старого. В соответствии с современной практикой строительства, детсад предлагает своим воспитанникам много возможностей: занятия в бассейне, в компьютерном, гимнастическом, тренажерном и музыкальном залах. Площадки и беседки для прогулки стали гораздо больше, в отличие от старых корпусов, были отлично обустроены для игр детей и их физической активности.

Объекты физической культуры и спорта микрорайона представляют собой:

- 2 фитнес-клуба;
- спортивно-оздоровительный комплекс «Легион»;
- 2 больших стадиона (включая школьный);
- спортивные и детские площадки в каждом дворе.

Так же пару лет стоит вопрос о строительстве полноценного ФОК-а, который должен представлять собой отдельное сооружение, в котором можно будет заниматься в бассейне, спортзале, фитнес-зале и спортивных секциях.

Объектами рекреации и досуга в Чкаловске являются:

- «Аллея героев морской славы и авиации» ;
- территория у Голубого ручья;
- прогулочная зона «Аистенок» (тропа здоровья) ;
- Почта России;
- 6 парикмахерских, 11 салонов красоты и 1 ногтевая студия;
- около трех десятков продуктовых магазинов (в т.ч. крупные «Виктория – Квартал» и «Спар»);

- 2 АЗС;
- кафе-рестораны «Чикаго», «Вива Олива» и «Одесса Мама»;
- автосервис «Чкаловский»;
- подростковый клуб «Авиатор»

К данной категории также попадают различные мелкие кафе, организации быстрого питания, пункты выдачи, магазины «товаров для дома» и «бытовой химии», магазины строй-товаров, а также детских товаров, колясок и одежды.

С объектами культуры и искусства ситуация попроще. В микрорайоне имеются (рис. 3):

- Дом Культуры Чкаловский;
- библиотека;
- православный храм - Владимирская церковь;
- мемориальная площадь ВОВ;
- мемориальные доски, закладные камни
- школьный музей краеведения.

Однако, анализируя историю развития, стоит сказать, что Чкаловск был таким не всегда, всё изменилось после составления и утверждения проекта генерального плана Калининграда. Генеральный план является главным градостроительным документом, на основе которого составляются все конкретные проекты планировки и застройки города. Он определяет дальнейшие перспективы его развития, а в соответствии с ним уже решаются текущие вопросы - где построить школу, разместить жилой квартал, проложить дорогу и так далее.

Особое внимание было уделено перспективам развития Чкаловска. Так, здесь уже зарезервированы два места для возведения спортивно-физкультурных объектов: спортивно-оздоровительного комплекса в районе улиц Гавриленко-Авиационной-Лукашова и многофункционального развлекательного комплекса в районе развязки на пересечении Советского проспекта и ул. Большой Окружной. Также выделены территории для строительства нового корпуса школы №11 на 800 человек, трех детских садов вместимостью до 500 мест на улицах Лукашова и Докуча. Генплан предусматривает и устройство зон отдыха, благоустройства парковой зоны, скверов, бульваров и набережных. Городские власти хотят создать и благоустроить парковую зону в районе Чкаловска на участке площадью 2,6 га. Судя по визуальным материалам проекта Генплана, планируется благоустройство ещё ряда скверов в посёлке. А вот строительство отдельных медицинских учреждений в поселке не планируется. После строительства новой дороги по улице Планерной, которая соединяет бывший посёлок с Сельмой и Окружной, некоторые жители посчитали, что по этой дороге калининградцы по дороге на море будут пытаться объехать пробку на Советском проспекте. По словам

вице-мэра Крупина, никто срезать дорогу не будет, потому что планируется реконструировать окружающую и расширить Советский проспект. Действительно, строительство новых развязок на проспекте уже началось, однако же калининградцы всё-таки объезжают пробки через микрорайон, который долгое время и без того буквально страдал от пробок, что сподвигли власти на постройку новой дороги-Планерной.



Рисунок 3 – Образовательные учреждения:  
а – ДК Чкаловский; б – библиотека №19; в – Владимирская церковь; г – Мемориал Великой Отечественной войны.

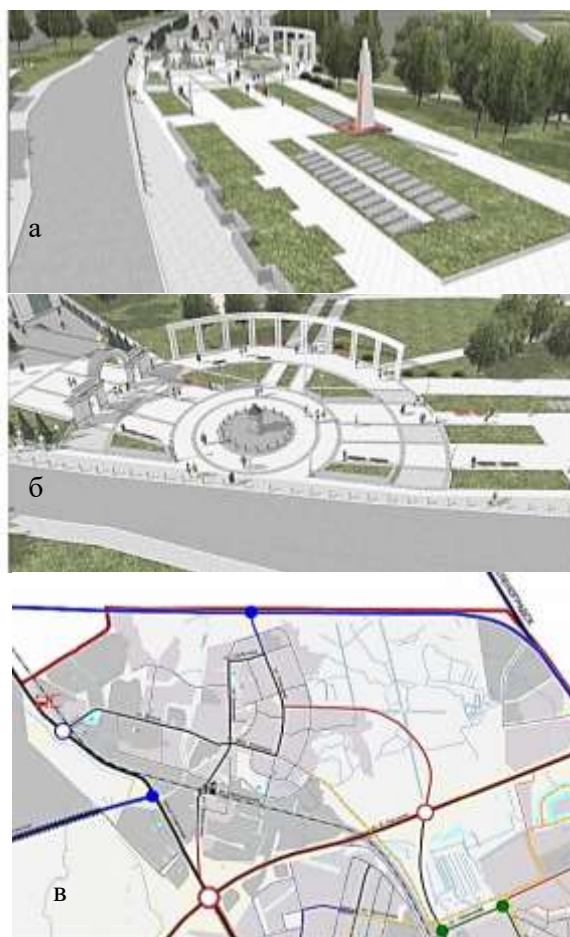


Рисунок 4 – Некоторые проекты-макеты плана:  
а, б – макет пешеходной зоны от храма до мемориала; в – новая транспортная схема (развязки и трассы, призванные «разгрузить» поток).

Как бы то ни было, строительство новой дороги значительно облегчило и смягчило ситуацию в микрорайоне. Оно позволило добавить новый автобусный маршрут (№23), следующий через Сельму в центр города и далее в бывший Балтрайон, а также власти услышали и просьбы граждан об устройстве пешеходной зоны. Дорогу для пешеходов вместе с велосипедной дорожкой окончательно проложили только к концу 2022 – началу 2023 г. Отныне по Планерной больше не ездят велосипедисты и не ходят люди у обочин.

Задолго до начала крупных изменений, был реализован проект, авторы которого старались предусмотреть все необходимое для комфортного проживания – надежные дома, возводимые в срок, приятное окружение, развитую инфраструктуру и благоустроенные придомовые территории – ЖК «Новый Чкаловск». Новый Чкаловск (архитектор С.В.Чечин) строился в едином архитектурно-планировочном ансамбле, при разработке которого особое внимание было уделено комфортной визуальной среде и экологии. Кирпичные невысокие дома, чем-то





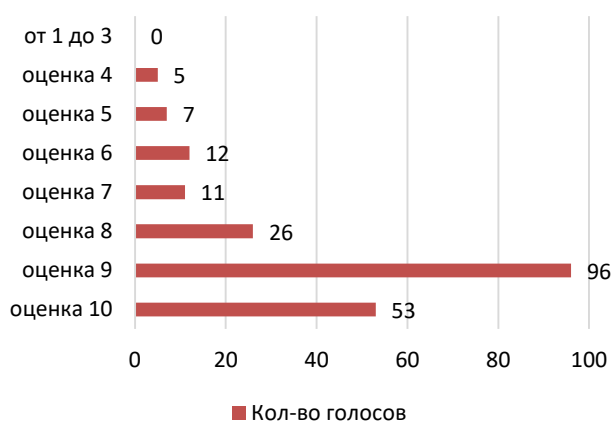
Работы по плану выполняются вручную. В том числе город был намерен облагородить пруд, из которого вытекает ГЧ-2. Там сделали пешеходные дорожки, установили малые архитектурные формы, одна из которых являлась небольшой статуей похожей на выдру, которая посвящена маленькому жителю пруда - андатре, и построили долгожданный раздвоенный мостик. Проектом также было предусмотрено благоустройство прибрежной рекреационной зоны в Чкаловске в границах улиц Беланова, Горбунова, Мира, Жиленкова, Габайдулина, Калачева.

Все нововведения пошли только на пользу пребывания жителей на территории их любимого микрорайона. Однако, несмотря на них, существует ряд проблем, которые либо уже были и обострились, либо появились недавно. Был проведен анонимный опрос в 210 человек, в число которых входят ученики старших классов школы №11, а также жители микрорайона, результаты которого приведены ниже.

Другое: бездомные животные, среднее качество образования, различные жалобы на обработку территорий от клещей (подцепить их можно, например, просто гуляя по улицам с питомцем, загрязненный водоем (Голубой ручей), периодические отключения подачи электричества, шум самолётов. Проанализировав результаты опроса и состояния микрорайона на данный момент, можно сделать вывод, что жителям, в большинстве своем, комфортно проживание на территории Чкаловска (большая часть опрошенных оценили комфорт оценкой 8-10).

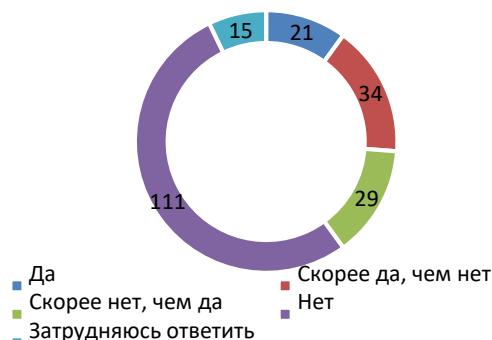
▽ Насколько Вам комфортно и удобно жить в Чкаловске по шкале от 1-10?

**Оценка комфортности**



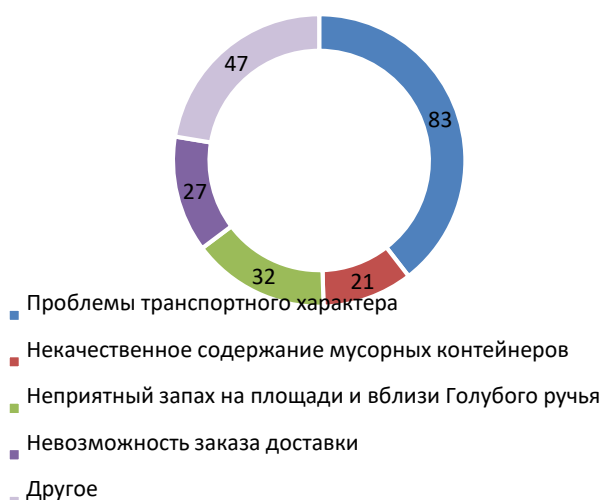
▽ Чувствуете ли Вы неудобства и недостаток в каких-либо объектах, удовлетворяющих ваши потребности (продуктовые магазины, аптеки, спортивные площадки, рекреационные ресурсы и т.д.)?

**Ощущение неудобств**



▽ Какие, по Вашему мнению, минусы в микрорайоне Чкаловск?

**Самые частые ответы**



Действительно, не каждый район способен похвастаться большим количеством инфраструктурных объектов, способных удовлетворить потребности населения, что буквально находятся друг от друга в шаговой доступности. Однако же, самой часто встречаемой проблемой по сей день остается транспортный вопрос. По генплану Чкаловск задумывался как современный жилой микрорайон в окружении естественной природы, расположенный в Центральном районе Калининграда всего в 20 минутах езды от центра города, но в итоге добраться до туда на общественном транспорте пока удается в среднем лишь за 40 минут, что обуславливается частой задержкой автобусов, скоростью их передвижения и, естественно, загруженностью дорог. Большое количество жителей бывшего посёлка часто жалуются на автобусные маршруты, которых стало, казалось бы, больше, но ждать их приходится гораздо дольше. Стандартной картиной частенько является ожидание автобусов и маршрутки до Чкаловска от получаса до, порой, часа, а то и полутора часов. Ещё чаще маршруты забиты людьми под завязку в час-пик, что является нормальной ситуацией во многих городах, никто не исключение, но у жителей микрорайона нет выбора, в отличии

от многих других, кто живет ближе, и чья остановка находится «по дороге» к Чкаловску и у кого есть альтернатива в виде других маршрутов, что ходят гораздо чаще. В 2023-ем году, например, проблема с маршрутом №31 обрела свой апогей, когда по расписанию автобусы часто не выходят, а в течении двух часов на линии может находиться всего 1 автобус, либо вовсе ни одного. Так же, проблему усугубило изменение маршрутов троллейбусов №1 и 2, на которых можно было добраться до Южного рынка или Московского проспекта без пересадок. Всё это в совокупности привело к напряженной ситуации, которую лишь немного облегчает наличие ж/д станции и курсирующих электричек через неё.

В Калининграде запретили строить жильё на территориях с повышенным уровнем шума. О таком запрете пару лет назад сообщил исполняющий обязанности главы городского комитета территориального развития и строительства Антон Коновалов. Он пояснил, что такие ограничения были и раньше. Однако, практика их применения стала актуальной относительно недавно. Живой пример — Чкаловск. После того, как после реконструкции вновь начал функционировать военный аэродром, дискомфорт стали испытывать не только население микрорайона, но и областного центра.

Ещё одной пока, к сожалению, неизменной проблемой является «мусорный вопрос». Многие мусорные контейнеры (в особенности на ул. Мира, ул. Горбунова, ул. Лукашова и ул. Попова) не имеют должного содержания и оборудования. К примеру, жители дома №7-Б борются с управляющей компанией и муниципальными организациями по поводу оборудования мусорных контейнеров (число которых увеличили, поскольку и другой двор также использовал когда-то одинокий контейнер), поскольку перенос оказался невозможным, которые стоят буквально в десяти метрах от дома, к которым выходят окна квартир собственников. В ветренные дни мусор разносит почти по всей улице, он часто остается так лежать неделями, в жаркие дни от контейнеров исходят зловонья, что летят напрямик в окна жителей. И наконец, проблема с неприятным запахом у Голубого ручья стоит уже пару последних лет. Проблема обострилась, поскольку микрорайон нуждается в замене канализационных каналов, из-за которых запах не уходит и усиливается. По словам заместителя главы администрации, председателя комитета архитектуры и строительства Артура Крупина, на сегодняшний день продолжают работы по устройству напорного коллектора от центральной канализационной станции в поселке Чкаловск (по генплану: Реконструкция существующих КНС (КНС по ул. Докука, центральной КНС), реконструкция канализационных коллекторов в мкр. Чкаловске – магистральные сети).

Суммируя всё вышесказанное, можно сказать, что несмотря на многие проблемы и недостатки, Чкаловск был и остаётся уютным микрорайоном, который больше походит на маленький обособленный городок. За последние 10 лет состояние бывшего посёлка сильно улучшилось, и не перестает идти вперед в своём развитии. Хоть генеральный план уже определил основные перспективы микрорайона: увеличение жилищной застройки, реконструкция и строительство объектов физической культуры и спорта, объектов культуры и искусства, объектов рекреации и досуга, улучшение и реорганизация мест сбора мусора, а также расширение транспортных возможностей для жителей, нет предела совершенству, новое заменит старое. Инфраструктура была и будет основной составляющей комфортности проживания населения, развитие которой будет зависеть от жилищно-коммунального комплекса, его служб и их квалифицированного персонала.

### Литература

1. Новый выезд и спорткомплекс: что ожидает Чкаловск по новому Генплану. [https://www.newkaliningrad.ru/realty/publications/9191400-novyy\\_vyezd\\_i\\_sportkompleks\\_chno\\_ozhidaet\\_chkalovsk\\_po\\_novomu\\_genplanu.html](https://www.newkaliningrad.ru/realty/publications/9191400-novyy_vyezd_i_sportkompleks_chno_ozhidaet_chkalovsk_po_novomu_genplanu.html)
2. В Чкаловске обустроят набережную за счет международного финансирования <https://kaliningrad.rbc.ru/kaliningrad/28/10/2019/5db6a0759a79473f6676c73d>
3. В Чкаловске планируют благоустроить сквер с самолётом ИЛ-28 (фото) <https://kaliningrad.bezformata.com/listnews/planiruyut-blagoustroit-skver-s-samoljotom/73870908/>
4. Из технической зоны — в территорию для отдыха: в Чкаловске очищают озеро  
Вести Калининград  
18 января 2021, 06:06 Об этом сообщает "Рамблер".  
Далее: [https://news.rambler.ru/ecology/45624982-iz-tehnicheskoy-zony-v-territoriyu-dlya-otdyha-v-chkalovske-ochischat-ozero/?ysclid=lq8m1pipvg138117296](https://news.rambler.ru/ecology/45624982/?utm_content=news_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink)
5. Генеральный план городского округа «Город Калининград» (в редакции постановления Правительства Калининградской области от 05.08.2021 № 474) <http://sntoctober.ru/files/2022/Genplan%20Kaliningrad.pdf>
6. Работы по объекту «Реконструкция гидротехнических сооружений и улучшение санитарно-экологического состояния притока реки Голубой с благоустройством рекреационной зоны в границах ул. Беланова - ул. Горбунова – ул. Мира – ул. Жиленкова – ул. Габайдулина – ул. Калачева в г. Калининграде»  
<https://www.roseltorg.ru/procedure/0335300000220000426?ysclid=lq8m69yljv219472869>

## ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ, ПРИНИМАЕМЫМ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМ ЖУРНАЛЕ «ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕРВИСА»

К публикации принимаются материалы научно-технического содержания по актуальным проблемам техники и технологии сервиса машин, приборов и инженерных систем жилищно-коммунального хозяйства, бытового обслуживания, дизайна, экологии, личного и общественного транспорта, не предназначенные для публикации в других изданиях.

Материалы, публикуемые в журнале, должны обладать несомненной новизной, относиться к вопросу проблемного назначения, иметь прикладное значение и теоретическое обоснование и быть оформлены по соответствующим правилам (см. <http://unicon.ru/zhurnal-ttps>).

Материалы для публикации должны сопровождаться: электронной версией статьи, представленной в формате редактора Microsoft Word (отправленной по e-mail).

**Статья должна содержать следующие реквизиты:**

- индекс универсальной десятичной классификации литературы (УДК);
- название статьи на русском и английском языках;
- фамилию имя отчество автора (авторов) полностью с указанием должности, звания, телефона и электронного адреса;
- полное наименование организации с указанием почтового индекса и адреса;
- аннотацию из 10 – 30 слов на русском и английском языках;
- 3 – 7 ключевых слова или словосочетания на русском и английском языках;
- текст статьи (8 – 15 страниц (14 пт.), номера страниц не указываются) на русском языке;
- литература (библиографические ссылки даются в конце текста в порядке упоминания по основному тексту статьи, в тексте в квадратных скобках указывается порядковый номер). Внутритекстовые, подстрочные и затекстовые библиографические ссылки (списки литературы) должны оформляться в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 – 2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

Статья представляется в электронном виде (на электронном носителе или высылается электронной почтой по адресу: [GregoryL@yandex.ru](mailto:GregoryL@yandex.ru)).

**При оформлении статьи** должны соблюдаться следующие требования.

При наборе текста используется шрифт TimesNewRoman. Интервал текста кратный, без дополнительных интервалов. Лишние пробелы между словами не допускаются. Форматирование текста (выравнивание, отступы, переносы, интервалы и др.) должно производиться автоматически.

**Иллюстрации** представляются в графических редакторах MSWindows. Все иллюстрации сопровождаются подрисуночными подписями (не повторяющими фразы-ссылки на рисунки в тексте), включающими номер, название иллюстрации и при необходимости – условные обозначения.

**Рисунки** выполняются в соответствии со следующими требованиями:

- масштаб изображения – наиболее мелкий (при условии читаемости);
- буквенные и цифровые обозначения на рисунках по начертанию и размеру должны соответствовать обозначениям в тексте статьи;
- размер рисунка – не более 15x20 см;
- текстовая информация и условные обозначения выносятся из рисунка в текст статьи или подрисуночные подписи.

Иллюстрации (диаграммы, рисунки, таблицы) могут быть включены в файл текста или быть представлены отдельным файлом.

Все **графики, диаграммы** и прочие встраиваемые объекты должны снабжаться числовыми данными, обеспечивающими при необходимости их (графиков, диаграмм и пр.) достоверное воспроизведение.

**Формулы** должны быть созданы в редакторе формул MSEquation. Защита формул от редактирования не допускается. Формулы следует нумеровать в круглых скобках, например, (2). Величины, обозначенные латинскими буквами, а также простые формулы могут быть набраны курсивом. Все латинские буквы в формулах выполняются курсивом, греческие и русские – обычным шрифтом, функции – полужирным обычным.

**Термины и определения, единицы** физических величин, употребляемые в статье, должны соответствовать действующим национальным или международным стандартам.

На последней странице рукописи должны быть подписи всех авторов. Статьи студентов, соискателей и аспирантов, кроме того, должны быть подписаны научным руководителем.

Редакция не ставит в известность авторов об изменениях и сокращениях рукописи, имеющих редакционный характер и не затрагивающих принципиальных вопросов.

**Итоговое решение об одобрении или отклонении представленного в редакцию материала принимается редакционным советом и является окончательным.**

Журнал зарегистрирован  
в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массо-  
вых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации –  
ПИ № ТУ 78-01571 от 12 мая 2014 г.

Журнал входит в Российский индекс научного цитирования  
[http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=28520](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=28520).

Журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны  
быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой  
степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук  
по следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям науки,  
по которым присуждаются ученые степени:

- 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта (технические науки);
- 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономические науки);
- 5.2.6. Менеджмент (экономические науки).

Электронная версия журнала расположена по адресу:  
<http://unecon.ru/zhurnal-ttps>

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

### *Технико-технологические проблемы сервиса* №3(69)/2024

---

Подписано в печать 30.08.2024 г. Формат 60 x 84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура TimesNewRoman.  
Печать офсетная. Объем 12,5 п.л. Тираж 500 экз. Заказ № 831

---

Адрес издателя и типографии: 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А  
Отпечатано на полиграфической базе СПбГЭУ