

# ТЕХНИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕРВИСА

ISSN 2074-1146

№ 2(64), 2023

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, издается с 2007 года

<p>Учредитель:</p>	 <p><b>Санкт-Петербургский Государственный Экономический Университет</b></p>
<p>Редакционный совет:</p>	<p><b>И.А. Максимцев</b> – ректор СПбГЭУ, д.э.н., профессор – <i>председатель совета</i>; <b>Е.А. Горбашко</b> – проректор по НР СПбГЭУ, д.э.н., профессор – <i>заместитель председателя совета</i>; <b>Г.В. Лепеш</b> – заведующий кафедрой БНиТ от ЧС СПбГЭУ, д.т.н., профессор – <i>главный редактор журнала</i></p> <p><i>Члены редакционного совета:</i> <b>Я.В. Зачиняев</b> – д.х.н., д.б.н., профессор, профессор кафедры социального и естественнонаучного образования Российского государственного педагогического 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>
<p>Editorial council:</p>	<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><i>Members of editorial council:</i> <b>Ya.V. Zachinyayev</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>
<p>Адрес редакции:</p>	<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 – 2023

# СОДЕРЖАНИЕ

## ДИАГНОСТИКА И РЕМОНТ

*Шарков О.В.* Расчетно-экспериментальная оценка ресурса роликовых механизмов свободного хода по критерию износа.....3

*Трегубов Ф.О., Трегубова И.М., Гаваев А.С.* Выявление наиболее существенных требований для проектирования городской электрической зарядной станции.....7

*Ложкин В.Н.* Научно-техническая стратегия обеспечения безопасного применения машин специального назначения в условиях чрезвычайных ситуаций.....13

*Сафиуллин Р.Н., Пыркин О.П., Сорокин К.В.* Обоснование структуры автоматизированной системы контроля технического состояния транспортного средства на основе матричного QR-кода.....17

*Буйлова М.В., Лабецкий А.А.* Современные проблемы технического обслуживания и ремонта троллейбусов в г. Калининграде.....23

*Чебоксаров А.Н.* Анализ факторов влияющих на износ шин.....31

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Башкарев А.Я., Новик А.Н., Исмаилов А.М., Русаков М.Н., Мельник К.И.* Модель оценки качества гранулометрического состава асфальтобетонной смеси.....34

*Алирзаева Л.Я., Фарзалиев М.Г.* Анализ конструкции механизмов отвода ткани на ткацких машинах.....43

*Лепеш Г.В.* К вопросу определения коэффициента трения в быстропотекающих процессах силового взаимодействия.....49

## ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЕРВИСА

*Лукьянчиков М.И., Лесных В.В.* Инновационный подход к оценке экономической эффективности проактивных методов обеспечения комплексной безопасности.....58

*Ложкина О.В., Малышев С.А.* Анализ чрезвычайного загрязнения придорожной среды полициклическими ароматическими углеводородами и тяжелыми металлами в районах с интенсивной транспортной нагрузкой.....61

*Денисов И.В.* К вопросу нормирования времени выполнения работ на мойке по самообслуживанию автомобильной техники.....67

*Наумов В.А., Великанов Н.Л.* Представление данных об осадках в строительной климатологии.....73

*Сафиуллин Р.Н., Хаотьян Т., Сафиуллин Р.Р.* Результаты исследований по внедрению интеллектуальных технологий ICV в транспортную систему городской агломераций.....78

*Великанов Н.Л., Наумов В.А., Корягин С.И.* Анализ стоимостных характеристик стальных бесшовных труб.....87

*Карпова Г.А., Кострюкова О.Н., Хорева Л.В., Максимовская О.А., Шарафанова Е.Е.* Цифровая трансформации сферы услуг в странах – участниках СНГ .....92

*Кучумов А.В.* Организация фестивалей и мероприятий для маркетинга дестинаций.....97

*Комиссарова М.А., Семенова В.Н.* Современные технологии как способ обеспечения социальной безопасности людей и суверенитета страны.....101

*Лунева С.К., Логинова Д.Д.* Анализ социально-экономических факторов, влияющих на уровень безопасности населения регионов (на примере стран Латинской Америки).....107

*Куликов А.В., Тихомирова М.С.* Перспективы развития Калининградской области в условиях особой экономической зоны: сравнительный анализ законодательства.....112

Требования, к материалам, принимаемым для публикации в научно-техническом журнале «Технико-технологические проблемы сервиса».....117



## РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСА РОЛИКОВЫХ МЕХАНИЗМОВ СВОБОДНОГО ХОДА ПО КРИТЕРИЮ ИЗНОСА

О.В. Шарков<sup>1</sup>

*Калининградский государственный технический университет (КГТУ),  
Россия, 236022, г. Калининград, Советский пр-т 1.*

Предложено использовать при оценке ресурса роликового механизма свободного хода изменение угла заклинивания за счет износа. Рассматривается методика получения диагностической модели, устанавливающей взаимосвязь между числом циклов включения механизмов и износом внутренней звездочки. Показано, что характер изменения износа можно аппроксимировать степенной зависимостью.

*Ключевые слова:* механизм свободного хода, сервисное обслуживание, технологическое оборудование, угол заклинивания, износ.

### COMPUTATIONAL AND EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE RESOURCE OF ROLLER FREEWHEELING MECHANISMS BY THE CRITERION OF WEAR

O.V. Sharkov

*Kaliningrad State Technical University (KSTU), Russia, 236022, Kaliningrad, Sovetsky ave. 1.*

The change of the jamming angle due to wear when evaluating the resource of the roller freewheel mechanism is proposed to be used. The method of obtaining a diagnostic model that establishes the relationship between the number of cycles of switching on the mechanisms and the wear of the inner sprocket is considered. It is shown that the nature of the change in wear can be approximated by a power dependence.

*Keywords:* freewheel mechanism, service, technological equipment, wedging angle, wear.

Роликовые механизмы свободного хода (МСХ) находят широкое применение в приводах различного технологического оборудования [1–10] – металлорежущих станков, пищевых и сельскохозяйственных машин, импульсных вариаторов, автотракторных стартеров, прокатных станков и др.

Количество эксплуатируемых в нашей стране МСХ составляет десятки миллионов изделий в год. При таком значительном использовании МСХ их своевременное и правильное сервисное обслуживание является важным резервом повышения технико-экономических показателей промышленных предприятий [11].

Одним из главных факторов, определяющих ресурс роликовых МСХ, является износ рабочих элементов. Как показано в работах [3, 12–14] износу в процессе эксплуатации подвергаются все основные рабочие элементы механизма (рис. 1) – внешняя обойма, заклинивающийся ролик, внутренняя звездочка.

Величина износа рабочих элементов и

степень его влияния на работоспособность механизма различна. Наибольшее влияние на ресурс механизма оказывает износ поверхности внутренней звездочки, т.к. на этой поверхности происходит взаимодействие заклинивающегося ролика и внутренней звездочки на постоянной поверхности контакта зоне.

Износ относится к внешним повреждающим факторам, которые вызывают постепенные отказы. Зная закономерности изменения износа в период эксплуатации МСХ процесс сервисного обслуживания можно прогнозировать и управлять им. Для этого необходимо иметь диагностические модели износа роликовых МСХ.

Отсутствие знаний о закономерностях износа основных рабочих элементов роликовых МСХ не только усложняет процессы расчета и проектирования механизмов, но и в значительной мере затрудняет процесс их технического обслуживания и ремонта.

<sup>1</sup>Шарков Олег Васильевич – доктор технических наук, профессор кафедры теории механизмов и машин и деталей машин, тел. +7(4012)99-53-45, e-mail: oleg.sharkov@klgtu.ru.

Теоретическая оценка износа представляет собой весьма трудную, в ряде случаев неразрешимую задачу. Например, в работе [3] теоретически исследовано влияние износа основных элементов МСХ на изменение угла заклинивания. Полученные выражения являются сложными для использования в инженерной практике.

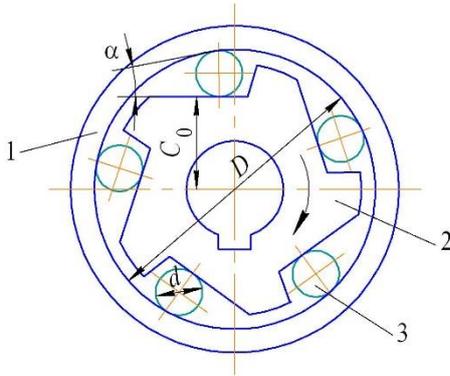


Рисунок 1 – Расчетная схема роликового МСХ:  
1 – внешняя обойма; 2 – внутренняя звездочка;  
3 – заклинивающийся ролик

Наиболее подходящей методикой получения диагностической модели износа является расчетно-экспериментальная. В этом случае данные по износу, полученные в процессе эксплуатации или экспериментальным путем, анализируются и обрабатываются с использованием математических зависимостей. Как зависимый (исследуемый) фактор принимается величина износа, как независимый принимается число циклов нагружения МСХ –  $N$ .

В настоящее время нет общепризнанного подхода к нормированию допустимой величины износа в роликовых МСХ. Поэтому будем оценивать допустимую величину износа принимая во внимание известный факт, что при износе происходит изменение величины угла заклинивания.

Связь между углом заклинивания и основными геометрическими параметрами роликового МСХ с плоской рабочей поверхностью внутренней звездочки определяется зависимостью [2]

$$\alpha = \arccos \left[ \frac{\frac{2C}{d} + 1}{\frac{D}{d} - 1} \right], \quad (1)$$

Текущую величину расстояния от центра механизма до плоской рабочей поверхности звездочки можно определить как

$$C = C_0 - \Delta h, \quad (2)$$

где  $C_0$  – номинальная величина расстояния;  
 $\Delta h$  – величина износа в процессе эксплуатации.

Текущую величину угла заклинивания можно определить, как

$$\alpha = \alpha_0 + \Delta \alpha, \quad (3)$$

где  $\alpha_0$  – номинальная величина угла заклинивания;

$\Delta \alpha$  – изменение величины угла заклинивания при износе.

Знак «минус» в формуле (2) показывает, что для при износе механизмов с внутренней звездочкой значение  $C_0$  всегда уменьшается, а знак «плюс» в формуле (3) показывает, что величина угла заклинивания при этом всегда увеличивается.

Преобразовав формулу (1) с учетом выражений (2) и (3) получим зависимость, показывающую влияние износа на изменение угла заклинивания

$$\Delta \alpha = \arccos \left( \frac{2(C_0 - \Delta h) + d}{D - d} \right) - \alpha_0. \quad (4)$$

При определении ресурса роликового МСХ можно принять условие, что изменение величины угла заклинивания вследствие износа не должно превышать допустимого значения –  $\Delta \alpha \leq [\Delta \alpha]$ .

Допуск на угол заклинивания можно принимать из опыта эксплуатации или согласно рекомендациям. Например, для механизмов приводов машин изменение угла заклинивания может составлять  $[\Delta \alpha] = \pm 1^\circ$  [3], а в авиационных приводах  $[\Delta \alpha] = \pm 15'$  [15].

В реальных конструкциях роликовых МСХ номинальный угол заклинивания меняется в достаточно узком диапазоне  $\alpha_0 = 4 \dots 8^\circ$ . Следовательно, изменение угла заклинивания всего на  $\pm 1^\circ$  будет составлять 12,5...25 %, что оказывает существенное влияние на работоспособность и ресурс механизма.

На рис. 2 представлены результаты расчета по формуле (4), характеризующие влияние износа на изменение угла заклинивания. Расчеты проведены для роликового МСХ по ОСТ 27-60-721-84 «Муфты обгонные роликовые» со следующими параметрами:  $D = 100$  мм;  $d = 13$  мм;  $C_0 = 36,76$  мм;  $\alpha_0 = 6^\circ$ ; число заклинивающих роликов  $z = 5$ .

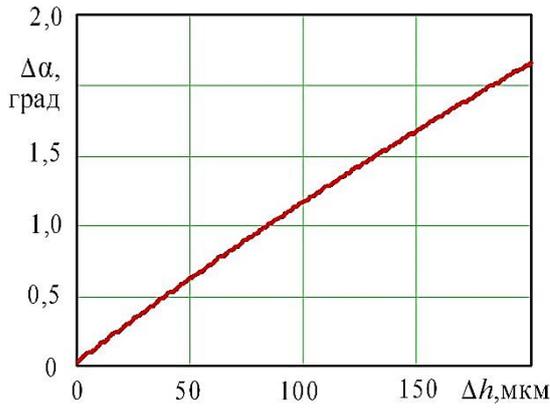


Рисунок 2 – Изменения угла заклинивания вследствие износа

Как видно из полученных результатов уже при износе звездочки  $\Delta h = 83$  мкм изменение угла заклинивания достигает допустимой величины  $[\Delta \alpha]$ .

Для выбора и обоснования вида диагностической модели, описывающей изменение угла заклинивания в результате износа звездочки лучше всего использовать результаты экспериментальных испытаний. Воспользуемся данными, приведенными в источнике [3]. В табл. 1 приведены параметры роликовых МСХ с тремя и пятью роликами по ОСТ 27-60-721-84 «Муфты обгонные роликовые», которые использовались в экспериментальных испытаниях. Контактные напряжения в месте взаимодействия заклинивающегося ролика и плоской поверхности звездочки составляли 1800 МПа.

Таблица 1 – Характеристики механизмов свободного хода [3]

Но-мер МСХ	Диаметр обоймы $D$ , мм	Диаметр ролика $d$ , мм	Число роликов $z$	Угол заклинивания $\alpha$ , град
1	52	6	3	6
2	100	13	5	6

На рис. 2 представлен характер влияния числа циклов нагружения на величину износа. Следует отметить, что для механизмов с другими параметрами были получены аналогичные результаты.

Анализ приведенных результатов [16] по-

казывает, что они могут быть аппроксимированы степенной зависимостью вида

$$\Delta h = aN^b. \quad (5)$$

Нахождение параметров диагностической модели проведем с использованием регрессионного анализа по методики источника [17]. В качестве примера используем данные роликового МСХ №2. В расчет включим результаты первых пяти испытаний –  $n = 5$ ;  $N = 4, 6, 8, 10, 12$  млн. вкл. и  $\Delta h = 1, 2, 10, 18, 25$  мкм.

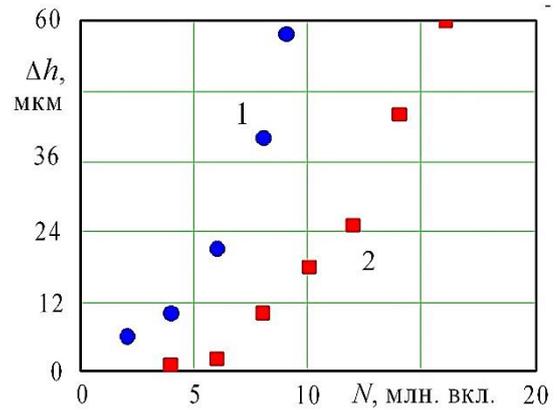


Рисунок 3 – Изменение износа от числа циклов нагружения: 1 – трехроликовый МСХ; 2 – пятироликовый МСХ

Выполним линеаризацию модели (5) используя подстановки  $\Delta h' = \lg \Delta h$ ,  $N' = \lg N$  и приведем её к виду

$$\lg \Delta h = a + b \lg N \quad \text{или} \quad \Delta h' = a' + b'N' \quad (6)$$

В таблице 2 приведены количественные данные по расчету сомножителей, входящих в математическую модель (6).

Используя данные табл. 2 определяем коэффициенты  $a'$  и  $b'$  соответственно по формулам

$$a' = \frac{\sum \Delta h' \sum (N')^2 - \sum N' \Delta h' \sum N'}{n \sum (N')^2 - (\sum N')^2} = -1,9823 \quad (8)$$

$$b' = \frac{n \sum N' \Delta h' - \sum N' \sum \Delta h'}{n \sum (N')^2 - (\sum N')^2} = 3,1784 \quad (9)$$

Определяем коэффициент корреляции, который показывает статистическую взаимосвязь между  $N'$  и  $\Delta h'$ , для модели (6) по формуле

$$r = \frac{n \sum t's' - \sum t' \sum s'}{\sqrt{[n \sum (t')^2 - (\sum t')^2][n \sum (s')^2 - (\sum s')^2]}} = 0,9799 \quad (10)$$

Таблица 2 – Результаты расчетов

$n$	$N'$	$\Delta h'$	$(N')^2$	$(\Delta h')^2$	$N' \Delta h'$	$N' + \Delta h'$	$(N' + \Delta h')^2$
1	0,6020	0	0,3624	0	0	0,6020	0,3624
2	0,7781	0,3010	0,6055	0,0906	0,2342	1,0791	1,1646
3	0,9030	1,0000	0,8155	1,000	0,9030	1,9030	3,6217
4	1,0000	1,2552	1,0000	1,5757	1,2552	2,252	5,0862
5	1,07911	1,3979	1,1646	1,9542	1,5086	2,4771	6,1361
$\Sigma$	4,3624	3,9542	3,9482	4,6205	3,9012	8,3167	16,3712

Величина коэффициента корреляции равная 0,9799 подтверждает, что между сомножителя модели (6) существует хорошая взаимосвязь.

Преобразуем коэффициенты  $a = 10^{-1,9823} = 0,0104$  и  $b = b' = 3,1784$ , а затем приводим полученную линеаризованную модель (6) к окончательному виду

$$\Delta h = 0,0104 N^{3,1784} \quad (11)$$

На рис. 4 показано сравнение теоретической, полученной согласно диагностической модели (11), и экспериментальной величины износа роликового МСХ в зависимости от числа циклов нагружения. Как видно из полученных результатов наблюдается качественное и количественное совпадение результатов, величина относительной погрешности не превышает 12,7 %.

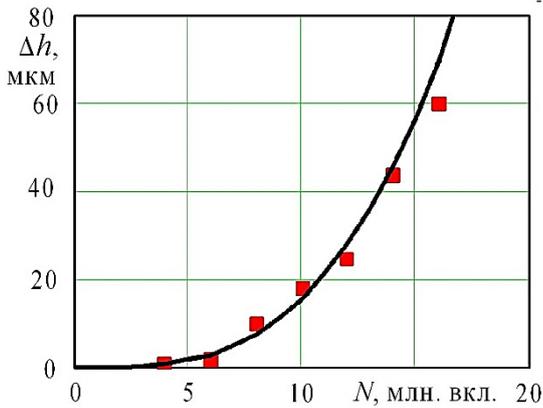


Рисунок 4 – Изменение теоретической (кривая) и экспериментальной (точки) величин износа

Оценку ресурса роликовых МСХ по критерию износа можно проводить в следующей последовательности. Сначала по диагностической модели (11) определяется величина износа  $\Delta h$  при заданном числе циклов нагружения  $N$ . После этого по формуле (4) определяется изменение величины угла заклинивания  $\Delta \alpha$ , которая сравнивается с допускаемой  $[\Delta \alpha]$ . В табл. 3

приведены результаты оценки ресурса роликового МСХ №2 в зависимости от изменения угла заклинивания.

Таблица 3 – Число циклов нагружения и допускаемый угол заклинивания

Допускаемый угол $[\Delta \alpha]$	15'	30'	1°	1,5°	2°
Число циклов $N$ , млн. вкл.	10,5	13,5	17,0	19,5	22

Полученные диагностические модели (4) и (11) позволяют предварительно оценить ресурс роликовых МСХ и дать рекомендации по подбору режимов их эксплуатации.

### Литература

1. Orthwein W.C. Clutches and brakes: design and selection. – New York: Marcel Dekker, 2004. – 330 p.
2. Ряховский О.А., Иванов С.С. Справочник по муфтам – Ленинград: Политехника, 1991. – 384 с.
3. Мальцев В.Ф. Роликовые механизмы свободного хода. – Москва: Машиностроение, 1968. – 415 с.
4. Серегин А.А., Кравцов А.Г. Эксплуатационная надежность роликовых обгонных муфт с постоянным углом заклинивания // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2021. – №8. – С. 12–19. doi: 10.18698/0536-1044-2021-8-12-19.
5. Хабрат Н.И. Силовые взаимодействия деталей в роликовой обгонной муфте // Вестник машиностроения. – 2011. – №7. – С. 33–37.
6. Горин М.П., Шарков О.В., Кузнецова Н.А. Импульсные вариаторы с эксцентриковыми механизмами свободного хода // Машиностроитель. – 2001. – №7. – С. 14.
7. Иванов А.С., Ермолаев М.М., Куралина Н.Н., Седова Л.А. Конструирование муфт свободного хода редукторов // Вестник машиностроения. – 2014. – №10. – С. 3–7.
8. Золотов И.А., Шарков О.В. Анализ напряженно-деформированного состояния внешней обоймы роликовых механизмов свободного хода // Известия

- высших учебных заведений. Машиностроение. – 2013. – № 10. – С. 36–41. doi:10.18698/0536-1044-2013-10-36-41.
9. Sharkov O.V., Koryagin S.I. Operational reliability of free-wheel mechanisms in a pulsed variable-speed drive // Russian Engineering Research. – 2017. – V.37. – No1. – P. 9–12.
10. Xue W., Pyle R. Optimal design of roller one way clutch for starter drives // SAE Technical Paper. – 2004. – 2004-01-1151. <https://doi.org/10.4271/2004-01-1151>.
11. Шарков О.В., Корягин С.И., Патрикеев М.В. Оценка механизмов свободного хода как объектов сервиса // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2020. – №1(51). – С. 7–10.
12. Серегин А.А., Кравцов А.Г. Диагностика состояния элементов муфт свободного хода // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2017. – Т.17. – №3. – С. 41–47. doi: 10.14529/engin170305.
13. Кузнецов Е.В., Хадкевич И.Ю. Влияние технического состояния муфт свободного хода реакторных колес на характеристики гидродинамического трансформатора // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2019. – №4(65). – С. 26–33. doi: 10.53078/20778481\_2019\_4\_26.
14. Dürkopp K., Böhnke H.-J., Jordan W. Specific friction and wear mechanisms in clamping-roller free-wheel clutches // Wear. – 1993. – V.162–164. – Part B. – P. 985–989. [https://doi.org/10.1016/0043-1648\(93\)90108-X](https://doi.org/10.1016/0043-1648(93)90108-X).
15. Авиационные зубчатые передачи и редукторы: справочник / под ред. Э.Б. Вулгакова. – Москва: Машиностроение, 1981. – 374 с.
16. Берикашвили В.Ш., Оськин С.П. Статистическая обработка данных, планирование эксперимента и случайные процессы. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 164 с.
17. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. – Москва: Высшая школа, 1988. – 224 с.

УДК 62-758.1

## ВЫЯВЛЕНИЕ НАИБОЛЕЕ СУЩЕСТВЕННЫХ ТРЕБОВАНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРОДСКОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЗАРЯДНОЙ СТАНЦИИ

Ф.О. Трегубов<sup>1</sup>, И.М. Трегубова<sup>2</sup>, А.С. Гаваев<sup>3</sup>

Тюменский индустриальный университет, Россия, 625000, г.Тюмень, ул. Володарского, 38.

В статье проанализированы группы факторов(требований), предъявляемых потребителями к электрозарядным станциям для электромобилей и других нужд автовладельцев, внедряемым в инфраструктуру городской среды и выявлены наиболее существенные.

*Ключевые слова:* потребитель, электрические зарядные станции, метод попарного сопоставления.

### IDENTIFICATION OF THE MOST SIGNIFICANT REQUIREMENTS FOR THE DESIGN OF AN URBAN ELECTRIC CHARGING STATION

F.O. Tregubov, I.M. Tregubova, A.S. Gavaev

*Tyumen Industrial University, Russia, 625000, Tyumen, st. Volodarsky, 38.*

The article analyzes the groups of factors (requirements) imposed by consumers on electric charging stations for electric vehicles and other needs of car owners introduced into the infrastructure of the urban environment and identified the most significant ones.

*Keywords:* consumer, electric charging station, pairwise matching method.

#### Введение

Совершенствование городской инфраструктуры требует тщательного изучения потребностей всех слоев населения, не только для улучшения качества жизни, но и для обеспече-

ния экологической, промышленной и безопасности жизнедеятельности населенного пункта.

Актуальность темы обусловлена активным ростом производства электромобилей, а также постоянным увеличением спроса населения на данный тип автотранспортных средств.

<sup>1</sup>Трегубов Фёдор Олегович студент кафедры технологии машиностроения института промышленных технологий и инжиниринга, +7(929)264-96-18, e-mail: fedor2072@gmail.com;

<sup>2</sup>Трегубова Ирина Михайловна – кандидат технических наук, доцент кафедры сервиса автомобилей и технологических машин института транспорта, e-mail: tregubovaim@tyuiu.ru;

<sup>3</sup>Гаваев Александр Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения института промышленных технологий и инжиниринга, e-mail: gavaevas@tyuiu.ru

Определение потребительских требований (ПТ) к новой конкурентоспособной продукции (городской электрической зарядной станции) основано на использовании методики Структурирования функций качества (СФК) [1]. В соответствии с методикой на первом этапе было создано два списка для опроса. Первый - передавался людям, владеющим электромобилями, с целью выявить – что для них является более приоритетным и комфортным при использовании зарядной станции (ЗС), учитывая их опыт использования аналогов. Второй – заинтересованным в приобретении электромобиля людям.

Благодаря разнородности состава групп, получена объективная оценка важности каждого из критериев для разработки новой городской зарядной станции (ЗС).

В опросе участвовало 40 человек (30 - владельцы электромобилей, и 10 – желающие их приобрести).

В ходе проведения опроса потенциальных потребителей электрических зарядных

станций на первом этапе, были выявлены основные группы (типы) потребительских требований (ПТ) и их состав (рис. 1).

На следующем этапе проведено ранжирование потребительских требований для того, что определить наиболее востребованы. характеристики. Для этой цели был использован метод попарного сопоставления [2]. Участвующим в опросе было дано задание попарно сравнить каждый из критериев и определить наиболее значимые ПТ. Результаты были внесены в специальную таблицу и проанализированы 7 экспертами с помощью метода попарного сопоставления табл. 1 – табл. 7.

В результате проведенного опроса был составлен список потребительских требований, справа от каждого пункта которого выставлен рейтинг, показывающий степень важности каждого критерия (рис. 2).

На следующем этапе после определения наиболее важные потребительские требования путем опроса, планируется проанализировать результаты.

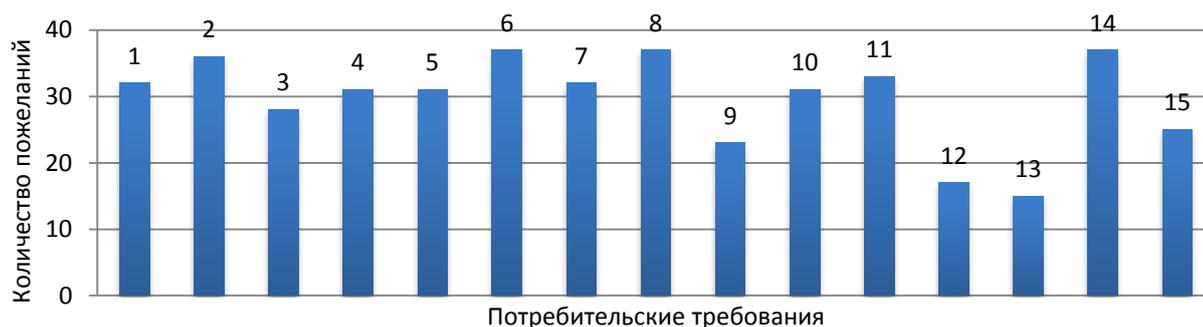


Рисунок 1 – **Потребительские требования:** 1-Доступная цена; 2-Развитая инфраструктура (оптимальное количество зарядок); 3-Защита от самовозгорания зарядной станции; 4-Изоляция токопроводящих компонентов/ использование предохранителей от короткого замыкания; 5-Влагостойкость/термоизоляция зарядной станции; 6-Отсутствие вреда для заряжаемой машины; 7-Наличие инструкции по использованию зарядной станции; 8-Простое мобильное приложение для зарядной станции; 9- Мощность зарядки до 150 КВт; 10- Мощность зарядки до 6 КВт; 11-Бесперебойность зарядки; 12-Приятное цветное оформление зарядной станции; 13-Звукоизоляция зарядной станции; 14-Качественная сборка/ качественные детали зарядной станции; 15-Красивый вид зарядной станции

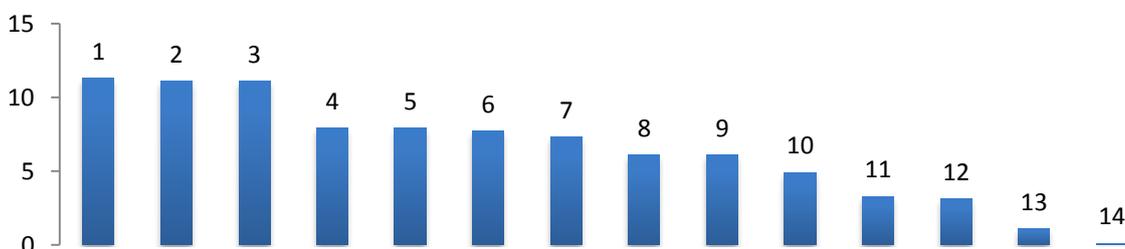


Рисунок 2 – **Рейтинг потребительских требований:** 1- Надежность конструкции зарядной станции; 2-Отсутствие вреда для заряжаемой машины; 3-Защита от самовозгорания зарядной станции; 4-Развитая инфраструктура (оптимальное количество зарядок); 5-Качественная сборка/качественные детали; 6-Доступная цена; 7-Бесперебойность зарядки; 8-Простое использование зарядной станцией; 9-Мощность зарядки до 6 КВт (расположение возле дома); 10-Низкий уровень шума; 11-Мощность зарядки до 150 КВт (в общественных местах); 12-Простое мобильное приложение для зарядной станции; 13-Красивый вид зарядной станции; 14-Приятное цветное оформление зарядной станции

Таблица 1 – Эксперт №1

	Потребительские требования	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	О	П	Предпочтение
А	Отсутствие вреда для заряжаемой машины		А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	13
Б	Простое мобильное приложение для зарядной станции	А		В	Г	Д	Е	Ж	З	И	Б	Л	Б	Б	Б	4
В	Качественная сборка/качественные детали	А	В		В	Д	В	В	В	И	В	Л	В	В	В	9
Г	Развитая инфраструктура	А	Г	В		Д	Е	Г	Г	И	Г	Л	Г	Г	Г	7
Д	Бесперебойность зарядки	А	Д	Д	Д		Д	Д	Д	И	Д	Л	Д	Д	Д	10
Е	Доступная цена зарядки	А	Е	В	Е	Д		Е	З	И	Е	Л	Е	Е	Е	7
Ж	Простое использование зарядной станцией	А	Ж	В	Г	Д	Е		Ж	И	Ж	Л	Ж	Ж	Ж	6
З	Мощность зарядки до 6 КВт	А	З	В	Г	Д	З	Ж		И	З	Л	З	З	З	6
И	Надежность конструкции	А	И	И	И	И	И	И	И		И	И	И	И	И	12
К	Мощность зарядки до 150 КВт	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И		Л	К	К	К	3
Л	Защита от самовозгорания зарядной станции	А	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	И	Л		Л	Л	Л	11
М	Красивый вид зарядной станции	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л		М	П	1
О	Приятное цветовое оформление зарядной станции	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М		П	0
П	Низкий уровень шума	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	П	П		2

Таблица 2 – Эксперт №2

	Потребительские требования	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	О	П	Предпочтение
А	Отсутствие вреда для заряжаемой машины		А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	13
Б	Простое мобильное приложение для зарядной станции	А		В	Г	Д	Е	Ж	Б	И	Б	Л	Б	Б	Б	5
В	Качественная сборка/качественные детали	А	В		В	В	В	В	В	И	В	Л	В	В	В	10
Г	Развитая инфраструктура (оптимальное количество зарядок)	А	Г	В		Д	Г	Г	З	И	К	Л	Г	Г	Г	6
Д	Бесперебойность зарядки	А	Д	В	Д		Д	Д	Д	И	Д	Л	Д	Д	Д	9
Е	Доступная цена зарядки	А	Е	В	Г	Д		Е	З	И	К	Л	Е	Е	Е	5
Ж	Простое использование зарядной станцией	А	Ж	В	Г	Д	Е		З	И	К	Л	Ж	Ж	Ж	4
З	Мощность зарядки до 6 КВт (расположение возле дома)	А	Б	В	З	Д	З	З		И	З	Л	З	З	П	6
И	Надежность конструкции зарядной станции	А	И	И	И	И	И	И	И		И	И	И	И	И	12
К	Мощность зарядки до 150 КВт (в общественных местах)	А	Б	В	К	Д	К	К	З	И		Л	Л	Л	П	3
Л	Защита от самовозгорания зарядной станции	А	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	И	Л		Л	Л	Л	11
М	Красивый вид зарядной станции	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	Л	Л		М	П	1
О	Приятное цветовое оформление зарядной станции	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	Л	Л	М		П	0
П	Низкий уровень шума	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	П	И	П	Л	П	П		4

Таблица 3 – Эксперт №3

	Потребительские требования	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	О	П	Предпочтение
А	Отсутствие вреда для заряжаемой машины		А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	13
Б	Простое мобильное приложение для зарядной станции	А		В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	Б	Б	Б	3
В	Качественная сборка/качественные детали	А	В		В	Д	В	В	В	И	В	Л	В	В	В	9
Г	Развитая инфраструктура (оптимальное количество зарядок)	А	Г	В		Д	Г	Ж	З	И	Д	Л	Г	Г	Г	5
Д	Бесперебойность зарядки	А	Д	Д	Д		Е	Е	З	И	Е	Д	Е	Е	Е	4
Е	Доступная цена зарядки	А	Е	В	Г	Е		Е	Е	И	К	Л	Е	Е	Е	7
Ж	Простое использование зарядной станцией	А	Ж	В	Ж	Е	Е		З	И	К	Л	Ж	Ж	Ж	5
З	Мощность зарядки до 6 КВт (расположение возле дома)	А	З	В	З	З	Е	З		И	З	Л	З	З	З	8
И	Надежность конструкции зарядной станции	А	И	И	И	И	И	И	И		И	К	И	И	И	11
К	Мощность зарядки до 150 КВт (в общественных местах)	А	К	В	Д	Е	К	К	З	И		Л	К	К	К	6
Л	Защита от самовозгорания зарядной станции	А	Л	Л	Л	Д	Л	Л	Л	К	Л		Л	Л	Л	10
М	Красивый вид зарядной станции	А	Б	В	Г	Е	Е	Ж	З	И	К	Л		М	П	1
О	Приятное цветовое оформление зарядной станции	А	Б	В	Г	Е	Е	Ж	З	И	К	Л	М		П	0
П	Низкий уровень шума	А	Б	В	Г	Е	Е	Ж	З	И	К	Л	П	П		2

Таблица 4 – Эксперт №4

	Потребительские требования	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	О	П	Предпочтение
А	Отсутствие вреда для заряжаемой машины		А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	13
Б	Простое мобильное приложение для зарядной станции	А		Б	Г	Д	Е	Ж	З	И	Б	Л	М	О	Б	3
В	Качественная сборка/качественные детали	А	Б		Г	Д	Е	Ж	З	И	В	Л	В	В	П	3
Г	Развитая инфраструктура (оптимальное количество зарядок)	А	Г	Г		Г	Г	Г	Г	И	Г	Л	Г	Г	П	9
Д	Бесперебойность зарядки	А	Д	Д	Г		Е	Д	З	Д	Д	Л	Д	Д	Д	8
Е	Доступная цена зарядки	А	Е	Е	Г	Е		Е	З	И	Е	Л	Е	Е	П	7
Ж	Простое использование зарядной станцией	А	Ж	Ж	Г	Д	Е		З	И	Ж	Л	Ж	Ж	П	5
З	Мощность зарядки до 6 КВт (расположение возле дома)	А	З	З	Г	З	З	З		З	З	Л	З	З	З	10
И	Надежность конструкции зарядной станции	А	И	И	И	Д	И	И	З		И	Л	И	И	П	8
К	Мощность зарядки до 150 КВт (в общественных местах)	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И		Л	К	К	П	2
Л	Защита от самовозгорания зарядной станции	А	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л		Л	Л	Л	12
М	Красивый вид зарядной станции	А	М	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л		М	П	2
О	Приятное цветовое оформление зарядной станции	А	О	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М		П	1
П	Низкий уровень шума	А	Б	П	П	Д	П	П	З	П	П	Л	П	П		8

Таблица 5 – Эксперт №5

	Потребительские требования	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	О	П	Предпочтение
<b>А</b>	Отсутствие вреда для заряжаемой машины		Б	В	Г	А	Е	А	А	И	А	Л	А	А	А	7
<b>Б</b>	Простое мобильное приложение для зарядной станции	Б		В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	Б	Б	П	3
<b>В</b>	Качественная сборка/качественные детали	В	В		В	В	В	В	В	И	В	В	В	В	В	12
<b>Г</b>	Развитая инфраструктура (оптимальное количество зарядок)	Г	Г	В		Г	Е	Г	Г	И	Г	Г	Г	Г	Г	10
<b>Д</b>	Бесперебойность зарядки	А	Д	В	Г		Е	Ж	Д	И	Д	Л	Д	Д	П	5
<b>Е</b>	Доступная цена зарядки	Е	Е	В	Е	Е		Е	Е	И	Е	Е	Е	Е	Е	11
<b>Ж</b>	Простое использование зарядной станцией	А	Ж	В	Г	Ж	Е		Ж	И	Ж	Л	Ж	Ж	Ж	7
<b>З</b>	Мощность зарядки до 6 КВт (расположение возле дома)	А	З	В	Г	Д	Е	Ж		И	З	Л	З	З	П	4
<b>И</b>	Надежность конструкции зарядной станции	И	И	И	И	И	И	И	И		И	И	И	И	И	13
<b>К</b>	Мощность зарядки до 150 КВт (в общественных местах)	А	К	В	Г	Д	Е	Ж	З	И		Л	К	К	П	3
<b>Л</b>	Защита от самовозгорания зарядной станции	Л	Л	В	Г	Л	Е	Л	Л	И	Л		Л	Л	Л	9
<b>М</b>	Красивый вид зарядной станции	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л		М	П	1
<b>О</b>	Приятное цветовое оформление зарядной станции	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М		П	0
<b>П</b>	Низкий уровень шума	А	П	В	Г	П	Е	Ж	П	И	П	Л	П	П		6

Таблица 6 – Эксперт №6

	Потребительские требования	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	О	П	Предпочтение
<b>А</b>	Отсутствие вреда для заряжаемой машины		А	В	Г	Д	А	Ж	А	И	К	Л	А	А	А	6
<b>Б</b>	Простое мобильное приложение для зарядной станции	А		В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	Б	Б	П	2
<b>В</b>	Качественная сборка/качественные детали	В	В		Г	Д	В	Ж	В	И	В	Л	В	В	П	7
<b>Г</b>	Развитая инфраструктура (оптимальное количество зарядок)	Г	Г	В		Д	Г	Ж	Г	Л	Г	Л	Г	Г	Г	8
<b>Д</b>	Бесперебойность зарядки	А	Д	В	Г		Е	Ж	Д	И	Д	Л	Д	Д	Д	6
<b>Е</b>	Доступная цена зарядки	А	Е	В	Е	Е		Е	Е	И	Е	Л	Е	Е	Е	10
<b>Ж</b>	Простое использование зарядной станцией	А	Ж	Ж	Ж	Ж	Ж		Ж	И	Ж	Л	Ж	Ж	Ж	10
<b>З</b>	Мощность зарядки до 6 КВт (расположение возле дома)	А	Б	З	Г	Д	Е	Ж		И	З	Л	З	З	З	5
<b>И</b>	Надежность конструкции зарядной станции	И	И	И	И	И	И	И	И		И	Л	И	И	И	12
<b>К</b>	Мощность зарядки до 150 КВт (в общественных местах)	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И		Л	К	К	К	3
<b>Л</b>	Защита от самовозгорания зарядной станции	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л		Л	Л	Л	13
<b>М</b>	Красивый вид зарядной станции	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л		М	П	1
<b>О</b>	Приятное цветовое оформление зарядной станции	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М		П	0
<b>П</b>	Низкий уровень шума	А	П	В	Г	Д	Е	Ж	П	И	К	Л	П	П		4

Таблица 7 – Эксперт №7

	Потребительские требования	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	О	П	Предпочтение
А	Отсутствие вреда для заряжаемой машины		А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	А	13
Б	Простое мобильное приложение для зарядной станции	А		В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	Б	Б	П	2
В	Качественная сборка/качественные детали	А	В		Г	Д	Е	Ж	В	И	В	Л	В	В	П	5
Г	Развитая инфраструктура (оптимальное количество зарядок)	А	Г	Г		Г	Г	Г	Г	И	Г	Л	Г	Г	Г	10
Д	Бесперебойность зарядки	А	Д	Д	Г		Д	Д	Д	И	Д	Л	Д	Д	Д	9
Е	Доступная цена зарядки	А	Е	Е	Г	Д		Е	Е	И	Е	Л	Е	Е	П	7
Ж	Простое использование зарядной станцией	А	Ж	Ж	Г	Д	Е		Ж	И	Ж	Л	Ж	Ж	П	6
З	Мощность зарядки до 6 кВт (расположение возле дома)	А	З	В	Г	Д	Е	Ж		И	З	Л	З	З	П	4
И	Надежность конструкции зарядной станции	А	И	И	И	И	И	И	И		И	Л	И	И	И	11
К	Мощность зарядки до 150 кВт (в общественных местах)	А	К	В	Г	Д	Е	Ж	З	И		Л	К	К	П	3
Л	Защита от самовозгорания зарядной станции	А	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л		Л	Л	Л	12
М	Красивый вид зарядной станции	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л		М	П	1
О	Приятное цветовое оформление зарядной станции	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М		П	0
П	Низкий уровень шума	А	П	П	Г	Д	П	П	П	И	П	Л	П	П		8

### Заключение

В результате опроса потенциальных потребителей была выявлено, что наиболее важным для потребителей оказался пункт «Надежность конструкции зарядной станции»; последующее место по важности заняли: «Отсутствие вреда для заряжаемой машины» и «Защита от самовозгорания зарядной станции».

Также был проведен опрос, в котором было определено, какую цену готовы заплатить потребители за 1 кВт/ч медленной зарядки (6 кВт) (рис.3) и за 1 кВт/ч быстрой зарядки (150кВт) (рис.4).

После анализа результатов опроса были сделаны следующие выводы, показывающие, сколько готов заплатить потребитель:

- а) За 1 кВт/ч быстрой зарядки (до 150кВт) ≈ 10 рублей;
- б) За 1 кВт/ч медленной зарядки (до 6 кВт) ≈ 4 рубля.

### Литература

1. Борисова Т.А., Дмитриев В. Я.; под ред. Е. В. Ушаковой Система менеджмента качества С.-Петербург. ун-т технол. упр. и экон. — СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета технологий управления и экономики, 2017. — 168 с.

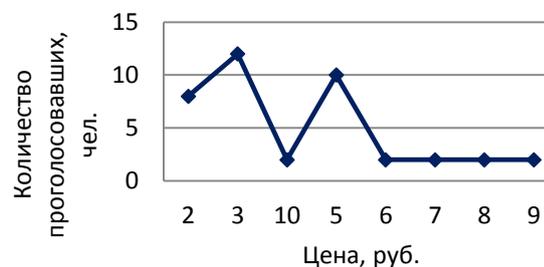


Рисунок 3 – Цена за 1 кВт/ч медленной зарядки

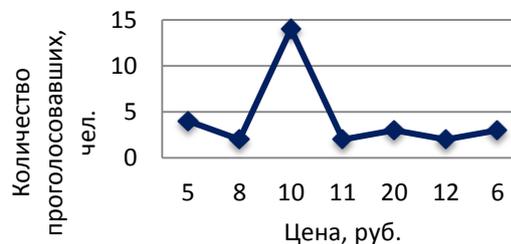


Рисунок 4 – Цена за 1кВт/ч быстрой зарядки

2. Топышева Л.Л., Лавров Г.И. Экономика машиностроительного предприятия - Тюмень: Изд-во «Нефтегазовый университет», 2007. - 424 с.

3. Прусова В.И., Рахматулин Л., Пчелина М.В., Осипова Д.А. Современные тенденции и перспективы развития легкового транспорта в Москве // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. №1-1 (83). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-i-perspektivy-razvitiya-legkovogo-transporta-v-moskve> (дата обращения: 17.03.2022).
4. Цыпулев Денис Юрьевич Электротранспорт и его интеграция в интеллектуальные сети будущего // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. №1 (31). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektrotransport-i-ego-integratsiya-v-intellektualnye-seti-budushego> (дата обращения: 12.04.2022).
5. В России насчитывается 16,5 тысячи электромобилей [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.autostat.ru/infographics/51535/> (Дата обращения: 07.05.2022).
6. Транспортные приложения Москвы [Электронный ресурс]. - URL: [https://t.mos.ru/mostrans/all\\_news/3905](https://t.mos.ru/mostrans/all_news/3905) (Дата обращения: 08.05.2022).
7. Растущее число электромобилей [Электронный ресурс]. - URL: <https://ruslom.com/rastuschee-chislo-elektromobiley-tait-v-sebe-sereznyu-problemu-utilizatsii-po-okonchani-sroka-ih-ekspluatatsii/> (Дата обращения: 17.03.2022).

УДК 004.05:504.064:656.13

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МАШИН СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

В.Н. Ложкин<sup>1</sup>

*Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,  
196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149.*

На основе анализа технического состояния двигателей пожарных автомобилей предлагается стратегия обеспечения санитарно-гигиенической безопасности их применения в местах эксплуатации. Концепция основана на использовании новых знаний о природе образования проблемных NO и PM<sub>2.5</sub> непосредственно в цилиндрах, а также внедрения оригинальных методов и оборудования для технического диагностирования отказов топливной аппаратуры, эмульгирования водой топлива и замены штатного глушителя шума устройством, совмещающим функции нейтрализации и глушения шума отработавших газов на выпуске. Применение на двигателе оригинальных методов в комплексе позволило по 13 режимному нагрузочному циклу повысить его безопасность на 2 экологических класса.

*Ключевые слова:* пожарный автомобиль, двигатель, поллютанты, диагностика, эмульгирование топлива, нейтрализация отработавших газов.

### SCIENTIFIC AND TECHNICAL STRATEGY FOR ENSURING THE SAFE USE OF SPECIAL-PURPOSE MACHINES IN EMERGENCY SITUATIONS

V.N. Lozhkin

*Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia,  
149 Moskovsky Prospekt, St. Petersburg, Russia, 196105*

Based on the analysis of the technical condition of fire engine engines, a strategy is proposed to ensure the sanitary and hygienic safety of their use in the field of operation. The concept is based on the use of new knowledge about the nature of the formation of problematic NO and PM<sub>2.5</sub> directly in cylinders, as well as the introduction of original methods and equipment for the technical diagnosis of fuel equipment failures, emulsification of fuel with water and replacement of the standard noise suppressor with a device that combines the functions of neutralization and noise suppression of spent exhaust gases. The use of original methods on the engine in a complex made it possible to increase its safety by 2 environmental classes for 13 regime load cycles.

*Key words:* fire truck, engine, pollutants, diagnostics, fuel emulsification, exhaust gas neutralization.

#### **Введение. Состояние проблемы.**

Пожарные автомобили (ПА), являясь в Российской Федерации основной техникой реагирования на чрезвычайные ситуации природного и

техногенного характера, непрерывно конструктивно совершенствовались в полифункциональном направлении [1] (рис. 1).

<sup>1</sup>Ложкин Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства ФГБОУ ВО, тел. +7 (812) 369-55-18, e-mail: vnlozhkin@yandex.ru.

а)



б)



Рисунок 1 – Полифункциональные модификации ПА [1]: АЦ 3.0-40/4 (43253) – с отвалом (толкающее усилие – 3000 кг), гидроприводным кран-манипулятором и световой мачтой (рис. 1 а); водоплавающий пожарный автомобиль АЦ 4.0 (рис. 1 б)

Однако, в условиях глобализации мировой экономики и остром конкурентном противостоянии в последние года России с западными странами, на протяжении 2000-2020 годов парк ПА в значительной своей части устаревал, что сопровождалось ростом доли ПА, требующих списания по моральному износу техники [1] (рис. 2).

При работе двигателя ПА выбрасывают в атмосферу с отработавшими газами (ОГ) сильнейшие токсичные, канцерогенные и мутагенные загрязнители (поллютанты) CO, CH, NO<sub>x</sub>, бензо(α)пирен, PM<sub>2.5</sub> и парниковые газы CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> [2, 3]. Как показали исследования в эксплуатации, проведенные в рамках инициативных изысканий [4], ПА в среднем по России имеют экологический уровень Euro-0 – Euro-1 [5] (0 – 1 экологические классы).

Следует отметить, что крайне незначительная часть от общего числа ПА [4], преимущественно для развивающихся инвестируемых территорий и столичных регионов РФ, соответствует экологическим уровням Euro-4 – Euro-5 [5] (4 – 5 экологические классы), но которые могут поддерживаться поставками специализированного экологического оснащения, производимого в странах дальнего зарубежья, которые из-за санкций прекратились.

Для компенсации возникшей в РФ проблемы с поставками автомобилей и компонент для них из западных стран Правительство РФ, специальным Постановлением [6], существенно расширило диапазон экологических требований (в сторону их ослабления) при сертификации автомобильной продукции для отечественных производителей.

а)

б)

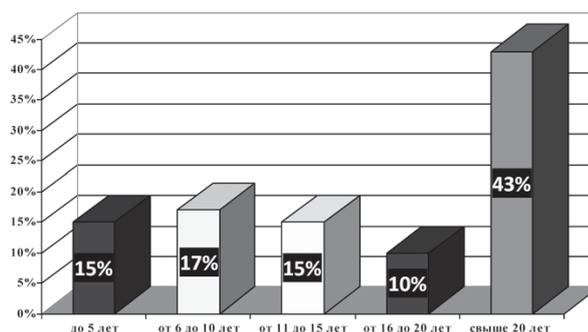
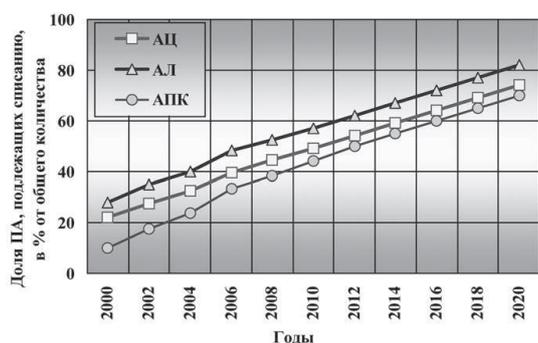


Рисунок 2 – Характеристика состояния ПА, в среднем, по РФ [1]: изменение числа ПА, подлежащих списанию (рис. 1 а); распределение парка основных ПА по возрастным группам (рис. 1 б).

Но, такое вынужденное, объективно необходимое, временное решение, в отношении

ПА 0 – 1 экологических классов, вступило в противоречие с природно-охранными требованиям

РФ к санитарно-гигиеническому качеству воздуха в местах эксплуатации ПА [7]. В статье приводится теоретическая разработка кинетики окислительного катализа в оригинальном устройстве, применение которого, в комплексе с авторской технологией водного микро-эмульгирования топлива [8], разрешает отмеченное противоречие в условиях эксплуатации ПА.

**Методика и результаты исследования**  
На кафедре пожарной техники Санкт-петербургского университета МЧС РФ разработано устройство, которое каталитическим путем дожигает продукты неполного окисления топлива в двигателях ПА [9].

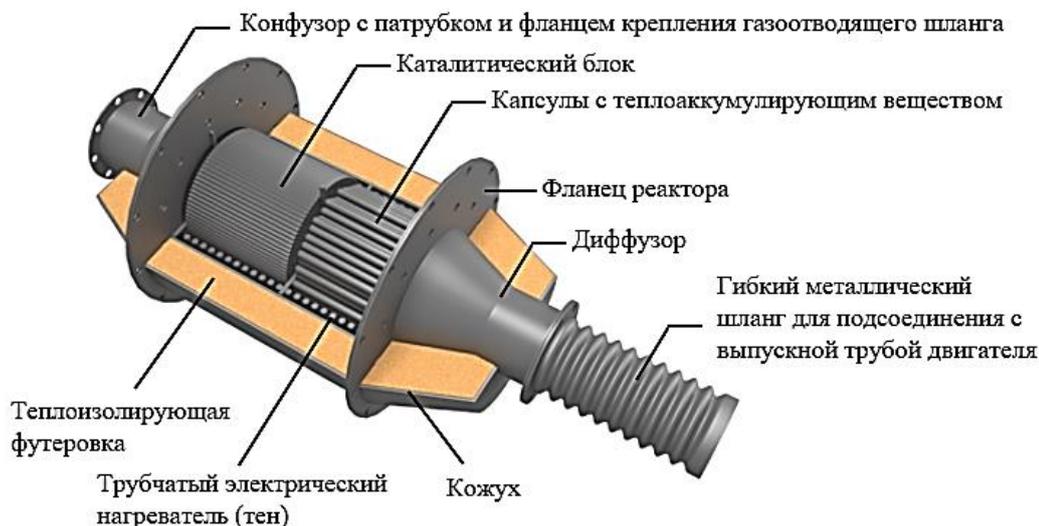


Рисунок 3 – Устройство дожигания CO, CH, БП, PM<sub>2.5</sub> дизельных двигателей ПА

Устройство было разработано на основе новых знаний о природе термохимического процесса, протекающего в каталитическом блоке (рис. 3) сотовой конструкции, с образованием сот между скручиваемыми плоскими и гофрированными стальными лентами толщиной 50 мкм. Носителем платинового катализатора Pt в блоке является тонкий пористый слой  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, по отечественной технологии пропитанный платинохлористоводородной кислотой H<sub>2</sub>[PtCl<sub>6</sub>].

Широко масштабными многолетними

теоретическими и экспериментальными исследованиями на поршневых двигателях внутреннего сгорания, оборудованных авторскими конструкциями каталитических нейтрализаторов [8, 9], было установлено, что кинетика физико-химического явления может развиваться в зависимости от температуры ОГ, как в объеме сотовой ячейки блока, так и на катализаторе внутри пористого слоя. Оно хорошо согласуется с моделью «псевдообъемной» цепной реакции [9] для результирующей скорости процесса катализа ( $dm/dt$ )

$$\left(\frac{dm}{dt}\right) = \left[ \left( \frac{Nu_D \cdot D}{d_{экс}} \sqrt{D_{эф} \cdot k^1} \right) / \left( \frac{Nu_D \cdot D}{d_{экс}} + \sqrt{D_{эф} \cdot k^1} \right) \right] \cdot C_0, \quad (1)$$

где  $Nu_D$  – диффузионное число Нуссельта;  
 $D$  – число, характеризующее диффузию ОГ внутри ячейки блока;  
 $d_{экс}$  – условный диаметр сечения ячейки блока;

$D_{эф}$  – число, условно характеризующее диффузию ОГ в пористом слое катализатора, понятие которого вытекает из соотношения

$$dc/dt = D_{эф} \cdot \Delta c - W'(c), \quad (2)$$

где  $c$  – концентрация реагирующего вещества ОГ внутри слоя пористого катализатора;  $\Delta$  – Лапласа оператор;  $W'(c)$  – скорость химической реакции в порах катализатора

$$W'(c) = k'c^n, \quad (3)$$

где  $k'$  – константа «псевдообъемной» гомогенной реакции в порах катализатора

$$k' = k \cdot S_v, \quad (4)$$

где  $S_v$  – удельная внутренняя поверхность пор, приходящаяся на единицу объема пористого катализатора, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>;

$k$  – число скорости химической реакции по закону Аррениуса («истиной» реакции [9]);

$n$  – число, характеризующее порядок реакции по закону Аррениуса.

Модельные численные расчетные исследования по разработанной модели (1) ... (3), их

анализ и сопоставление с реальными режимами эксплуатации двигателя ПА, потребовали, для достижения температуры эффективной работы каталитического блока (400-600 °С), дооснастить его, как это видно на рис. 3, дополнительными системами и агрегатами:

– принудительного разогрева трубчатым электрическим нагревателем (теном) на режимах «холодного старта» ПА;

– тепловым аккумулятором фазового перехода (капсулами с теплоаккумулирующим веществом) для разогрева ОГ в моменты вынужденных кратковременных остановок ПА при движении в городском режиме;

– тепловой изоляции с внешней средой (теплоизолирующая футеровка) для сохранения теплового режима работы каталитического блока и обеспечения пожарной безопасности устройства при аварийном перегреве катализатора.

Все перечисленные дополнительные системы устройства обрабатывались автором в течение длительного периода времени (многих лет). Это позволило добиться высокой очистки (нейтрализации) ОГ по CO, CH, БП, PM<sub>2.5</sub>, в зависимости от режимов эксплуатации двигателя ПА, – до 70-90% и выше [8, 9]. Эмиссия NO<sub>x</sub> уменьшалась методом водно-топливного эмульгирования [8].

На (рис. 4) показаны результаты испытаний двигателя ПА по процедурам 13 режимного теста Правил №49 Европейской Экономической Комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН).

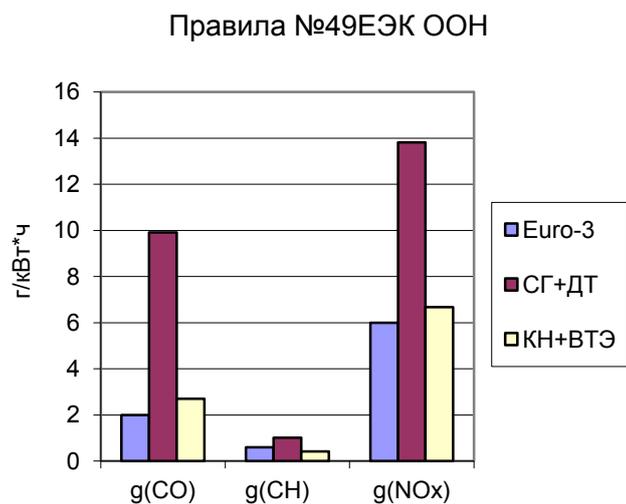


Рисунок 4 – Результаты испытаний оригинальных технологий и оборудования в комплексе по Правилам №49 ЕЭК ООН: (СГ+ДТ) – серийный глушитель и дизельное топливо; (КН+ВТЭ) – нейтрализатор-глушитель и водная эмульсия дизельного топлива

### Заключение

Разработанная научно-техническая стратегия и, реализующие ее, оригинальные технологии и оборудование, как доказали теоретические исследования и результаты стендовых испытаний на полноразмерном поршневом двигателе, позволяют повысить безопасность специальной техники по санитарно-гигиеническим показателям (эмиссии CO, CH, БП, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>x</sub>) на 2–3 экологических класса. Это позволит обеспечить качество воздушной среды в местах применения пожарных и аварийно-спасательных машин на уровне требований природоохранных стандартов.

### Литература

1. Логинов В.И. Этапы и направления создания и производства пожарных автомобилей в современной России // В.И. Логинов, Д.Г. Мичудо, Н.В. Навценя, А.И. Пичугин, К.Ю. Яковенко / Пожарная безопасность. 2021. № 2 (97). С. 51-59.
2. Wael K. Al-Delaimy and others Health of People, Health of Planet and Our Responsibility. Climate Change, Air Pollution and Health / eBook, Springer, XXIII, 2020. - 417 s. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-31125-4>.
3. Alonso F., Esteban C., Sanmartin J. and Useche S.A. Reported prevalence of health conditions that affect drivers / Cogent Medicine. – 2017. – V. 4. – doi.org/10.1080/2331205X.2017.1303920.
4. Сацук И.В. Закономерности распределения и технического состояния эксплуатируемых пожарных автомобилей по показателям конструктивной безопасности силовых установок / Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2022, №2. - С.31-38. doi: 10.34987/vestnik.
5. Tier III technology development and its influence on ship installation and operation. CIMAC Congress 2013, 2013, paper no. 159, 11 p.
6. Постановление Правительства РФ от 15.06.2022 г. N 1269 «О внесении изменений в Правила применения обязательных требований в отношении отдельных колесных транспортных средств и проведения оценки их соответствия». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/WikC>.
7. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году» Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. URL: <https://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/821/%D0%93%D0%94-2018.pdf>.
8. Гавкалюк Б.В., Ложкин В.Н. О научно-технической стратегии улучшения экологических характеристик пожарных автомобилей на современном этапе / Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 4 (64). С. 73-79.
9. Lozhkin, V.N. Catalytic Converter with Storage Device of Exhaust Gas Heat for City Bus / V. Lozhkin, O. Lozhkina // Transportation Research Procedia. –2017. – V. 20. – P. 412-417. DOI:10.1016/j.trpro.2017.01.067.

## ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА ОСНОВЕ МАТРИЧНОГО QR-КОДА

Р.Н. Сафиуллин<sup>1</sup>, О.П. Пыркин<sup>2</sup>, К.В. Сорокин<sup>3</sup>

*Санкт-Петербургский Горный университет,  
199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия д.2, Россия*

В статье проанализированы основные направления по сокращению времени нахождения транспортного средства в ремонте на автотранспортном предприятии, с учетом выявленных недостатков существующих методов контроля технического состояния транспортных средств, не позволяющие эффективно обрабатывать и хранить большие объемы статистических данных, что ведет к невозможности прогнозирования возникновения неисправности и, в связи с этим определения номенклатуры запасных частей с заданной точностью. Рассмотрен метод автоматизированного контроля технического состояния транспортного средства (ТС) в процессе перевозки грузов посредством применения матричного QR-кода с целью проведения бесконтактной идентификации состояния транспортных систем. Проанализирован принцип функционирования систем передачи данных, виды обеспечения, используемые при проектировании систем. Установлена необходимость мониторинга состояния ТС и разработки системы информирования водителя и других участников дорожного движения систем о техническом состоянии автотранспортных средств и транспортной инфраструктуры в режиме реального времени. Рассмотрен принцип работы бортовых информационно-управляющих систем (БИУС), при помощи которых осуществляется сбор информации о техническом состоянии транспортного средства, а также типы мультиплексных шин БИУС и их параметры. Предложена модель сбора и вывода информации, получаемой с БИУС, посредством матричного QR кода, описана структура QR кода для корректного функционирования предложенного метода.

*Ключевые слова:* метод удаленной диагностики, матричный QR-код, адаптивно-управляемый подход, оптимизации поставок запасных частей, техническое обслуживание, транспортные средства.

## AN ADAPTIVELY MANAGED APPROACH TO OPTIMIZING THE SUPPLY OF SPARE PARTS TO VEHICLES BASED ON FUNCTIONAL DIAGNOSTICS USING A MATRIX QR CODE

R.N. Safiullin, O.P. Pyrkin, K.V. Sorokin

*St. Petersburg Mining University, 199106, St. Petersburg, Vasilievsky Island, 21 line 2, Russia*

The article analyzes the main directions for reducing the time a vehicle is under repair at a motor transport enterprise, taking into account the identified shortcomings of existing methods for monitoring the technical condition of vehicles that do not allow efficient processing and storage of large amounts of statistical data, which leads to the impossibility of predicting the occurrence of a malfunction and, in connection with this definition of the nomenclature of spare parts with a given accuracy. The method of automated control of the technical condition of a vehicle (V) in the process of transportation of goods through the use of a matrix QR code in order to carry out contactless identification of the state of transport systems is considered. The principle of functioning of data transmission systems, types of support used in the design of systems are analyzed. The necessity of monitoring the state of the vehicle and developing a system for informing the driver and other road users of systems about the technical condition of vehicles and transport infrastructure in real time has been established. The principle of operation of the on-board information and control systems (CIMS), which collect information about the technical condition of the vehicle, as well as the types of multiplex buses of the CIMS and their parameters, is considered. A model for collecting and displaying information received from the CIMS using a matrix QR code is proposed, the structure of the QR code for the correct functioning of the proposed method is described.

*Key words:* remote diagnostics method, matrix QR code, adaptive-driven approach, spare parts supply optimization, maintenance, vehicles.

### Введение

Важнейшей задачей, решаемой на государственном уровне, является развитие интеллектуальных транспортных систем, которые обеспечивают: рост эффективности использова-

ния дорожной сети; создание механизма управления транспортной системой в режиме реального времени и могут быть использованы для удаленного контроля технического состояния транспортного средства [1].

<sup>1</sup>Сафиуллин Равиль Нуруллович – доктор технических наук, профессор кафедры Транспортно-технических процессов и машин тел. +7 (911) 198-9566, e-mail: Safiullin\_RN@pers.spmi.ru;

<sup>2</sup>Пыркин Олег Петрович (соискатель), e-mail: safravi@mail.ru;

<sup>3</sup>Сорокин Кирилл Владиславович (студент), e-mail: kiros\_00@bk.ru.

Изменение коэффициента технической готовности, оказывает значительное влияние на развитие транспортной системы, одним из способов увеличения данного показателя, является заблаговременная поставка запасных частей для технического обслуживания и ремонта [2].

В связи с постоянным усложнением конструкции, появлением новых высокотехнологичных систем управления транспортными средствами, а также с увеличением объема транспортной работы, необходимо разработать новые подходы к контролю технического состояния транспортных средств посредством удаленного диагностирования с целью заблаговременного планирования ремонтных работ. Внедрение интеллектуально-транспортных систем в состав транспортного средства способствует созданию полностью автоматизированных транспортных средств. Перспективным направлением исследований является разработка технических решений, обеспечивающих возможность интеллектуального взаимодействия между различными объектами транспортного процесса посредством информационных и коммуникационных технологий. Система передачи данных от транспортного средства (ТС) в единый информационно-аналитический комплекс представляет собой сложную систему, обеспечивающую взаимодействие и обмен информацией между бортовыми системами и отдельными компьютерами и серверами на физическом уровне [3]. Существует нерешенная задача мониторинга технического состояния систем транспортного средства в режиме реального времени. Одно из возможных решений – использование матричного QR кода для получения информации водителем и обмена информацией с транспортной инфраструктурой на основании приказа Министерства транспорта Российской Федерации от 23.06.2021 №208 «Об утверждении Порядка обеспечения доступа к данным с технических средств обеспечения транспортной безопасности на объекте транспортной инфраструктуры или транспортном средстве», в котором поставлен приоритет – накопление, обработка и хранение в электронном виде возможности получения информации по запросу в режиме реального времени

### Основная часть

На основании результатов исследования процесса совершенствования поставок запасных частей автотранспортных предприятий, с учетом их «замещения» был разработан алгоритм оптимизации поставок запасных частей с учетом информационно-логистической поддержки про-

цесса восполнения их ресурса на основе разработанного метода удаленной диагностики транспортных средств, с применением динамичного матричного QR-кода и средств автоматической фотовидеофиксации, представленный на рисунке 1.

Алгоритм предполагает оптимизацию процесса поставок запасных частей на каждом этапе на основе системного подхода с учетом разработанных экономических критериев и результатов исследований тенденций развития науки и техники, данных удаленной диагностики, сбора информации по рынкам поставок запасных частей (ЗЧ), на основании которого производится предварительный выбор и оценка ЗЧ, сравнение и выбор конкурентов, поставляющих запасные части. Расчет удельных затрат, конкурентноспособных аналогов и других коэффициентов, позволяет осуществить их сравнение и выбор оптимального варианта поставки запасных частей.

Большинство мировых автопроизводителей используют встроенные системы автоматического диагностирования. Устройства работают на базе микропроцессоров, с записанным на них уникальным программным обеспечением, доступным только производителю транспортного средства, данные устройства в автоматическом режиме осуществляют фиксацию показаний с датчиков и выдают предписания о необходимости внешнего вмешательства. В результате проведенного анализа средств диагностирования выявлены следующие функциональные недостатки [4]:

- полученная информация, от транспортного средства не позволяет отследить динамику измерения его технического состояния;

- запись информации в память электронного блока управления о неисправности происходит на момент возникновения таковой, что исключает возможность недопущения возникновения неисправности;

- считывание и полное декодирование параметров неисправностей возможно только в условиях сервисного центра, с применением диагностического оборудования.

Для оценки технического состояния транспортных средств применяют различные средства и методы диагностирования, например, широкое распространение, получили анализаторы двигателя (универсальные мотор-тестеры), узкоспециализированные тестеры для диагностики отдельных узлов, встроенные системы самодиагностирования, устанавливаемые заводом изготовителем непосредственно на транспортное средство. Комплексные электроизмеритель-

ные приборы, производящие измерения в режиме реального времени тех или иных параметров работы мотора. К таким параметрам можно отнести осциллограммы различных электрических сигналов, позволяющие оценить, в том числе и состояние механической части двигателя. В отличие от диагностических сканеров,

комплексные измерительные приборы (мотор-тестеры), не имеют «привязки» к определенной электронной системе управления двигателем, что позволяет их применять на автомобилях с любой системой управления [3].

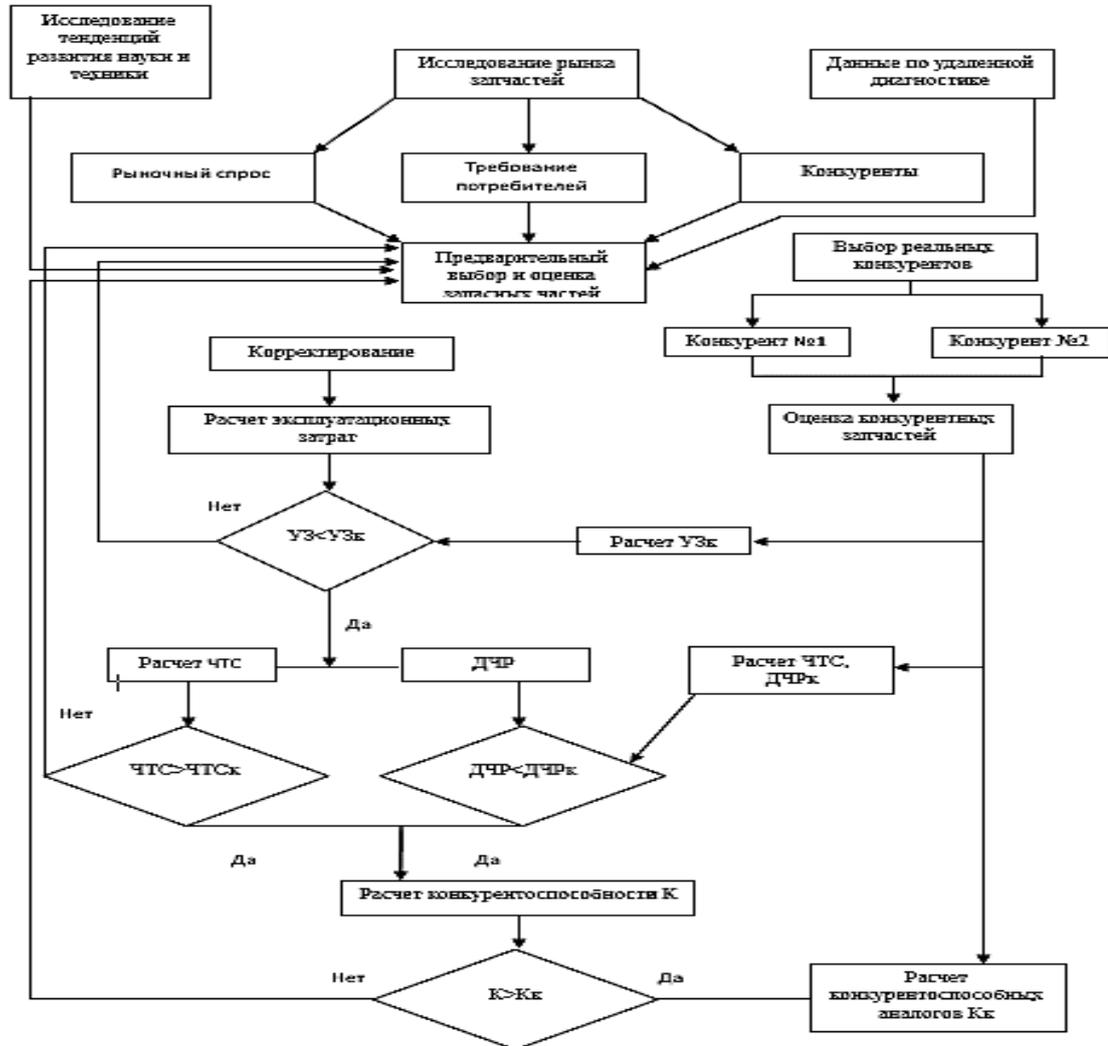


Рисунок 1 – Алгоритм оптимизации поставок запасных частей с учетом информационно-логистической поддержки процесса выполнения их ресурса

Для повышения качества контроля технического состояния в процессе движения транспортных средств разработана упрощенная структура автоматизированной системы контроля технического состояния транспортного средства на основе матричного QR-кода (рисунок 2). Предложенный метод позволяет обеспечивать «удаленно» контроль технического состояния транспортных средств, проверку наличия электронных перевозочных документов, маршрута движения транспортного средства, а также внесения платы проезда по дороге и т.д.. В перспективе широкое применение данного метода позволит вывести критерии оценки эффективности функционирования транспортного

средства [6], входные показатели которого могут быть заложены и прочие данные, связанные с состоянием транспортной инфраструктуры, участниках дорожного движения и дорожных условиях (Рис 3).

Для практической реализации данного метода была разработана «Автоматизированная система удаленной диагностики технического состояния транспортных средств на основе матричного QR-кода» (патент на изобретение № 2792386 от 24 января 2023 г.). В данном изобретении решается задача, заключающаяся в улучшении контроля движения ТС с помощью матричного QR-кода, который постоянно обновля-

ется и затем считывается системами фотовидеофиксаций.

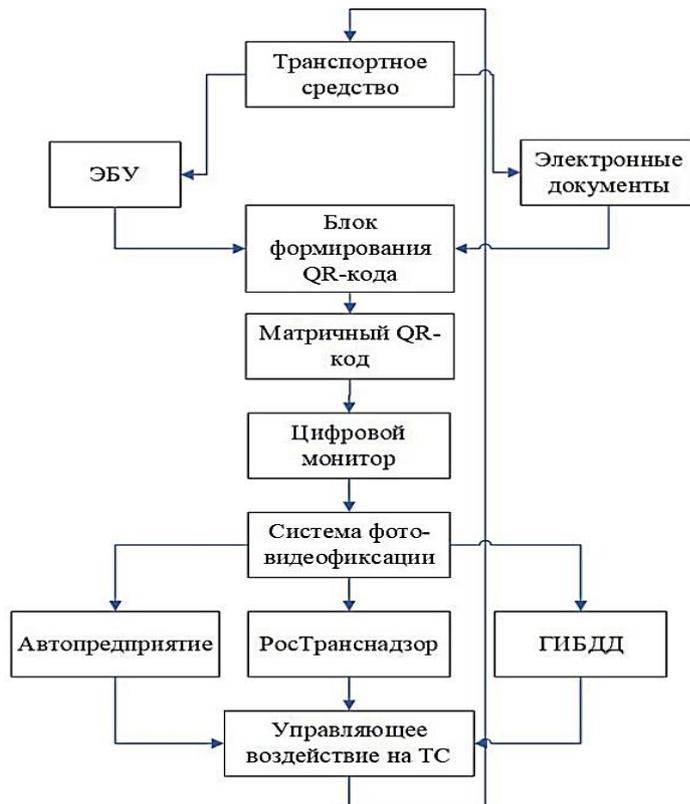


Рисунок 2 – Упрощенная структура автоматизированной системы контроля технического состояния транспортного средства на основе матричного QR-кода

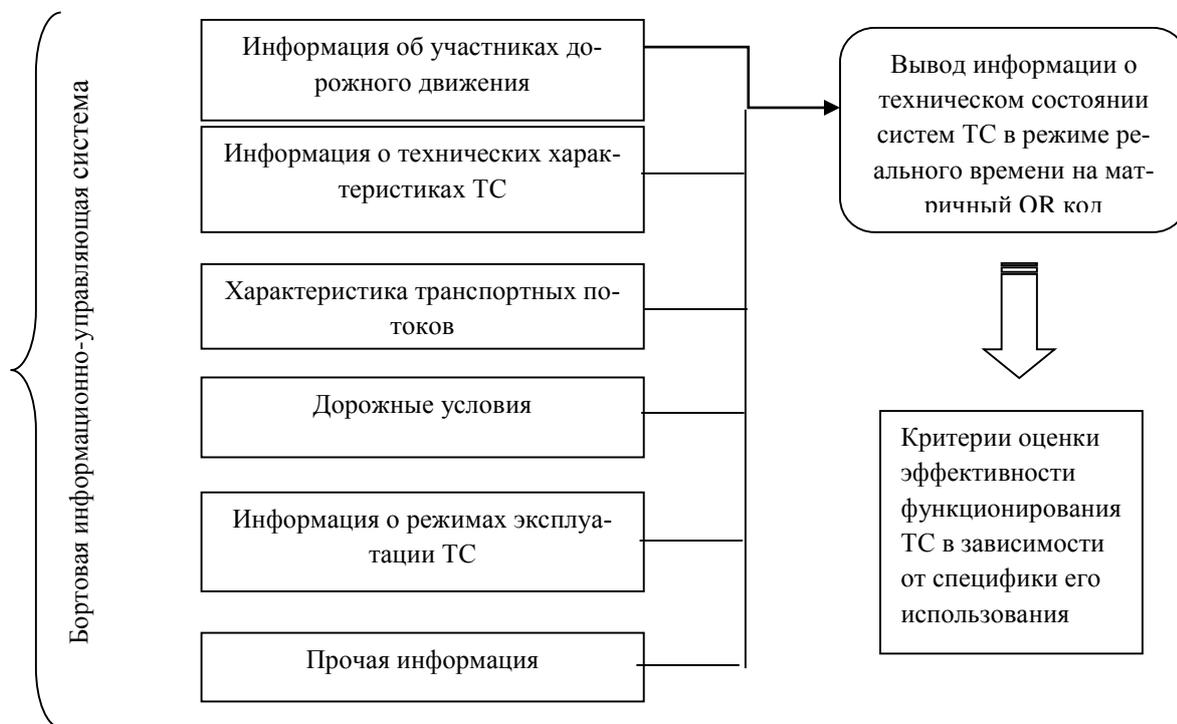


Рисунок 3 – Модель вывода информации посредством матричного QR кода

Данное изобретение направленно на решение задачи по совершенствованию контроля над движением транспортных средств, на основе передачи обновляющейся информации с

матричного QR-кода, расположенного на транспортном средстве и считываемого системами фото-видео фиксации [6]. Для распознавания информации, QR-код должен иметь квадратную форму и располагать в себе ряд дополнительных элементов (Рис. 4).

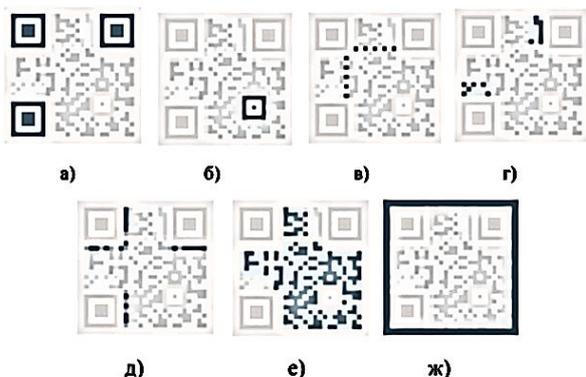


Рисунок 4 – Структура QR-кода: а) области для позиционирования QR-кода, б) маркировка выравнивания, в) полосы синхронизации, г) информация о версии, д) код маски и уровня коррекции, е) данные с кодами коррекции, ж) отступ вокруг кода

Элементы QR-кода, выделенные на рисунке 4 (а) используются для позиционирования при считывании, дополнительной информации в себе не несут. Элемент на рисунке 4 (б) используются для более точной ориентации, в случае использования большого QR-кода. Количество версии применяемых QR-кодов на сегодняшний день насчитывается более 40, для определения версии используется область выделенная на рисунке 4 (г).

На рисунке 4 представлена информация об ошибках. Кроме того, выделенная область облегчает сканирование QR кода. В области (е) содержатся данные, например техническом состоянии ТС, электронные перевозочные документы и т.д. Область, выделяющая все элементы QR-кода от окружения, выделена на рисунке 4 (ж).

Реализация данного метода происходит в следующим образом.

Необходимая информация в виде матричного динамического QR-кода поступает на монитор, расположенный на передней части транспортного средства 1. К системам автоматической фото-видео фиксации, имеющим возможность считывать закодированную информацию, к примеру по стандарту RS-232, подсоединен преобразователь 3, с возможность выбора одного из радиоканалов и последующей передачей сигналов системой автоматической фото-видеофиксацией 2 через запросчик/ответчик 4 на снабженный трансмиттером (не показан) приемопередатчик 5, обеспечивающий радиосвязь, с передачей от оптической метки QR-кода 1 ин-

формации о техническом состоянии транспортного средства, массы транспортного средства, маршрута его движения и о электронных перевозочных документах, через корпоративные 6, например, МВД или Интернет защищенные 7 радиоканалы как с автоматизированной системой ДПС 8, так и с локальными пользователями (не показанными на рисунке 1) по радиоканалам, имеющим устойчивую работоспособность в условиях эксплуатации (помехи, передача с подвижных объектов и др.) предложенного изобретения [7, 8].

Сигнал от передатчика колебательного контур-радиочастотного идентификатора 9 поступает на установленное на транспортном средстве (не показано) устройство выполняющего роль приемника и передатчика, совмещенное с устройством для автоматического распознавания сигналов 10, а затем обрабатывается электронным блоком управления подачи топлива 11 с целью ограничения его подачи и принудительного изменения скорости движения транспортного средства, вплоть до полной его остановки [5].

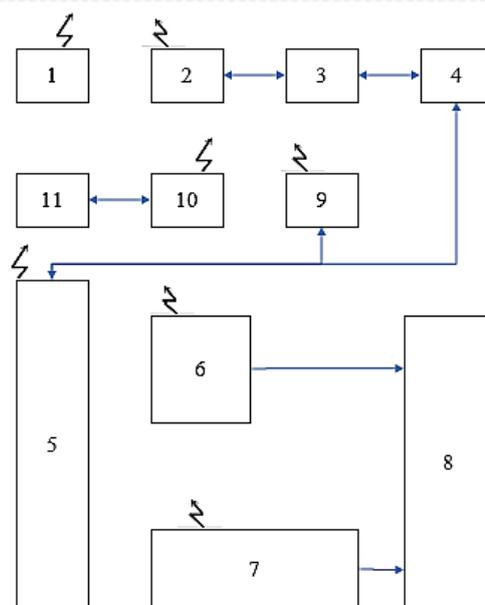


Рисунок 4 – Схема автоматизированного контроля движения транспортных средств с использованием матричного QR-кода

На основе проведенного исследования разработана методика, способная решить научную задачу по формированию наилучшего плана поставок запасных частей [9].

Методика основывается на получении данных от транспортного средства в реальном времени, что позволяет, скорректировать работу его работу, спланировать проведение ремонтных работ и организовать заказ запасных частей, до возникновения отказа [10].

Алгоритм работы автоматизированной

системы диагностирования транспортного средства представлен в виде закольцованного цикла на рисунке 5.

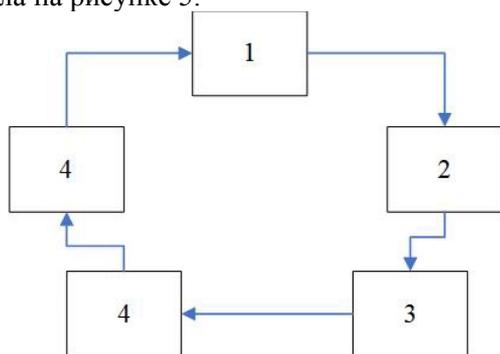


Рисунок 5 – Схема реализации метода контроля технического состояния: 1 – Получение данных от автомобиля; 2 – Заказ запасных частей, планирование ТО или Р.; 3 – Проведение ТО или Р.; 4 – Эксплуатация ТС; 5 – Мониторинг параметров транспортного средства.

Данный метод повышает безопасность эксплуатаций транспортного средства, сокращает время простоя, предоставляет возможность заблаговременного планирования ТО и Р по маршруту движения транспортного средства [11]. При этом благодаря постоянному мониторингу параметров транспортного средства, появляется возможность, более полно использовать резервных узлов и агрегатов.

Для непосредственного использования данного метода разработан лабораторный комплекс, предназначенный для реализации перспективных технических решений и схем по управлению ТС, который позволяет сформулировать приоритетные прикладные научно-исследовательские задачи, способствующие созданию и внедрению интеллектуальных транспортных систем.

### Заключение

Таким образом, был разработан метод автоматического контроля технического состояния систем транспортных средств на основании матричного QR кода. Выявлены существенные недостатки существующих методов контроля технического состояния транспортных средств, не позволяющие эффективно обрабатывать и хранить большие объемы статистических данных. Определена необходимость сформировать статистические данные диагностических параметров транспортных средств в процессе их эксплуатации. Установлена необходимость мониторинга состояния ТС и разработки системы информирования водителя и других участников

дорожного движения систем о техническом состоянии автотранспортных средств и транспортной инфраструктуры в режиме реального времени. Результатом проведенного исследования является, разработанное изобретения «Автоматизированная система удаленной диагностики технического состояния транспортных средств на основе матричного QR-кода» и методика, позволяющая эффективно проводить оценку технического состояния транспортного средства, находящегося в движении, при этом автоматически формируя базу статистических данных. Методика основывается на использовании средств фотовидеофиксации и матричного QR-кода. Данные, внесенные в матричный QR-код, также могут содержать не только информацию о техническом состоянии транспортного средства, но и электронные перевозочные документы. Применение методики технического контроля транспортных средств с использованием матричного QR-кода позволит, позволит повысить эффективность функционирования наземного транспорта и обеспечить требуемый уровень технической готовности, что в свою очередь положительно повлияет и безопасность дорожного движения.

### Литература

1. Safiullin R.N., Reznichenko V.V., Gorlatov D.V. Modeling and optimization of processes of transportation of heavy cargoes based on the automation of monitoring systems for the motor vehicles movement. //IOP: Earth and Environmental Science (EES). –2019 – № 378(2019). – 012069 – doi:10.1088/1755-1315/378/1/012069.
2. Patent for PM No. 174174 of the Russian Federation. Automated system for monitoring data on the technical condition of the internal combustion engine of a vehicle / Safiullin R.N. / Published 05.10.2011. Bull. No. 28.
3. Belikova D.D., Morozov E.V., Khisamutdinova E.L. Optimum control of mining machine power units in a range of operating conditions using the MIAB motor oil quality control system. Mining Information and Analytical Bulletin, 2021, (6). pp. 95-103.
4. Safiullin R.N. Automated traffic control systems for road transport. Monograph. Edited by R.N. Safiullina. - St. Petersburg: Lan, 2019. - 544 p.
5. Safiullin R.N. Optimal control of the internal combustion engine in the range of operating conditions when using ASSI // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2014. No. 1(42). pp. 121–126.
6. Komarov Yu.Ya., Fedotov V.N., Antropov D.S. Analysis of the technical condition of cars. / Bulletin of transport. 2008. No. 8. p. 35-38.
7. Safiullin R.N. Intelligent onboard systems in road transport: monograph. - M. - Berlin: Direct - Media. 2017. - 355 p.

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ТРОЛЛЕЙБУСОВ В Г. КАЛИНИНГРАДЕ

М.В. Буйлова<sup>1</sup>, А.А. Лабетцкий<sup>2</sup>

*Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта (БФУ им. Канта), 236041, г. Калининград, ул. А. Невского, 14.*

Проведен сбор и анализ технических данных состояния троллейбусного парка, основных видов отказов, состояния ремонтно-технической базы. Анализ позволит сформировать программу работ по расширению сети электротранспорта города и обеспечения его надежной работы.

*Ключевые слова:* троллейбусы, отказы оборудования троллейбусов, электротранспорт, износ оборудования, техническое обслуживание троллейбусов.

### CURRENT PROBLEMS OF MAINTENANCE AND REPAIR OF TROLLEYBUSES IN KALININGRAD

M.V. Buylova, A.A. Labetskiy

*The Immanuel Kant Baltic federal university (IKBFU), 236041, Kaliningrad, St. A. Nevsky, 14.*

Collection and analysis of technical data on the state of the trolleybus fleet, the main types of failures, the state of the repair and technical base was carried out. The analysis will make it possible to form a work program to expand the city's electric transport network and ensure its reliable operation.

*Keywords:* trolleybuses, equipment failures of trolleybuses, electric transport, wear and tear of equipment, maintenance of trolleybuses.

История Калининградского троллейбуса насчитывает более 40-лет. Начало троллейбусного движения (не считая краткий военный период) датируется 1975 годом, при этом на современном этапе развития действуют только три троллейбусных маршрута (рис. 1). По состоянию на 2022 г. Калининграде в эксплуатации находится 53 единицы подвижного состава троллейбусов. В следствии нецелесообразности ремонта и в виду физического износа троллейбусов и в связи с недостатком запчастей из состава парка были выведены троллейбусы АКСМ 101 ВМЗ 5298 а так-же БТЗ и ЛиАЗ. В действующем составе находятся троллейбусы марок ВМЗ, ВМЗ АКСМ, АКСМ, ЗиУ 682-Г, Тролза «Оптима» БТЗ.

В отношении обслуживания троллейбусного парка сохраняется ряд проблем, требующих оперативного управленческого решения, так по-прежнему существует нехватка кадров по обслуживанию электротехники и отсутствуют необходимые запчасти, что ведет к разборке части троллейбусов на комплектующие (использование в качестве доноров) [1]. В целом анализируя различные проблемы с эксплуатацией трол-

лейбусов в парке города Калининграда техническими службами МКП Калининград-ГорТранс установлено, что ремонта или замены (в связи с моральным и техническим износом) требуют 37 троллейбусов (84% всего парка).

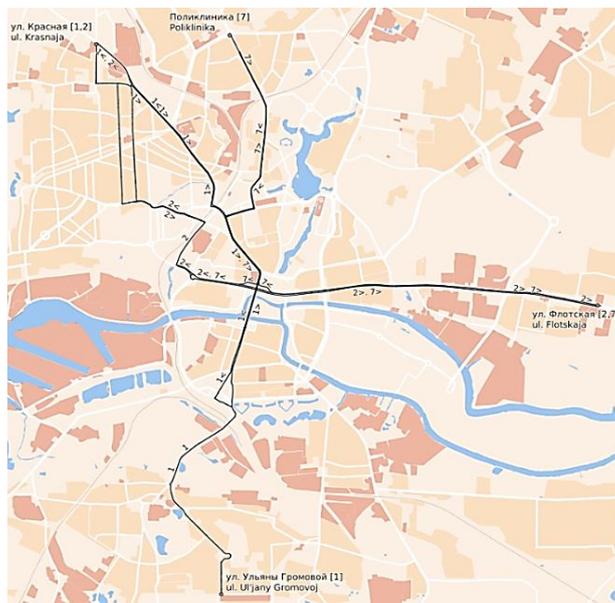


Рисунок 1 – Существующая маршрутная сеть троллейбусов в г. Калининграде

<sup>1</sup>Буйлова Мария Валерьевна – ст. преподаватель ОНК Институт высоких технологий, БФУ им. И. Канта, тел. 8 (4012) 595 585; e-mail: mbuilova@kantiana.ru;

<sup>2</sup>Лабетцкий Антон Александрович – магистрант по направлению 43.04.01. Сервис, БФУ им. И. Канта, тел. 8 (4012) 595 585; e-mail: labetskiy9090@internet.ru.

Учитывая текущие события в ближайшей перспективе сложно рассчитывать на необходимые финансовые вливания со стороны региона и муниципалитета на замену троллейбусного парка. Поэтому довольно остро встает вопрос о реорганизации системы ремонта и технического обслуживания имеющихся троллейбусов, с целью сохранения парка и троллейбусной системы г. Калининграда [2]. В результате, в исследовании возникает следующая цель: проанализировать причины основных отказов и аварий троллейбусного транспорта в городе Калининграде и разработать мероприятия по повышению качества его технического обслуживания. Далее перейдем к анализу основной статистической информации по отказам и авариям троллейбусов в городе Калининграде, что послужит базой для разработки предложений по оптимизации системы технического обслуживания и ремонта.

#### Анализ статистики отказов троллейбусов в г. Калининграде

Как уже отмечалось ранее, в пользовании МКП Калининград-ГорТранс находится несколько моделей троллейбусов, последовательно рассмотрим их на предмет наиболее часто встречающихся видов отказов. Укажем причины их возникновения. Так на части маршрутов г. Калининграда работает троллейбус марки

АКСМ 420 «Витовт» (Рис. 2).



Рисунок 2 – АКСМ 420 «Витовт» в г. Калининграде

Всего на настоящий момент в штате предприятия 12 троллейбусов данной марки. Основные закупки троллейбусов АКСМ 420 «Витовт» производились в 2011-2013 годах, поэтому они в большинстве своем требуют капитального ремонта либо замены [3]. Статистически выделяются несколько наиболее частых отказов троллейбусов данной марки, они сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Основные отказы троллейбусов АКСМ 420 «Витовт»

№	Виды отказов	Частота	Причины
1	Перегрев ТЭД в летние периоды	4-5 раз в год в основном в летние месяцы	В летние месяцы часто не справляется система охлаждения тягового электродвигателя
2	Замерзание ручного тормоза в зимние месяцы	2-3 раза в год в основном в зимние месяцы	На АКСМ в основном ручные тормоза пневмогидравлические и при его использовании происходят заклинивание тормозных барабанов
3	Выход из строя дверей привода открытие закрытие	7-9 раз в год	В основном двери сходят из за слабых петель на которых держатся двери , а так же из за того что лопаются трос привода дверей

Второй часто используемой моделью, являются троллейбусы ВМЗ. Всего на линии их выходит 6 штук (рис. 3.) Основной объем отказов связан с работой электрических систем троллейбусов, это также связано с низкой надежностью используемых элементов российского производства и высокой степенью их износа [4].

В целом подобные отказы (таблица 2) требуют не симптоматического «лечения» а поиска альтернативных рем комплектов, позволяющих

снизить частоту отказов [5]. В особенности в системе регулирования штанг опускания токоприемников, поскольку это непосредственно сказывается на движении троллейбусов в городских условиях и может приводить к их остановке на линии.



Рисунок 3 – VM3 в г. Калининграде

Здесь следует отметить тот факт, что организационно технологически наиболее серьезными отказами являются те – которые сопряжены с нарушением безопасности эксплуатации транспортного средства, либо с потерей им способности к выполнению целевой функции и остановке движения, что в условиях эксплуатации троллейбусов – ведет к остановке линии, до момента устранения отказа [6]. Реализуемая в компании Калининград-ГорТранс система технического обслуживания позволяет обеспечивать безопасность эксплуатации электротранспорта, однако высокая степень износа ряда механизмов ведет к поломкам на линии, остановкам и потери рентабельности в связи с простоями [7].

Таблица 2 – Основные отказы троллейбусов VM3

№	Виды отказов	Частота	Причины
1	Выход из строя компрессора	2-3 раза в год	Происходит попадание масла в компрессор в основном это происходит из за повреждения дренажной трубки.
2	Неисправлен кнплинг опускания и выравнивание корпуса троллейбуса	1-2 раза в год	Как правило система кнплинга клинит из за непопадания воздуха в пневмосистему.
3	Не равномерно работает система автоматического опускания токоприёмников	регулярно	Происходит как правило из за плохого регулирования системы опускания штанг, опускания происходит на каждом изоляторе или компенсаторе



Рисунок 4 – Тролза «Оптима» в г. Калининграде

Еще одной маркой троллейбусов, эксплуатируемых МКП Калининград-ГорТранс, является Тролза «Оптима» (рис. 4.). Всего по состоянию на 2022 г. в эксплуатации их 9 штук.

Данная модель чаще отказывает по причине механического износа, в частности отказа гидроусилителя либо тормозной системы. На текущем этапе данные проблемы решаются повышенным вниманием ремонтно-механической службы перед выпуском троллейбусов Тролза «Оптима» на линию к этим системам.

Таблица 3 – Основные отказы троллейбусов Тролза «Оптима»

№	Виды отказов	Частота	Причины
1	Выход из строя блока питания	2-3 раз в год	Как правило происходит неисправность кнопки пакетного выключателя , перегорает предохранитель.
2	Выход из строя гидроусилителя руля	1-3 раза в год	Износ втулок шестерён
3	Недержание ручного тормоза при температуре -5 градусов	5-7 раз в год в основном в зимние месяцы	Как правило при переводе ручного тормоза в стояночное положение так как воздух из за каплепадения превращается в влагу и замерзает в следствии чего не срабатывает ручной тормоз.

Однако растущая динамика аварийности (по состоянию на 2010-2015 гг. фиксировались 2-3 отказа в год в среднем по ручным тормозам и 1-2 по втулкам шестерни) говорит о необходимости также либо замены данной модели, либо поиска нового, более надежного ремкомплекта и запасных частей [8].

Для марки ЗиУ 682 Г (всего эксплуатируется 17 троллейбусов) характерны как отказы механической, так и электрической частей (рис. 5).



Рисунок 5 – ЗиУ 682 Г в г. Калининграде

По суммарному числу отказов ЗиУ 682 Г является наименее надежной моделью из всех

эксплуатируемых в МКП Калининград-ГорТранс. Сказывается значительный срок эксплуатации троллейбусов этой модели, а также использование для ремонта отказывающихся систем – аналогичных запчастей, снятых с единиц, поставленных на консервацию (что не придает им надежности) [9].

В итоге статистически можно отметить, что в течении года из всего троллейбусного парка в 53 единицы – в постоянном ремонте находится порядка 5-7 шт. Что составляет 10-12% от общего числа троллейбусов и значительно снижает эффективность работы предприятия.

Для полного раскрытия поднятой проблематики перейдем к рассмотрению процедур технического обслуживания и ремонта троллейбусов выполняемого силами ремонтного подразделения МКП Калининград-ГорТранс. Рассмотрим результаты данных работ, их эффективность, качество и достаточность [10]. Это даст возможность разработать предложения по повышению эффективности технического обслуживания (ТО) и ремонта с учетом не только наблюдаемой статистики, но и внутреннего положения предприятия и релевантности реализуемых технологических процессов действующим нормам [11].

Таблица 4 – Основные отказы троллейбусов ЗиУ 682 Г

№	Виды отказов	Частота	Причины
1	Залипание автомата компрессора	3-4 раза в год	На язычках автомата компрессора образуется гарь в следствии чего язычки компрессора больше не разъединяются когда автомат компрессора перестаёт качать воздух
2	Выход из строя Линейных контакторов	9-10 раз в год	Образование на язычках ЛК гари при контакте
3	Проблемы с рессорами	2-3 раза в год	Как правило основная проблема рессор это изломы в трещинах (так же из за износа пружин)

### Особенности проведения технического обслуживания и ремонта троллейбусов

Для проведения операций по осмотру, обслуживанию и ремонту троллейбусов в МКП Калининград-ГорТранс существует ремонтная зона.

Все троллейбусы проходят на ней сезонное техническое обслуживание (ТО) 2 раза в год, первичное ТО, вторичное ТО. Кроме того, водителями выполняется ежедневное обслуживание (ЕО) [12].

В ходе технического обслуживания троллейбусов в МКП Калининград-ГорТранс, а

также в ходе их ремонта, выделяются две основных проблемы.

Во-первых, это нехватка квалифицированного персонала. Так как МКП Калининград-ГорТранс является бюджетной организацией, то фонд оплаты труда в ней крайне урезанный. Средняя зарплата слесаря составляет порядка 30 тыс. р. до вычета налогов. В связи с этим слесаря с более развитыми навыками и опытом не будут оставаться работать в данной бюджетной организации, а предпочтут более высокооплачиваемый автомобильный сервис. В результате на предприятии есть хроническая нехватка слесарей по ремонту электрооборудования. Что кри-

тично в контексте системы технического обслуживания и ремонта троллейбусов.

Таблица 5 – Порядок проведения технического обслуживания троллейбусов в МКП Калининград-ГорТранс

Техническое обслуживание	Троллейбусы
ТО-1 Первичное	<b>Проводится один раз в 6-10 суток</b> в ночное или дневное время. Включает: осмотр внешнего вида троллейбусов, а так же осмотр неисправностей по заявкам водителей
ТО-2 Вторичное	<b>Проводится при пробеге троллейбуса 11 000 км.</b> Включает: более углублённый осмотр троллейбуса (проверяется полностью все электрическое и механическое оборудование) и при выявлении неисправностей проводится ремонтные работы подвижного состава
(ЕО) Ежедневное	<b>Проводится ежедневно водителем троллейбуса</b> Как правило, проверяется экипировка троллейбуса, укомплектованность троллейбуса двумя противооткатными упорами, двумя огнетушителями, и знаком аварийной остановки.
(КПО) Контрольно профилактический осмотр	Включает в себя проведение работ по контролю оборудования троллейбусов, от работоспособности которого зависит безопасность движения подвижного состава.
(СО) Сезонное	Проводится, как правило, два раза в год в осенне-зимний период и в весенне-летний период, по заявкам водителей

Кроме того, есть ряд проблем с обучением персонала методам обслуживания и ремонта современных типов троллейбусов. Так электрослесари имеют опыт работы с троллейбусами устаревших серий, которые выполнены по контакторной системе управления, а опыт работ по ремонту троллейбусов на транзисторной схеме у них часто отсутствует, а АКСМ 420 «Витовт» и ВМЗ Авангард оснащены транзисторной системой управления [13].

Второй серьезной проблемой в обслуживании и ремонте троллейбусов в МКП Калининград ГорТранс является вопрос отсутствия (либо сложности получения) надлежащих запасных частей. В современной ситуации это проблема становится все более и более актуальной.

Часть троллейбусов, используемых МКП Калининград ГорТранс - отечественного производства, а именно завода ТРОЛЗА (бывший завод имени Урицкого) расположенного в городе Энгельс, часть с Вологодского механического завода. Закупка запасных частей на данных предприятиях организационно – не представляет сложности, но есть ряд проблем с их доставкой в эксклавный регион и своевременным финансированием. Особняком стоит завод «Витовт» расположенный в Витебске производящий троллейбусы марки АКСМ 420. С одной стороны, республика Беларусь является членом Союзного государства, и доставка запчастей для техники не должна быть проблематичной, но при этом троллейбусы АКСМ производятся из

разных комплектующих, которые в свою очередь поставляются в Беларусь из стран Европы. Например, двигатель троллейбусов АКСМ производства концерна Skoda (Чехия), а стёкла производства немецкой фирмы Linkoln. В Беларуси же производятся в основном корпуса и осуществляется финальная сборка [14].

В результате, в особенности в последнее время как источник запчастей приходится использовать троллейбусы доноры (которые вышли из строя и запасные части на которые идут долго). Вообще троллейбусов данной марки завод выпустил всего 50 и в России они имеются так же в городе Белгород. При этом отметим, что в Белгороде была ликвидирована троллейбусная сеть и троллейбусы марки АКСМ 420 «Витовт» остались в наличии. В целом руководство Калининграда могло бы заказать запчасти под используемые троллейбусы именно на складах бывшего Белгородского депо.

Что же касается троллейбусов остальных марок, то основная проблема состоит в истощении ресурса самих транспортных средств, а именно: появление коррозии, выработка ресурса электродвигателя и в целом ресурсов электрических, механических и гидравлических систем [15].

Данная проблема не может быть полноценно решена только с привлечением новых запасных частей или дополнительным обучением и повышением квалификации персонала. Требуется обновление самого троллейбусного парка и

реализация программы по долговременному сотрудничеству с крупным поставщиком троллейбусной техники (обеспечивающим себя всем спектром деталей и оборудования) [16].

Исходя из требований к эксплуатации троллейбусов, капитальный ремонт должен осуществляться каждые 5 лет, с начала их эксплуатации. Однако в условиях МКП Калининград-ГорТранс он никогда не осуществлялся полноценно. Во-первых, виду хронического отсутствия запасных частей и квалифицированных работников, во-вторых в связи с неразвитостью ремонтно-механической базы, фактически способной осуществлять текущее техническое обслуживание и текущий ремонт, но не способной проводить более капитальные работы.

Троллейбусы срок эксплуатации, которых не может быть продлен в виду плохого технического состояния, не выводятся в капитальный ремонт, а снимаются с эксплуатации и используются в качестве доноров запасных частей.

Реорганизация системы обслуживания и ремонта троллейбусов и вопрос дальнейшего развития троллейбусного транспорта в г. Калининграде.

Весь представленный массив информации свидетельствует о необходимости проведения глубокой реорганизации системы технического обслуживания и ремонта троллейбусного парка. Поскольку парк является государственной собственностью, то на данном уровне должны быть приняты надлежащие решения по развитию организации и выделено целевое финансирование. В ином случае существующие тенденции приведут к постепенной и все большей деградации электротранспорта (троллейбусов) в г. Калининграде, дальнейшему сокращению линий и увеличению числа простоев транспортных средств.

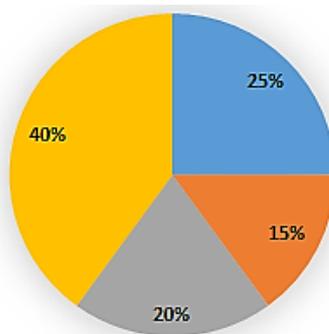
Отметим, что реализация всех процессов и формирование структуры технического обслуживания и ремонта трамвайных вагонов и троллейбусов производится согласно "Руководству по системе технического обслуживания и ремонта трамвайных вагонов и троллейбусов. Р 11325455-2505-01. Руководство МКП Калининград-ГорТранс – должно действовать в полном соответствии с положениями данного документа.

Трамвайный вагон (троллейбус) относится к категории подвижного состава, выработавшего свой ресурс, после истечения срока полной амортизации (для трамвайных вагонов 16 и троллейбусов 10 лет) или пробега с момента ввода в эксплуатацию трамвайного вагона 1120 и троллейбуса 600 тыс. км. Исходя из данных требований большая часть троллейбусного

парка – выработала свой ресурс и требует либо капитального восстановительного ремонта, либо замены. Рациональным представляется следующее распределение (рис. 6) по доле направляемых на утилизацию, в ремонт и в эксплуатацию троллейбусов.

Таким образом, в случае если руководством области будут приняты соответствующие решения, налажено финансирование МКП Калининград-ГорТранс то можно вывести из эксплуатации наиболее устаревшие и отработавшие свой ресурс троллейбусы (22 шт.), заменив их закупкой новых для поддержания работы системы. Поочередно вывести в капитальный ремонт (КР) 11 шт. троллейбусов (за счет новых запасных частей) и после вывести в текущее техническое обслуживание (ТО) еще 8 шт. троллейбусов. Оставшиеся 12 троллейбусов не требуют на настоящий момент дополнительных работ по техническому обслуживанию и ремонту (ТО и Р) и могут работать на линиях максимально эффективно.

Вместе с тем, решение проблем МКП Калининград-ГорТранс в части троллейбусного парка, как уже отмечалось, возможно только при комплексном подходе. Для этого при выделении соответствующего финансирования руководство предприятия должно осуществить ряд специальных мероприятий, которые реорганизуют систему ТО и Р и заложат надежный фундамент под развитие городского электротранспорта в будущем (троллейбусной сети). (Рис.7.)



- Троллейбусы оставляемые в эксплуатации
- Троллейбусы передаваемые в ТО-2
- Троллейбусы передаваемые в КР
- Списываемые из эксплуатации троллейбусы

Рисунок 6 – Рациональное перераспределение имеющегося фонда троллейбусов в МКП Калининград-ГорТранс

Безусловно реализация подобной программы потребует серьезных затрат, однако сохранить на должном техническом уровне действующий парк троллейбусов, с тем что бы существовала серьезная перспектива дальнейшего

развития данной системы – невозможно (таблица 6). В ином случае при «симптоматическом лечении», закупке старых образцов техники, и других не комплексных мероприятиях, должного эффекта не будет, и будет лишь поддержка «терминального состояния» системы.

Обозначенные предварительные затраты безусловно являются укрупненными и будут скорректированы в ходе тендерной работы. Здесь стоит отметить, что в г. Калининграде, например, уже проводились пробные испытания электробусов, однако в виду их высокой стоимости и сложности технического обслуживания в сравнении с троллейбусами – их использование признано нецелесообразным.

Вместе с тем реорганизация системы подобным образом требует, как минимум два последующих шага – увеличение фонда оплаты труда персонала (для поддержания качества работы) и развитие системы троллейбусного транспорта (восстановление старых и открытие новых маршрутов). В целом, с учетом современных требований к экологии городского общественного транспорта, с учетом необходимости сокращения потребления углеводородов в связи с квотированием эмиссии углекислого газа, а также в связи с географическим положением г. Калининграда – работы в этом направлении крайне актуальны, но требуют длинной «политической и народнохозяйственной» воли.

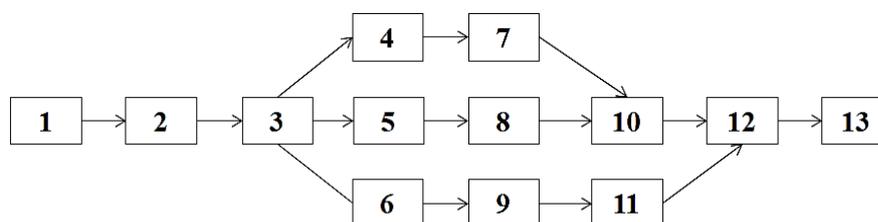


Рисунок 7 – Реорганизация системы ТО и Р троллейбусов в МКП Калининград-ГорТранс: 1 – Разработка детальной программы восстановления троллейбусного парка и развития троллейбусной системы; 2 – Выделение государственного финансирования; 3 – Создание структуры по реорганизации системы ТО и Р в МКП Калининград-ГорТранс; 4 – Перезаключение договоров с персоналом осуществляющим работы по обслуживанию и ремонту, поднятие заработной платы; 5- Проектные работы по реконструкции ремонтно-технической базы ТОиР в МКП Калининград-ГорТранс; 6 – Закупка новых троллейбусов, элементов ЗИП (тендер); 7 – Обучение ремонтного персонала (повышение квалификации); 8 – Прохождение государственной экспертизы проекта и организация работ по реконструкции ремонтной базы; 9 – Поставка материалов и техники; 10 – запуск реконструированной ремонтной базы предприятия; 11 – Приемка материалов и техники; 12 – Приемка реорганизованной системы технического обслуживания и ремонта; 13 – Разработка плана по развитию троллейбусной сети в г. Калининграде.

Таблица 6 – Укрупненная оценка затрат на реорганизацию системы обслуживания и ремонта троллейбусов в МКП Калининград-ГорТранс

Направления работ	Предварительные затраты млн.р.)
Закупка новых троллейбусов (22 шт.)	330
Закупка ремкомплектов для КР (11 шт.)	40
Закупка ремкомплектов на ТО-2 (8 шт.)	10
Дополнительные материалы	10
Реорганизация ремонтной базы	200
Проект на реконструкцию	20
Закупка техники для ремонтной базы	150
Закупка материалов для ремонтной базы	100
Повышение квалификации ремонтного и обслуживающего персонала	30
Итого:	890

Также стоит учесть, что восстановление ликвидированных маршрутов и открытие новых повлечет за собой дополнительные расходы. В виду этого руководству области, города и предприятия требуется провести детальные переговоры, экспертное оценивание и кон-

сультации с профильными научными институтами и организациям.

По результатам исследования можно утверждать, что в настоящее время троллейбусный транспорт в г. Калининграде находится в высокой степени технического и морального из-

носа. Требуется значительные затраты на реорганизацию его системы технического обслуживания и ремонта. Однако решение данной проблемы требует системного, комплексного подхода. Закупка дополнительных запчастей, закупка новых троллейбусов сами по себе не позволят радикально изменить сложившуюся ситуацию. Требуется обновление ремонтно-технической базы предприятия МКП Калининград-ГорТранс, заложенной еще в советский период. Это является обязательным условием для развития системы городского электротранспорта в будущем.

Кроме того, представленные в исследовании материалы свидетельствуют о необходимости увеличения фонда оплаты труда персонала, создания новой ремонтной бригады и проведения ее обучения. Реализация данных шагов позволит «перезапустить» систему на качественно-новом уровне и обеспечить ее долговременную и планомерную работу с перспективой расширения сети троллейбусного транспорта в городе.

### Литература

1. Шавкун, В. М. Исследование влияния эксплуатационных факторов на параметры нагружения силового электрооборудования троллейбусов / В. М. Шавкун, А. А. Певная, Б. О. Уваров // Символ науки: международный научный журнал. – 2015. – № 11-1. – С. 64-67.
2. Старикова, А. Г. Повышение эксплуатационной надежности работы тягового привода троллейбуса АКСМ-321 / А. Г. Старикова, А. И. Ганичев, А. С. Тычков // Наука и образование транспорту. – 2022. – № 1. – С. 119-122.
3. Восстановление изношенных отверстий поворотных цапф троллейбусов городского электротранспорта / В. И. Савуляк, С. А. Заболотный, Ю. С. Марченко, В. И. Шенфельд // . – 2008. – № 3. – С. 15.
4. Щербань, П. С. Моделирование воздействия вибрации на работу системы автоматического управления бесконтактными активными магнитными подшипниками / П. С. Щербань, А. В. Хованский // Инновационные технологии машиностроения в транспортном комплексе: Материалы XI Международной научно-технической конференции ассоциации технологов-машиностроителей, Калининград, 10–13 сентября 2019 года. – Калининград: Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, 2020. – С. 222-229.
5. Игнатов, А. В. К вопросу об эффективности работы горэлектротранспорта в городе Саратове / А. В. Игнатов, В. Н. Басков // . – 2017. – № 2. – С. 163-169.
6. Автоматизированная система диагностирования тяговых электродвигателей троллейбусов / В. М. Шавкун, Н. В. Гарбуз, О. В. Мизяк, В. В. Чубенко // . – 2016. – № 10-2(40). – С. 54-58.
7. Кот, Е. Н. Состояние и перспективы систем наземного городского электрического транспорта Беларуси / Е. Н. Кот, С. А. Рынкевич, С. С. Семченков // Организация и безопасность дорожного движения : материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Тюмень, 19 марта 2020 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020. – С. 372-377.
8. Щербань, П. С. Современные проблемы модернизации системы автоматического управления бесконтактными электромагнитными подшипниками / П. С. Щербань, А. В. Хованский // Современные материалы, техника и технологии. – 2020. – № 1(28). – С. 66-76.
9. Закиров, С. С. Положение городского электрического транспорта в России / С. С. Закиров, В. А. Матросов, Е. В. Матвеева // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. – 2016. – № 4(36). – С. 12-17.
10. Устюков, Г. Г. Электрический транспорт - будущее систем городского транспорта / Г. Г. Устюков // Интеграция науки и общества в современных социально-экономических условиях : сборник научных статей. Том Часть IV. – Москва : Издательство "Перо", 2021. – С. 70-74.
11. Субботин, М. А. Тенденции развития троллейбусных систем России и мира / М. А. Субботин, Н. А. Субботина // Географическое изучение территориальных систем : Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Пермь, 16–17 мая 2019 года / Под редакцией М.Б. Ивановой. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2020. – С. 85-90.
12. Щербань, П. С. Разработка предложений по модернизации системы автоматического управления бесконтактными активными магнитными подшипниками / П. С. Щербань, А. В. Хованский, Е. А. Латышева // . – 2018. – № 4(38). – С. 69-77.
13. Самигуллин, Н. И. Исследование электробезопасности троллейбуса / Н. И. Самигуллин // Тинчуринские чтения - 2020 "Энергетика и цифровая трансформация" : Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–29 апреля 2020 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 363-366.
14. Ярославцев, М. В. Эксплуатация и ремонт электрического транспорта / М. В. Ярославцев. Том Часть 1. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 102 с.
15. Ярославцев, М. В. Эксплуатация и ремонт электрического транспорта / М. В. Ярославцев. Том Часть 2. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 116 с.
16. Денисов, А. С. Совершенствование управления техническим состоянием пассажирского парка мегаполиса / А. С. Денисов, Е. В. Феклин // Грузовик. – 2019. – № 10. – С. 32-36.

## АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА ИЗНОС ШИН

А.Н. Чебоксаров<sup>1</sup>

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

В данной статье рассматриваются основные факторы, влияющие на долговечность шин: стиль вождения автомобиля, условия эксплуатации автомобиля, давление воздуха в шине, а также нагрузка на шину. Исследования позволили выявить взаимосвязь между каждым из этих факторов и долговечностью шин. Полученные результаты могут быть полезны для владельцев автомобилей и специалистов в области автомобильной техники для повышения экономической эффективности и безопасности эксплуатации автомобильной техники.

*Ключевые слова:* автомобиль, шина, износ, долговечность, пробег.

### ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING TIRE WEAR

A.N. Cheboksarov

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

This article discusses main factors that affect the durability of tires: the driving style of the car, the operating conditions of the car, the air pressure in the tire, as well as the load on the tire. Studies have revealed the relationship between each of these factors and the durability of tires. The results obtained can be useful for car owners and specialists in the field of automotive technology to improve the economic efficiency and safety of operation of automotive equipment

*Key words:* car, tire, wear, durability, mileage.

В настоящее время автомобили стали неотъемлемой частью жизни человека, и долговечность шин является одним из ключевых вопросов, касающихся безопасности и комфорта автомобильной езды.

Шины являются одним из самых важных элементов автомобиля, оказывающим прямое влияние на безопасность и экономию топлива. Хорошие шины обеспечивают надежное сцепление с дорогой, что обеспечивает безопасность водителя и пассажиров, а также уменьшает риск аварийных ситуаций. Кроме того, правильно подобранные и правильно накачанные шины также влияют на экономию топлива, что важно для сокращения расходов на эксплуатацию автомобиля. В данной статье будут рассмотрены факторы, влияющие на долговечность шин, а именно: стиль вождения, условия эксплуатации автомобиля, давление воздуха в шинах, а также перегрузки.

Исследования показывают [1, 2], что стиль вождения автомобиля может существенно влиять на пробег шин (рисунок 1). Жесткий стиль вождения, характеризующийся резкими ускорениями, торможениями и поворотами, может значительно сократить срок службы шин. Также увеличивается вероятность возникновения повреждений шин, например, проколов или

порезов. В то же время, более спокойный и плавный стиль вождения может помочь продлить срок службы шин.

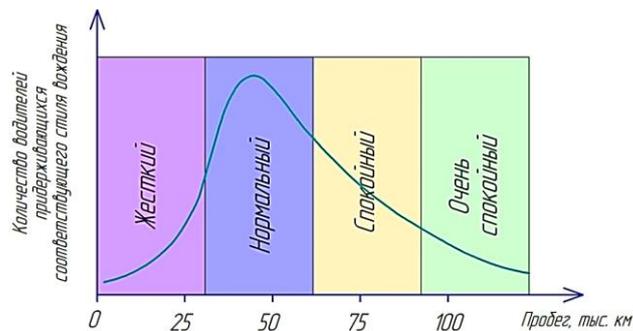


Рисунок 1 – Влияние стиля вождения автомобиля на пробег шин

Исследования показывают, что большинство водителей придерживаются нормального стиля вождения, который наиболее приемлем для обеспечения долговечности шин. Например, в одном исследовании было опрошено более 1000 водителей, и выяснено, что около 60% из них придерживаются нормального стиля вождения, 30% - спокойного, 8% – жесткого, и менее 2% – очень спокойного стиля вождения.

<sup>1</sup>Алексей Николаевич Чебоксаров – кандидат технических наук, доцент кафедры "Автомобильный транспорт", тел. 8-904-072-82-56, e-mail: chan23@inbox.ru.

Исследования показывают, что условия эксплуатации автомобиля (рисунок 2) могут значительно влиять на пробег грузовых шин [3, 4].

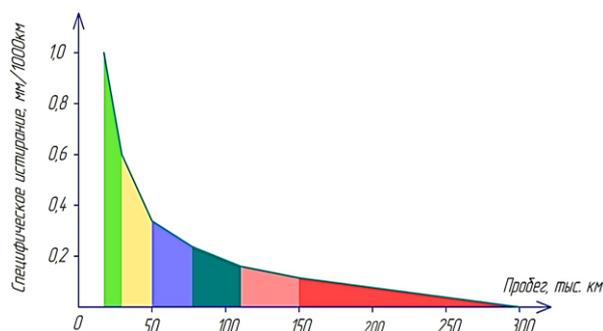


Рисунок 2 – Средние пробеги грузовых шин в разных условиях эксплуатации автомобиля:

- 1 – на строительных объектах; 2 – при перевозке мусора; 3 – в городских условиях; 4 – движение в пригороде; 5 – движение на равнинной местности; 6 – на дальних перевозках

Ниже приведены примеры пробегов грузовых шин в различных условиях эксплуатации:

1. На строительных объектах. Шины, которые используются на строительных площадках, часто подвергаются агрессивным условиям, таким как грязь, гравийные и каменные поверхности, а также неровности дорог. В результате, их срок службы может быть значительно сокращен, по сравнению с шинами, используемыми на обычных дорогах.

2. При перевозке мусора. При работе на мусорных полигонах, шины грузовиков могут подвергаться воздействию острых предметов и различных отходов. Кроме того, такие условия эксплуатации могут привести к ускоренному износу боковых стенок шин.

3. В городских условиях. Городские условия эксплуатации характеризуются частыми остановками и троганиями, а также большой концентрацией автомобилей на дорогах. Это может привести к ускоренному износу шин, особенно в области протектора.

4. Движение в пригороде. Движение по пригородным дорогам характеризуется более высокой скоростью и меньшим количеством остановок, что может снизить износ шин по сравнению с городскими условиями.

5. Движение на равнинной местности. При движении на равнинной местности износ шин может быть меньше, так как на таких дорогах меньше неровностей и перепадов высот.

6. На дальних перевозках. Дальние перевозки, как правило, являются самым благоприятным условием эксплуатации для шин грузовых автомобилей. При этом шины подвергаются

минимальной нагрузке и износу, что обусловлено относительно гладкой дорожной поверхностью и стабильным режимом движения.

Давление воздуха в шинах является одним из важнейших параметров, влияющих на их долговечность. Оптимальное давление воздуха в шинах повышает безопасность на дороге, увеличивает ресурс шин и снижает расход топлива.

Существует непосредственная зависимость между давлением воздуха в шинах и их сроком службы (рисунок 3). Недостаточное давление воздуха в шинах может привести к их перегреву, что повышает риск прокола и снижает ресурс шин. С другой стороны, избыточное давление воздуха также может негативно сказаться на эксплуатационных характеристиках шин, таких как сцепление с дорогой, комфортность езды и ресурс шин.

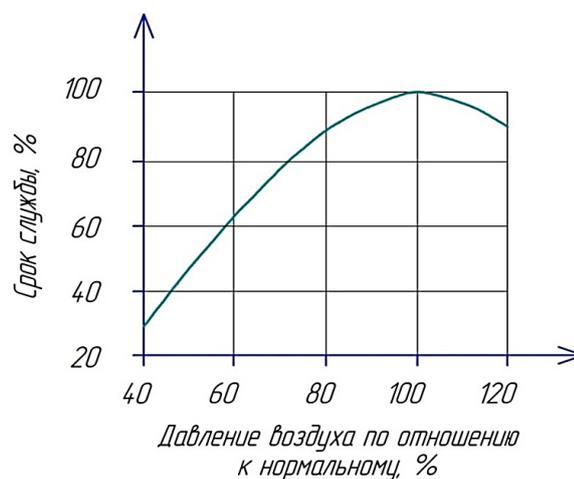


Рисунок 3 – Зависимость влияния давления воздуха в шине на её срок службы

Исследования показывают, что оптимальное давление воздуха в шинах повышает их срок службы на 10–15%, а также снижает расход топлива на 2–3% [5]. При этом, необходимо учитывать индивидуальные особенности каждого типа шин и требования производителя к давлению воздуха в них.

Таким образом, поддержание оптимального давления воздуха в шинах является одним из ключевых факторов для увеличения их срока службы и повышения безопасности на дороге [6].

Срок службы грузовой шины существенно снижается при ее эксплуатации с перегрузкой (рисунок 4.). Перегрузка может привести к износу шины, увеличению ее внутреннего давления и повреждению боковин шины. Кроме того, перегрузка может привести к ухудшению управляемости автомобиля, особенно при поворотах или при движении на скользкой дороге.

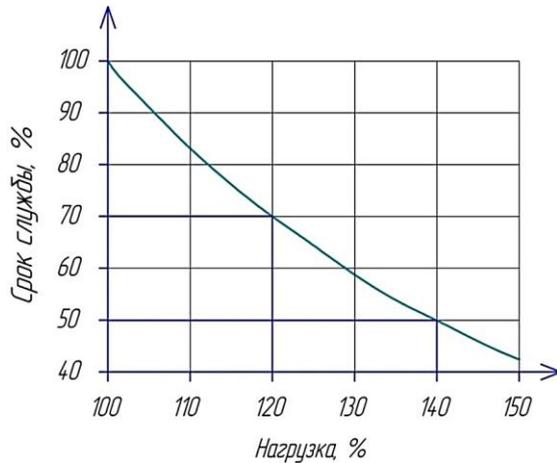


Рисунок 4 – Зависимость срока службы грузовой шины при ее эксплуатации с перегрузкой

Многие производители грузовых шин указывают максимально допустимый вес, который может быть перевезен на шинах определенного размера и типа. Этот вес зависит от максимальной нагрузки, которую шина может выдержать при определенном давлении. Водители и владельцы транспортных средств должны быть внимательными и не превышать максимально допустимую нагрузку на шинах, так как это может привести к повреждению шин и к снижению безопасности движения.

Исследования показывают, что перегрузка грузового автомобиля на 20% приводит к сокращению срока службы шин в среднем на 30%, а при перегрузке на 40% срок службы шин сокращается вдвое [7]. Кроме того, перегрузка увеличивает риск аварий и снижает устойчивость автомобиля на дороге. Поэтому владельцы грузовых автомобилей должны следить за массой перевозимого груза и не превышать максимально допустимую нагрузку на шинах.

В заключении можно отметить, что долговечность шин имеет огромное значение для безопасности и экономии топлива. Рассмотренные факторы, влияющие на долговечность шин, такие как стиль вождения, условия эксплуатации, давление воздуха и перегрузка, показы-

вают, что правильный выбор шин и их эксплуатация играют важную роль в обеспечении безопасности на дороге и экономии ресурсов. Поэтому, следует учитывать все эти факторы при выборе шин и их эксплуатации, а также регулярно проводить проверку их состояния и давления воздуха. Это поможет не только продлить срок службы шин, но и обеспечить безопасность на дороге и снизить расходы на топливо.

### Литература

1. Евзович В.Е. Автомобильные шины, диски и ободья / В.Е. Евзович, П.Г. Райбман. – М.: Автополисплюс, 2010. 144 с.
2. Горюнов С.В. Разработка методики прогнозирования долговечности крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов: дис. ... канд. техн. наук: : 05.05.06. – Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Кемерово, 2021. 124 с.
3. Ерицян Г.С., Карапетян М.А., Авакян А.Г. Влияние условий эксплуатации на ресурс шин: монография / Г.С. Ерицян, М.А. Карапетян, А.Г. Авакян / Национальный политехнический университет Армении; ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА им. К. А. Тимирязева. – М.: ООО «Мегаполис», 2022. 129 с.
4. Захаров Н.С. Влияние условий эксплуатации на долговечность автомобильных шин / Н.С. Захаров / Тюмен. гос. нефтегазовый ун-т. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1997. 138 с.
5. Устаров Р.М. Прогнозирование пробега автомобильных шин, эксплуатируемых в условиях переменного рельефа местности: дис. канд. техн. наук: 05.22.10: защищена 20.04.12 / Устаров Рамазан Магомедярагиевич. – Волгоград, 2012. – 190 с.
6. Горюнов С.В. Прогнозирование долговечности пневматических шин карьерных автосамосвалов / С.В. Горюнов, В.М. Шарипов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М. 2015. № 11. С. 127-130.
7. Кубраков В.П. Влияние режимов нагружения и до-рожных факторов на износ шин: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – Волгоград. – 1995. – 144 с



# **МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

---

---

УДК 625.85

## **МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ**

А.Я. Башкарев<sup>1</sup>, А.Н. Новик<sup>2</sup>, А.М. Исмаилов<sup>3</sup>, М.Н. Русаков<sup>4</sup>,  
К.И. Мельник<sup>5</sup>

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Россия,  
195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29.*

Одним из наиболее распространенных материалов, используемых при строительстве автодорожных покрытий являются асфальтобетонные смеси. В данной статье представлены результаты проведенного исследования гранулометрического состава горячих мелкозернистых плотных асфальтобетонных смесей по критериям Бэйли и его влияния на состояние автодорожного покрытия. Обоснована эффективность применения мультиаддитивной свертки критериев оценки процесса проектирования асфальтобетонных смесей требуемого качества. На основании результатов исследования были сделаны выводы об улучшении качества автодорожных покрытий и увеличения межремонтных сроков путем повышения качества проектирования гранулометрического состава асфальтобетонной смеси требуемого качества для обеспечения безотказной эксплуатации покрытий автомобильных дорог, устроенных из асфальтобетона.

*Ключевые слова:* дорожное покрытие, асфальтобетонная смесь, деформация, прочность, долговечность, износостойкость, битум, технологические процессы, сегрегация, контроль качества.

## **METHODOLOGY FOR ASSESSING THE QUALITY OF THE GRANULOMETRIC COMPOSITION OF ASPHALT CONCRETE MIXTURE**

A.Ya. Bashkarev, A.N. Novik, A.M. Ismailov, M.N. Rusakov, K.I. Melnik  
*St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great,  
Russia, 195251, St. Petersburg, st. Polytechnic, 29.*

One of the most common materials used in the construction of road surfaces are asphalt concrete mixtures. This article presents the results of a study of the granulometric composition of hot fine-grained dense asphalt concrete mixtures according to the Bailey criteria and its effect on the condition of the road surface. The effectiveness of the application of a multiadditive convolution of criteria for evaluating the design process of asphalt concrete mixtures of the required quality is substantiated. Based on the results of the study, conclusions were drawn about improving the quality of road surfaces and increasing the repair time by improving the quality of the design of the granulometric composition of the asphalt concrete mixture of the required quality to ensure trouble-free operation of road surfaces made of asphalt concrete.

*Key words:* road surface, asphalt concrete mixture, deformation, strength, durability, wear resistance, bitumen, technological processes, segregation, quality control.

---

<sup>1</sup>Башкарев Альберт Яковлевич – доктор технических наук, профессор, профессор Высшей школы транспорта, тел. +7(921)-950-37-15, e-mail: bashkarev@spbstu.ru;

<sup>2</sup>Новик Анатолий Николаевич – кандидат военных наук, доцент Высшей школы промышленно-гражданского и дорожного строительства, тел. +7(911)-980-44-57, e-mail: anatoliy@inbox.ru;

<sup>3</sup>Исмаилов Алексей Марленович – ассистент Высшей школы промышленно-гражданского и дорожного строительства, тел. +7(911)-710-93-17, e-mail: ismailov-aleksei@mail.ru;

<sup>4</sup>Русаков Михаил Николаевич – студент Высшей школы промышленно-гражданского и дорожного строительства, тел. +7(931)-310-94-84, e-mail: mishut8rusakov@mail.ru;

<sup>5</sup>Мельник Кирилл Иванович – начальник лаборатории АБЗ – 1, тел. +7(911)-230-86-62, e-mail: kmelnik@abz-1.ru.

**Введение**

В период реализации национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» особенно актуальна проблема повышения качества автодорожного покрытия [1]. При эксплуатации автодороги любая деформация её покрытия негативно влияет на эффективность работы автомобильного транспорта [2–5]. Это может быть выражено перерасходом топлива, ускорением износа самого покрытия и автомобилей и, как следствие, увеличением стоимости перевозок автомобильным транспортом [6–9].

Одна из основных сложностей, возникающих при осуществлении мероприятий по улучшению качества покрытия, является высокая вариация составаготавливаемых асфальтобетонных смесей (АБС).

Данная проблема обуславливается нестабильностью характеристик компонентов смеси, неконтролируемыми изменениями её свойств при транспортировке, а также нестабильностью параметров смеси в процессе укладки и уплотнения. Поэтому необходимо строго учитывать указанные факторы при приготовлении АБС [10–13].

Многие научные исследования, касающиеся вопроса повышения качества автодорожного покрытия путем тщательного отбора состава асфальтобетона, основываются на опыте применения методологии объемно-функционального проектирования «Supergave» [14–18]. Данная методология позволяет комплексно спроектировать асфальтобетонную смесь, производя отбор отдельных компонентов АБС по отдельным требованиям [19].

Для более детального рассмотрения структуры асфальтобетонной смеси её возможно декомпозировать на три подструктуры [20]:

- микроструктура – структура асфальтовязущего, являющегося суспензией минерального

порошка (фазы) в битуме (среде);

- мезоструктура – структура асфальтового раствора, представленного песчаными зёрнами (фазой) в асфальтовязущем (среде);

- макроструктура – структура асфальтобетона, представленного зёрнами щебня или гравия (фазой) в асфальтовом растворе (среде).

В целях повышения эксплуатационной надежности асфальтобетонного покрытия рекомендуется использование критериев Бэйли на этапе определения гранулометрического состава асфальтобетонных смесей для формирования первоначальных кривых зерновых составов. Данные критерии учитывают указанные выше подструктуры асфальтобетона, благодаря чему обеспечивают его оптимальные эксплуатационные и технологические свойства [21–23].

Критерии оптимальности зерновых составов по Бэйли представляют собой отношение полных проходов минерального заполнителя смеси через контрольные сита, интервалы значений которых различаются в зависимости от размеров сит и рассматриваемой подструктуры (табл. 1). Соответственно, для каждого сита критерии рассчитываются отдельно (табл. 2).

Для соотношения размеров квадратных и круглых сит применяется следующая корреляционная зависимость [24]:

$$D_k = 0,7917D_r + 0,125, \quad (1)$$

где  $D_k$  – размер ячеек квадратного сита

$D_r$  – размер ячеек круглого сита.

Полные проходы зёрен минерального материала через сита с квадратными ячейками определяются с помощью следующей зависимости:

$$M_i = M_{i-1} + (M_{i+1} - M_{i-1}) \cdot \frac{A_i - A_{i-1}}{A_{i+1} - A_{i-1}}, \quad (2)$$

где  $A = (D_k)^{2/3}$

$M_i$  – полный проход зёрен минерального материала через  $i$ -е сито.

Таблица 1 – Критерии оптимальности зерновых составов по Бэйли

НМРЗ, мм	31,5	22,4	16,0	11,2	8,0	4,0
<b>Критерии для щебеночно-мастичных смесей</b>						
СА макро			0,35 – 0,50	0,25 – 0,40	0,15 – 0,30	
Fa <sub>c</sub> мезо				0,60 – 0,85		
Fa <sub>f</sub> микро				0,60 – 0,90		
<b>Критерии для щебенистых (крупнозернистых) смесей</b>						
СА макро	0,80 – 0,95	0,70 – 0,85	0,60 – 0,75	0,50 – 0,65	0,40 – 0,55	0,30 – 0,45
Fa <sub>c</sub> мезо			0,35 – 0,50 (желательно > 0,40)			
Fa <sub>f</sub> микро			0,35 – 0,50			
<b>Критерии для малощебенистых (мелкозернистых) смесей</b>						
СА макро			0,60 – 1,00			
Fa <sub>c</sub> мезо			0,35 – 0,50 (желательно > 0,40)			
Fa <sub>f</sub> микро			0,35 – 0,50			

Таблица 2 – Расчет критериев оптимальности зерновых составов по Бэйли

НМРЗ, мм	31,5	22,4	16,0	11,2	8,0	4,0
Первое контрольное сито PCS, мм	8,0	4,0	4,0	2,0	2,0	1,0
0,5D Половинное сито, мм	16,0	11,2	8,0	5,6	4,0	2,0
СА критерий Макроструктура	$\frac{16,0 - 8,0}{100\% - 16,0}$	$\frac{11,2 - 4,0}{100\% - 11,2}$	$\frac{8,0 - 4,0}{100\% - 8,0}$	$\frac{5,6 - 2,0}{100\% - 5,6}$	$\frac{4,0 - 2,0}{100\% - 4,0}$	$\frac{2,0 - 1,0}{100\% - 2,0}$
Второе контрольное сито SCS, мм	2,0	1,0	1,0	0,50	0,50	0,25
Fa <sub>c</sub> критерий Мезоструктура	$\frac{2,0}{8,0}$	$\frac{1,0}{4,0}$	$\frac{1,0}{4,0}$	$\frac{0,5}{2,0}$	$\frac{0,5}{2,0}$	$\frac{0,25}{1,0}$
Третье контрольное сито TCS, мм	0,50	0,25	0,25	0,125	0,125	0,063
Fa <sub>f</sub> критерий Макроструктура	$\frac{0,5}{2,0}$	$\frac{0,25}{1,0}$	$\frac{0,25}{1,0}$	$\frac{0,125}{0,5}$	$\frac{0,125}{0,5}$	$\frac{0,063}{0,25}$

При формировании методики оценки качества асфальтобетонной смеси совместно с микро-, мезо- и макроструктурой асфальтобетона, учитываемыми критериями Бэйли, учтем также площадь между графиком кривой зернового состава смеси и прямой максимальной плотности, отражающую непосредственно плотность рассматриваемой смеси (табл. 3).

Таблица 3 – Учитываемые параметры асфальтобетонной смеси

Характеристика асфальтобетонной смеси	Обозначение	Эталонное значение	Направление оптимизации
S <sub>гр</sub> площадь между графиком кривой зернового состава смеси и прямой максимальной плотности	K <sub>1</sub>	0,100	min
СА макроструктура	K <sub>2</sub>	0,800	max
Fa <sub>c</sub> мезоструктура	K <sub>3</sub>	0,400	min
Fa <sub>f</sub> микроструктура	K <sub>4</sub>	0,400	min

Чтобы сформировать однозначную оценку качества проектируемой смеси, с помощью проведения многокритериального анализа приведем рассматриваемые показатели к единому параметру K<sub>grand</sub> (на основании базовой формулы мультиаддитивной свертки критериев) [25–29]:

$$F(x_i) = \sum_{i=1}^n \alpha_i \left( \frac{F_i(x)}{F_i^o(x)} \right) = \quad (3)$$

$$= \sum_{i=1}^n \alpha_i f_i(x_i) \rightarrow \max(\min)$$

$$K_{grand} = \sum_{i=1}^n \alpha_i \left( \frac{F_i(x)}{F_i^o(x)} \right) \quad (4)$$

где  $F_i$  – безразмерный коэффициент, представляющий собой отношение фактического значения качественного показателя ( $K_i^{fact}$ ) к его эталонному значению ( $K_i^e$ ), выявленному на основании направления оптимизации данного параметра:

$$F_i = \frac{K_i^{fact}}{K_i^e}; \quad (5)$$

$a_i$  – коэффициент весомости, отображающий важность того или иного критерия для решаемой задачи:

$$a_i = \frac{U_i}{U_c}; \sum_{i=1}^n a_i = 1, \quad (6)$$

где  $U_i$  – показатель важности определенного критерия

$$U_i = \sum_{j=1}^n (g_{ij} \sum_{i=1}^n g_i), \quad (7)$$

где  $g_{ij}$  – степень важности i-го качественного показателя по сравнению с j-м качественным показателем асфальтобетонной смеси;

$U_c$  – суммарный показатель важности:

$$U_c = \sum_{i=1}^n U_i. \quad (8)$$

Следовательно, суммарные составляющие коэффициента K<sub>grand</sub> определяются при стремлении показателей:

- к минимуму:

$$\sum_{i=1}^n a_i \frac{1}{F_i^o} \rightarrow \min \quad - \quad (9)$$

- к максимуму:

$$\sum_{i=1}^n a_i F_i \rightarrow \max \quad (10)$$

Установим степени важности  $g_{ij}$  для каждого качественного показателя и на основании полученных данных рассчитаем коэффициенты весомости  $a_i$  рассматриваемых показателей (табл. 4).

Таблица 4 – Степени важности качественных показателей асфальтобетонной смеси

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	Σg <sub>i</sub>	U <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>
K <sub>1</sub>	-	3	3	3	9	45	0,357
K <sub>2</sub>	1	-	3	3	7	33	0,263
K <sub>3</sub>	1	1	-	2	4	24	0,190
K <sub>4</sub>	1	1	2	-	4	24	0,190
Сумма						126	1,000

Следовательно, окончательная формула:

$$K_{grand} = 0,357 \cdot \frac{0,1}{K_1^{fact}} + 0,262 \cdot K_2^{fact} + 0,190 \cdot \frac{0,4}{K_3^{fact}} + 0,190 \cdot \frac{0,4}{K_4^{fact}} \quad (11)$$

#### Валидация модели

В целях проверки точности представления сформированной математической модели была проведена её валидация в рамках лабораторного исследования.

Данное исследование включало в себя следующие этапы:

1. Изготовление в лаборатории пяти вариантов асфальтобетонных смесей, запроектированных из одного минерального заполнителя и

на одном битумном вяжущем, но с различными зерновыми составами.

2. Испытание запроектированных смесей в лаборатории

3. Анализ полученных результатов

#### Результаты и обсуждение

В рамках данного исследования производился отбор асфальтобетонной смеси для устройства верхнего слоя покрытия на объекте «Автомобильная дорога М-5 «Урал» на участке км 1480 – 1494».

Выбор асфальтобетона осуществлялся из пяти вариантов, классифицированных в соответствии с ГОСТ Р 58401.1-2019 в зависимости от номинально максимального размера применяемого минерального заполнителя и количества приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11,5 за расчетный срок службы конструктивного слоя дорожной одежды:

- SP-16 «Э» – асфальтобетонная смесь с номинально максимальным размером применяемого минерального заполнителя, равным 16,0 мм, для дорог с экстремально тяжелыми условиями движения (более 5,6 млн приложений АК-11,5) – 2 образца;

- SP-16 – асфальтобетонная смесь с номинально максимальным размером применяемого минерального заполнителя, равным 16,0 мм – 1 образец;

- SP-22 – асфальтобетонная смесь с номинально максимальным размером применяемого минерального заполнителя, равным 22,4 мм – 2 образца;

Использованное вяжущее – БНД 70/100. Минеральный заполнитель – габбро, просеивание проведено в соответствии с ГОСТ Р 58401.1-2019. Результаты просеивания приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты просеивания минерального заполнителя

Сито (ГОСТ Р 58401.1-2019), мм.		31,5	22,4	16,0	11,2	8,0	4,0
П.Прох., %	SP-16	1	100,00	100,00	88,09	75,97	41,49
		2 (Э)	100,00	100,00	90,29	77,74	42,84
		3 (Э)	100,00	100,00	96,4	78,30	34,80
	SP-22	1	100,00	98,23	85,72	73,22	39,94
		2	100,00	100,00	81,10	60,80	29,10
		Сито (ГОСТ Р 58401.1-2019), мм.	2,0	1,0	0,5	0,25	0,125
П.Прох., %	SP-16	1	28,43	18,98	13,73	9,00	5,15
		2 (Э)	29,58	20,08	13,09	9,76	5,48
		3 (Э)	24,10	18,80	14,50	11,20	4,60
	SP-22	1	26,03	18,07	13,00	9,02	5,56
		2	22,40	17,50	13,80	11,20	3,70

По результатам просеивания построены графики зерновых составов рассматриваемых смесей с обозначением прямой максимальной плотности смеси. Данные графики представлены на рисунках 1 – 3.

На основании результатов просеивания рассчитаны критерии оптимальности по Бэйли для зерновых составов исследуемых смесей в соответствии с таблицей 2. Результаты расчетов

представлены в таблицах 6 – 8.

По результатам расчетов критериев оптимальности зерновых составов построены наглядные графики изменения значений данных критериев по ситам для каждого исследуемого состава. Данные графики представлены в таблице 9.

В соответствии с формулой 11 произведен расчет итогового показателя качества исследуемых смесей  $K_{grand}$  на основании рассмотренных характеристик их зерновых составов. Результаты расчета представлены в таблицах 10 – 14.

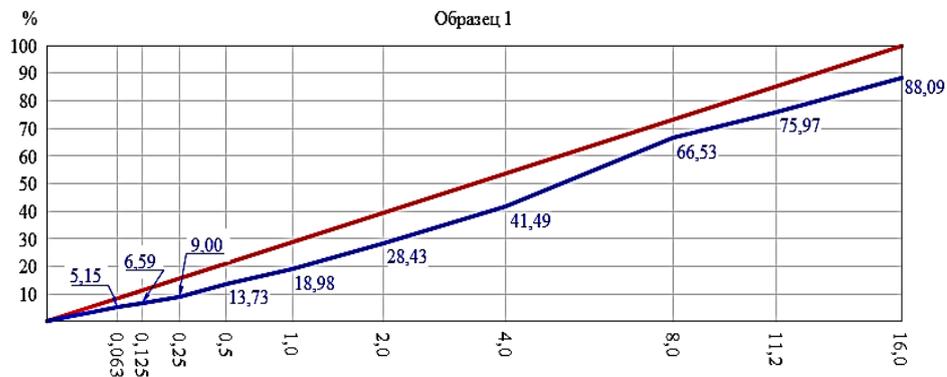


Рисунок 1 – График зернового состава смеси SP-16

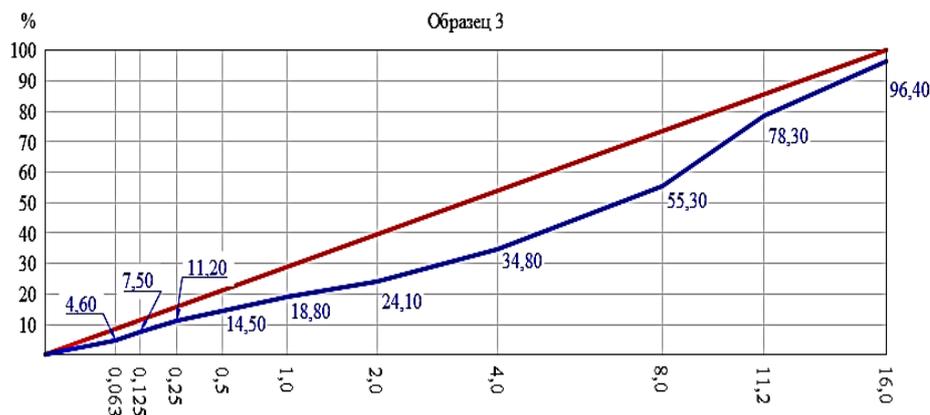
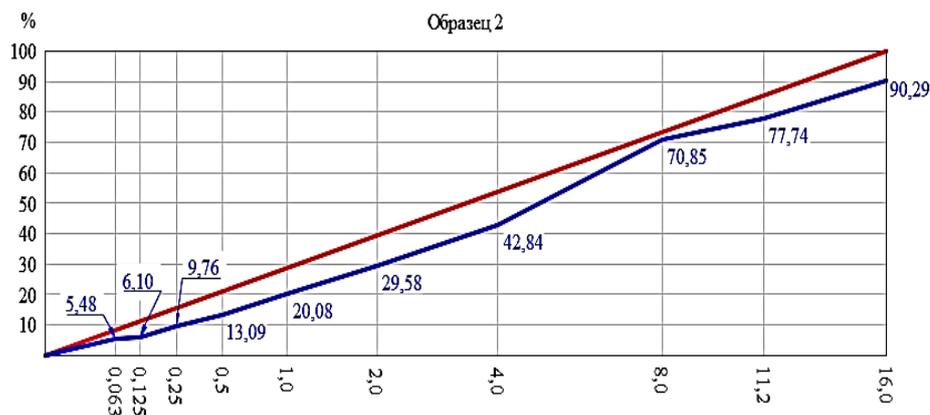


Рисунок 2 – Графики зерновых составов смеси SP-16 «Э»

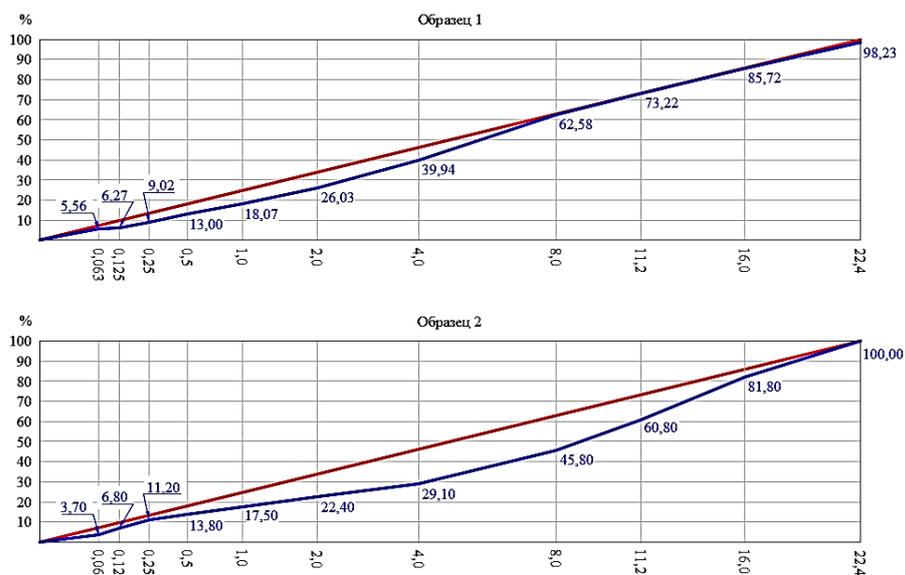


Рисунок 3 – Графики зерновых составов смеси SP-22

Таблица 6 – Расчёт критериев оптимальности по Бэйли для зернового состава SP-16

		HMP3, мм					
		31,5	22,4	16,0	11,2	8,0	4,0
Образец 1	СА критерий Макроструктура	1,810	1,435	0,748	-	0,223	0,132
	Fa <sub>c</sub> критерий Мезоструктура	0,427	0,457	0,457	0,483	0,483	0,474
	Fa <sub>f</sub> критерий Микроструктура	0,483	0,474	0,474	0,480	0,480	0,572

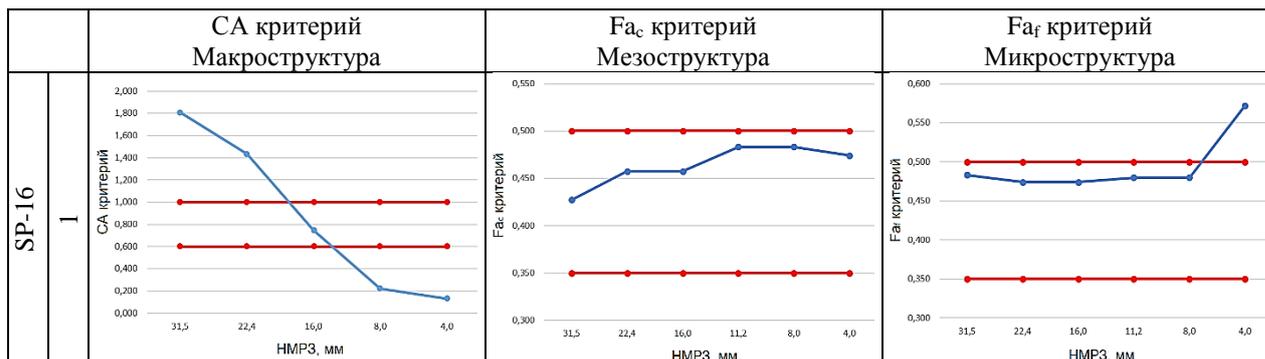
Таблица 7 – Расчёт критериев оптимальности по Бэйли для зернового состава SP-16 «Э»

		HMP3, мм					
		31,5	22,4	16,0	11,2	8,0	4,0
Об-разец 1	СА критерий Макроструктура	2,003	1,568	0,961	-	0,232	0,135
	Fa <sub>c</sub> критерий Мезоструктура	0,418	0,469	0,469	0,442	0,442	0,486
	Fa <sub>f</sub> критерий Микроструктура	0,442	0,486	0,486	0,466	0,466	0,561
Об-разец 2	СА критерий Макроструктура	11,417	2,005	0,459	-	0,164	0,070
	Fa <sub>c</sub> критерий Мезоструктура	0,436	0,540	0,540	0,602	0,602	0,596
	Fa <sub>f</sub> критерий Микроструктура	0,602	0,596	0,596	0,517	0,517	0,411

Таблица 8 – Расчёт критериев оптимальности по Бэйли для зернового состава SP-22

		HMP3, мм					
		31,5	22,4	16,0	11,2	8,0	4,0
Образец 1	СА критерий Макроструктура	1,620	1,243	0,605	-	0,232	0,108
	Fa <sub>c</sub> критерий Мезоструктура	0,416	0,452	0,452	0,500	0,500	0,499
	Fa <sub>f</sub> критерий Микроструктура	0,500	0,499	0,499	0,482	0,482	0,617
Образец 2	СА критерий Макроструктура	1,868	0,809	0,308	-	0,094	0,063
	Fa <sub>c</sub> критерий Мезоструктура	0,489	0,601	0,601	0,616	0,616	0,640
	Fa <sub>f</sub> критерий Микроструктура	0,616	0,640	0,640	0,493	0,493	0,330

Таблица 9 – Графики изменения критериев оптимальности зерновых составов по Бэйли



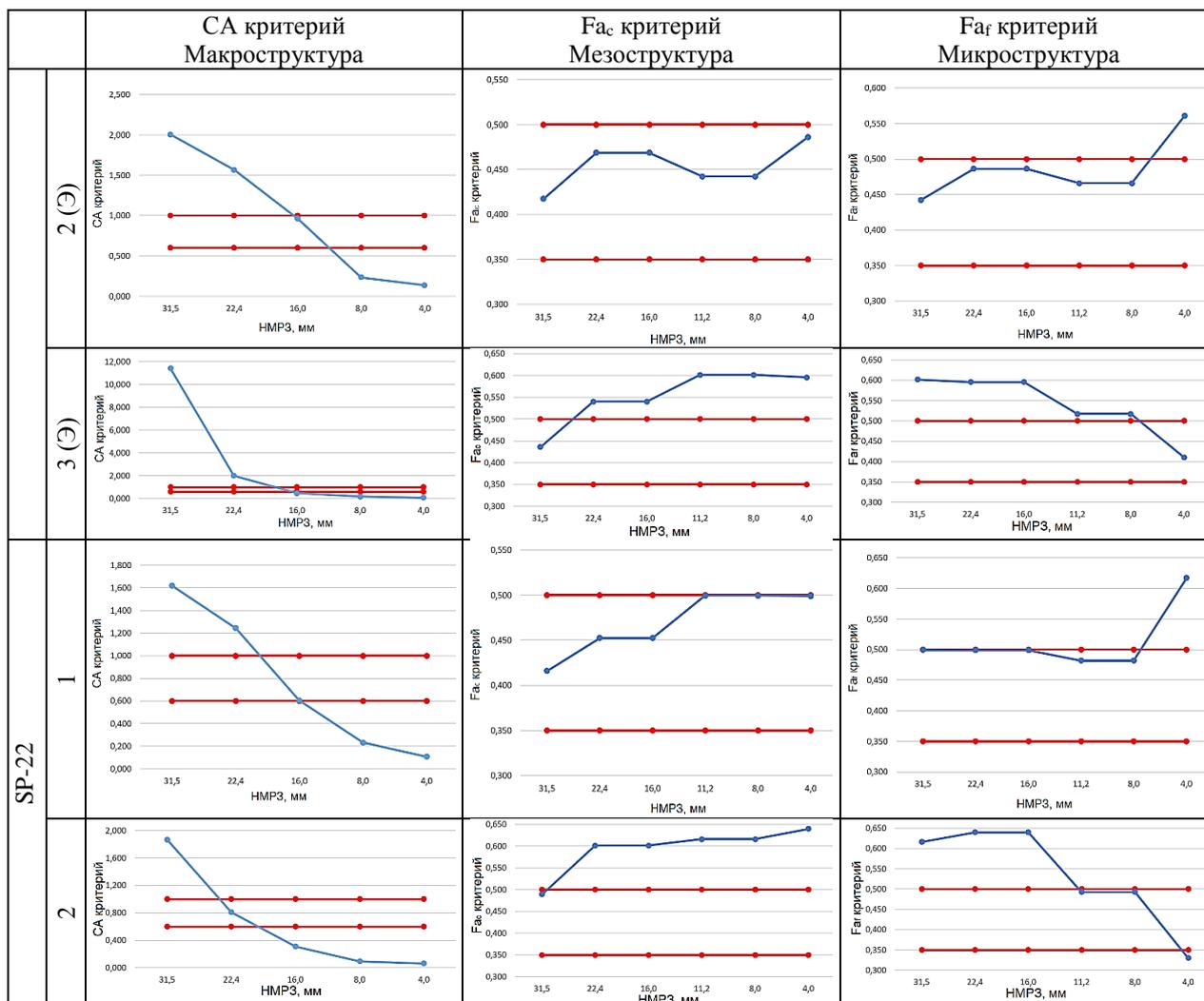


Таблица 10 – Расчёт качественных показателей для зернового состава SP-16 (образец 1)

Характеристика асфальтобетонной смеси	Обозначение	$a_i$	$K^{fact}$	$K^e$
$S_{гр}$ площадь между графиком кривой зернового состава смеси и прямой максимальной плотности	$K_1$	0,357	0,241	0,100
СА макроструктура	$K_2$	0,263	0,870	0,800
Faс мезоструктура	$K_3$	0,190	0,464	0,400
Faғ микроструктура	$K_4$	0,190	0,494	0,400
<b>Итоговый показатель</b>	<b><math>K_{grand}</math></b>		<b>0,707</b>	

Таблица 11 – Расчёт качественных показателей для зернового состава SP-16 (образец 2 (Э))

Характеристика асфальтобетонной смеси	Обозначение	$a_i$	$K^{fact}$	$K^e$
$S_{гр}$ площадь между графиком кривой зернового состава смеси и прямой максимальной плотности	$K_1$	0,357	0,198	0,100
СА макроструктура	$K_2$	0,262	0,980	0,800
Faс мезоструктура	$K_3$	0,190	0,454	0,400
Faғ микроструктура	$K_4$	0,190	0,485	0,400
<b>Итоговый показатель</b>	<b><math>K_{grand}</math></b>		<b>0,826</b>	

Таблица 12 – Расчёт качественных показателей для зернового состава SP-16 (образец 3 (Э))

Характеристика асфальтобетонной смеси	Обозначение	$a_i$	$K^{fact}$	$K^e$
$S_{гр}$ площадь между графиком кривой зернового состава смеси и прямой максимальной плотности	$K_1$	0,357	0,308	0,100
СА макроструктура	$K_2$	0,262	2,823	0,800

Характеристика асфальтобетонной смеси	Обозначение	$a_i$	$K^{fact}$	$K^e$
$Fa_c$ мезоструктура	$K_3$	0,190	0,553	0,400
$Fa_f$ микроструктура	$K_4$	0,190	0,540	0,400
<b>Итоговый показатель</b>	<b><math>K_{grand}</math></b>		<b>0,469</b>	

Таблица 13 – Расчёт качественных показателей для зернового состава SP-22 (образец 1)

Характеристика асфальтобетонной смеси	Обозначение	$a_i$	$K^{fact}$	$K^e$
$S_{гр}$ площадь между графиком кривой зернового состава смеси и прямой максимальной плотности	$K_1$	0,357	0,102	0,100
СА макроструктура	$K_2$	0,263	0,761	0,800
$Fa_c$ мезоструктура	$K_3$	0,190	0,470	0,400
$Fa_f$ микроструктура	$K_4$	0,190	0,513	0,400
<b>Итоговый показатель</b>	<b><math>K_{grand}</math></b>		<b>0,911</b>	

Таблица 14 – Расчёт качественных показателей для зернового состава SP-22 (образец 2)

Характеристика асфальтобетонной смеси	Обозначение	$a_i$	$K^{fact}$	$K^e$
$S_{гр}$ площадь между графиком кривой зернового состава смеси и прямой максимальной плотности	$K_1$	0,357	0,298	0,100
СА макроструктура	$K_2$	0,262	0,628	0,800
$Fa_c$ мезоструктура	$K_3$	0,190	0,594	0,400
$Fa_f$ микроструктура	$K_4$	0,190	0,535	0,400
<b>Итоговый показатель</b>	<b><math>K_{grand}</math></b>		<b>0,596</b>	

Значения итогового коэффициента  $K_{grand}$ , полученные по результатам расчётов качественных характеристик смесей при экстремальных условиях, представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Расчёт качественных показателей для зернового состава SP-22 (образец 2)

Образец АБС		$K_{grand}$
SP-16	1	0,707
	2 (Э)	<b>0,826</b>
	3 (Э)	0,459
SP-22	1	<b>0,911</b>
	2	0,596

### Заключение

Разработанная в ходе проведённого исследования модель позволяет дать единую оценку качества смеси на основании вариативности показателей структурных критериев гранулометрического состава АБС.

Валидация полученной математической модели показала, что вариант смеси, имеющий максимальное значение итогового показателя ( $K_{grand}$ ), наиболее удовлетворяет требованиям конечного потребителя и подходит под требуемые условия эксплуатации, что показывает его максимальную конкурентоспособность по сравнению с остальными рассматриваемыми вариантами.

Такой результат достигается путём обеспечения соответствия рассматриваемых зерновых составов критериям Бэйли, благодаря чему полностью рассматривается их структура на макро-, мезо- и микроуровнях. Из этого следует, что, с помощью данной модели, производится

непосредственное рассмотрение самой структуры смеси и ее прямая оценка, в отличие от предыдущих опытов, где оценка смеси выполнялась на основании ее анализа по косвенным признакам [30].

### Литература

1. Паспорт национального проекта “Безопасные качественные дороги.” Москва: Росавтодор, 2018. 17 с.
2. Лазарев Ю.Г., Новик А.Н., Шибко А.А., Алексеев С.В., Ворончихин Н.В., Змеев А.Т., Уколов С.А., Трепалин В.А., Дахин С.В., Колесников В.Т., Симонов Д.Л. Строительство автомобильных дорог и аэродромов. Санкт-Петербург: Федеральное государственное военное казенное образовательное учреждение высшего образования “Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева” Министерства обороны Российской Федерации, 2013. 528 с.
3. Телегина М.Е., Ермошин Н.А., Бирюков О.Р. Выявление закономерностей истираемости асфальтобетона экспериментальными методами // Неделя науки ИСИ. 2021. С. 263–266.
4. Ермошин Н.А., Змеев А.Т., Алексеев С.В., Симонов Д.Л., Трепалин В.А., Букатов Д.С., Уколов С.А., Егшин А.М., Лазарев Ю.Г., Шувалов О.А., Филиппов Д.А. Военно-эксплуатационная оценка автомобильных дорог. Санкт-Петербург: Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева, 2018. 182 с.
5. Novik A., Ismailov A., Sentsov I. Study of physical and mechanical properties of asphalt concrete with the addition of artificial asphaltite // Proceedings of STCCE. International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering 2022 : Lecture Notes in Civil Engineering. Switzerland, 2022. С. 15-30.

6. Ермошин Н.А., Гурьянов А.В., Лазарев Ю.Г., Егошин А.М., Змеев А.Т., Алексеев С.В., Симонов Д.Л., Филиппов Д.А., Букатов Д.С., Аверьянов Д.А. Экономико-математическое моделирование процессов эксплуатации, технического прикрытия и восстановления автомобильных дорог. Санкт-Петербург: ООО «Р-КОПИ», 2022. 228 с.
7. Васильев К.А., Бирюков О.Р., Алексеев С.В. Выбор способа устройства поперечного уклона проезжей части при ремонте автомобильной дороги // Неделя науки ИСИ. 2021. № 7. С. 297–299.
8. Белихин С.В., Лазарев Ю.Г., Исмаилов А.М. Материалы для проведения конструкционного ремонта объектов транспортной инфраструктуры // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. 2019. С. 128–133.
9. Алексеев С.В., Трепалин В.А., Шевченко С.М., Трифонова А.А. Современные методы совершенствования конструкций деформационных швов автодорожных мостов // Путевой навигатор. 2020. № 43(69). С. 29–35.
10. Sturova M., Novik A., Radaev A., Shangutov A. Optimization model for the distribution of investment volumes by measures to reduce the impact of risks in road construction. // Transportation Research Procediathis link is disabled, 2022, 63, pp. 2866–2874
11. Колесник Д.А., Пахаренко Д.В. Методы испытания асфальтобетона. (Часть 1. Уплотнение). // Дорожная держава. 2013. № 45. С. 64–68.
12. Колесник Д.А., Некрасова О.С. Методы испытания асфальтобетона. Физико-механические свойства: модуль жесткости и трехосное циклическое испытание на сжатие. // Дорожная держава. 2013. № 46. С. 46–50.
13. Русаков М.Н., Исмаилов А.М. Стирол-бутадиен-стирольные полимеры для автодорожного строительства в Российской Федерации // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2020. № 2(87). С. 23–40. DOI:10.18720/CUBS.87.3.
14. Колесник Д.А., Шапченко Д.В. Новые тенденции в области испытаний асфальтобетона. // Мир дорог. 2018. № 115. С. 44–46.
15. Колесник Д.А., Некрасова О.С. Возникновение пластичности асфальтобетона в процессе укатки. Что делать, когда асфальт «ползет»? // Мир дорог. 2012. № 64. С. 42–4.
16. Колесник Д.А., Мантопкин С.А. Оценка устойчивости асфальтобетонов. // Мир дорог. 2017. № 102. С. 54–55.
17. Колесник Д.А., Мантопкин С.А. Оценка уплотняемости асфальтобетона. // Дорожная держава. 2019. № 89. С. 2–6.
18. Колесник Д.А., Котов Д.Ю. Параметры долговечности битумных вяжущих. // Автомобильные дороги. 2019. № 3. С. 96–99.
19. Колесник Д.А., Пахаренко Д.В. Практический опыт внедрения системы «Суперпейв». // Мир дорог. 2018. № 109. С. 30–33.
20. Надыкто Г.И., Галдина В.Д. Дорожный асфальтобетон и полимерасфальтобетон. Омск: СибАДИ, 2018. 211 с.
21. Колесник Д.А., Пахаренко Д.В. Опыт внедрения системы Supergravel на дорогах России. // Дорожная держава. 2019. № 88. С. 70–75.
22. Vavrik W.R., Pine W.J., Huber G., Carpenter S.H., Bailey R. The Bailey method of gradation evaluation: The influence of aggregate gradation and packing characteristics on voids in the mineral aggregate // Asphalt Paving Technology: Association of Asphalt Paving Technologists-Proceedings of the Technical Sessions. 2002. № January 2001(70). С. 132–175.
23. Кирюхин Г.Н. Способы структурного регулирования минеральной части асфальтобетона // Дороги и мосты. 2015. № 1(33). С. 297–319.
24. Кирюхин Г.Н., Смирнов Е.А. Покртия из щебеночно-мастичного асфальтобетона. Москва: ООО «Издательство “Элит”», 2009. 176 с.
25. Исмаилов А.М. Оптимизационно-квалиметрическая модель подбора исходных компонентов для приготовления асфальтобетонных смесей требуемого качества // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 11. С. 270–279.
26. Ермошин Н.А., Букатов Д.С. Имитационная модель определения эксплуатационных показателей военно-автомобильных дорог // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения: Военно-научный журнал. 2019. № 3(51). С. 104–109.
27. Ермошин Н.А., Лазарев Ю.Г. Математическая модель обоснования сети автомобильных дорог в интересах развития экономики и обеспечения военной безопасности // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2019. № 1–2(127–128). С. 12–20.
28. Лазарев Ю.Г., Ермошин Н.А., Сенцов И.В. Планирование развития дорожной сети с учетом принципов многокритериальной оптимизации // Путевой навигатор. 2019. № 38(64). С. 24–31.
29. Novik A., Drozdetskiy I., Petukhov P., Novik V., Popova A.. Justification Constructions of the Road Pavement Under Conditions of Changing Road Surface Temperature // Lecture Notes in Civil Engineeringthis link is disabled, 2021, 150 LNCE, pp. 161–172
30. Новик А.Н., Исмаилов А.М., Русаков М.Н. Влияние гранулометрического состава асфальтобетонных смесей на качество автодорожного покрытия // Путевой навигатор. 2022. № 51(77). С. 34–39.

# АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЗМОВ ОТВОДА ТКАНИ НА ТКАЦКИХ МАШИНАХ

Л.Я. Алирзаева<sup>1</sup>, М.Г. Фарзалиев<sup>2</sup>

*Азербайджанский Государственный Экономический Университет (UNEC),  
Баку, Азербайджан, Истиглалият 22, AZ1001.*

Для обеспечения потребности населения на изделие текстильной и легкой промышленности, требуется увеличить выпуск тканей различного ассортимента. Качество выпускаемых тканей зависит от конструкции механизмов ткацких станков. Одним из механизмов является механизм отвода ткани.

*Ключевые слова:* механизм отвода ткани, вальян, товарный регулятор, навивающее устройство, коэффициент трения, храповый механизм, товарный валик.

## ANALYSIS OF THE CONSTRUCTION OF FABRIC REMOVAL MECHANISMS ON WEAVING MACHINES

L.Ya. Alirzaeva, M.G. Farzaliyev

*Azerbaijan State University of Economics (UNEC), Baku, Azerbaijan, Istiglaliyat 22, AZ1001.*

To meet the needs of the population for the product of the textile and light industry, it is required to increase the production of fabrics of various assortments. The quality of manufactured fabrics depends on the construction of the mechanisms of looms. One mechanism is the fabric removal mechanism.

*Key words:* fabric removal mechanism, valance, commodity regulator, winding device, coefficient of friction, ratchet mechanism, commodity roller.

### Введение

Чтобы выработать ткань нужной структуры и высокого качества, необходимо соответствующим образом подготовить нити основы и утка. Таким образом, данный процесс обработки состоит из подготовительных этапов и собственно ткачества. Выработку ткани проводят в три этапа.

На первом этапе идет подготовка нити основы и утка, которая заключается в перемотке поступивших с прядильного производства нитей в паковки, удобные для заправки в ткацкий станок. Подготовка основы состоит из следующих операций: перематывание, снование, шлихтование и пробирание отдельных нитей в детали ткацкого станка.

На втором этапе осуществляют изготовление ткани на ткацком станке.

Согласно технологической схеме заправки ткацких станков, основные нити подаются с навоя, огибая скало, проходят через ламели основонаблюдателя, галева ремизных рамок и бердо подходят к опушке ткани. Основные нити образуют зев, в который вводятся уточные нити и формируются элементы ткани. Сформированная ткань проходит грудницу, огибает ва-

льян, направляющую пленку и навивается товарный валик. Устройство для отвода ткани состоит из трех механизмов:

- Оттягивающего валика (вальян) с шероховатой поверхностью
- Товарного регулятора
- Навивающего устройства.

Разбраковка изготовленных тканей является заключительным этапом процесса производства. На этой стадии измеряют длину суровых (неотделанных) тканей на мерильных машинах, проводят стрижку и чистку тканей, осуществляют контроль качества на браковочных машинах, выявляя пороки ткачества.

### 2. Цель и задачи исследований

Целью настоящей работы является, анализ кинематической схемы и конструкции товароприемного механизма с целью автоматизации технологических процессов выполняемых ими, в ткацких машинах. К задаче исследования относится:

- Анализ конструкции устройств отвода ткани;
- Анализ конструкций товарных регуляторов;

<sup>1</sup>Алирзаева Ляман Яшар – докторант и преподаватель, кафедры «Инженерия и прикладные науки», тел. +9(945) 564-349-86, e-mail: laman\_alirzaeva@unec.edu.az;

<sup>2</sup>Фарзалиев Мазохир Гамза – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологические машины и отраслевое оборудование», тел. +9 (945)062-698-41, e-mail: mezahir-ferzeliyev@yandex.ru.

- Анализ конструкции механизма навивания ткани.

### 3.1. Анализ конструкции устройств отвода ткани

Конструкция механизмов отвода ткани на ткацких машинах подробно изложены в работах [1,3,4,5,6]. Здесь мы будем рассматривать общие свойства, относящиеся к конструкции всех механизмов отвода ткани. Принципиальные конструктивные схемы устройства для отвода ткани показаны на рис.1.

На ткацких машинах бердо постоянно перемещается до одного и того же крайнего положения (кроме машин для выработки махровых тканей). Поэтому после прокладывания каждой уточной нити ткань должна регулярно отводиться от рабочей зоны [1].

Величина продвижения в ткани за один цикл (рис. 1. а) может быть определена из следующего выражения:

$$L=10/D=\varphi R \quad (1)$$

$$D=5R_z U/\pi Rz \quad (2)$$

где  $\varphi$  – угол поворота вальяна 2;

$R$  – радиус вальяна 2;

$R_z$  – число зубьев храповика;

$U$  – передаточное число;

$z$  – число зубьев, подаваемых собачкой.

Ткань, продвигаясь к наматывающему устройству, огибает грудницу 1 и ее продвижение вызывает вальян 2, которым управляет товарный регулятор. Затем ткань навивается на товарный валик [2].

На основе анализа работы устройств отвода ткани можно сформулировать следующие основные условия отвода ткани [3].

1. Для обеспечения не повреждения ткани,

на поверхности вальяна должно быть соответствующее покрытие. В настоящее время для тканей, вырабатываемых из пряжи, применяют шероховатую (в виде терки) жесь. Для химических волокон вальяны обтягивают резиной с выступающим рельефом или специальным покрытием с канавками, покрытием из пробки, пластмассами или другими фрикционными материалами.

2. Ткань не должна скользить по вальяну, чтобы сохранить заданную плотность по утку. По формуле Эйлера [4] сила трения  $T$  должна зависеть только от коэффициента трения  $f$  и угла обхвата  $\alpha$ :

$$T=S_1 - S_2 = S_2 (e^{f\alpha} - 1) \quad (3)$$

Но эта формула полностью справедлива только для трения волокон. При трении ткани на полной ее ширине существенное значение имеет также диаметр валика. Коэффициент трения зависит не только от материала покрытия валика, но также от вида волокна и переплетения ткани. Наряду с указанными коэффициентами трения между поверхностями вальяна и ткани, коэффициент трения зависит также от условия соприкосновения этих поверхностей, которые определяются статическими и динамическими параметрами вальяна и процесса приборя уточной нити к опушке ткани бердом, т. е. от деформации и частоты собственных колебаний вальяна и частоты приборя уточной нити к опушке ткани [5].

3. Для обеспечения обслуживания и ограничения затрат времени, а также для автоматизации процесса съема поковки, товарных валиков должна быть обеспечена возможность снятия товарного валика на ходу машины. Ткань не должна совершать возвратного движения после отрезания и снятия готового валика [6].

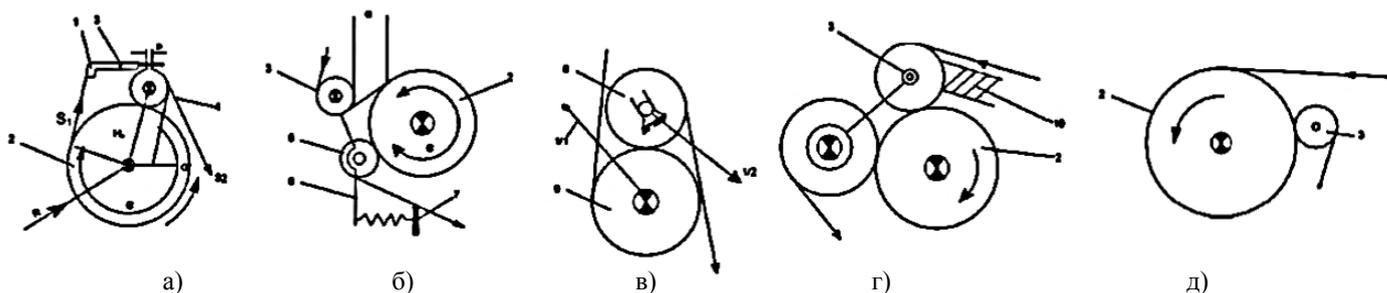


Рисунок 1 – Устройства для отвода ткани

Раньше устройства оттягивания ткани имели вид подобный тому, который показан на рис.1 а., с той лишь разницей, что направляющий валик 3 вращался в подшипниках и не касался вальяна 2. При сжатии ткани с навивающего устройства, величина оттягивающей силы равнялась нулю ( $S_2=0$ ). Сила трения также обращалась в нуль ( $T=0$ ). Поэтому при отрезании ткани, машину необходимо было остановить.

Теперь эта конструкция устройства улучшена. Оси направляющего валика 3 помещены в наклонно-расположенную кулису 4, закрепленной на раме машины. Равнодействующая сила натяжения ткани и сила тяжести направляющего валика имеют компоненты – радиальную и нормальную. После отрезания ткани на наматывающем устройстве натяжения ее равно нулю и действует только сила тяжести валика  $G$ . При этом

сила давления  $H_0$  оказывается достаточной для сохранения необходимого силы трения на вальяне, ткань не проскальзывает и товарный валик может быть снят по ходу машины [7-9].

В этой конструкции направляющий валик 3 изготавливают из прудка сплошного сечения с целью увеличить его вес до требуемого значения  $G$  или валик протягивают пружинами. Таким образом, в этой конструкции оттягивающего устройства обеспечиваются условия снятия товарного валика на ходу машины [10].

Имеются другие конструкции оттягивающих устройств, которые показаны на рис. 1 б. В этой конструкции направляющий валик 3 установлен в подшипниках, закрепленных на раме машины на расстоянии 8-10 мм от вальяна. Зазор 'а' предусмотрен для обеспечения прохождения узлов, которые соединяют основу с вспомогательным полотном при заправке станка. Прижимной валик 5 опирается своими осями на качающейся плечи 6, притянутый пружиной 7. Вальян 2 на 7/8 окружности охватывается тканью. При размещении прижимного валика 5 по схеме на рис. 1 в. на машинах, имеющую большую рабочую ширину 'в' (от 2 до 3 м), он под действием натяжения ткани может прогнуться и утратить контакты с поверхностью вальяна, на некоторой части длины контактной линии. Уменьшается сила давления в средней части валика, приводит к увеличению поперечного натяжения ткани, поэтому при непрямом наматывании на ткани могут образоваться складки [11].

Для устранения указанного недостатка было сконструировано двухваличное отжимное устройство (рис. 1 в). Обе валика 8 и 9 огибаются тканью. В этой конструкции расположены равнодействующие  $V_1$  и  $V_2$  натяжения ткани, приближенно параллельные и образуют с общей касательной цилиндра достаточно большие углы. Из этого следует что, при прогибе валиков средняя часть ткани будет зажата с достаточной силой и не потеряет натяжения. В этой конструкции также обеспечиваются условия снятия товарного валика на ходу машины [12].

Микрочелночные ткацкие станки модели ОК оснащены трехвальным оттяжным устройством (рис. 1 г). Особенностью этой конструкции является, размещение опор верхнего валика 3 на скользящих камнях 10. Это увеличивает силу давления верхнего оттягивающего валика на главный наматывающий валик. Величина этого усилия прижима прямо пропорциональна натяжению ткани. Валик 2 приводится в движение товарным регулятором [13]. В этой конструкции также удовлетворяется условие снятия товарного регулятора на ходу машины.

Анализ конструкций устройств отвода показывает что, они в основном обеспечивают одни условия снятия товарных валиков на ходу

машины. Вопреки влиянию диаметра вальяна, величина прогиба вальяна и колебание вальяна не изучена.

### 3.2. Анализ конструкций товарных регуляторов

Современные ткацкие машины оснащены позитивными основными регуляторами, которые рассчитаны на уточные нити определенной линейной плотности. В позитивных регуляторах ткань оттягивается периодически через постоянные интервалы. Уточные нити располагаются на одинаковых расстояниях одна от другой.

При неравномерном утке используют негативный регулятор, который оттягивает ткань в соответствии с размером проложенной уточной нити. Сначала рассмотрим позитивные регуляторы. Устройства, образующие товарный регулятор делят на две функциональные группы: привод и передаточные механизмы [14].

Привод товарного регулятора может создавать прерывные и непрерывные движения. Прерывное движение обеспечивается в основном с помощью храповых механизмов. В храповых механизмах подающая собачка, получает движение от качающейся лопасти с помощью тяги. Величина хода собачки регулируется перемещением соединительного пальца. Если привод механизма не является самотормозящими, может быть использована третья недосечная собачка, которая при остановке станка от уточного останова автоматически возвращает ткань на заранее заданную длину.

Достоинством системы с храповым механизмом с одной собачкой является точность подачи, не зависящая от натяжения ткани и основы. Существует привод товарных регуляторов, в которой храповой механизм имеет несколько собачек. На станках для выработки тканей из химических волокон необходима точная регулировка частоты вращения товарного валика, отвечающая продвижению ткани при прокладывании тонких нитей. Для получения очень малого шага, т. е. почти бесступенчатого деления окружности маховика, используют систему с большим числом собачек. На ободе храповика по всей его окружности размещаются от 8 до 24 собачек, которые качаются на своих осях. Число собачек  $n$  и число зубьев храповика  $z$  выбирают так, чтобы эти числа были взаимно несократимыми. Например, при  $n=24$ ,  $z=71$  окружность храповика делится на  $m$  частей [15].

$$m=n z=24 \times 71=1704 \quad (4)$$

Такое деление можно считать бесступенчатым.

Анализ показывает, что упругость всех звеньев передачи, в особенности рычагов, приводит к изменению плотности ткани по утку.

Для изучения влияния параметров храпового механизма с большим числом собачек на плотность ткани по утку следует провести исследование по динамике привода храпового механизма с большим числом собачек. Быстрая и удобная установка плотности по утку является достоинством системы, имеющей храповик с несколькими собачками.

На некоторых ткацких машинах вальяну передается непрерывное движение от нижнего вала машины. Однако здесь имеется единственная возможность установки плотности по утку – это смена зубчатых колес.

Анализ показывает, что для плотности от 35 до 755 уточин на 1 дм достаточно 12 сменных колес. Для увеличения плотности до 906 на 1 дм необходимо еще два колеса. Величина общего передаточного отношения от храповика к вальяну зависит, прежде всего, от диаметра вальяна и от плотности по утку. При переработке тонких уточных нитей требуются высокие значения передаточных чисел. С этой целью целесообразно используется червячная передача. В

товарных регуляторах используется также планетарная передача, передаточное число, которого может быть очень высоким [16].

Анализ показывает, что упругости элементов привода товарного регулятора могут привести к неравномерному вращению вальяна и непостоянству плотности по утку. Поэтому для обеспечения вращения вальяна с постоянной скоростью и постоянной плотности ткани по утку необходимо провести исследование движения вальяна с учетом упругости элементов привода и вальяна.

### 3.3. Анализ конструкции механизма навивания ткани

Навивающие устройства ткацких машин разделяются на следующие три группы [17]:

- Прямые
- Непрямые
- Роликовые

Конструктивная схема устройств для навивания ткани показана на рис. 2.

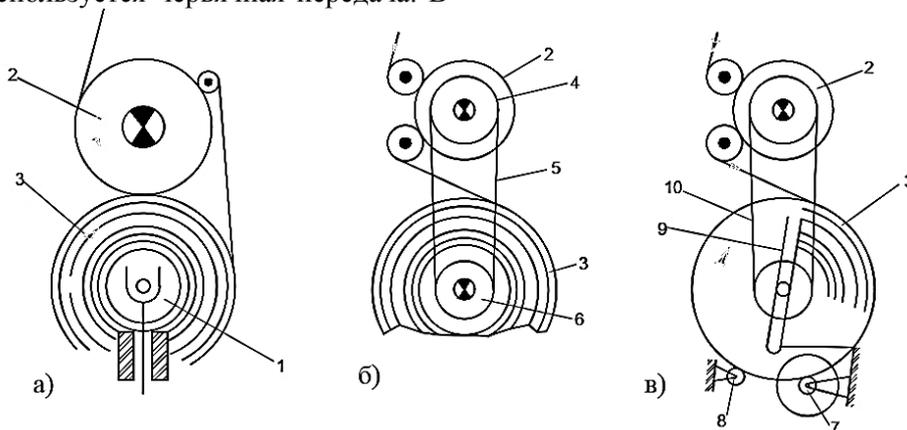


Рисунок 2 – Устройства для навивания ткани

В устройстве прямого действия (рис. 2 а) товарный валик 3 приводится в движение непосредственно вальяном 2. В этом случае навивающее устройство является составной частью устройства отвода ткани. Товарный валик опирается на ползуне 1 и протянута к вальяну пружиной или с помощью груза, установленной на рычажной передаче. Достоинством системы прямого действия является достаточно жесткое и высокое качество намотки ткани. Недостатком этой системы является постоянное давление вальяна на ткань, в результате которого ткань может быть повреждена. Поэтому систему не применяют при выработке тканей из химических волокон. В этом устройстве не возможно снятие товарного валика на ходу ткацкой машины. Кроме указанных выше, в этих устройствах автоматизация процесса съема готовых товарных валиков очень затруднена. Практически автоматизация съема готовых товарных валиков становится невозможным [18].

Устройство системы непрерывного действия является отдельной функциональной единицей, который имеет непрерывный привод с помощью ремня 5 (рис. 2 б) или зубчатых колес от другого главного вала. Привод устройства системы непрерывного действия бывает также прерывистой с помощью храповика и собачки. Передача движения на товарный валик показан на рис. 2 б. Здесь на валу вальяна 2 помещается верхняя звездочка 4. Движение передается роликовой цепью 5 на малую звездочку 6, закрепленного на валу товарного валика 3. Поскольку скорость отвода ткани постоянна, при увеличении радиуса намотки, угловая скорость товарного валика должна гиперболически снижаться. Для изменения угловой скорости целесообразно использовать предохранительную фрикционную муфту, установленную между звездочкой 6 и валом вальяна 3. Системы непрерывного действия в основном применяют для выработки тонких тканей. Натяжение ткани по мере возрастания

радиуса намотки, гиперболически снижается. При этом уменьшается натяжение ткани и является причиной мягкой намотки. В этом устройстве обеспечивается возможность снятия товарного валика на ходу машины. Однако закрепленные концы товарных валиков затрудняют автоматизацию процесса съема готовых товарных валиков на ходу ткацкой машины [19].

Схема навивания с помощью фрикционных роликов показана на рис. 2 в. Здесь поковка установлена на двух роликах 7 и 8, из которых одна из них получает движение с постоянной скоростью от вальяна 2 через цепную передачу 10. Оси товарного валика направляются прорез кулисы 9 или удерживаются рычагами, которые закреплены на станине машины и имеют возможность вращаться относительно оси закрепления. С увеличением радиуса намотки увеличивается масса поковки, поэтому при большом диаметре, намотка является достаточно жесткой. Навивающая система такого типа используется как отдельная функциональная единица для образования поволоков больших диаметров до 1 м. На ткацких машинах типа ТММ и на рапирных ткацких станках фирмы Dgareg ролики наматываются системой построенной на машине. Увеличение рабочей ширины машины и диаметра намотки приводит к трудностям с транспортировкой готовой ткани. Расположение товарного валика в передней части машины требует широкого рабочего прохода.

При навивании с помощью фрикционных роликов обеспечивается условие снятия готовой поковки после отрезания на ходу машины. В этом устройстве улучшены условия для снятия готовой поковки автоматически. Поэтому для создания автоматизированных ткацких фабрик в конструкциях ткацких машин целесообразно обеспечивать навивание ткани с помощью фрикционных роликов [20].

#### Результаты исследования

Результатом анализа конструкций устройств отвода является то что, они в основном обеспечивают одни условия снятия товарных валиков на ходу машины. Анализом установлено, что на процесс притягивания ткани из рабочей зоны влияют параметры вальяна и его динамические свойства. Также установлено:

- Для предотвращения повреждения ткани, на поверхности вальяна должно быть соответствующее покрытие.
- Для сохранения заданной плотности по утку ткань не должна скользить по поверхности вальяна.
- После отрезания и снятия готового валика ткань не должна совершать возвратного движения.

Во время анализа конструкций товарных

регуляторов было выявлено, что упругости элементов привода товарного регулятора могут привести к неравномерному вращению вальяна и непостоянству плотности по утку. Поэтому для обеспечения вращения вальяна с постоянной скоростью и постоянной плотности ткани по утку необходимо провести исследование движения вальяна с учетом упругости элементов привода и вальяна.

В результате анализа также установлено, что для создания автоматизированных ткацких фабрик, конструкции ткацких машин, в том числе конструкции механизма навивания ткани, должны быть усовершенствованы. Сравнительный анализ показывает, что в конструкции механизма навивания товарного валика с помощью фрикционных роликов, обеспечивается наилучшее условие для автоматического снятия готовой поковки после отрезания концов ткани на ходу машины.

#### Обсуждение исследования

Таким образом, навивание ткани на товарный валик происходит следующим образом. Ткань сначала к наматывающему устройству (огивая грудницу), ее продвижение вызывает вальян и в результате ткань навивается на товарный валик.

В результате анализа работы устройств отвода ткани, установлено, что:

- Для предотвращения повреждения ткани, поверхность вальяна должна быть покрыта соответствующим покрытием;
- Для сохранения заданной плотности по утку, ткань не должна скользить по вальяну;
- Для обеспечения автоматизации процесса съема готовки товарных валиков, нужно обеспечить снятие товарного валика на ходу машины.

#### Выводы

1. На основе проведенных исследований анализа конструкций механизмов отвода ткани установлено, что устройство отвода ткани состоит из трех механизмов:
  - Оттягивающий валик (вальян) с шероховатой поверхностью
  - Товарный регулятор
  - Навивающее устройство
2. Поставили следующие основные условия отвода ткани
  - Ткань не должна повреждаться, поэтому на вальяне должно быть соответствующее покрытие.
  - Ткань не должна скользить по вальяну, чтобы сохранить заданную плотность по утку. При трении ткани на полной ее ширине единственное значение также имеет диаметр валика. Коэффициент трения зависит не только от материала покрытия вала, но также от вида волокна,

переплетения ткани, от условия соприкосновения этих поверхностей, которые определяются статическими и динамическими параметрами вальяна и процесса приобоя уточной нити к опушке ткани бердом, т. е. от деформации и частоты собственных колебаний вальяна и частоты приобоя уточной нити к опушке ткани.

3. Для обеспечения обслуживания и ограничения затрат времени, а также для автоматизации процесса съема готовых товарных валиков, должны быть обеспечены условия снятия товарного валика на ходу машины. Ткань не должна совершать возвратного движения после отрезания и снятия готового валика.

4. Установлено, что упругость всех звеньев привода храповых механизмов товарных регуляторов приводит к изменению плотности ткани по утку. Для изучения влияния параметров привода храпового механизма с большим числом собачек на плотность ткани по утку, требуется исследовать динамику привода храпового механизма.

5. Анализом установлено, что упругость элементов привода товарного регулятора могут привести к неравномерному вращению вальяна и, следовательно, к не постоянству плотности ткани по утку. Для обеспечения вращения вальяна с постоянной скоростью и постоянной плотностью ткани по утку необходимо провести исследование движения вальяна с учетом упругости элементов привода и вальяна.

6. Анализом конструкций механизмов навивания ткани установлено, что в конструкции механизма навивания с помощью фрикционных роликов обеспечиваются условия снятия готовой поковки после отрезания на ходу машины. В этой конструкции улучшены условия для снятия готовой поковки автоматически. Для изучения автоматизированных ткацких фабрик в конструкциях ткацких машин целесообразно установить механизм навивания ткани с помощью фрикционных роликов.

### Литература

1. Малышев А. П., Воробьев И. А. Механика и конструктивные расчеты ткацких станков. М. Машгиз, 1960.
2. Гордеев В. А. Динамика механизмов натяжения и отпуска основы. М. Легкая индустрия, 1965.
3. Гордеев В.А., Арефьев Г.И., Волков П. В. Ткачество. М. Легкая индустрия, 1970.
4. Талавашек О., Сватый В. Бесчелночные ткацкие станки. М. Легпромбытиздат, 1985, 335 с.
5. Сидоров Ю. П. Пневморепирные ткацкие станки. М. Легкая индустрия, 1974.
6. Туваева А. А., Смирнов И. А. Расчет и проектирование товарных механизмов ткацких станков. М. МТИ, 1978, 32с.
7. Гречухин А. П. Новый способ исследования натяжения ткани в зоне вальян-грудница с использованием сервопривода. Журнал известия Вузов, 2015, № 5, 74-77 с.
8. Макаров В. А., Сурков Б. А., Хозина Е. М. Сила приобоя как часть вектора суммарного натяжения ветвей зева основы, переделы ее ограничения. Известия Вузов, 2013, № 4, 120-125 с.
9. Макаров В. А., Сурков Б. А., Хозина Е. М. Влияние угла зева и перетяжки его ветвей на величину и направление суммарного вектора натяжения ткани. Известия Вузов, 2012, № 6, 119-124 с.
10. Краснов А. А., Алоян Д. М., Федосеев Е. Н., Хосровян Г. А. К вопросу о трении текстильных полотен на шероховатом цилиндре. Известия Вузов, 2017, № 4, 203-205 с.
11. Краснов А.А., Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Хосровян Г.А. «К вопросу о трении текстильных полотен на шероховатом цилиндре». Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, 2017. № 4. С.203-205.
12. Кузина Т.А.. «Напряженно-деформированное состояние нитей при взаимодействии с механизмами нерегулярного нагружения». Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Кострома 2012
13. «Определение натяжения основы в процессе приобоя утка на ткацкой машине» А. Н. Сергеева, П. А. Королев, В. И. Терентьев. Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2017. № 5. С.178 – 180.
14. Ferranto J. S. Finite Element Modeling of Plain Weave Fabric from an UnWoven Initial Yarn Configuration/ J. S. Ferranto //Strength of Materials. - November 2015, Volume 47, Issue 6, pp. 903–911
15. Lorenz R. R. C. Yarn-twisting/ R. R. C. Lorenz //The Journal of The Textile Institute. - Published online: 29 Nov 2010. - Pages 1-89
16. Slater K. Yarn evenness/ K. Slater //The Journal of The Textile Institute. . - Published online: 25 Oct 2011. - Pages 1-90
17. Martindale J. G. A review of the causes of yarnirregularity/ J. G. Martindale///The Journal of The Textile Institute. - Published online: 07 Jan 2009. - Pages 340-356
18. Фефелова, Т.Л. «Технологическая обработка текстильных изделий»: учеб. Пособие .3 части / С.Ю. Бойко, Т.Л. Фефелова, В.Ю. Романов. – Волгоград: ВолгГТУ, 2015. 140с.
19. Хозина Е. Н., Макаров В. А., Журавлева О. С. «Методика расчета положения опушки ткани и ее дрейфа в вертикальной плоскости при зевобразовании» Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 6. С. 244-249.
20. Gubin V. V. Device for measuring the length of a bolt of cloth woven on a loom/ V. V. Gubin //Fibr

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ В БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССАХ СИЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Г.В. Лепеш<sup>1</sup>

*Санкт-Петербургский государственный экономический университет (СПбГЭУ),  
Россия, 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А.*

Статья посвящена анализу математической модели высокоскоростного трения, основанной на интегральной оценке изменения коэффициента трения в процессе силового взаимодействия контактных тел. Построена замкнутая математическая модель, позволяющая рассчитать температуру поверхности контакта и изменение механических свойств материала скользящего элемента в зоне контакта, определяющего изменение коэффициента трения. Исследованы изменения коэффициентов трения скользящих элементов, имеющих существенно различные механические свойства.

*Ключевые слова:* трение, скорость скольжения, тепловой поток, нагрев, скольжение, теплофизические свойства, разупрочнение, плавление.

### ON THE ISSUE OF DETERMINING THE COEFFICIENT OF FRICTION IN FAST-FLOWING PROCESSES OF FORCE INTERACTION

G.V. Lepesh

*Saint Petersburg State University of Economics (SPbGEU),  
Russia, 191023, St. Petersburg, nab. Griboyedov Canal, 30-32, letter A.*

The article is devoted to the analysis of a mathematical model of high-speed friction based on an integral assessment of the change in the coefficient of friction in the process of force interaction of contact bodies. A closed mathematical model is constructed that allows calculating the temperature of the contact surface and the change in the mechanical properties of the sliding element material in the contact zone, which determines the change in the coefficient of friction. Changes in the friction coefficients of sliding elements with significantly different mechanical properties are investigated.

*Keywords:* friction, sliding speed, heat flow, heating, sliding, thermal properties, softening, melting.

Трение и износ скользящих элементов в быстропротекающих процессах силового взаимодействия представляет собой предельный случай внешнего трения твердых тел, происходящего, как правило, в условиях больших скоростей взаимодействия (нескольких сотен метров в секунду) и больших контактных давлений (при которых материал хотя бы одной из пары находится в состоянии близком к пределу текучести), сопровождающийся также интенсивным тепловыделением, способным разогревать поверхность контакта  $T_{\text{п}}$  до высоких температур, достигающих в предельных условиях температуры плавления  $T_{\text{пл}}$  одной из трущихся пар.

Нагревание поверхностного слоя материала вблизи поверхности контакта приводит к изменению его механических свойств (рис.1), которые определяют касательные напряжения сдвига  $\tau_{\text{к}}$  и силу трения

$$\vec{F}_{\text{тр}} = \int_S \vec{\tau}_{\text{к}} dS, \quad (1)$$

где  $S$  – площадь поверхности контакта.

При плавлении материала одной из трущихся пар фрикционное поведение пар трения определяется характером процесса плавления, свойствами и толщиной расплавленной пленки. Основными факторами, определяющими характеристики процесса высокоскоростного трения, являются его скоротечность и нестационарность теплофизических и механических процессов, определяемых режимами скольжения (с большим ускорением (разгон); с постоянной скоростью; с небольшими ускорениями замедления; с фрикционным торможением), оказывающими существенное влияние на характеристики процесса трения. Соблюдение перечисленных условий приводит к необходимости моделирования процесса на динамических установках с конструктивными параметрами, близкими к натурным образцам.

<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.

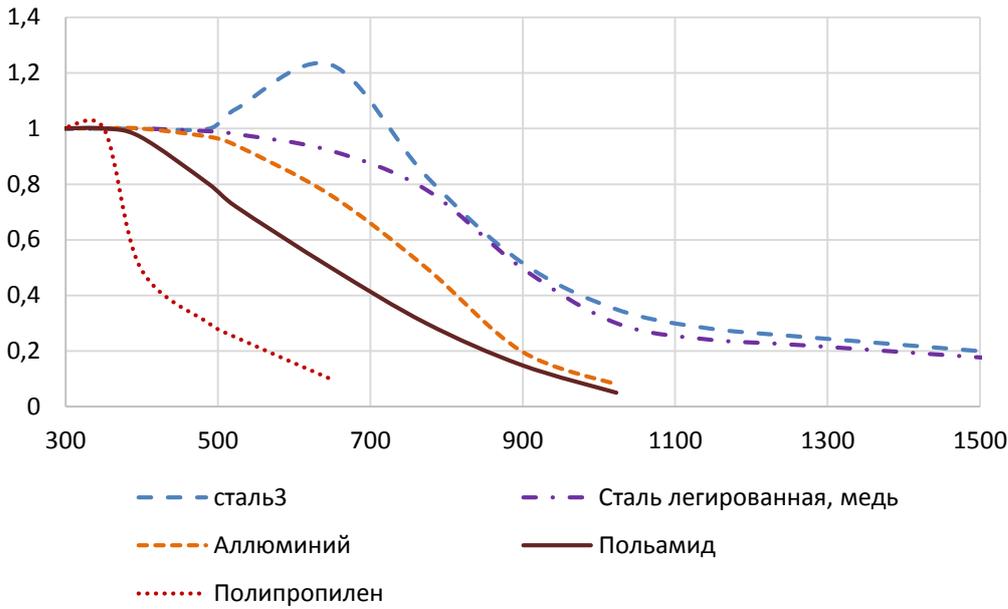


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента разупрочнения материалов от температуры<sup>1</sup>

Теоретические исследования процесса нагревания поверхности скользящего элемента тепловым потоком  $q_1$ , выделяющимся при трении основываются на решении дифференциального уравнения теплопроводности для одномерного теплового потока в изнашиваемый скользящий элемент.

Наиболее подробные исследования теплового состояния контртел в условиях высокоскоростного скольжения приведены в работах Балакина В.А, в частности в [1]. Основываясь на изложенных в [1] подходах автором разработана и исследована, в том числе для практического применения в работах [2 – 5] интегральная математическая модель трения. В основу интегрального метода положено уравнение теплового баланса теплоты  $Q_1$ , подводимой от сил трения, и аккумулированной в стенке  $Q_T$  скользящего элемента

$$Q_1 = Q_T \quad (3)$$

где

$$Q_1 = \int_0^t q_1 \cdot dt; \quad Q_T = c_1 \cdot \rho_1 \cdot \int_0^\delta T dr, \quad (4)$$

а также аппроксимации профиля температуры по толщине скользящего элемента  $r$  полиномом второго порядка (рис. 2)

$$T = A + B \cdot r + C \cdot r^2. \quad (5)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a_1 \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial r^2}. \quad (2)$$

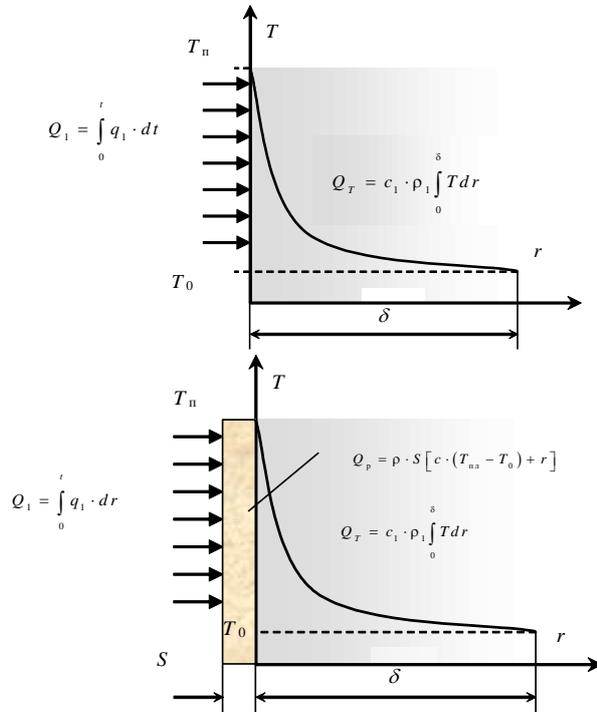


Рисунок 2 – Схема нагревания поверхности: а) – до плавления; б) – с плавлением

Поскольку глубина прогретого слоя  $\delta$  контактных элементов за время выстрела составит незначительную величину, то с учетом известного теплового потока  $q_1$  на поверхности контакта, определяемого условиями силового взаимодействия скользящих поверхностей, крайевые условия решения уравнения (2) записываются, как в случае полуограниченного тела:

$$\text{— при } r = \infty \rightarrow \frac{\partial T(\infty, t)}{\partial r} =$$

<sup>1</sup> Построено автором

$$0, \quad T(\infty, t) = T_0;$$

$$\text{-при } r = 0 \rightarrow T(0,0) = T_0, \quad T(0, t) = T_n; \quad (6)$$

$$q_1 = -\lambda_1 \frac{\partial T_n}{\partial r},$$

где  $T$  – температура в скользящем элементе;  
 $r, t$  – координата и время соответственно;

$a_1, \lambda_1$  – коэффициенты температуропроводности и теплопроводности материала скользящего элемента;

$c_1$  и  $\rho_1$  – теплоемкость и плотность материала скользящего элемента.

Неизвестные коэффициенты  $A, B, C$  определяются из уравнения теплового баланса (3) и граничных условий (6):

$$A = T_n; \quad B = -\frac{q_1}{\lambda}; \quad C = -\frac{T_n - T_0 - \frac{q_1 \cdot \delta}{\lambda}}{\delta^2}$$

$$T - T_0 = (T_n - T_0) \cdot \left(1 - \frac{r}{\delta}\right)^2 = \frac{q_1 \cdot \delta}{2 \cdot \lambda} \cdot \left(1 - \frac{r}{\delta}\right)^2 \quad (7)$$

$$Q_T = \frac{1}{3} \cdot c_1 \cdot \rho_1 \cdot \delta \cdot (T_n - T_0);$$

$$\delta = \frac{3 \int_0^t q_1 dt}{c_1 \cdot \rho_1 \cdot (T_n - T_0)}.$$

Для постоянного по времени теплового потока ( $q_1 = \text{const}$ ) получим формулу для глубины прогретого слоя  $\delta$  времени  $t$  (рис.3)

$$\delta = \sqrt{6 \cdot a \cdot t}. \quad (8)$$

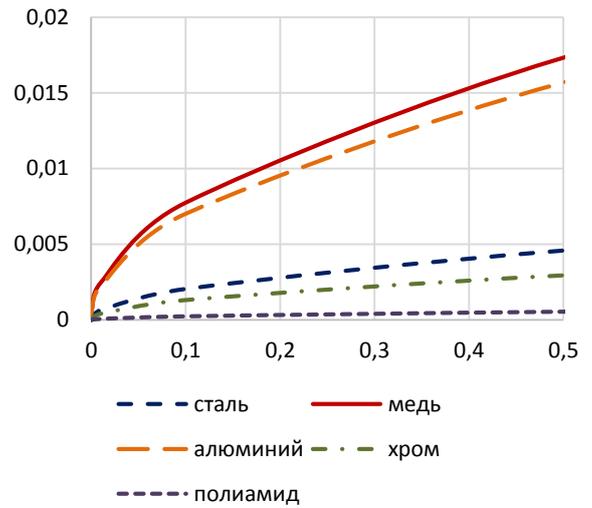


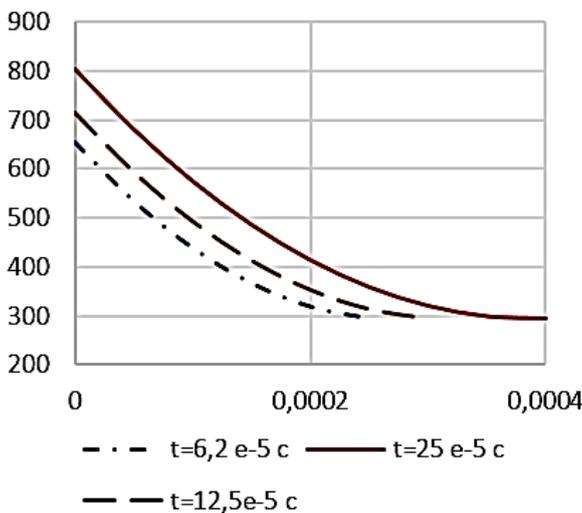
Рисунок 3 – Зависимость глубины прогрета (м) от времени (с)

С учетом (8) температуру в скользящем элементе определим следующим выражением:

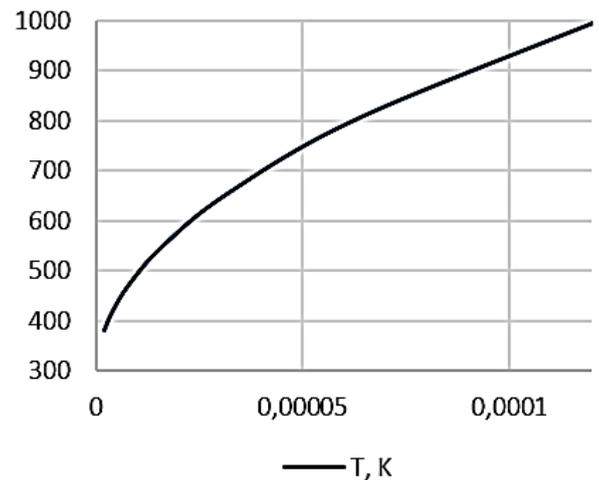
$$T = T_0 + \frac{q_1 \cdot \delta}{2 \cdot \lambda_1} \cdot \left(1 - \frac{r}{\delta}\right)^2, \quad (9)$$

тогда для температуры поверхности трения ( $r = 0$ ) получим

$$T_n = T_0 + \frac{q_1 \cdot \delta}{\lambda_1}. \quad (10)$$



а)



б)

Рисунок 3 – Изменение температуры при нагреве поверхности медного элемента при тепловом потоке  $q=2000$  МВт: а) распределение температуры (К) по глубине; б) – изменение температуры поверхности от времени, с

Распределение температуры по глубине скользящего медного элемента приведено на рис.3. В таблице 1 приведены расчетные значения глубин прогрета различных материалов от времени подвода теплоты. Из табл. 1. следует,

что поверхностные слои металлических пар прогретаются на глубину  $\delta$ , на порядок большую, чем пластиковые. За одно и то же время нагрева самый теплопроводный, в соответствии с табл. 2, металл – медь прогретается на глу-

бину, в 4 раза большую, по сравнению с глубиной прогрева одного из наименее теплопроводных металлов висмута и в 24,4 раза большую,

чем полипропилен и в 55 раз большую, чем полиамид.

Таблица 2.2 – Глубина прогрева

Материал образцов	$a \cdot 10^4, \text{ м}^2/\text{с}$	Глубина слоя $\delta$ , мм при $t$ , с						
		$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	1	10
Армо-железо	0,08	0,018	0,057	0,18	0,57	1,8	5,7	18
Сталь 45	0,07	0,017	0,053	0,17	0,53	1,7	5,3	17
Медь	1,0	0,061	0,19	0,61	1,9	6,1	19,	62
Алюминий	0,82	0,056	0,175	0,56	1,75	5,6	17,	56
Висмут	0,06	0,015	0,048	0,15	0,48	1,5	4,8	15
Цинк	0,3	0,034	0,106	0,34	1,06	3,4	11,	34
Молибден	0,46	0,04	0,130	0,41	1,30	4,1	13,	41
Вольфрам	0,47	0,042	0,134	0,42	1,34	4,2	13,	42
Полипропилен	0,002	0,002	0,004	0,02	0,04	0,2	0,4	2,
Полиамид	0,001	0,001	0,003	0,01	0,03	0,1	0,3	1,

В случае оплавления поверхности скользящего элемента (рис.2 б) необходимо решение задачи Стефана. При этом в уравнении баланса (4) с учетом (5) тепловом потоке  $q_1$  при возможном оплавлении контактной поверхности скользящего элемента, определится следующим:

$$q_1 = -\lambda_1 \frac{\partial T}{\partial r} + r_1 \rho_1 \dot{s}, \quad (11)$$

где  $r_1$  – удельная теплота плавления материала.

Граничными условиями решения уравнения (2) с учетом (10) и при допущении о полубесконечном теле будут:

$$\begin{aligned} &\text{-при } r = \infty \rightarrow \frac{\partial T(\infty, t)}{\partial r} = 0, \quad T(\infty, t) = T_0; \\ &\text{-при } r = 0 \rightarrow t \geq t_{\text{пл}} \rightarrow T(0, t) = T_{\text{пл}}; \\ &T - T_0 = (T_{\text{пл}} - T_0) \cdot \left( \delta_{\text{пл}} - r/\delta \right)^2 = q_1 \cdot \delta_{\text{пл}}/2 \cdot \lambda_1 \cdot \left( 1 - r/\delta_{\text{пл}} \right)^2 \\ &Q_T = \frac{1}{3} \cdot c_1 \cdot \rho_1 \cdot \delta \cdot (T_{\text{пл}} - T_0); \\ &\delta_{\text{пл}} = 3 \int_0^t q_1 dt / c_1 \cdot \rho_1 \cdot (T_{\text{пл}} - T_0) \end{aligned} \quad (14)$$

Для осредненного по времени  $t$  потока ( $q_1 = \text{const}$ )

$$\delta_{\text{пл}} = \sqrt{6 \cdot a_1 \cdot t_{\text{пл}}}. \quad (15)$$

Окончательно для температуры в скользящем элементе запишем

$$T = T_0 + \frac{q_1 \cdot \delta_{\text{пл}}}{2 \cdot \lambda_1} \cdot \left( 1 - \frac{r}{\delta_{\text{пл}}} \right)^2. \quad (16)$$

В моменты времени  $t > t_{\text{пл}}$  положение некоторой точки на температурной кривой относительно фронта плавления определяется координатой  $r - s$ , а толщина прогретого слоя соответствует значению  $\delta - s$ . Получим

$$T = T_0 + \frac{q_1 \cdot (\delta - s)}{2 \cdot \lambda_1} \cdot \left( 1 - \frac{r}{(\delta - s)} \right)^2. \quad (17)$$

(12)

$$\text{-при } t \leq t_{\text{пл}} \rightarrow s(t) = 0, \quad s'(t) = 0,$$

где:  $T_{\text{пл}}$  – температура плавления материала скользящего элемента;  $s$  и  $s'$  – толщина расплавленного слоя и скорость плавления соответственно.

Время достижения температурой поверхности элемента температуры плавления материала получим из выражения (10):

$$t_{\text{пл}} = \frac{2 \cdot \lambda_1^2 \cdot (T_{\text{пл}} - T_0)^2}{3 \cdot q_1^2 \cdot a}. \quad (13)$$

По аналогии с (7), для момента времени  $t = t_{\text{пл}}$  получим при  $r=0 \rightarrow T=T_{\text{пл}}$ ; при  $r=\delta_{\text{пл}} \rightarrow T=T_0$ , где  $\delta_{\text{пл}}$  – толщина прогретого слоя в момент времени  $t=t_{\text{пл}}$

Умножая правую и левую части уравнения (2) на  $dr$  и проинтегрировав его в пределах от  $r=s$  до  $r=\delta$ , получим уравнение, называемое интегралом теплового баланса:

$$\int_s^\delta \frac{\partial T}{\partial t} dr = a \cdot \left( \frac{\partial T}{\partial r} \right)_\delta - a_1 \cdot \left( \frac{\partial T}{\partial r} \right)_s. \quad (18)$$

Заметим, что для всех значений  $r \geq \delta$ ,  $T=T_0$ , следовательно и  $\left( \frac{\partial T}{\partial r} \right)_\delta = 0$ . В соответствии с

(11) и с учетом  $a_1 = \lambda_1/c_1 \rho_1$  имеем

$$\lambda_1 \cdot \left( \frac{\partial T}{\partial r} \right)_s = -q_1 + r_1 \cdot \rho_1 \cdot \dot{s} = 0. \quad (19)$$

С учетом (19) перепишем

$$q_1 - c_1 \cdot \rho_1 \int_s^\delta \frac{\partial T}{\partial t} dr + r_1 \cdot \rho_1 \cdot \dot{s} = 0. \quad (20)$$

Проведя преобразования последнего выражения путем подстановки (17), вычисления производной  $\frac{\partial T}{\partial t}$  и взятия интеграла  $\int_s^\delta \frac{\partial T}{\partial t} dr$ , получим формулу для вычисления скорости плавления поверхности трения в окончательном виде:

$$s(t) = \frac{\int_{t_{пл}}^t q_1(t) dt - 1/3 \cdot c_1 \cdot \rho_1 \cdot (T_{пл} - T_0) \cdot \sqrt{6 \cdot a} \cdot (\sqrt{t} - \sqrt{t_{пл}})}{\left[ r_1 + \frac{2}{3} \cdot c_1 \cdot (T_{пл} - T_0) \right] \cdot \rho_1}. \quad (23)$$

Проблемой решения тепловой задачи, основанной на уравнении теплового баланса (3) является определение теплового потока  $q_1(t)$ , выделяемого при трении и направленного в скользящий элемент. Тепловой поток, направленный в сторону скользящего элемента и определяемый работой сил трения, при условии кулоновского трения можно вычислить при известном коэффициенте трения  $f_{тр}$  и коэффициенте распределения тепловых потоков  $\alpha_{тп}$

$$q_1 = \alpha_{тп} \cdot f_{тр} \cdot v \cdot \bar{p}, \quad (23)$$

где  $\bar{p}$  – контактное давление;

$v$  – скорость скольжения.

Значение коэффициента кулоновского трения для высокоскоростных условий как функцию скорости определяли многие исследователи. Многие из результатов приведены в работах [6 – 8]. Наиболее результативным методом экспериментальных исследований является метод с использованием газодинамических установок [8]. Основным результатом исследований явилось установление зависимости для коэффициента трения  $f_{тр}$  вида

$$f_{тр} = f_0 \cdot \frac{1 - \alpha_1 \cdot v}{1 + \alpha_2 \cdot v}, \quad (24)$$

учитывающей интенсивное падение его от начального значения  $f_0$  в зависимости от скорости скольжения  $v$ , где коэффициенты  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  могут учитывать определенные условия процесса (разгон, торможение, материал и др.). Обычно большинством этих условий пренебрегают, не придавая большой значимости точности учета процесса трения. Так в работах [1, 4, 9] приводятся значения коэффициентов  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  0,003 и 0,072 для стальной пары и 0,0009; 0,0098 для пары медь-сталь соответственно.

В исследованиях [1 – 9], где поводится учет и анализ распределения тепловых потоков, при определении  $\alpha_{тп}$  условия протекания процесса высокоскоростного трения характеризуют с помощью специальных обобщенных

$$\dot{s} = \frac{q_1 - \frac{1}{3} \cdot c_1 \cdot \rho_1 \cdot (T_{пл} - T_0) \cdot \dot{\delta}}{\left[ r_1 + \frac{2}{3} \cdot c_1 \cdot (T_{пл} - T_0) \right] \cdot \rho_1}. \quad (21)$$

где  $\dot{\delta}$  – скорость прогресса материала скользящего элемента, с учетом (7)

$$\dot{\delta} = \sqrt{3 \cdot a / 2} \cdot t \quad (22)$$

Интегрируя выражение (21) по времени получим глубину проплавления

критериев. К ним относят: число Пекле  $Pe$ , число Фурье  $Fo$  и коэффициент взаимного перекрывания  $K_{вз}$ :

$$Pe = v \cdot l_i / a; \quad Fo = a \cdot t / B_2; \quad K_{вз} = S_1 / S_2. \quad (25)$$

Здесь  $v$  – скорость скольжения;

$a$  – коэффициент температуропроводности;

$l_i$  – длина единичного пятна касания (в случае насыщения фрикционного контакта, связанного с увеличением нагрузки или разогревом трущихся поверхностей  $l_i$  равно по величине длине площадки касания  $H$ );  $t$  – время взаимодействия;

$\alpha_2$  – толщина рассматриваемого элемента пары трения;

$S_1, S_2$  – номинальные площади касания первого и второго трущихся тел.

Так при малых скоростях интенсивность тепло  $q_1$  и  $q_2$  определяют пропорциональными коэффициентам теплопроводности материалов  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  контртел (предложено Х. Блоком [6]).

$$\alpha_{тп} = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2}; \quad q_1 = \alpha_{тп} \cdot q; \quad q_2 = (1 - \alpha_{тп}) \cdot q. \quad (26)$$

Для больших скоростей скольжения известны зависимости, учитывающие скоростной режим взаимодействия [1]:

-формула Д. Егера, полученная для стационарного источника теплоты и постоянной скорости скольжения ( $v = \text{const}$ )

$$\alpha_{тп} = \frac{1,75 \cdot \lambda_1}{1,25 \cdot \lambda_1 + \lambda_2 \cdot Pe_2^{0,5}}; \quad (27)$$

-формула И.В. Крагельского, рекомендованная для расчета при больших скоростях скольжения (при числах Пекле  $Pe > 20$ )

$$\alpha_{тп} = \frac{4 \cdot \lambda_1}{4 \cdot \lambda_1 + \lambda_2 \cdot \sqrt{\pi \cdot Pe_2}}. \quad (28)$$

Подставляя значение  $\alpha_{\text{тп}}$  в формулу (23) получим замкнутую систему уравнений, решение которой позволяет в итерационном цикле определить коэффициент трения и температуру поверхности скользящего элемента в зависимости от скорости скольжения.

Введем в рассмотрение коэффициент, учитывающий динамичность процесса трения за счет изменения характеристики пластичности материала скользящего элемента  $k_T = \sigma_s(T) / \sigma_s(T_0)$  (рис.1), тогда изменение коэффициента трения от его начального значения определится формулой

$$f_{\text{тр}} = f_0 \cdot k_T. \quad (29)$$

В случае, если температура поверхности скользящего элемента достигнет температуры плавления  $T_{\text{пл}}$ , трение будет иметь гидродинамическую природу и коэффициент трения будет определяться в соответствии с законом Ньютона

$$f_{\text{тр}} = \mu_p \cdot \frac{v}{p} \cdot \delta_p, \quad (30)$$

где  $\delta_p$  – толщина расплавленной пленки;

$\mu_p$  – коэффициент динамической вязкости расплавленного материала при температуре, близкой к температуре плавления.

При допущении, что расплавленная часть сразу же переносится на контртело (плавление с абляцией), а фронт плавления движется вглубь скользящего элемента со скоростью  $\dot{S}$ , текущее значение толщины расплавленной пленки  $\delta_p$  определим следующим:

$$\delta_p = \dot{S} h / v_c, \quad (31)$$

где  $h$  – ширина площадки касания в направлении скольжения.

Текущее значение интенсивности изнашивания  $J_{\text{и}}$ :

$$J_{\text{и}} = \dot{S} / v_c, \quad (32)$$

Если принять во внимание тот факт, что интенсивность абразивного изнашивания связана с разрушением материала, т.е. пропорциональна характеристикам, определяющим его прочность, то можно допустить, что и интенсивность изнашивания также будет возрастать от начального значения  $I_{i0}$  обратно пропорционально коэффициенту разупрочнения:

$$I_i = I_{i0} / k_T \quad (33)$$

Определение изменения коэффициента трения и интенсивности изнашивания при моделировании процесса является ключевым, поскольку его значение будет определять силовое и тепловое воздействие на ворс щеток и определять его изнашивание.

Для прогнозирования изнашивания абразивных пар при контактом взаимодействии принято [7] рассчитывать характерные удельные величины износа. К которым относят:  $I_h = dl/ds$  – интенсивность линейного изнашивания;  $I_v = dV/ds$  – интенсивность объемного изнашивания;  $I_G = dG/ds$  – интенсивность массового изнашивания;  $I_w = dV/dA$  – интенсивность энергетического изнашивания.

Здесь:  $l, V, G$  – линейный, объемный, массовый износ, соответственно;  $S$  – путь трения;  $A$  – работа сил трения, которая может быть выражена зависимостью:

$$A = f_{\text{тр}} \cdot F \int_0^t v_c p dt, \quad (34)$$

где  $F$  – площадь контакта.

Для примера – у современных машин интенсивность линейного изнашивания трущихся пар  $I_h$ , обеспечивающая их требуемый ресурс, составляет величину  $10^{-6} \div 10^{-12}$  м/с.

Очевидно, что или другая характеристика абразивного изнашивания должна применяться в зависимости от условий, определяемых адекватностью эксперимента натурным условиям работы контактной пары.

При анализе процессов контактного взаимодействия твердых тел при высокоскоростном трении в большинстве случаев контртело можно принимать абсолютно жестким (так как  $\delta_1 \ll \delta_2$ ), а нагретые поверхностные слои скользящего элемента деформируемыми.

При этом будут учтены физические условия взаимодействия, определяемые теплофизическими характеристиками материалов пары трения и временем взаимодействия.

На рис. 4,5 приведены графики изменения температуры скользящих по стальной поверхности элементов, имеющих различные теплофизические свойства, и графики изменения их коэффициентов трения при различных скоростях скольжения, соответственно. Расчетные зависимости построены для элементов, шириной 50 мм при скольжении на пути 0,3 м.

Различный характер полученных кривых определяется существенным различием их теплофизических свойств. Так коэффициент трения стального элемента снижается более интенсивно, по сравнению с медным, от скорости на участке 0 – 50 м/с, затем его значение падает менее интенсивно. Полиамидный элемент расплавляется при скорости примерно 30 м/с, а затем его значение растет с ростом сил вязкого трения.

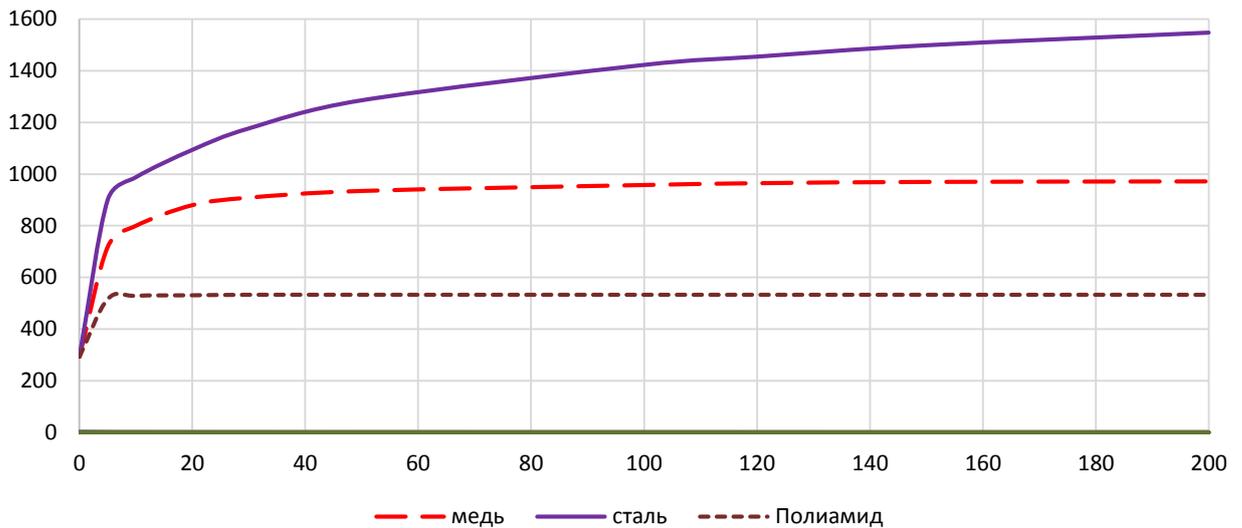


Рисунок 4 – Изменение температуры от скорости скольжения

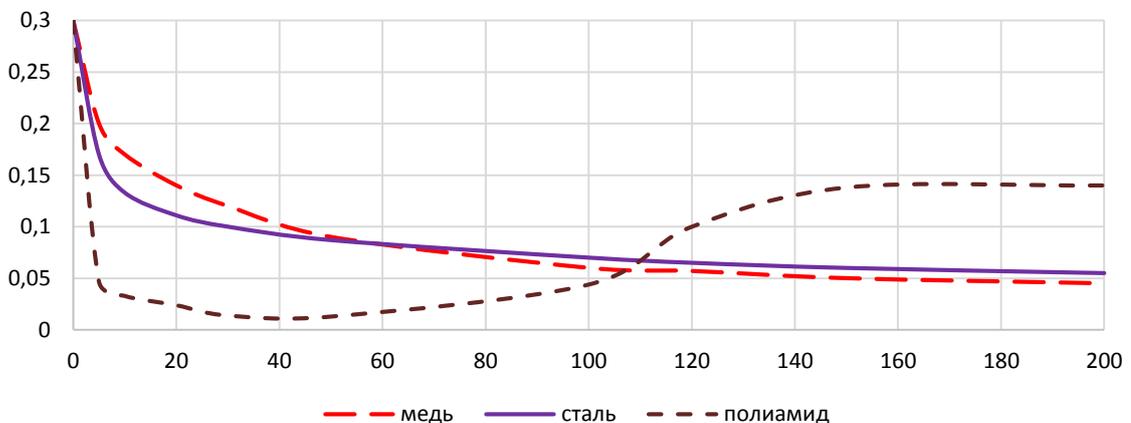


Рисунок 5 – Изменение коэффициента трения от скорости скольжения

Многие фундаментальные аспекты фрикционного взаимодействия остаются все еще не выясненными. Здесь в первую очередь следует сказать о формировании поверхностных контактных слоев. Известно, что тонкие поверхностные слои имеют иные физические свойства, чем материал объема. Это относится и к механическим свойствам. Не менее сложные задачи возникают и при изучении разрушения поверхностных слоев. Разрушение при фрикционном взаимодействии начинается сразу в большом количестве микрообъемов. Кроме того, область контакта практически недоступна для исследований в процессе фрикционного взаимодействия. Поэтому вопросы образования приповерхностных трещин, их объединения и эволюции во времени очень сложны для изучения. Большое влияние на фрикционное взаимодействие оказывает трансформация энергии трения, которая имеет место в контактном зазоре. Часть энергии идет на деструктивные процессы, а часть на прямой нагрев материала, что вызывает изменение механических

свойств материалов поверхностных слоев элементов фрикционной пары и что, в дальнейшем, также сказывается на динамике процесса трения.

Построенная в данном исследовании математическая модель процесса трения получена на основании допущений, что теплообразование происходит на границе контакта рассматриваемых тел, источники теплоты которых являются плоскими. В действительности в нестационарных процессах в первые мгновения контакт может быть упругим. Затем с повышением температуры в зоне контакта и уменьшением механических свойств поверхностных слоев скользящего элемента контакт перейдет в пластическое состояние, характерное для насыщенного контакта. Если контакт ненасыщенный, то передача тепла происходит по некоторым площадкам, площадью  $S_j$  величина которых зависит от шероховатости поверхностей. Если контактная жесткость скользящего элемента ниже, чем у контртела, то происходит внедрение микронеровностей контртела в

скользящий элемент. При этом максимум температуры наблюдается в слое, расположенном на некоторой глубине от поверхности трения. Здесь силы адгезии на границе контакта могут превысить прочность основного материала в этом слое и нагретые частицы будут переноситься на контртело. В процессе ненасыщенного контакта из-за уменьшения фактической площади контакта  $s = \sum s_j$  относительно общей  $S_0$ , теплопередача к контртелу уменьшается, что приводит к росту  $\alpha_{ТП}$ , а процессе массопереноса нагретых частиц снижает его значение. Для учета этих процессов введем поправочные функции  $\beta_{\alpha 1}$  и  $\beta_{\alpha 2}$ , так что с учетом перечисленных факторов уточненное значение  $\alpha_{ТП}$ .

$$\alpha_{\text{тп}}^* = \alpha_{\text{тп}}^* \cdot \beta_{\alpha 1} \cdot \beta_{\alpha 2}, \quad (35)$$

где  $\beta_{\alpha 1} = s/S_0$ ;  $\beta_{\alpha 2} = \left(1 - q^*/q_1\right)$ ;  $q^*$  – интенсивность теплопотерь.

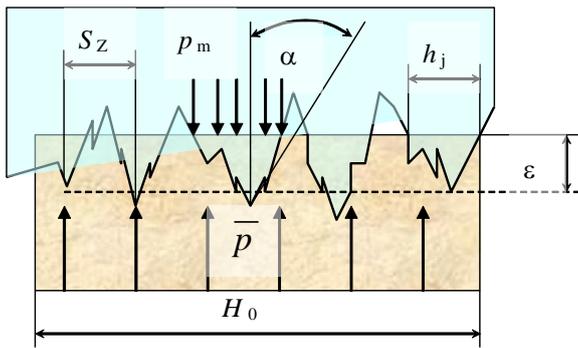


Рисунок 6 – Схема учета шероховатости контакта

Рассмотрим плоскую схему силового взаимодействия жесткой шероховатой поверхности контртела со скользящим элементом, представленную на рис. 6. При нормальном взаимодействии рассматриваемых поверхностей со средними контактными напряжениями  $\bar{p}$  происходит внедрение вершин микронеровностей в скользящий элемент на глубину  $\varepsilon$ . В направлении движения этих условиях теплопередача происходит по отдельным площадкам контакта  $h_j$ , в сумме составляющих  $H = \sum h_j$ . Тогда значение коэффициента определим формулой  $\beta_{\alpha 1} = \sum h_j / H_0$ . Задача силового взаимодействия по контактными площадкам может быть отнесена к контактными задачам о внедрении жесткого клина в деформируемое жесткопластическое полупространство для которой известно решение для удельной нормальной нагрузки по отношению к поверхности контакта

$$p_m = \sigma_s (1 + \psi), \quad (36)$$

где  $\psi$  – угол пересечения линий скольжения у поверхности клина, связанный с углом полураствора клина формулой

$$\cos(2\alpha - \psi) = \frac{\cos \psi}{1 + \sin \psi}. \quad (37)$$

Поскольку известно, что в широких пределах изменения угла  $\alpha$  величина  $\psi$  близка к  $\pi/2$ , прием его равным этому значению, тогда

$$p_m = 2,5 \cdot \sigma_s; \quad H_0/H = \bar{p}/p_m = 0,4 \cdot \bar{p}/\sigma_s. \quad (38)$$

Обычно известны путем непосредственных измерений следующие параметры шероховатости поверхности  $R_z$  и  $S_z$  – высота и шаг микронеровностей, через значения которых можно определить размеры площадок касания и глубина внедрения по формулам:

$$\begin{aligned} h_j &= \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \alpha; \quad H_0 = H/S_z \cdot \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \alpha; \\ H_0/H &= S_z/\varepsilon \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0,4 \cdot \bar{p}/\sigma_s; \\ \varepsilon &= 0,8 \cdot R_z \cdot \bar{p}/\sigma_s \end{aligned} \quad (39)$$

Пусть изнашивание поверхности скользящего элемента подчиняется абразивному закону, тогда интенсивность износа поверхности  $J_n$  вычислим по формуле

$$J_n = \varepsilon \cdot v/S_z. \quad (40)$$

Подставив значения из (39), получим

$$J_n = 0,8 \cdot v \cdot \bar{p}/\sigma_s \cdot R_z/S_z = k_n \cdot v \cdot \bar{p}/\sigma_s \quad (41)$$

где  $k_n$  – коэффициент учета шероховатости, величина которого определяет форму поверхности. Для неизношенных поверхностей величину  $k_n$  можно принять в соответствии с таблицей 3.5, построенной по данным измерения соотношений высотных значений и базовой длины шероховатостей.

Таблица 2 – Значение коэффициента учета состояния поверхности

$R_z$ , мкм	до 1,0	Св.1,0 до 12,0	Св.12,5 до 50	Св. 50 до 400
$k_n$	0,004	0,012	0,020	0,050

Для изношенных поверхностей, подверженных трещиноватости вследствие температурно-фазовых превращений значения коэффициента  $k_n$  следует ориентировочно принимать наибольшим, приведенным в таблице 2,  $k_n = 0,05$ .

Величину теплотерьер вследствие абразивного износа  $q_1^*$  определим через интенсивность изнашивания

$$q_1^* = c_1 \cdot \rho_1 \cdot J_n = 0,8 \cdot k_n \cdot c_1 \cdot \rho_1 \cdot \frac{\bar{p}}{\sigma_s} \cdot T_{cp}, \quad (42)$$

где  $T_{cp}$  – средняя температура уносимого в результате износа материала

$$T_{cp} = \frac{1}{\varepsilon} \cdot \int_0^{\varepsilon} T \cdot dr = T_0 + \frac{q_1 \cdot \delta}{2 \cdot \lambda_1} \left( 1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{\varepsilon^2}{\delta^2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\varepsilon}{\delta} \right) \quad (43)$$

С учетом изнашивания поверхности трения формула (23) для расчета интенсивности теплового потока, направленного в скользящий элемент примет вид

$$q_1 = \alpha_{тн} \cdot \bar{p} \cdot v \cdot \left( f_{тр} - 0,8 \cdot \frac{c_1 \cdot \rho_1 \cdot T_{cp} \cdot k_n}{\sigma_s} \right). \quad (44)$$

Анализ формулы (44) показывает, что для условий трения, приведенных в рассмотренном примере и при значении коэффициента учета шероховатости поверхности  $k_n = 0,02$  интенсивность теплотерьер  $q_1^*$  достигает 20%.

### Заключение

Изучение вопросов контактного взаимодействия твердых тел при высоких скоростях скольжения показывает, что повышение износостойкости трущихся пар тесно связано с необходимостью анализа процессов тепловыделения, распределения теплоты в области контактных температур и температурных полей, механических и адгезионных свойств нагретых поверхностных слоев, процессов, связанных с оплавлением поверхностей трения.

Таким образом, можно констатировать следующие особенности, которые необходимо учитывать при построении общей имитационной модели высокоскоростного трения:

1. Высокоскоростное трение происходит в условиях тепловыделения в зоне фрикционного контакта и приводит к нагреванию контртел, изменению механических свойств их материалов.

2. Изменение характеристик силового взаимодействия и интенсивности изнашивания в процессе трения в основном определяются напряжениями сдвига материала одной из пар вблизи контакта, которые в свою очередь зависят от его механических свойств. Исключением может быть некоторый инкубационный период, связанный с разрушением поверхностного слоя, имеющего особенности

строения, вызывающие значительные отличия физических характеристик от основного материала.

3. Механические свойства твердых тел являются зависимыми от многих факторов, основным из которых, при трении в указанных условиях, является температура.

4. Трение при большом тепловыделении может происходить при плавлении материала одной из трущихся пар вблизи ее поверхности. В этих условиях фрикционное поведение пар трения определяется характером процесса плавления, свойствами и толщиной расплавленной пленки.

5. Начальные значения коэффициента трения и интенсивности изнашивания (в заранее известных условиях, например, при установленной скорости скольжения и температуре контакта) являются зависимыми от многих факторов, определяющих взаимодействие контактной пары. Они могут быть определены экспериментально.

### Литература

1. Балакин В.А. Трение и износ при высоких скоростях, скольжения 1980. 136 с.
2. Лепеш Г.В., Иванова Е.С. Расчет характеристик трения в задачах анализа внутрибаллистических процессов. /Вторые Окуневские чтения. //Сборник трудов международной научно-практической конференции. С-Петербург :БГТУ, 2001, -с. 56 – 67.
3. Лепеш Г.В. Имитационное моделирование процесса высокоскоростного трения //Технико-технологические проблемы сервиса №3(25), 2013 г. С.35– 42.
4. Лепеш Г.В., Лепеш А.Г. Исследование математической модели процесса высокоскоростного трения и изнашивания. // Технико-технологические проблемы сервиса №2(32), 2015 г. с. 60 – 66
5. Лепеш Г.В. Теоретические и методические основы повышения эффективности щеточных агрегатов коммунальных уборочных машин: монография / Лепеш Г.В., Лепеш А.Г. – СПб.: изд-во СПбГУСЭ, 2013. – 144 с.
6. Крагельский И.В. Трение и износ. М.: Машиностроение, 1968., –480 с.
7. Дроздов Ю.Н.,Юдин Е.Г., Белов А.И. Прикладная трибология (трение, износ, смазка), под ред. Ю.Н. Дроздова. – М.: «Эко-Пресс», 2010. – 604 с.
8. Балакин В.А. Высокоскоростные установки для определения триботехнических свойств материала. - В сб. Трение и износ, № 5, т-10, 1989. стр. 938-944.
9. Боуден Ф. П.б Тейбор Д. Трение и смазка твердых тел. М.: Машиностроение,1968. 543 с.



## ИННОВАЦИОННЫЙ ПОХОД К ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОАКТИВНЫХ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

М.И. Лукьянчиков<sup>1</sup>, В.В. Лесных<sup>2</sup>

*ООО «Газпром газнадзор», Россия, 117418, Москва, ул. Новочеремушкинская, д.65.*

Обеспечение комплексной безопасности за счет проактивных методов является одним из наиболее эффективных подходов, включающих инспекционную контрольную деятельность. Для оценки эффективности соответствующих мероприятий предложено использовать показатель ожидаемого предотвращенного ущерба.

*Ключевые слова:* нефтегазовая отрасль, комплексная безопасность, проактивные методы, экономическая эффективность, ожидаемый предотвращенный ущерб.

### THE INNOVATIVE APPROACH TO ASSESSING THE COST-EFFECTIVENESS OF PROACTIVE METHODS TO ENSURE INTEGRATED SECURITY

M.I. Lukyanchikov, V.V. Lesnykh

*Gazprom Gaznadzor LLC, Russia, 117418, Moscow, Novochremushkinskaya str., 65.*

Ensuring integrated security through proactive methods is one of the most effective approaches involving inspection and control activities. To assess the effectiveness of the relevant measures, it is proposed to use the indicator of the expected prevented damage.

*Keywords:* oil and gas industry, integrated safety, proactive methods, economic efficiency, expected prevented damage.

Корпоративный контроль является важным элементом системы обеспечения надежного и безопасного функционирования производственных объектов нефтегазовой отрасли. Нормальное функционирование данного сектора экономики является критически важным для устойчивого развития экономики страны. Повышение эффективности корпоративного контроля как важного элемента обеспечения комплексной безопасности промышленных объектов за счет современных нормативных, методических, организационных и экономических механизмов является весьма актуальной задачей. В последние годы основной акцент в области проактивного обеспечения безопасности делается на внедрении риск-ориентированного подхода.

Одним из направлений развития методологии риск-ориентированного подхода в инспекционной контрольной деятельности (ИКД) является необходимость системного взгляда на объект проверки. Прежде всего необходимо

проводить соответствующие проверки на всех этапах жизненного цикла опасного производственного объекта (строительство, эксплуатация, капитальный ремонт, реконструкция, консервация, снятие с эксплуатации), причем виды контроля существенно зависят от этапа жизненного цикла. Это позволяет получить преемственность статистических данных о состоянии объекта, включая информацию о результатах проверок, выявленных и устраненных нарушениях.

Любой производственный объект также является объектом проверки по обеспечению различных составляющих комплексной безопасности (промышленная безопасность, охрана труда, пожарная безопасность, экологическая безопасность, энергетическая безопасность, информационная безопасность и т.д.), т.е. особенность опасных производственных объектов (ОПО) состоит в том, что различные виды комплексной безопасности тесно связаны друг с другом, поэтому выявление или невыявление

<sup>1</sup>Лукьянчиков Михаил Иванович – генеральный директор», тел. +7(495) 355-99-00, email: lukyanchikov@gaznadzor.gazprom.ru;

<sup>2</sup>Лесных Валерий Витальевич – доктор технических наук, профессор, советник генерального директора, тел. +7(495) 355-98-36, email: lesnykh@gaznadzor.gazprom.ru.

нарушений в одном виде безопасности может иметь последствия для других видов безопасности.

Одним из базовых принципов риск-ориентированного подхода в ИКД является оценка эффективности проверок с использованием показателя риска. Построение и использование пирамиды происшествий является одним из подходов к оценке эффективности ИКД. В работах [1,2] показано, что в качестве такого показателя эффективности может выступать величина ожидаемого предотвращенного ущерба.

В основу расчета ожидаемого предотвращенного ущерба положены два основных допущения:

опущение Г. Хайнриха [3] о существовании устойчивого соотношения тяжелых, легких травм и их предпосылок, имеющих место в любой производственной деятельности и являющихся основой для построения так называемой «пирамиды происшествий», отражающей статистику производственного травматизма;

опущение о влиянии устранения выявленных в результате ИКД нарушений и несоответствий в области обеспечения производственной безопасности (событий нижнего уровня «пирамиды происшествий») на предотвращение событий с лёгкими и тяжёлыми последствиями (события верхних уровней «пирамиды происшествий») и, соответственно, на величину предотвращенного в результате ИКД ущерба.

Для классического случая (пирамида Хайнриха для событий в области охраны труда [3]) оценка предотвращенного ущерба может

$$W_{\text{сумм}} = \sum_{m=1}^M \left[ \left( 1 + w_{\text{косв}}^{(m)} \right) N_I^{(m)} D^{(m)} \sum_{i=1}^{I^{(m)}-1} \frac{1}{K_{I^{(m)}-i+1}} \bar{Y}_i^{(m)} \right], \quad (3)$$

где  $M$  – количество видов инспекций;

$N_I^{(m)}$  – количество выявленных нарушений  $m$ -ной инспекцией.

В этом случае можно оценить суммарный ожидаемый предотвращенный ущерб для всех типов инспекций, что позволяет оценить эффективность деятельности всего корпоративного контроля в рамках обеспечения комплексной безопасности.

С помощью разработанной методики с учетом статистических данных Ростехнадзора за период 2019-2021 гг. выполнена оценка ожидаемого предотвращенного ущерба на объектах нефтегазовой отрасли России. Данный период выбран с учетом того обстоятельства, что только с 2019 года стали доступны данные по числу произошедших инцидентов [4]. Для демонстрации работоспособности разработанной методики в приведенных расчетах рассматриваются

быт выполнена с помощью следующей формулы [1]:

$$W = (1 + w_{\text{косв}}) N_I D_I \sum_{i=1}^{I-1} \frac{1}{K_{I-i+1}} \bar{Y}_i \quad (1)$$

где  $N_I$  – число нарушений, выявленных в течение года в результате проверок;  $I$  – число уровней пирамиды;  $D_I$  – доля устраненных нарушений;  $K_i$  – коэффициент  $i$ -го уровня пирамиды происшествий;  $\bar{Y}_i$  – среднее значение прямого ущерба от одного события, на  $i$ -ом уровне пирамиды происшествий;  $w_{\text{косв}}$  – доля косвенного ущерба.

Величина  $N_I$  определяется на основании статистических данных по результатам проведенных проверок. Оценка числа возможных событий на различных уровнях пирамиды происшествий осуществляется для заданного числа выявленных нарушений  $N_I$  в соответствии со следующей формулой:

$$N_i = \frac{N_I}{K_{I-i+1}}, \quad (2)$$

В общем случае инспекционная контрольная деятельность на корпоративном уровне может включать работу нескольких типов инспекции, что связано с рассмотрением различных составляющих комплексной безопасности. Например, в составе корпоративного инспекционного органа ПАО «Газпром» в настоящее время функционируют несколько инспекций: техническая, экологическая, энергетическая, строительная и т.д. В этом случае можно обобщить формулу (1), которая будет иметь следующий вид:

$$W_{\text{сумм}} = \sum_{m=1}^M \left[ \left( 1 + w_{\text{косв}}^{(m)} \right) N_I^{(m)} D^{(m)} \sum_{i=1}^{I^{(m)}-1} \frac{1}{K_{I^{(m)}-i+1}} \bar{Y}_i^{(m)} \right], \quad (3)$$

только события промышленной безопасности. В таблице 1 приведены данные по числу происшествий и выявленных Ростехнадзором нарушений на объектах нефтегазовой отрасли (нефтегазодобыча, нефте- и газопереработка, магистральные трубопроводы и подземное хранение газа, газораспределение и газопотребление). Также в таблице представлена статистика прямого экономического ущерба от произошедших аварий.

Статистические данные Ростехнадзора за период 2019-2021 годы позволяют построить пирамиду происшествий в области промышленной безопасности (Таблица 2.).

По данным за 2017-2021 годы среднее значение выявленных Ростехнадзором в течение года нарушений составляет 96 тыс. В этом случае, для рекомендуемых соотношений между событиями пирамиды происшествий (Таблица 2) и предположении, что уровень устранения

выявленных нарушений в нефтегазовой отрасли составляет 90%, получим следующие значения предотвращенных событий: аварии – 43; инциденты – 544.

Таблица 1 – Статистика происшествий и выявленных нарушений на нефтегазовых объектах

Событие, показатели	2019	2020	2021
Аварии	52	44	42
Инциденты	612	584	536
Нарушения, тыс.	108,0	59,6	105,6
Ущерб, млн. руб.	9 996	6 032	3 676
Удельный ущерб на одну аварию, млн. руб.	192,2	137,1	87,5

Таблица 2 – Пирамида происшествий для объектов нефтегазовой отрасли

Событие	2019	2020	2021	Рекомендуемое соотношение
аварии	1	1	1	1
инциденты	11,8	13,3	12,8	13
нарушения	2076	1354	2515	1980

Для оценки величины предотвращенного ущерба с использованием формулы (1), адаптированной для событий промышленной безопасности, необходимо использовать удельное значение ущерба на одно событие (Таблица 1). Анализ данных показывает, что существует устойчивое снижение величины удельного ущерба на одну аварию. С учетом этой тенденции для расчета может быть принято значение 60 млн. руб. что касается удельного ущерба от инцидентов, то для расчетов может быть принято значение, полученное на основе анализа корпоративных данных ПАО «Газпром» - 4,5 млн. руб.

Таким образом, прямой предотвращенный ущерб составит 2 580 млн. руб. для аварий и 2 448 млн. руб. для инцидентов. Суммарный предотвращенный ущерб – 2 028 млн. руб. Для расчета косвенного ущерба примем, что соотношение между прямым и косвенным ущербом составляет 1:5 [5]. В этом случае суммарный ожи-

даемый предотвращенный ущерб (прямой и косвенный) для событий в области промышленной безопасности составит более 30 млрд. руб.

Предлагаемая методика может быть использована для оценки экономической эффективности мероприятий по обеспечению комплексной безопасности в рамках проактивного подхода. Для оценки экономической эффективности рекомендуется использовать следующее соотношение:

$$ЭЭ = \frac{З_{\text{сумм}}}{W_{\text{сумм}}}, \quad (4)$$

где  $З_{\text{сумм}}$  – суммарные затраты на проведение ИКД по обеспечению комплексной безопасности.

### Заключение

Комплексную безопасность необходимо рассматривать как с позиции совместного учета всех ее составляющих, так и с учетом всех этапов жизненного цикла промышленных объектов. Проактивное обеспечение комплексной безопасности осуществляется в рамках корпоративного контроля. Использование методического подхода с построением пирамиды происшествий и оценки показателя устраненного числа выявленных нарушений для нефтегазовой компании позволяет получить оценки ожидаемого предотвращенного ущерба. Данный показатель может служить одним из индикаторов эффективности обеспечения комплексной безопасности в рамках деятельности корпоративного инспекционного контроля.

### Литература

- Лукьянчиков М.И., Лесных В.В. Об одном подходе к оценке эффективности инспекционной контрольной деятельности // Безопасность труда в промышленности, — 2020. — № 11, сс. 50-54
- Лукьянчиков М.И., Лесных В.В., Немчин Ю.В., Тимофеева Т.Б. Анализ пирамиды происшествий для оценки ожидаемого предотвращенного ущерба // Безопасность труда в промышленности, - 2023 , №1, сс.
3. Heinrich H.W. Industrial accident prevention — A Scientific Approach. – 4th ed.: McGraw-Hill Inc., 1959
4. Годовые отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2016, 2017, 2018, 2019 и 2020 гг. URL: [https://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/](https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/) (дата обращения: 01.12.2022)
5. Архипец Н.Н. Экономическая теория: учебно-методический комплекс в 2 частях. Часть 2 «Экономика защиты от ЧС» Сост. Н.Н. Архипец. Мн.: КИИ, 2005. - 134 с.

## АНАЛИЗ ЧРЕЗВЫЧАЙНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИДОРОЖНОЙ СРЕДЫ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИМИ АРОМАТИЧЕСКИМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ И ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ В РАЙОНАХ С ИНТЕНСИВНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ НАГРУЗКОЙ

О.В. Ложкина<sup>1</sup>, С.А. Малышев<sup>2</sup>

*Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский пр-т, д. 149.*

В статье представлены результаты собственных экспериментальных исследований загрязнения канцерогенно опасным полициклическим ароматическим углеводородом бенз(α)пиреном и тяжелыми металлами (Pb, Cr, Ni, Cd) придорожных отложений и дорожных покрытий ряда магистралей Санкт-Петербурга, а также приведено аналитическое обобщение результатов других исследований по этой же проблеме, выполненных в Воронеже, Казани, Красноярске, Москве и Самаре. Установлено, что в придорожных пылевых фракциях и почвах концентрация бенз(α)пирена в среднем составляла 2-10 ПДК, однако были выявлены пробы с чрезвычайно высоким содержанием этого токсиканта, превышающим предельно допустимые значения в 25-100 раз. Также было обнаружено превышение содержания некоторых тяжелых металлов относительно фоновых значений. Проведенное исследование подтвердило значительный вклад автомобильного транспорта в опасное техногенное загрязнение среды обитания в городах.

*Ключевые слова:* автотранспорт, выбросы поллютантов, чрезвычайное загрязнение придорожной среды, полициклические ароматические углеводороды, бенз(α)пирен, тяжелые металлы

## ANALYSIS OF EXTREME ROADSIDE POLLUTION WITH POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS AND HEAVY METALS IN AREAS WITH INTENSE TRAFFIC

O.V. Lozhkina, S.A. Malyshev

*St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Russia, 196105, St. Petersburg, Moskovskiy avenu., 149.*

The paper presents the results of our own experimental investigations of the contamination of roadside deposits and road surfaces of some St. Petersburg streets with carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbon benz(α)pyrene and heavy metals (Pb, Cr, Ni, Cd). It also analyses the results of the investigations of the same problem, performed in Voronezh, Kazan, Krasnoyarsk, Moscow and Samara. It was found that the concentration of benzo(α)pyrene in roadside dust fractions and soils was, on average, 2-10 SLV. However, there were single samples exceeding the standard limit value by 25-100 times. The concentrations of some heavy metals also were higher than background values by several times. The study has confirmed significant contribution of motor transport to dangerous technogenic pollution of the environment in cities.

*Key words:* motor transport, pollutant emissions, extreme roadside pollution, polycyclic aromatic hydrocarbons, benzo(α)pyrene, heavy metals

### Введение

Высокие темпы автомобилизации населения Российской Федерации в течение последних десятилетий привели к тому, что автомобильный транспорт стал одним из приоритетных источников повышенной опасности в городской техносфере не только за счет дорожно-транспортных происшествий, но и за счет опасного загрязнения окружающей среды, особенно в городах [1-3].

Двигателями внутреннего сгорания автотранспортных средств выбрасываются в окружающую среду токсичные соединения, которые загрязняют не только атмосферный воздух, но и накапливаются в почве придорожных территорий и в отложениях вдоль дорог [4-6]. При установлении ветреной сухой погоды пылевидные фракции придорожных отложений с адсорбированными на их поверхности поллютантами, включая полициклические ароматические углеводороды и тяжелые металлы, поступают в

<sup>1</sup>Ложкина Ольга Владимировна – доктор технических наук, кандидат химических наук, профессор, профессор кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения, тел.: +7 (921) 759-29-71, e-mail: olojkina@yandex.ru;

<sup>2</sup>Малышев Сергей Алексеевич – магистрант, e-mail: v9276061141@yandex.ru.

атмосферный воздух, создавая угрозу его опасного загрязнения мелкодисперсными взвешенными частицами  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  [7, 8].

Исследование загрязненности придорожных почв, придорожных отложений, продуктов износа дорожного полотна, снежного покрова поллютантами, выделяющимися при эксплуатации автотранспорта, несомненно актуально.

#### Объекты и методы исследования

В ходе выполнения научно-исследовательской работы были проведены собственные экспериментальные исследования содержания опасных компонентов в придорожных грязевых отложениях и продуктах износа дорожных покрытий ряда автомагистралей Санкт-Петербурга.

В статье также обобщены результаты многолетних экспериментальных исследований загрязненности придорожного грунта, придорожных почв, снежного покрова, выполненных специалистами из Самары, Красноярска,

Москвы, Казани и Воренжа [9-20].

#### Химико-аналитическое исследование образцов придорожных грязевых отложений и продуктов износа дорожного полотна

Для проведения экспериментальных исследований нами было отобрано несколько проб придорожных отложений вдоль обочин внутригородских высоко загруженных автомобильных дорог: 1) на Благодатной улице вблизи пересечения с Митрофаньевским шоссе (Санкт-Петербург); 2) на ул. Благодатной вблизи пересечения с Московским проспектом (Санкт-Петербург); 3) на перекрестке проспекта Славы и Софийской улицы (Санкт-Петербург); 4) на Пискаревском проспекте вблизи пересечения с улицей Маршала Тухачевского (Санкт-Петербург). Пробы были отобраны в период с 15 по 15 апреля 2018 и 2021 гг.

На рис. 1 приведены фотографии с места отбора проб в г. Санкт-Петербурге в 2021 г.

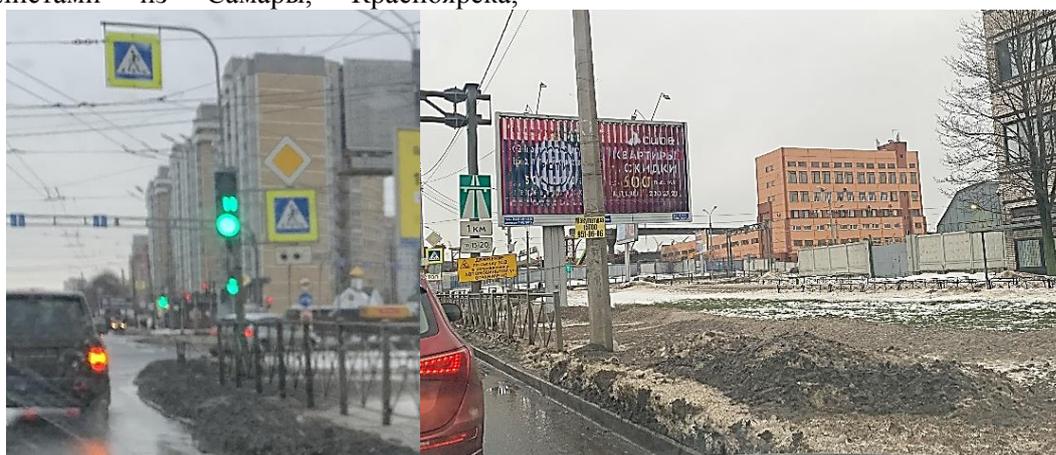


Рисунок 1 – Грязевые отложения вдоль городских дорог: а) на перекрестке проспекта Славы и Софийской улицы; б) на Благодатной улице вблизи пересечения с Митрофаньевским шоссе (Санкт-Петербург, март 2021 г.)

Именно ранней весной во многих городах РФ имеет место высокое загрязнение обочин дорог грязевыми отложениями, накопившимися за зиму. Городской снег, концентрируя в себе за зиму опасные примеси, является источником опасного вторичного загрязнения атмосферного воздуха, почв и подземных вод.

Кроме проб придорожных отложений, были также проанализированы пробы дорожных покрытий, отобранных в период дорожно-ремонтных работ на ул. Богдана Хмельницкого (Белгород) и Митрофаньевском шоссе (Санкт-Петербург).

Анализ проб грязевых отложений и дорожного полотна проводился на содержание в них следующих компонентов: 1) канцерогенно опасного вещества бенз(а)пирена; 2) тяжелых металлов, а именно, свинца, кадмия, никеля и

хрома; 3) сульфат- и нитрат-ионов.

Исследование содержания бенз(а)пирена во всех пробах проводили согласно ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.39-03 «Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли бенз(а)пирена в пробах почв, грунтов, твердых отходов, донных отложений методом высокоэффективной, жидкостной хроматографии с использованием жидкостного хроматографа Люмахрам».

Содержание нитрат-ионов определяли согласно ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.67-10 «Количественный химический анализ почв. методика измерений массовой доли азота нитратов в пробах почв, грунтов, донных отложений, илов, отходов производства и потребления фотометрическим методом с салициловой кислотой».

Концентрацию сульфат-ионов находили

по ГОСТ 26426-85 «ПОЧВЫ. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке» гравиметрическим методом с использованием в качестве осаждающего агента хлорид бария.

Содержание тяжелых металлов свинца (Pb), никеля (Ni), хрома (Cr), кадмия (Cd) определяли согласно М-МВИ-80-2008 «Методика выполнения измерений массовой доли элемен-

тов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии».

#### Результаты и обсуждение

Результаты количественного химического анализа придорожных грязевых отложений приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты экспериментального определения бенз(а)пирена, сульфат-ионов, нитрат-ионов, свинца, кадмия, никеля, хрома в придорожных грязевых отложениях Санкт-Петербурга

Показатель	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Бенз(а)пирен, мг/кг	0,039±0,015	0,028±0,011	0,110±0,032	0,038±0,014
Сульфат-ион, ммоль/100 г	Менее 0,5	Менее 0,5	Менее 0,5	Менее 0,5
Нитрат-ион, мг/кг	2,02±0,65	0,50±0,16	2,73±0,85	1,73±0,55
Свинец, мг/кг	18,5±5,6	6,5±2,0	28,5±8,2	13,2±4,3
Кадмий, мг/кг	Менее 1,0	Менее 1,0	Менее 1,0	Менее 1,0
Никель, мг/кг	15,0±4,5	13,0±3,9	19,0±5,5	14,0±3,8
Хром, мг/кг	13,0±3,9	46,5±14,0	37,0±13,9	17,0±3,2

Примечание: Образец 1 отобран на Митрофаньевском ш. (СПб); Образец 2 – на Благодатной ул. (СПб); Образец 3 – на Софийской ул. (СПб); Образец 4 – на Пискаревском пр. (СПб).

Проведенный количественно-качественный анализ показал, что содержание сульфат-ионов и нитрат-ионов во всех проанализированных образцах находилось в пределах допустимых нормативных значений.

При условии перехода в подвижную форму, возможно превышение загрязнения придорожного грунта тяжелыми металлами: свинцом в 1,3–3,0 раза, никелем в 3,0–3,8 раза, хромом в 2,2–7,8 раз.

Суммарное содержание бенз(а)пирена (БП) во всех пробах, отобранных в окрестностях автодорог, превышало ПДК для грунтов в 1,3–5,5 раз.

Канцерогенный бенз(а)пирен относится к группе полициклических ароматических углеводородов и представляет собой соединение, состоящее из 5 конденсированных бензольных колец. В воздухе находится, главным образом, в виде аэрозолей. Обладает доказанным канцерогенным и мутагенным действием, относится к первому классу токсической опасности. БП является мажорантным поллютантом, подлежащим обязательному контролю в окружающей среде. Согласно отечественным нормативам, ПДК<sub>ср</sub> бенз(а)пирена в воздухе составляет 0,001 мкг/м<sup>3</sup>, а в почве – 20 мкг/кг.

Проблема загрязнения почв урбанизированных территорий бенз(а)пиреном остается актуальной для городов нашей страны на протяжении десятилетий. Ей уделяется значительное внимание и в научной сфере, о чем свидетельствует большое количество публикаций [9-20].

Это позволяет сравнить полученные нами результаты с опубликованными данными.

В целом следует отметить широкий диапазон значений определяемых концентраций БП в городских почвах. Так, например, в верхнем почвенном слое частного сектора Красноярска (районы Николаевки и Песчанки) содержание этого канцерогена составило 0,045-0,418 мг/кг (2,2-20,9 ПДК) [9], в Санкт-Петербурге, согласно результатам исследований, проведенным в 2003-2005 гг., 0,01-2,00 мг/кг (0,5-100 ПДК) [10], в Москве в центре города на дворовых территориях содержание БП в пыли достигало 1,02 мг/кг (51 ПДК), в Казани – в среднем 0,003-0,005 мг/кг (0,15-0,25 ПДК), но в одной пробе, отобранной вблизи перекрестка с интенсивным движением (на пересечении ул. Пушкина с ул. Марселя Салимжанова) его концентрация составила 1,92 мг/кг (96 ПДК) [11].

Полученные нами значения соответствуют этим данным и хорошо коррелируют с результатами исследований, проведенных в Воронеже [12] и Самаре [13-15].

В Воронеже в городских зонах с преимущественным транспортным загрязнением содержание БП в почвах в среднем составило 0,04-0,18 мг/кг (2-9 ПДК) в левобережной части города и 0,01-0,09 мг/кг (0,5-4,5 ПДК) – в правобережной [12].

Значительное внимание изучению техногенного воздействия автотранспорта на окружающую среду уделялось и уделяется в Самаре. В частности, особого внимания заслуживают результаты многолетних исследований, полученные О.В. Сазоновой и ее коллегами [13-15], которые на постоянной основе проводят монито-

ринг загрязнения снежного покрова вблизи автотранспортных дорог и в окрестностях промышленных предприятий во всех районах г. Самары по очень широкому спектру санитарно-химических, бактериологических, токсикологических, патоморфологических показателей.

В статье [14] приведены результаты исследования загрязнения снежного покрова в начале весны 2016 и 2017 гг. в период максимальной аккумуляции химических примесей, поступающих из окружающей среды. Исследования проводили в 9 районах города вблизи автодорог, пробы были отобраны в условно «чистых» зонах (с интенсивностью движения автотранспортных потоков менее 5000 авт./сутки) и условно «грязных» зонах (с интенсивностью движения автотранспортных потоков ~ 20000 авт./сутки). Авторы отмечают, что достоверная зависимость между интенсивностью автотранспортного движения и уровнем загрязнения отмечена в отношении взвешенных веществ, трудноокисляемых органических веществ и углеводородов.

Сравнение показателей загрязненности снежного покрова Самары в многолетней динамике представлено в табл. 2 [14].

Таблица 2 – Сравнение показателей загрязненности снежного покрова Самары в 1995, 2013 и 2017 гг. [14].

Год / показатель	1995	2013	2017
Запах, баллы	1	2,5	2,5
pH	6,4	7,69	7,27
Взвешенные вещества	0,9	39,2	272,2
Химическое поглощение кислорода (ХПК), мг/л	6,2	36,8	43,4
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л	0,86	3,6	2,9
Нефтепродукты, мг/л	0,05	1,48	0,63
Кадмий	До ПДК	До 2 ПДК	До 1, 6 ПДК

Из анализа таблицы следует, что многократно увеличилась степень загрязнения снега взвешенными веществами (среднее содержание взвешенных веществ в снеге Самары в 2017 г. составило 272,2 мг/л, что в 6,9 раз выше, чем в 2013 г. и в 302 раза выше, чем в 1995 г.), многократно вырос показатель ХПК (в 1,18 раз по сравнению с 2013 г. и в 7 раз по сравнению с 1995 г.) и на высоком уровне остается загрязнение углеводородами. Исследователи это связывают с ростом количества и интенсивности эксплуатации автотранспорта [14].

Содержание углеводородов практически во всех пробах превышало ПДК как по показателям загрязнения легкими углеводородами

(С4-С10), так и более тяжелыми ароматическими углеводородами. Максимальные концентрации были обнаружены в пробах, отобранных вблизи высоко загруженных дорог в промышленных районах в зонах воздействия автотранспортных потоков и промышленных предприятий.

Особое внимание авторы справедливо уделили полициклическим ароматическим углеводородам, а именно наиболее опасному из них бенз(а)пирену. Бенз(а)пирен не обнаруживался в профильтрованной талой воде по понятным причинам (он не растворим в воде), но обнаруживался во взвешенных веществах. В одной из проб, отобранной в Промышленном районе, содержание БП во фракции взвешенных веществ составило 0,09 мг/г (4,5 ПДК для почв). Очевидно, что после таяния снега взвешенные вещества будут накапливаться в виде грязевых отложений вдоль дорог, и их вторичное попадание в воздушную среду представляет угрозу.

Исследования были продолжены авторами и в 2018 г., особенность этого этапа заключалась в попытке оценить степень загрязнения снежного покрова вблизи городских автомагистралей и на разном удалении от Куйбышевского нефтеперерабатывающего завода (КНПЗ) [15]. Было установлено, что содержание взвешенных веществ в талой воде из условно «грязной» зоны составило 500 мг/м<sup>3</sup>, а в талой воде вблизи КНПЗ (на расстоянии от 100 до 300 м) – практически в 2 раза больше – 948 мг/м<sup>3</sup>. Обращает на себя внимание высокое загрязнение бенз(а)пиреном почвы вблизи высоко загруженных автодорог (3,65 ПДК) и в окрестностях КНПЗ (3-11,5 ПДК), а также довольно высокое содержание бенз(а)пирена во фракции взвешенных веществ (4,5 ПДК). Авторы пришли к заключению, что сравнительный анализ химического состава снегового покрова на территории, прилегающей к КНПЗ, и на улицах г. Самары не выявил статистически значимых различий, и в целом пришли к выводу о значительном вкладе автотранспорта в техногенное загрязнение среды обитания.

Изучению загрязнения тяжелыми металлами почвенных покровов в городских агломерациях тоже посвящено немало работ: результаты масштабных исследований, выполненных в Москве, опубликованы в статьях [16, 17], а в Казани – в статье [18].

Анализ образцов городской пыли, отобранных вблизи московских автодорог, и ее мелкодисперсной фракции РМ<sub>10</sub> по показателям содержания в них 32 тяжелых металлов показал, что ключевыми загрязнителями являются Sb, Zn, W, Cd, Sn, Cu, Bi, Pb, Mo; содержание Cr в дорожной пыли в среднем составило 48 мг/кг, Ni – 23 мг/кг, Cd – 0,24 мг/кг, Pb – 51 мг/кг [16, 17]. Особой ценностью именно этого исследования

является детальный химический анализ фракции  $PM_{10}$  придорожной пыли – такие исследования в нашей стране проводятся не часто. Результаты свидетельствуют о преимущественной аккумуляции тяжелых металлов в мелкодисперсной фракции – содержание всех металлов в ней было в 1,2-6,4 раз выше, чем в грубодисперсном образце той же пыли [17]. Авторы подчеркивают, что особую опасность представляют  $PM_{10}$  во дворах жилых домов, где загрязнение достигает чрезвычайно высокого уровня.

Авторами исследования, выполненного в Казани, установлена статистически значимая связь между кислоторастворимыми и подвижными формами Fe, Co, Pb и Zn, подтверждающая подвижность этих металлов, а следовательно риск поступления и накопления в городской растительности [18], а также подтверждено, что максимальное загрязнение почв Cd, Cr и Ni относительно фоновых значений наблюдалось вблизи магистралей с интенсивным движением. Содержание Cr в дорожной пыли варьировалось в диапазоне 9,5-18 мг/кг, Ni – 14-29 мг/кг, Cd – 0,38-1,15 мг/кг, Pb – 8-25 мг/кг.

Полученные нами результаты анализа загрязнения придорожного грунта тяжелыми металлами находятся в полном соответствии с данными московских и казанских исследователей.

В городах большая часть наземного слоя почвы закрыта (запечатана) асфальтом, асфальтобетонными покрытиями, тротуарной плиткой (до 70-80 % территорий). Истирание дорожного полотна при движении автомобилей является еще одним источником поступления пылевых частиц в окружающую среду, поэтому актуально определение поллютантов и в образцах дорожных покрытий.

Результаты определения бенз(а)пирена, сульфат-ионов, нитрат-ионов, свинца, кадмия, никеля, хрома в образцах наружного слоя дорожных покрытий, отобранных в Белгороде и Санкт-Петербурге, отражены в табл. 3.

Содержание БП в асфальтобетонных покрытиях было в 2,3 – 4,4 выше нормы, установленной для почв, концентрации остальных компонентов – в пределах нормативных значений.

Следует отметить, что полученные нами результаты экспериментальных исследований хорошо согласуются с результатами специалистов из Московского государственного университета [19, 20].

Специалистами из МГУ было установлено, что содержание БП в дорожном покрытии составляет 0,066-0,098 мг/кг (3,3-4,9 ПДК). Принимая во внимание, что в состав битума, одного из основных компонентов асфальта, входят смолы и асфальтеновые нефти, содержащие

арены, логично, что преобладающими загрязнителями дорожных покрытий будут низкоароматические соединения типа нафталина, дифенила, фенантрена и флуорена [19].

Таблица 3 – Результаты определения бенз(а)пирена, сульфат-ионов, нитрат-ионов, свинца, кадмия, никеля, хрома в образцах дорожных покрытий

Показатель	Образец 5	Образец 6
Бенз(а)пирен, мг/кг	0,045±0,013	0,088±0,032
Сульфат-ион, ммоль/100 г	Менее 0,5	Менее 0,5
Нитрат-ион, мг/кг	0,7±0,22	0,50±0,16
Свинец, мг/кг	6,5±1,4	9,5±3,2
Кадмий, мг/кг	1,0±0,5	1,2±0,5
Никель, мг/кг	Менее 0,2	Менее 0,2
Хром, мг/кг	13,0±6,5	16,0±6,3

Примечание: Образец 5 отобран на ул. Богдана Хмельницкого (Белгород); Образец 6 – на Митрофаньевском шоссе (Санкт-Петербург).

### Заключение

Проведенное экспериментально-аналитическое исследование подтвердило актуальность проблемы высокого и чрезвычайно высокого загрязнения придорожной среды в городах, включая придорожные отложения, почвы, снежные покровы, канцерогенным веществом 1-ого класса опасности бенз(а)пиреном.

В проанализированных нами образцах придорожных отложений максимальное превышение БП составило 5,5 ПДК. В работах других исследователей отмечался широкий разброс значений этого показателя, но, в среднем, вблизи автомагистралей и промышленных предприятий концентрация БП в почве составляла 2-10 ПДК, однако были выявлены пробы с экстремально высоким содержанием этого токсиканта, превышающим предельно допустимые значения в 25-100 раз.

Также нами было выявлено повышенное содержание (относительно фоновых значений) в придорожных отложениях таких тяжелых металлов, как свинец, никель и хром. Другие исследователи, наряду с вышеуказанными металлами, обнаруживали в придорожных почвах в повышенных концентрациях кадмий, цинк и медь. При условии перехода этих металлов в подвижные формы имеется риск их поступления в почвы и грунтовые воды и накопления в растениях.

Мелкодисперсные фракции придорожных отложений и почвы с высоким содержанием бенз(а)пирена и тяжелых металлов являются источником вторичного загрязнения почв, грунтовых вод и воздуха этими опасными поллютантами и представляет серьезную угрозу здоровью

населения. Мелкодисперсные частицы  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$ , наряду с оксидами азота, приводят к росту заболеваний органов дыхания и сердечно-сосудистой системы, а бенз(а)пирен – к злокачественным новообразованиям.

Проведенное исследование подтверждает значительный вклад автомобильного транспорта в опасное техногенное загрязнение среды обитания в городах.

### Литература

1. Ложкин В.Н. Прогноз экстремального загрязнения воздуха водным и автомобильным транспортом // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2020. № 3 (53). С. 17-20.
2. Трофименко Ю.В., Комков В.И., Кутырин Б.А., Деянов Д.А. Оценка выбросов загрязняющих веществ транспортными потоками на отдельных территориях Москвы // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2020. № 2 (61). С. 84-91.
3. Ложкина О.В., Мешалкина М.Н. Совершенствование методов контроля воздействия автотранспорта на качество среды обитания // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2022. № 1(59). С. 13-18.
4. Ложкин В.Н., Гавкалюк Б.В. Совершенствование методов обеспечения безопасности при эксплуатации транспортных средств специального назначения // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 3 (55). С. 85-89.
5. Ложкина О.В., Онищенко И.А. Анализ опасного загрязнения атмосферного воздуха крупных городов Арктической зоны отработавшими газами транспортных средств // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2020. – № 3 (55). – С. 20-26.
6. Chernyaev I., Oleshchenko E., Danilov I. Methods for continuous monitoring of compliance of vehicles' technical condition with safety requirements during operation // Transportation Research Procedia. 14th International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities, OTS 2020. 2020. P. 77-85.
7. Ложкина О.В., Малышев С.А., Хахленов А.В. Исследование опасного загрязнения придорожного воздуха мелкодисперсными взвешенными частицами  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  на примере Санкт-Петербурга // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2021. – № 2 (59) – С. 96-103.
8. Ложкин В.Н., Пенченков А.Ю., Гавкалюк Б.В. Физико-математическая модель образования, распространения, накопления и опасного воздействия транспортных  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  с учетом их химического состава в условиях чрезвычайных ситуаций // Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2019. № 1. С. 1-6.
9. Г.С. Бутенко, Д.Е. Полонская. Содержание 3,4-бенз(а)пирена в почвах техногенно загрязненных территорий // Вестник КрасГАУ. 2012. №7. С. 86-90.
10. В.Н. Белохвостова В.Н., Г.И. Ильинская, М.Л. Тындык. Загрязнение атмосферы и почвы городов бенз(а)пиреном. СПб.: Аккредитованная независимая санитарно-экологическая лаборатория «САНЭК», 2009. 23 с.
11. Зубкова А.Д., Степанова Н.Ю., Абросимов И.А. Содержание полициклических ароматических углеводородов и нефтепродуктов в почвах г. Казани // Вестник НЦБЖД. 2018. № 4 (38). С. 80-86.
12. Назаренко Н.Н., Свистова И.Д. содержание бенз[а]пирена в почвах урбанизированных территорий (на примере города Воронежа) // Advances in current natural sciences. 2016. № 1. С/ 142-146.
13. Сазонова О.В., Сухачева И.Ф., Дроздова Н.И., Исакова О.Н., Сухачев П.А., Вистяк Л.Н. Мониторинг качества снегового покрова, как составляющей среды обитания населения г. Самары // Фундаментальные исследования. 2014. № 10-1. С. 174-179.
14. Сазонова О.В., Рязанова Т.К., Сергеев А.К., Судакова Т.В., Торопова Н.М., Вистяк Л.Н. Эколого-гигиенические особенности антропогенного загрязнения снегового покрова в промышленном городе // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 2 (299). С. 34-38.
15. Сазонова О.В., Рязанова Т.К., Тупилова Д.С., Судакова Т.В., Торопова Н.М., Вистяк Л.Н. Сравнительная характеристика антропогенного загрязнения снегового покрова территории крупного промышленного центра под влиянием различных источников загрязнения // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 3 (312). С. 36-42.
16. Касимов Н.С., Власов Д.В., Кошелева Н.Е. Химический состав дорожной пыли и ее фракции  $PM_{10}$  как индикатор загрязнения городской среды // Экология и промышленность России. 2021. Т. 25. № 10. С. 43-49.
17. D. Vlasov, N. Kosheleva, N. Kasimov. Spatial distribution and sources of potentially toxic elements in road dust and its  $PM_{10}$  fraction of Moscow megacity // Sci. Total Environ. 2021. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143267.
18. А. Д. Зубкова, Н. Ю. Степанова, И. Б. Выборнова. Содержание металлов в городской почве в районах с интенсивной транспортной нагрузкой // Вестник технологического университета. 2017. Т.20. №18. 147-151.
19. Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е. Полициклические ароматические углеводороды в дорожном покрытии и экраноземах восточного округа Москвы // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2020. № 2 (38). С. 94-117.
20. Никифорова Е.М., Касимов Н.С., Кошелева Н.Е. Полициклические ароматические углеводороды в городских почвах, запечатанных асфальтом // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2020. Т. 491. № 1. С. 77-81.

## К ВОПРОСУ НОРМИРОВАНИЯ ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ НА МОЙКЕ ПО САМООБСЛУЖИВАНИЮ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

И.В. Денисов<sup>1</sup>

*Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ), Россия, 600000, г. Владимир, ул. Горького, д. 87.*

Работа содержит результаты исследования по определению времени выполнения работ по мойке кузовов автомобильной техники различных классов собственниками на предприятиях самообслуживания. Выполнено нормирование трудоемкости технических воздействий. Полученные значения предлагается использовать для планирования работы структурных подразделений предприятий автомобильного сервиса с целью обеспечения равномерной загрузки рабочих постов, повышения их пропускной способности и снижения времени ожидания в обслуживании.

*Ключевые слова:* Автомобиль, уборочно-моечные работы, трудоемкость, технологическое проектирование, предприятия автомобильного сервиса, самообслуживание

### TO THE QUESTION OF REGULATION OF THE TIME OF PERFORMANCE OF WORK AT THE WASH FOR SELF-SERVICE OF AUTOMOBILE EQUIPMENT

I.V. Denisov

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

The work contains the results of a study to determine the time of work on washing the bodies of automotive equipment of various classes by owners at self-service enterprises. The rationing of the labor input of technical actions has been carried out. The obtained values are proposed to be used for planning the work of structural divisions of automotive service enterprises in order to ensure uniform loading of work posts, increase their throughput and reduce waiting time in service.

*Keywords:* car, cleaning and washing works, labor intensity, technological design, car service enterprises, self-service

#### Введение

В последние годы наблюдается значительное увеличение парка автомобильной техники (АТ) в Российской Федерации (РФ). Рост количества колесных транспортных машин (КТМ) происходит преимущественно за счет легковых автомобилей, доля которых в настоящее время достигает 95% [1,6,7]. Активный процесс автомобилизации граждан России требует развития производственно-технической инфраструктуры (ПТИ), поскольку возможность использования и безаварийной эксплуатации АТ реализуется на базе предприятий системы «Автотехобслуживание» [5].

Мощность и уровень развития производственно-технической базы (ПТБ) действующих организаций автомобильного сервиса (АС) не соответствуют численному составу парка автомобилей [5]. Фактический спрос на технические воздействия (ТВ) по поддержанию и восстановлению работоспособности КТМ в условиях станций технического обслуживания (СТО) удо-

влетворяется частично и со значительным ожиданием со стороны клиентов. Это связано с недостаточным количеством рабочих постов на предприятиях системы «Автотехобслуживание», моральным и физическим устареванием технологического оборудования и недостаточным уровнем квалификации работников.

Производители АТ усложняют конструкцию систем, узлов и агрегатов КТМ с целью улучшения их эксплуатационных свойств. Для выполнения ТВ по техническому обслуживанию (ТО) и ремонту современных автомобилей требуется соответствующий уровень знаний и квалификация, а также технологическое оснащение ПТБ сервисной организации. Большинство автолюбителей не имеют возможности выполнить такие работы самостоятельно. Поэтому для решения актуальной проблемы высокой загруженности ПТБ предприятий АС и недостаточного удовлетворения спроса на сервисные услуги необходимо проводить расширение и реконструкцию сети действующих СТО, а также

*Денисов Илья Владимирович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электротехники и электроэнергетики», тел.: +7(915)-776-24-14, e-mail: denisoviv@mail.ru.*

проектировать и осуществлять строительство новых.

#### **Постановка задачи исследования**

В соответствии с действующим законодательством РФ обязанность лиц, эксплуатирующих автотранспортные средства (АТС), состоит в поддержании их в технически исправном состоянии и надлежащем внешнем виде [8]. Если собственник КТМ не проводит работы по их ТО и ремонту, предусмотренные регламентом сервисной книжки, а также игнорирует необходимость регулярного удаления загрязнений с поверхности кузова и светотехнической аппаратуры, то риск возникновения аварийной ситуации в эксплуатации многократно возрастает. Это обусловлено тем, что АТ может эксплуатироваться с техническими неисправностями, о которых собственнику неизвестно, т.е. в предотказном состоянии. Проведение диагностирования систем КТМ, непосредственно оказывающих влияние на их активную безопасность, позволяет выявить дефектные системы, узлы и агрегаты. Указанные работы проводятся в условиях СТО или пунктов технического осмотра (ПТО), поскольку требуется диагностическое оборудование и квалифицированный персонал, способный поставить верный диагноз.

Регламентом ТО КТМ предусмотрены работы, которые не требуют от исполнителей знания конструкции и опыта выполнения ТВ. К ним можно отнести мойку кузова и уборку салона. Загрязнения, находящиеся на поверхности кузова АТ, её светотехнической аппаратуре и государственных регистрационных знаках, могут повлиять на внешнюю информативность. Такие КТМ представляют определенную опасность для других участников дорожного движения, потому что заметить сигналы указателей поворотов, фонарей тормозной системы и габаритных огней на грязном автомобиле крайне затруднительно. Кроме того, при движении в условиях недостаточной видимости или в темное время суток наличие загрязнений на поверхности фар головного освещения способствует значительному ухудшению видимости проезжей части. Водитель, управляя автомобилем в таких условиях, быстро утомляется и может принять неправильное решение, которое вызовет аварийную ситуацию. Следует отдельно отметить, что нечитаемые государственные регистрационные знаки являются основанием для привлечения лица, управляющего КТМ к ответственности в соответствии с КоАП.

Таким образом, проведение уборочно-моечных работ (УМР) является обязательным условием безопасной эксплуатации АТ. Выполнение ТВ данного вида может быть реализовано

собственниками автомобилей или в условиях автосервисных организаций.

Загрязнения поверхностей кузова автомобиля содержат дорожную пыль, нефтяные и масляные вещества, продукты износа деталей и другие отложения. Поэтому самостоятельная мойка КТМ собственниками ограничена высокой вероятностью загрязнения окружающей среды, за которое, согласно КоАП, предусмотрена административная ответственность. СТО имеют специальные очистные сооружения, которые не допускают попадания опасных и вредных веществ в атмосферу, почву и водный бассейн. Но, как отмечено выше, ввиду недостаточной мощности ПТБ предприятий АС, посты УМР перегружены. Спрос на выполнение УМР по АТ стабилен и очень высок, особенно в весенний и осенний периоды. Это усложняет задачу посещения организаций автосервиса собственниками КТМ для выполнения ТВ указанного вида.

В сложившейся ситуации решением проблемы неудовлетворенного спроса на услуги по мойке кузовов АТ является строительство и ввод в эксплуатацию моек по самообслуживанию. В РФ настоящее время наблюдается активное развитие предприятий, предоставляющих в аренду автолюбителям помещения и технологическое оборудование для проведения УМР [3].

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

В настоящее время в РФ отсутствуют утвержденные нормативы времени выполнения работ по мойке АТ на постах самообслуживания. В [9] указано, что среднее время проведения указанных ТВ составляет не более 15 мин и зависит от достаточно большого числа факторов: класс КТМ, квалификация исполнителя, рабочие характеристики моечной установки, химический состав синтетических моющих средств и др. Вместе с тем, вопрос нормирования трудоемкости моечных работ актуален. Это обусловлено тем, что от времени пребывания автомобиля на посту под ТВ зависит его часовая производительность, а, следовательно, и общее количество обслуживаемых КТМ в течение рабочего времени. Очевидно, что автосервисные предприятия коммерчески заинтересованы в получении максимальной прибыли, а это возможно лишь в том случае, когда все рабочие посты заняты и на них выполняются ТВ. Применительно к мойкам самообслуживания, чем больше платное время, тем выше доход организации. На практике возникает необходимость планировать заезды АТ различных классов на посты для наиболее эффективного использования рабочего времени. Вот почему важно знать

время выполнения ТВ по очистке кузова автомобиля от загрязнений.

Для снижения степени влияния указанных факторов экспериментальные исследования проводили в условиях мойки самообслуживания, оборудованной моечной установкой модели «Hawk NMT 18/20 RN», развивающей максимальное рабочее давление 200 бар. УМР по АТ различных классов выполнял один исполнитель, имеющий необходимую квалификацию и опыт. В качестве моющего средства применялась активная пена *Grass Active Self Top*.

Сбор данных о продолжительности выполнения ТВ по мойке выполнялся на автомобиле *Renault Fluence*. КТМ класса *C* широко распространены в автомобильном парке РФ [1,7].

В ходе предварительной оценки получен массив значений времени выполнения мойки автомобиля марки *Renault* модели *Fluence* в размере 15 величин (мин.): 7,8; 8,6; 10,2; 10,4; 8,7; 11,6; 9,3; 12,3; 9,5; 12,1; 10,5; 11,8; 10,7; 10,4; 8,3. Расчетным методом установлено средние арифметическое  $\bar{t}_{Mi} = 10,147$  мин и квадратическое отклонения  $\sigma(t_M) = 1,424$  мин, коэффициент вариации  $v=0,14$ . После этого произведено уточнение минимального объема выборки по формуле [2]

$$n = \frac{U_p^2 \sigma(t_M)^2}{(\delta \bar{t}_{Mi})^2}, \quad (1)$$

где  $U_p$ - квантиль нормального распределения случайной величины;

$\delta$  – относительная погрешность.

При доверительной вероятности нормального распределения случайной величины –  $P = 0,95$  и относительной ошибки -  $\delta = 5\%$  минимальный объем необходимых данных эксперимента составил

$$n = 1,96^2 \cdot 1,424^2 / (0,05 \cdot 10,147)^2 = 30,3 \approx 30 \text{ значений.}$$

В результате активного эксперимента получен массив значений времени очистки кузова КТМ класса *C* от загрязнений на посту самообслуживания -  $t_{Mi}$  (мин.): 7,8; 8,3; 8,6; 8,7; 9,1; 9,3; 9,4; 9,5; 9,6; 9,7; 9,8; 9,9; 10; 10,1; 10,2; 10,3; 10,4; 10,4; 10,5; 10,7; 10,7; 10,8; 10,8; 11,1; 11,1; 11,2; 11,6; 11,8; 12,1; 12,3.

Процедура обработки опытных данных проводилась согласно методике [2]. Для исключения грубых ошибок и промахов полученные экспериментальные данные были подвергнуты проверке на аномальность по критерию « $3\sigma$ ». Затем выполнено построение вариационного ряда, определены: число интервалов ( $i$ ), их границы и середина ( $t_{Mi}^{c-n}$ ), частота ( $m_i$ ) и частость ( $w_i$ ) попадания значений в установленные диапазоны значений времени ТВ. Результаты расчета показаны в таблице 1, а на рисунке 1 представлена гистограмма распределения случайной величины.

Таблица 1 – Результаты статистического анализа выборки

Номер интервала	Границы интервалов	Середина интервала, $t_{Mi}^{c-n}$	Частота, $m_i$	Частость, $w_i$	Накопленная частость, $w_i^H$
1	7,425-8,175	7,8	1	0,033	0,033
2	8,175-8,925	8,55	3	0,100	0,133
3	8,925-9,675	9,3	5	0,166	0,300
4	9,675-10,425	10,05	9	0,300	0,600
5	10,425-11,175	10,8	7	0,233	0,833
6	11,175-11,925	11,55	3	0,100	0,933
7	11,925-12,675	12,3	2	0,066	1,000

Вид гистограммы позволяет выдвинуть гипотезу о принадлежности случайной величины к нормальному закону распределения. В силу небольшого объема выборки данных экс-

периментального исследования гипотеза о принадлежности распределения времени выполнения ТВ нормальному закону проверялась по составному критерию  $\bar{d}$  [4].

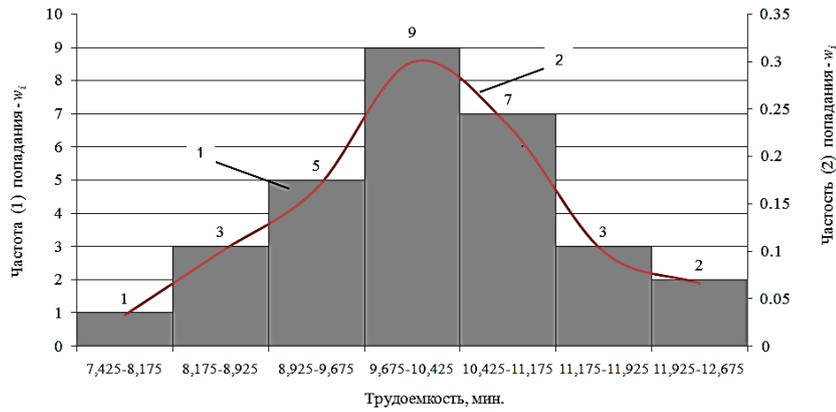


Рисунок 1 – Гистограмма распределения времени выполнения мойки легкового автомобиля класса С на посту самообслуживания одним исполнителем

Среднее арифметическое результатов измерений установлено с использованием математической зависимости

$$\bar{t}_M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{Mi}^{c-и} m_i. \quad (2)$$

После подстановки числовых данных, получено

$$\bar{t}_M = \frac{1}{30} (7,8 \cdot 1 + 8,55 \cdot 3 + \dots + 12,3 \cdot 2) = 10,18 \text{ мин.}$$

$$S^* = \sqrt{\frac{1}{30} ((7,8 - 10,18)^2 \cdot 1 + \dots + (12,3 - 10,18)^2 \cdot 2)} = 1,079 \text{ мин.}$$

Несмещенная оценка среднего квадратического отклонения определялась по формуле

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_{Mi}^{c-и} - \bar{t}_M)^2 m_i}. \quad (4)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{30-1} ((7,8 - 10,18)^2 \cdot 1 + \dots + (12,3 - 10,18)^2 \cdot 2)} = 1,098 \text{ мин.}$$

Коэффициент вариации рассчитывался с использованием следующей математической зависимости

$$v = S / \bar{t}_M. \quad (5)$$

Для представленного вариационного ряда  $v = 1,098 / 10,18 = 0,106$ .

Составной критерий  $\bar{d}$  можно установить, используя выражение [4]

$$\bar{d} = \frac{1}{nS^*} \sum_{i=1}^n (t_{Mi} - \bar{t}_M). \quad (6)$$

Для представленной выборки значений величина  $\bar{d}$  составила

$$\bar{d} = \frac{1}{30 \cdot 1,079} (|7,8 - 10,18| + |8,3 - 10,18| + \dots + |12,3 - 10,18|) = 0,7978.$$

Проверка по I условию

$$d_{0,99} < \bar{d} < d_{0,01}. \quad (7)$$

Согласно справочным табличным данным [4] составной критерий  $\bar{d}$  удовлетворяет I условию, так как

$$0,7110 < 0,7978 < 0,8827.$$

Верхний квантиль распределения нормированной функции Лапласа, отвечающий вероятности  $P/2$  ( $P=0,99 \cdot 100\%$ ) -  $Z_{P/2}=2,58$ .

Смещенная оценка среднего квадратического отклонения рассчитывалась с помощью выражения

$$S^* = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_{Mi}^{c-и} - \bar{t}_M)^2 m_i}. \quad (3)$$

Для полученных экспериментальных данных  $S^*$  составила

В результате подстановки числовых значений в выражение (4), получено

Проверка по II условию

$$|t_{Mi} - \bar{t}_M|_{max} < Z_{P/2} S$$

Для полученного в ходе экспериментальных исследований вариационного ряда проверка по II условию выполняется, поскольку справедливо условие

$$|12,3 - 10,18| < 2,58 \cdot 1,098 \text{ или } |2,12| < 2,83.$$

Таким образом, гипотеза о нормальности распределения времени выполнения моечных работ по условию I и II составного критерия  $\bar{d}$  подтверждается при принятом уровне значимости  $q \leq 0,04$ .

В случае нормального закона распределения времени выполнения ТВ фактическое значение величины  $t_M$  может быть найдено с использованием математической зависимости

$$t_M = \bar{t}_M \pm t_{CT} \sigma_{\bar{t}}, \quad (8)$$

где  $t_{CT}$  – коэффициент Стьюдента (при доверительной вероятности  $P = 0,95$ )

$t_{CT} = 1,96$ ;

$\sigma_{\bar{t}}$  – среднее квадратическое отклонение

$t_M$ .

$$\sigma_{\bar{t}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (t_{Mi} - \bar{t}_M)^2} = 0,2 \text{ мин. (9)}$$

Фактическая величина нормируемого времени  $\bar{t}$ , необходимого для выполнения мойки КТМ на посту самообслуживания одним исполнителем, будет находиться в диапазоне значений

$$10,18 - 1,96 \cdot 0,2 < t_M < 10,18 + 1,96 \cdot 0,2 \text{ (мин)}, \\ 9,79 < t_M < 10,57 \text{ (мин)}.$$

Ввиду того, что на искомую величину оказывает влияние множество факторов, то для цели настоящего исследования принято время  $t_M = 11 \text{ мин.} \approx 0,18 \text{ чел.-ч.}$

Аналогичные исследования проведены по АТ категории М1 других классов. В таблице 2 показаны числовые характеристики распределений, полученных после обработки информации, а также результаты проверки принадлежности вариационного ряда к нормальному закону с использованием составного критерия  $\bar{d}$ .

Таким образом, нормативы времени выполнения работ по очистке кузовов КТМ различных классов от загрязнений на постах самообслуживания будут иметь следующие значения:

- класс А - 0,12 чел.-ч;
- класс В - 0,16 чел.-ч;
- класс С - 0,18 чел.-ч;
- класс D - 0,2 чел.-ч;
- класс E - 0,23 чел.-ч;
- класс SUV - 0,23 чел.-ч.

Часовая производительность поста мойки самообслуживания находится в прямой зависимости от продолжительности пребывания КТМ под ТВ. Автосервисному предприятию экономически выгодно, чтобы платное время было как можно более продолжительным в течение каждого часа рабочей смены.

На рисунке 2 показан план-график заездов на посты самообслуживания КТМ различных классов для выполнения мойки кузова.

Из рисунка 2 видно, что число заездов АТС на посты самообслуживания влияет на величину платного времени. Постановка автомобиля на место обслуживания и последующий его съезд требуют около 2 мин. С увеличением числа заездов происходит сокращение общей продолжительности выполнения основной операции мойки. Это приводит к уменьшению дохода сервисной организации. Следовательно, для рационального использования рабочего времени поста рекомендуется комбинировать заезды автомобилей различных классов. В таком случае можно исключить непроизводительные простои производственных мощностей (посты № 9, 10 и 12, рисунок 2), сократить неоплачива-

емое клиентами время вспомогательных операций (пост №1, рисунок 2), а также выполнить все ТВ в установленный срок (посты №2, 3,7,8,11, рисунок 2).

Таблица 2 – Результаты обработки экспериментальных данных по нормированию времени ТВ, необходимого для очистки кузова

№ п/п	Обозначение параметра	Значение параметра						
		Класс А	Класс В	Класс С	Класс D	Класс E	Класс SUV	
1	$\bar{t}_M$ , мин	6,8	9,3	10,18	11,33	13,27	13,05	
2	$S^*$	0,841	1,169	1,079	1,434	1,631	1,717	
3	$S$	0,863	1,197	1,098	1,460	1,659	1,745	
4	$v$	0,123	0,125	0,106	0,126	0,122	0,131	
5	$\bar{d}$ , мин	0,796	0,812	0,797	0,794	0,818	0,803	
6	Условие I	$0,69 < 0,796 < 0,9$	$0,69 < 0,812 < 0,89$	$0,7 < 0,797 < 0,89$	$0,71 < 0,794 < 0,88$	$0,71 < 0,818 < 0,9$	$0,71 < 0,803 < 0,88$	
7	$Z_{\frac{\alpha}{2}}$	2,58	2,33	2,58	2,58	2,58	2,58	
8	Условие II	$1,5 < 2,23$	$1,9 < 2,79$	$2,12 < 2,83$	$2,87 < 3,77$	$2,73 < 4,28$	$2,95 < 4,5$	
9	$t_M$ , мин	$6,4 < t_M < 7,2$	$8,8 < t_M < 9,8$	$9,8 < t_M < 10,6$	$10,8 < t_M < 11,9$	$12,7 < t_M < 13,7$	$12,4 < t_M < 13,7$	

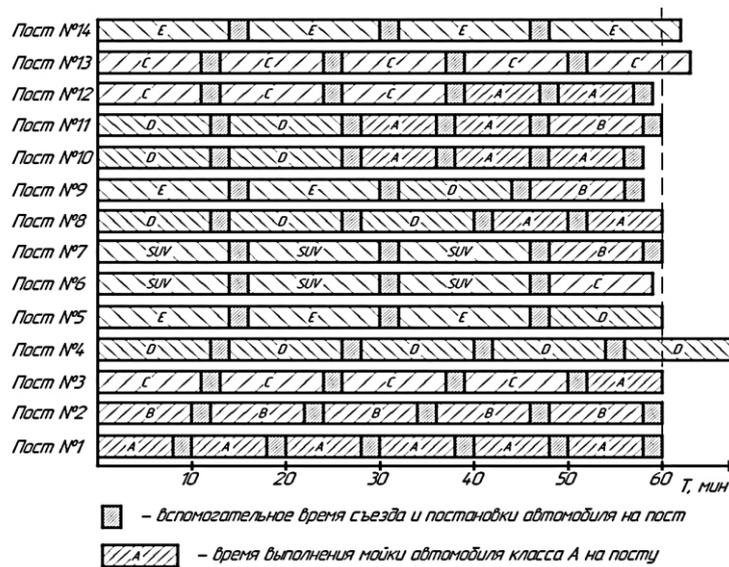


Рисунок 2 – План-график заездов легковых автомобилей различных классов на посты самообслуживания с целью мойки кузова

При заездах на обслуживание КТМ категории *E* и *SUV* целесообразно несколько сократить время выполнения основной операции мойки кузовов срок (посты №5,6,14, рисунок 2), чтобы обеспечить заезд целого числа автомобилей за час работы поста. Добиться сокращения времени  $t_M$  можно путем увеличения рабочего давления моечного аппарата, изменением типа насадки моечного пистолета, повышением температуры подаваемой жидкости и применением синтетических моющих средств более высокого качества. Вместе с тем, следует выполнить экономическую оценку указанных мероприятий, чтобы определить оптимальное значение основного времени мойки.

### Заключение

Значительное увеличение количества предприятий автомобильного сервиса, предоставляющих в аренду собственникам АТ производственные площади и технологическое оборудование для выполнения уборочно-моечных работ, в последние годы является закономерным результатом высокого спроса в РФ на сервисные услуги данного вида. Работа указанных организаций должна быть эффективной. Одним из методов повышения технико-экономических показателей производственно-хозяйственной деятельности моек самообслуживания является планирование заездов, которое позволяет обеспечить равномерную загрузку рабочих постов, исключить непроизводительные простои и увеличить платное время, а, следовательно, и доход коммерческой компании. Решение указанной задачи невозможно без нормирования трудоемкости выполнения моечных работ.

Выполнено нормирование среднего времени  $T_B$  по очистке кузов КТМ различных кате-

горий на постах стационарных моечных комплексов, предоставляющих услуги по самостоятельному проведению работ собственниками АТ. Полученные значения предлагается использовать при планировании производства в условиях сервисных предприятий по самообслуживанию.

### Литература

1. Автопарк стареет и меняет структуру: как это повлияет на автобизнес [Электронный ресурс], - Режим доступа: <https://promo.maxposter.ru/vtopark-stareyet-imenyayet-strukturu> (дата обращения 10.04.2023 г.).
2. Баженов Ю. В. Основы теории надежности машин : учеб. пособие для вузов / Баженов Ю. В. - М. : Форум : Инфра-М, 2014. - 319 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 315-317. - ISBN 978-5-91134-883-0. - ISBN 978-5-16-009792-
3. Вымой сам: как в Россию пришел бум автомоек самообслуживания [Электронный ресурс], - Режим доступа: [https://www.rbc.ru/own\\_business/27/09/2016/57e8e2369a79476decb94ec2](https://www.rbc.ru/own_business/27/09/2016/57e8e2369a79476decb94ec2) (дата обращения 10.04.2023 г.). ГОСТ Р 8.736-2011 – Государственная система обеспечения измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. – М.:Стандартинформ, 2019. – 26 с.
4. 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.
5. Наличие транспортных средств: [электронный ресурс] // <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Nalichie.xls>. (дата обращения: 10.04.2023).
6. Парк легковых автомобилей на 2022 год – особенности и тенденции [Электронный ресурс], - Режим доступа: <https://avtostat-info.com/Article/358>(дата обращения 10.04.2023 г.)

7. Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 N 1090 (ред. от 24.10.2022) «О Правилах дорожного движения» (вместе с "Основными положениями по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения") [Электронный ресурс], // Справочная правовая система ЗАО «Консультант-Плюс». - Режим доступа:

[https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_2709/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_2709/) (дата обращения 10.04.2023 г.).

8. Сколько времени моют машину на автомойке, если время – деньги [Электронный ресурс], - Режим доступа: <https://avtodigitals.ru/skolko-moyut-mashinu-na-avtomojke-po-vremeni/> (дата обращения 10.04.2023 г.).

УДК 556:551.582:624

## ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ ОБ ОСАДКАХ В СТРОИТЕЛЬНОЙ КЛИМАТОЛОГИИ

В.А. Наумов<sup>1</sup>, Н.Л. Великанов<sup>2</sup>

*Калининградский государственный технический университет (КГТУ),  
Россия, 236000, г. Калининград, Советский пр., 1.*

В статье сформулированы проблемы, связанные с представлением данных об осадках в Своде правил «Строительная климатология». В частности, отмечается, что по многим регионам, в том числе и Калининградской области, имеются данные только по одной метеорологической станции, суточный максимум осадков фиксируется для календарных (метеорологических) суток, ветровые и прочие потери не учитываются. Предложены пути решения названных проблем на примере метеорологических станций Калининградской области. Представлены суммы годовых осадков метеорологических станций городов Калининграда и Балтийска за теплый и холодный периоды (данные из архива и с полной корректировкой). Получены суточные максимумы осадков метеорологических станций городов Калининграда, Балтийска и Советска за метеорологические сутки RC, 24-часовые R24, линейный тренд RC. Результаты исследований предназначены для использования при формировании региональных нормативных документов.

*Ключевые слова:* метеорологическая станция, суточные максимумы осадков, климатические параметры.

### PRESENTATION OF PRECIPITATION DATA IN CONSTRUCTION CLIMATOLOGY

V. A. Naumov, N. L. Velikanov

*Kaliningrad State Technical University (KSTU), Russia, 236000, Kaliningrad, Sovetsky Ave., 1.*

The article outlines the problems associated with the presentation of precipitation data in the Code of Practice "Construction Climatology." In particular, it is noted that in many regions, including the Kaliningrad region, there are data on only one meteorological station, the daily maximum of precipitation is recorded for calendar (meteorological) days, wind and other losses are not taken into account. Proposed ways to solve these problems on the example of meteorological stations of the Kaliningrad region. The amounts of annual precipitation of meteorological stations of the cities of Kaliningrad and Baltiysk for warm and cold periods (data from the archive and from full proofreading) are presented. Daily precipitation maximums of meteorological stations of the cities of Kaliningrad, Baltiysk and Sovetsk for meteorological days RC, 24-hour R24, linear trend RC were obtained. The results of the tests are intended for use in the formation of regional regulatory documents.

*Key words:* meteorological station, daily precipitation maximums, climatic parameters.

#### Введение

При проектировании новых объектов строительства и реконструкции существующих, обязательным является выполнение требований действующих нормативных документов. Одним из таких документов является Свод правил

«Строительная климатология» (СП СК). Содержащиеся в этом документе данные о климатических параметрах на территории Российской Федерации используются в проектных расчетах. Поэтому СП СК пересматриваются в Российской Федерации чаще других

<sup>1</sup>Наумов Владимир Аркадьевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры техносферной безопасности и природообустройства, тел. 8 (4012) 99 53 37; e-mail: [vladimir.naumov@kgtu.ru](mailto:vladimir.naumov@kgtu.ru);

<sup>2</sup>Великанов Николай Леонидович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой судостроения, судоремонта и морской техники, тел. 8 (4012) 564802; e-mail: [nikolaj.velikanov@kgtu.ru](mailto:nikolaj.velikanov@kgtu.ru);

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ и Правительства Калининградской области в рамках научного проекта № 22-27-20016.

нормативных документов этого уровня (см. [1-4]). Изучению различных проблем, связанных с определением и применением климатических характеристик из СП СК, посвящено значительное количество исследований и научных публикаций.

Большая часть таких публикаций посвящена проблемам энергосбережения [5, 6].

В [7, 8] проанализирована история становления строительной климатологии и указаны некоторые проблемы ее дальнейшего развития.

Меньше публикаций посвящено анализу и способам применения данных об осадках в СП СК. В этом направлении представляют интерес работы, выполненные под руководством профессора М.С. Мягкова [9, 10].

До 1966 года конструктивные потери в осадкомерных приборах не учитывались в текущих (архивных) данных об осадках. С 1 января 1966 года на всех метеостанциях и пунктах Росгидромета в текущие данные вносятся поправка на потери осадков из-за смачивания внутренней поверхности осадкоборного сосуда [11]. Остальные систематические погрешности, в том числе ветровые потери, могут быть учтены при последующей обработке [12, 13].

Климатология - это научное изучение климата. Строительная климатология - это научное изучение климата применительно к застроенной среде. Здания не существуют изолированно; они существуют в определенном географическом контексте. Архитектура как научная дисциплина стремится к тому, чтобы здание и контекстуальная географическая среда находились в единстве. [14].

Погода - это совокупность атмосферных условий относительно небольшой географической области за короткий промежуток времени. Климат, с другой стороны, представляет собой совокупность атмосферных условий, наблюдаемых на большой географической территории в течение длительного периода времени. Период этого наблюдения мог бы составлять 25-30 лет.

Существует пять основных климатических элементов, влияющих на окружающую среду застройки. Это температура, влажность, ветер, атмосферное давление и осадки.

Осадки являются продуктом быстрого процесса конденсации (если этот процесс происходит медленно, это приводит только к облачному небу). Это может быть снег, град, мокрый снег, морось и дождь.

Осадки можно использовать для различных строительных работ и коммерческих, промышленных целей, в тоже время, повреждение зданий водой в результате дождя может иметь

разрушительные последствия для зданий и может быстро привести к повреждению.

Во время сильных ливней легко заметить дефекты изготовления. Краски и другие отделочные материалы на поверхностях могут отслаиваться.

Поддержание крыши в надлежащем состоянии - это только часть защиты здания от повреждения водой. На парковках и других открытых площадках во время осадков может скапливаться большое количество сточной воды. Предполагается, что эти воды будут подаваться в дренажную систему. Однако это происходит не всегда. Опавшие листья, обломки и мусор могут засорять эти водостоки и приводить к тому, что вода собирается или направляется к зданию, а не от него. Кроме того, в местах, где грунт наклонен к зданию, вода будет стекать обратно к зданию во время дождей, вызывая протечки и повреждение.

Осадки могут принимать несколько различных форм. Дождь - это падающие капли жидкой воды диаметром 0,5 мм или больше. Морось - это падающие капли воды меньшего размера, чем дождь. Некоторые капли дождя - это облачные капли, которые выросли в результате слияния и упали. Однако большинство дождевых капель, которые падают в средних и более высоких широтах, начинаются как снежинки или граупель. Падая, они попадают в более теплые слои воздуха и тают, образуя дождевые капли. Если падающий дождь испаряется, не достигнув земли, он образует на небе полосы, называемые виргой. В холодном зимнем воздухе падающие снежинки и граупель могут достигать земли, не тая, и накапливаться в виде снега. Если дождь попадает в глубокий, подмерзающий слой воздуха вблизи земли, часть осадков может замерзнуть в виде крошечных ледяных гранул, называемых мокрым снегом. Когда дождь попадает в неглубокий, подмерзающий слой воздуха вблизи земли, он может оставаться в виде переохлажденной жидкости и замерзает при ударе о холодную поверхность, образуя ледяной дождь. Ледяной дождь может покрыть все вокруг блестящим льдом, вес которого может сломать ветви деревьев и оборвать линии электропередач.

Град - самая крупная форма осадков, размер которых варьируется от горошины до мячей для гольфа и более. Град образуется по мере того, как граупель увеличивается в размерах, сталкиваясь с каплями переохлажденной жидкости и приликая к ним, и все это во время грозы подвешивается в сильных восходящих потоках. Когда частицы льда становятся доста-

точно крупными и тяжелыми, чтобы преодолеть восходящие потоки, они начинают падать в виде града. Ущерб от града ежегодно в мире довольно значителен [14].

Результаты анализа данных многолетних измерений климатических параметров в Москве и Санкт-Петербурге представлены в работе [15]. Имеются данные об изменении этих параметров в течение года за последние 10 лет. Тенденции были определены для следующих параметров: температура наружного воздуха, солнечный свет, глубина снега, скорость ветра, влажность и т.д. Учитывается продолжительность отопительных периодов для каждого изучаемого года и города, а также переходы через  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение этих периодов. В ходе исследования было определено влияние климатических изменений на параметры строительной климатологии, которые используются при проектировании зданий и сооружений в России. Полученная климатическая информация позволит прогнозировать энергоэффективность эксплуатации различных инженерных систем в строительном секторе, а также на долгосрочную перспективу [15].

### Материалы и методы

Во всех нормативных документах и утвержденных рекомендациях суточный максимум осадков (СМО) определяется в каждом году

из массива наблюдений за метеорологические (календарные) сутки. Однако в [12] было показано, что такой подход может привести к заметному занижению значений СМО. Например, в своде правил [4] по метеорологической станции (МС) Калининград приводится наибольшее значение СМО – 118 мм. Он был зафиксирован 10.08.2005. Тогда как за 24 часа с 18-00 (здесь и далее сроки наблюдений приводятся по Гринвичу) 09.08.2005 в Калининграде выпало осадков 138,5 мм.

Во всех ранее утвержденных версиях СП СК приведены климатические параметры, измеренные только на одной МС Калининградской области (КО) – город Калининград. Эти параметры приведены в табл. 1.

Сформулируем выявленные проблемы, связанные с осадками в СП СК:

1. В СП по многим регионам, в том числе и КО, имеются данные только по одной МС, тогда как на региональных МС гораздо больше. Так на территории КО действуют 7 МС, фиксирующие заметные различия атмосферных осадков.

2. СМО фиксируется для календарных (метеорологических) суток. Тогда как за 24 часа наблюдений он может быть заметно больше.

3. В СП приведены данные по осадкам с учетом потерь только из-за смачивания внутренней поверхности осадкомера, ветровые и прочие потери не учитываются.

Таблица 1 – Данные об осадках в городе Калининграде в своде правил «Строительная климатология»

Год утверждения	Сумма осадков за период, мм		Суточный максимум осадков, мм	Период наблюдений
	апрель-октябрь	ноябрь-март		
1999	508	280	110	1966-1980
2012	493	306	118	1966-2010
2018	493	306	118	1966-2015
2020	500	315	118	1966-2018

Цель работы – предложить пути решения названных проблем на примере МС КО.

Массив данных [13] «8-срочные наблюдения на станциях» содержит метеорологические элементы по большому количеству МС России.

Наземная наблюдательная сеть Калининградского ЦГМС состоит из 7 МС. В базе [13] есть данные по четырем станциям (Калининград, Советск, Балтийск, Железнодорожный). По этим же станциям в [13] приведены результаты корректировки месячных осадков с учетом всех поправок, включая ветровые. Эти данные позволили рассчитать и сравнить суммы сезонных осадков с учетом и без учета ветровых потерь (см. рис. 1-4).

По рис. 1-4 видно, что увеличение сумм

осадков при корректировке МС Балтийск заметно больше, чем МС Калининград. Это связано с сильными ветрами на побережье Балтийского моря. Кроме того, в холодное время года происходит усиление ветра. Потому в Балтийске средняя корректировка сумм осадков за ноябрь-март составила 19,1%, а за апрель-октябрь – только 7,2%. Цифры за указанные периоды МС Калининград (6,2 и 2,3%) заметно меньше, чем МС Балтийск, главным образом, из-за меньшей силы (скорости) ветра.

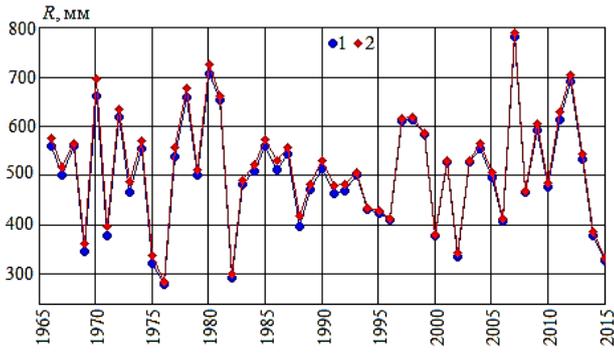


Рисунок 1 – Суммы годовых осадков МС Калининград за теплый период (апрель-октябрь): 1 – данные из архива, 2 – с полной корректировкой

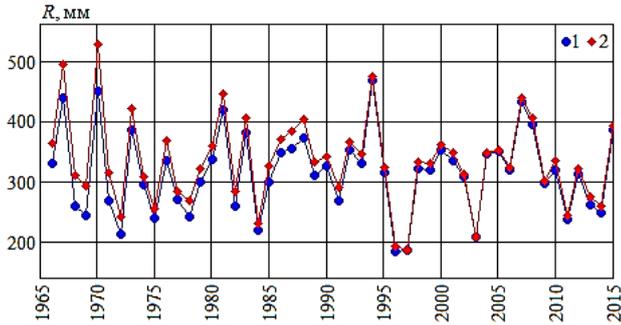


Рисунок 2 – Суммы годовых осадков МС Калининград за холодный период (ноябрь-март): 1 – данные из архива, 2 – с полной корректировкой

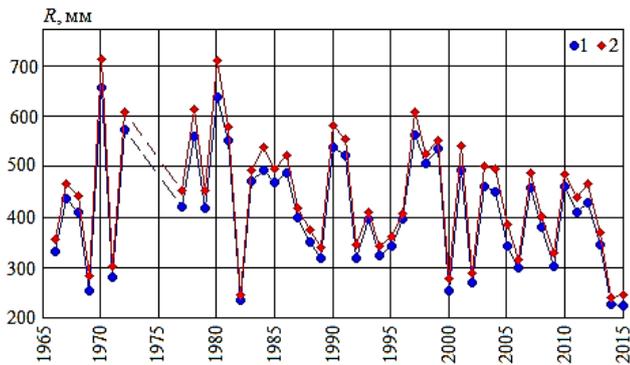


Рисунок 3 – Суммы годовых осадков МС Балтийск за теплый период (апрель-октябрь): 1 – данные из архива, 2 – с полной корректировкой

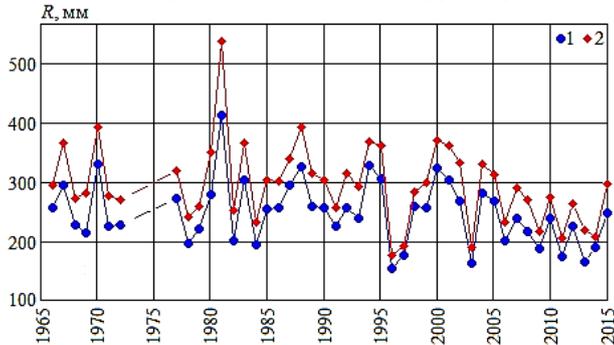


Рисунок 4 – Суммы годовых осадков МС Балтийск за холодный период (ноябрь-март): 1 – данные из архива, 2 – с полной корректировкой

**Результаты исследования.**

С помощью компьютерной программы, предложенной в [12], была выполнена обработка массивов 8-срочных осадков (суммы за каждые 3 часа) [13] МС КО. На рис. 5-7 показано сравнение сумм максимальных за год осадков, рассчитанных по метеорологическим суткам и по результатам 8-срочных наблюдений.

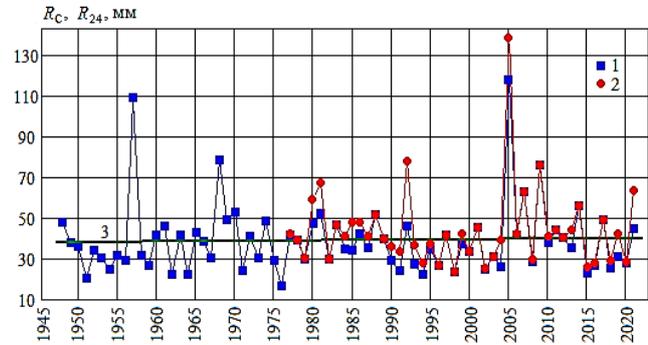


Рисунок 5 – Суточный максимум осадков МС Калининград: 1 – за метеорологические сутки  $R_C$ , 2 – 24-часовые  $R_{24}$ , 3 – линейный тренд  $R_C$

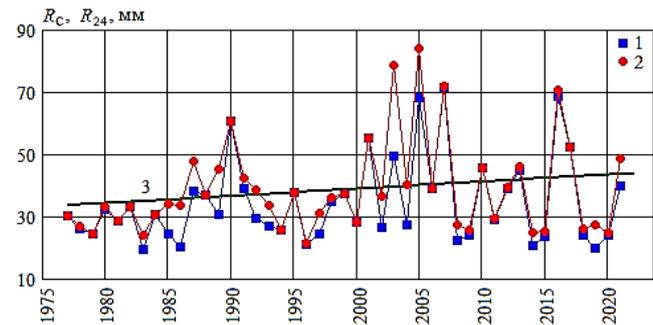


Рисунок 6 – Суточный максимум осадков МС Советск: 1 – за метеорологические сутки  $R_C$ , 2 – 24-часовые  $R_{24}$ , 3 – линейный тренд  $R_{24}$

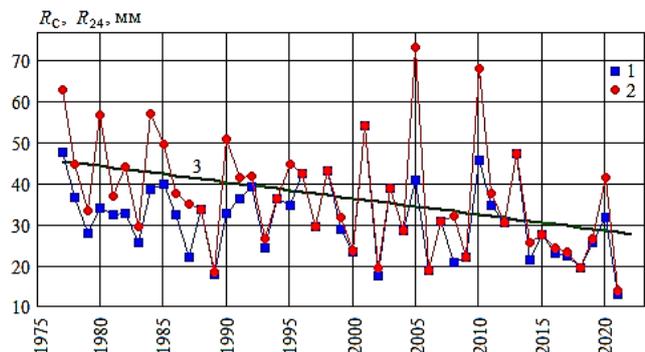


Рисунок 7 – Суточный максимум осадков МС Балтийск: 1 – за метеорологические сутки  $R_C$ , 2 – за 24-часовые  $R_{24}$ , 3 – линейный тренд  $R_{24}$

Результаты расчетов, выполненные в данной статье, сведены в табл. 2.

Таблица 2 – Данные об осадках МС Калининградской области (1966-2015) с учетом корректировки

Метеостанция	Сумма осадков за период, мм		Суточный максимум осадков, мм	Годы наблюдений
	апрель-октябрь	ноябрь-март		
Калининград	513,8	334,0	138,5	1966-2015
Советск	481,5	288,8	84,3	1966-1972, 1977-2015
Балтийск	441,8	294,8	73,3	1966-1972, 1977-2015
Железнодорожный	456,3	255,4	82,4	1966-1970, 1977-2015

### Заключение

Таким образом, предложено решение основных проблем, связанных с определением параметров атмосферных осадков в СП СК:

1. Расширено количество населенных пунктов, в которых определены параметры атмосферных осадков.

2. Выполнена корректировка средних многолетних сумм за теплый и холодный период года с учетом всех поправок измерений осадкомеров, в частности – ветровой.

3. Произведен расчет максимальных суточных осадков по результатам 8-срочных наблюдений, которые оказались заметно больше значений, определяемых по метеорологическим суткам.

Результаты исследований, изложенных в данной статье, могут быть использованы при формировании региональных нормативных документов.

### Литература

1. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. Издание официальное. Москва: ФГУА ЦПП, 2006. 71 с.
2. Свод правил СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Издание официальное. Москва: ФАУ ФЦС, 2015. 120 с.
3. Свод правил СП 131.13330.2018. Строительная климатология. Издание официальное. Москва: Стандартинформ, 2019. 110 с.
4. Свод правил СП 131.13330.2020. Строительная климатология. Издание официальное. Москва: Стандартинформ, 2020. 150 с.
5. Горшков А.С., Рымкевич П.П., Романова А.А. Влияние климата на энергопотребление зданий. Мониторинг данных СП «Строительная климатология» // Энергосбережение. 2017. № 3. С. 16-21.
6. Горшков А.С. Обзор данных Свода правил «Строительная климатология» // Инженерные системы.

АВОК - Северо-Запад. 2017. № 5 [Электронный ресурс]. URL: <https://isguru.ru/wp-content/uploads/2017/05/статья-Горшкова-на-верстку.pdf> (дата обращения: 01.05.2023).

7. Волкова Н.Г. Целесообразность разработки федерального закона о применении климатических нормативов в строительстве // Строительные материалы. 2017. № 6. С. 4–6.

8. Волкова Н.Г. О разработке климатических нормативов в строительстве // Academia. Архитектура и строительство. 2018. № 4. С. 123-129.

9. Мягков М.С., Алексеева Л.И. Архитектурная климатография. Москва: «Инфра-М», 2016. 356 с.

10. Мягков М.С. Климатический анализ в архитектурном проектировании. Москва: Изд-во МАРХИ, 2016. 118 с.

11. Новая модель корректировки измеренных осадков и её применение в полярных районах России / Э. Г. Богданова, В.С. Голубев, Б.М. Ильин, И.В. Драгомилова // Метеорология и гидрология. 2002. № 10. С.68-93.

12. Наумов В.А. Использование специализированных массивов данных для климатических исследований // Вестник научно-методического совета по природообустройству и водопользованию. 2020. № 18. С. 52-59.

13. ФГБУ ВНИИ гидрометеорологической информации. Специализированные массивы данных для климатических исследований [Электронный ресурс]. Режим доступа – по паролю: <http://aisorig.meteo.ru/waisorig/index.xhtml> (дата обращения: 03.03.2023).

14. Introduction to building climatology. August 05, 2016 [Электронный ресурс]. Режим доступа – по паролю: <http://architectureeducatorsk.blogspot.com/2016/08/introduction-to-building-climatology.html> (дата обращения: 05.05.2023).

15. Vasilyev G., Gornov V., Konstantinov P., Kolesova M., Dmitriev A. The impact of climate change on the building climatology parameters used for designing the buildings and constructions in Russia. - E3S Web of Conferences 164, 05001 (2020) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016405001/>.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ВНЕДРЕНИЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ICV В ТРАНСПОРТНУЮ СИСТЕМУ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИЙ

Р.Н. Сафиуллин<sup>1</sup>, Т. Хаотьянь<sup>2</sup>, Р.Р. Сафиуллин<sup>3</sup>

*Санкт-Петербургский горный университет,  
Россия, 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия д.2*

В данном исследовании рассмотрены современные интеллектуальные технологии ICV, связанные с развитием подключенной интеллектуальной транспортной системой, проанализированы их понятия, взаимосвязи и взаимодействия между компонентами и разработаны модели для их описания на основе принципов информационного взаимодействия. Уделяется внимание уровням разработки и внедрения двух измерений "интеллект транспортных средств" и "интеллект транспортной инфраструктуры", проводится разделение уровней и подробно описываются их характеристики развития. Предложенные модели и показатели могут стать руководством для внедрения технологий подключенной интеллектуальной транспортной системы.

*Ключевые слова:* подключенная интеллектуальная транспортная система, интеллектуальные и подключенные транспортные средства, модели, интеллект транспортных средств, интеллект транспортной инфраструктуры, показатели оценки.

### RESULTS OF RESEARCH ON THE IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT TECHNOLOGIES ICV IN THE TRANSPORT SYSTEM OF URBAN AGGLOMERATIONS

R.N. Safiullin, T. Haotian, R.R. Safiullin

This study reviews current intelligent technology ICV related to the development of a connected intelligent transportation system, analyzes their concepts, relationships and interactions between components, and develops models to describe them based on the principles of information interaction. Attention is paid to the levels of development and implementation of the two dimensions "intelligence of vehicles" and "intelligence of transport infrastructure", a division of levels is made and their development characteristics are described in detail. The proposed models and indicators can be a guide for the implementation of connected intelligent transport system technologies.

*Keywords:* connected intelligent transport system, intelligent and connected vehicles, models, intelligence of vehicles, intelligence of transport infrastructure, evaluation indicators.

#### Введение

Интеллектуальная транспортная система является важным техническим средством для снижения загруженности дорог, повышения безопасности движения и уменьшения загрязнения окружающей среды [1]. Тенденция внедрения ИТС отражена во многих нормативных документах, как в международных, так и в нормативных документах Российской Федерации и Китая. В последние годы быстрое развитие таких технологий, как искусственный интеллект, большие данные и 5G, продвинуло область транспортных систем вперед, и развитие транспортных систем постепенно перешло от ИТС к подключенной интеллектуальной транспортной

системе (ПИТС) с интеллектуальным и подключенным транспортным средством (intelligent & connected vehicle, ICV) в качестве основной характеристики.

ICV – это новое поколение интеллектуальных транспортных средств, оснащенных современными бортовыми датчиками, контроллерами, исполнительными механизмами и другими устройствами и высокоавтоматизированных с помощью современных коммуникационных и сетевых технологий. Внедрение ICV открывает возможность более безопасных, эффективных и комфортных, энергосберегающих и экологически чистых транспортировки пассажиров и грузов в повседневной жизни и промышленном производстве [2].

<sup>1</sup>Сафиуллин Равиль Нуруллович – доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических процессов и машин, тел: +7 911 198-95-66, e-mail: safravi@mail.ru;

<sup>2</sup>Тянь Хаотьянь – аспирант кафедры транспортно-технологических процессов и машин, тел: +7 999 234-49-40; e-mail: tianhaotian1996@gmail.com;

<sup>3</sup>Сафиуллин Руслан Равиллович – кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических процессов и машин, тел: +7 911 240-88-51, e-mail: safiyllin@yandex.ru.

США, Европейский Союз и Япония на ранних этапах начали создавать системы взаимодействия транспортных средств и дорог на основе специальных стандартов технологии связи ближнего радиуса действия (Dedicated short range communication, DSRC), такие как проекты Advanced Transportation and Highway Partnership и Vehicle Infrastructure Integration Project в США, European Regional Project и C-Roads Project в Европейском Союзе, Smartway Project в Японии и т.д. Среди них основное внимание уделяется "автомобиль-автомобиль" и "автомобиль-дорога", то есть V2V и V2I. С другой стороны, в Китае благодаря поддержке политики, интеллектуальная транспортная индустрия быстро развивается, а создание инновационных ICV и систем взаимодействия транспортных средств и дорог на основе стандарта технологии C-V2X (Cellular Vehicle-to-everything) поднялось на национальный стратегический уровень. C-V2X - это технический стандарт на основе сотовой автомобильной сети общего пользования под руководством Китая для связи V2X, который имеет преимущества перед DSRC с точки зрения архитектуры сети, технических характеристик, технического контроля и последующего развития. В конце 2018 года Министерство промышленности и информационных технологий Китая официально обозначило диапазон 5,905-5,925 ГГц как выделенный частотный диапазон для индустриализации интеллектуальных подключенных транспортных средств и поддержало эволюцию к стандартам 5G [3].

Учитывая пространственные характеристики России, создание отечественной интеллектуальной транспортной системы и развитие автомобильного транспорта без водителя (общественного, коммерческого и публичного) являются наиболее важными направлениями развития цифровой экономики в Российской Федерации. Китай и Россия придают большое значение цифровой трансформации и сотрудничеству в области энергетики [4], промышленности, сельского хозяйства, финансовых услуг, экологии, общества, образования и, конечно, транспорта. Следуя принципу интероперабельности, для обеспечения бесшовного трансграничного движения беспилотных транспортных средств и высокоавтоматизированные транспортные средства (ВАТС), создаваемые ИТС различного уровня должны функционировать по единому регламенту и использовать одинаковые технологии. Эффективная интеграция этих передовых технологий V2X необходима для решения важнейших вопросов, связанных с повышением безопасности дорожного движения, оптимизацией

маршрутов движения транспортных средств, повышением качества транспортных услуг (национальных, международных) и усилением взаимодействия между государственными органами управления дорожным движением, такими как ГИБДД и Ространснадзор, и водителями транспортных средств. Однако, отсутствие стандартизированных требований к аппаратуре и автоматизированным системам, используемым для управления движением транспортных средств, привело к отсутствию ясности в отношении их развития. С появлением нового оборудования и передовых технологий, таких как 5G и V2X, создание технических стандартов для ICV и ВАТС становится все более важным [5-7].

Исследование технологии и применения ПИТС показало, что текущие исследования в данной области сосредоточены на обзоре технологических достижений в области интеллектуального транспорта и микроуровневом анализе конкретной проблемы, но существует недостаток анализа и описания взаимодействий и связей между компонентами ПИТС. Кроме того, в России наблюдается недостаток исследований в этой области, а также отсутствие стандартизированных документов, определенных на национальном уровне, и нечеткие определения терминов, связанных с ПИТС и ICV. Для ускорения развития автономного вождения и повышения уровня интеллекта городских транспортных систем актуальным является исследование внедрения передовых интеллектуальных технологий ICV в транспортные системы.

### Материал метод и результат

Развитие интеллектуальных транспортных систем состоит из трех этапов: первый этап - динамическое зондирование, т.е. достижение доступа в реальном времени к информации о дорожном движении, охватывающей всю дорожную сеть, и создание платформы больших данных динамического зондирования; второй этап - активное управление, т.е. предоставление услуг динамического управления, таких как активное планирование, активное управление движением, активное командование и диспетчеризация, а также активные общественные услуги; третий этап - интеллектуальное подключение к сети (облоко), т.е. ПИТС реализация подключенных транспортных средства, сотрудничества между транспортным средством и дорожным объектами и автоматического вождения.

ПИТС использует радар, видео и другие передовые транспортные средства и дорожное сенсорное оборудование для определения дорожной обстановки в реальном времени с высо-

кой точностью, и реализует связь, обмен информацией и выполнение команд управления между транспортными средствами и транспортными средствами, транспортными средствами и людьми, транспортными средствами и дорожными объектами в соответствии с согласованными протоколами связи и стандартами взаимодействия данных, в конечном итоге формируя интегрированную интеллектуальную сетевую систему с функциями интеллектуального управления и контроля дорожного движения, интеллектуальных динамических информационных услуги и автоматических вождений.

Терминология и стандарты определений используются для унификации основных понятий, связанных с ICV, и для создания основы для координации и совместимости между различными отраслями промышленности, а также для поддержки разработки стандартов для различных других компонентов. ICV - это общий термин для обозначения транспортного средства, которое использует бортовые датчики, контроллеры, исполнительные механизмы, коммуникационные устройства и т.д. для достижения таких функций, как осознание окружающей среды, интеллектуальное принятие решений и/или автоматическое управление, совместное управление, информационное взаимодействие и т.д. ICV – это транспортные средства, которые удовлетворяют как "интеллектуальным", так и "подключенным" способностям [8]. Такие функции, как осведомленность об окружающей среде, интеллектуальное принятие решений, автоматическое управление и совместное управление, обычно называют интеллектуальными функциями, причем функции совместного управления обычно требуют поддержки со стороны функции подключения. Транспортное средство с интеллектуальными функциями называется "интеллектуальным транспортным средством". Функция транспортных средств, использующее коммуникационные технологии для реализации функции взаимодействия с информацией из внешнего мира, называется подключенной функцией, "внешний мир" означает вне сферы действия самого транспортного средства, например, носимое оборудование и т.д. относится к категории "внешний мир". Connected cars или «подключенные транспортные средства» – это транспортные средства, которые могут выходить в Интернет, взаимодействовать с интеллектуальными устройствами и другими транспортными средствами и дорожной инфраструктурой, а также собирать данные в режиме реального времени из различных источников.



Рисунок 1 – Концепция технологий ICV

ПИТС состоит из четырех модулей: интеллектуальные мобильные терминалы (пешеходы) «Р», ICV (транспортные средства) «V», интеллектуальные подключенные дороги (дороги) «R» и средства управления движением (управление) «С». Связь между модулями можно разделить на "восприятие" и "подключение". "восприятие" означает получение информации о состоянии соответствующей цели с помощью датчиков, радаров и других устройств, а "подключение" означает установление связи через единый стандартный протокол связи и обмен информацией. Хотя пешеходы не всегда имеют при себе интеллектуальные мобильные терминалы и уполномочены определять их местонахождение, другие модули могут получить доступ к информации о пешеходах через свои сенсорные устройства. Аналогично, модули в рамках ПИТС могут быть широко прочувствованы и связаны через сенсорные и коммуникационные устройства. Взаимосвязь между модулями ПИТС показана на рисунке 2.

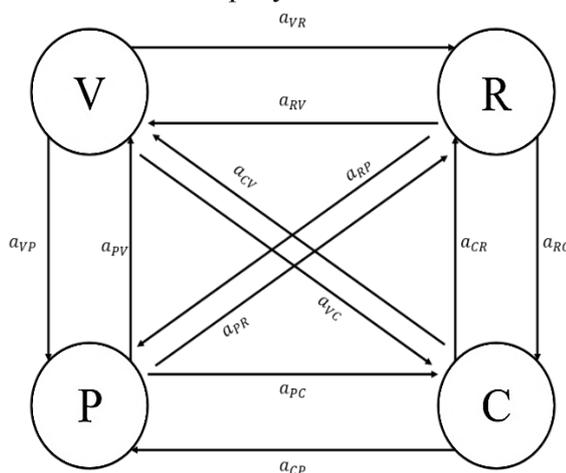


Рисунок 2 – Взаимосвязь между модулями ПИТС

При поддержке сети LTE/5G-V2X, интеграции интеллектуальных транспортных средств, дорог, придорожных объектов и платформ с технологией V2X, распределенного развертывания некоторых сенсорных, вычислительных и сервисных функций среди транспортных средств, дорог и облаков, и необходимости

изучения глубокой интеграции и системной реконфигурации транспортных средств, дорог, придорожных объектов и облаков. В результате исследования была разработана логическая структура ПИТС.

В отличие от традиционных ИТС, полная интеграция интеллектуальных транспортных средств, дорог, придорожных объектов и платформ с сетями C-V2X приведет к развитию ПИТС конвергенции транспортного средства-дороги-облака с логической структурой, подобной той, что показана на рисунке 3. Интеллектуальная транспортная система в рамках новой архитектуры включает в себя ICV, интеллектуальные подключенные дороги (ИПД), интеллектуальную подключенную инфраструктуру (ИПИ) и интеллектуальные подключенные облака (ИПО) в сети V2X, соединяя транспортные средства, дороги и облака (платформа граничных вычислений/облако регионального центра обработки данных/платформа контроля дорожной

полиции ГИБДД/платформа производителя автомобилей/платформа третьей стороны), интегрируя транспортные средства, дороги, обочины, облака, транспортные средства к сети и платформы третьих сторон и т.д. для достижения интегрированного зондирования, принятия решений и контроля, картирования, безопасности и прикладных услуг транспортных средств, дорог и облаков. Интеграция транспортных средств, дорог, обочин, облаков, транспортных средств в сеть и сторонних платформ и других данных, услуг, пользователей и других ресурсов для достижения интеграции зондирования, принятия решений и контроля, картирования, безопасности и прикладных услуг транспортных средств, дорог и облаков, что также является основным содержанием интеграции автомобильной промышленности и развития технологии V2X.

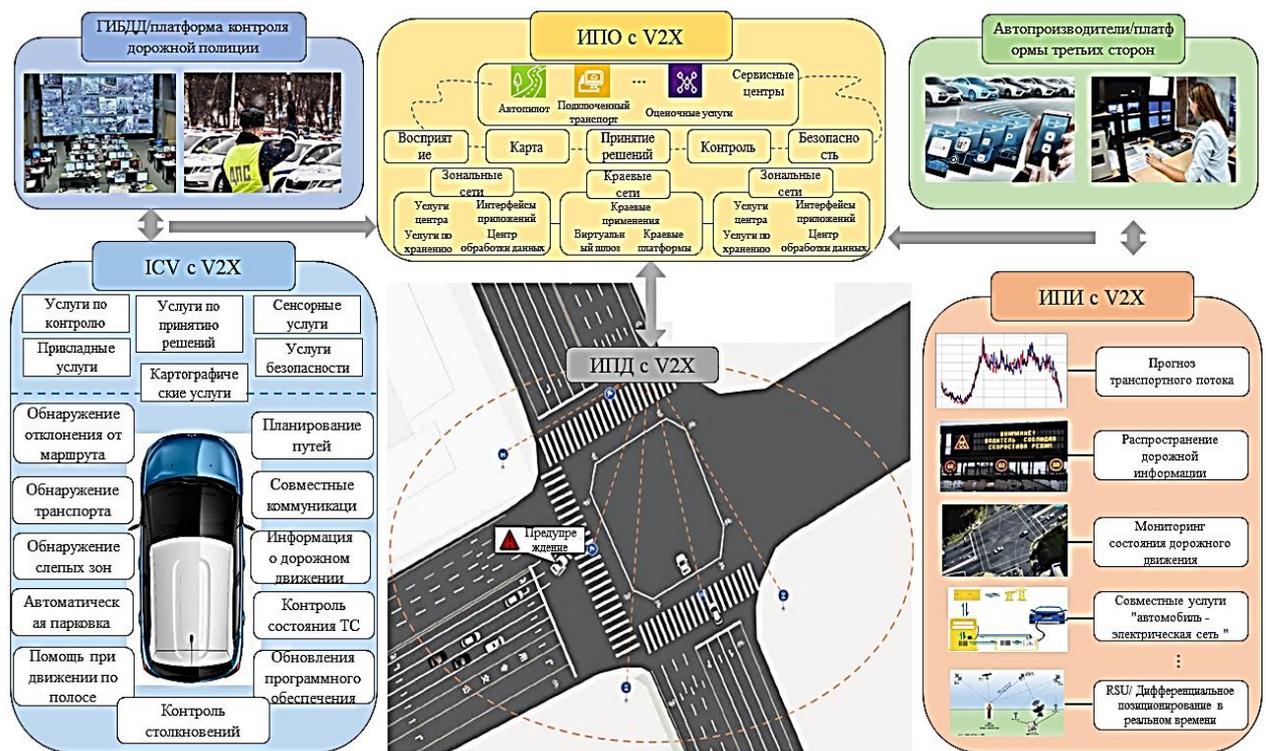


Рисунок 3 – Логическая структура ПИТС

Интеллект транспортных средств и интеллект транспортной инфраструктуры (дороги) – два наиболее приоритетных аспекта для разработки приложений ПИТС. В связи с этим международные и национальные автомобильные и дорожные инженерные общества разработали стандарты для классификации уровней автоматизации транспортных средств и интеллекта дорог или инфраструктуры.

**1. Интеллект транспортных средств**  
Классификация уровня автоматизации системы вождения обеспечивает руководство для разработки технологии автономных транспортных средств высокого уровня. SAE J3016, определенный Американским сообществом автомобильных инженеров (Society of Automotive Engineers, SAE), является наиболее влиятельным и широко используемым международным

стандартом классификации автономного вождения. С момента публикации в 2014 году стандарт обновлялся три раза: в 2016, 2018 и 2021 годах. Принципы классификации уровней автоматизации вождения транспортных средств основаны на степени, в которой система автоматизации вождения может выполнять динамические задачи вождения, назначение задач и ролей для пользователей (водитель) и систем вождения, а также наличие или отсутствие ограничений области функционирования. В целом, автомобили можно разделить на шесть уровней автоматизации

от высокого до низкого (L0-L5), в следующем порядке: полное отсутствие автоматизации, помощь в вождении, частичная автоматизация, условная автоматизация, высокая автоматизация и полная автоматизация. Определения и подробные описания каждого класса можно найти в стандарте [9]. «Подключение» является главной особенностью технологий ICV. В соответствии с содержанием отчета [10], уровни подключенности транспортных средств классифицируются следующим образом (таб.1).

Таблица 1 – Классификация уровня подключенности ICV

Уровень подключенности	Описание	Контролирующая сторона	Тип информации	Требования к передаче данных
1.Вспомогательное	Основанная на связи V2V и V2I, позволяет получать вспомогательную информацию, такую как навигация, и загружать данные о движении автомобиля и данные о поведении водителя.	Человек	Карты, транспортный поток, расход топлива, пробег, привычки вождения и т.д.	Низкие требования к реальному времени и надежности
2.Всестороннее восприятие	На основе V2V, V2I и других коммуникаций V2X он обменивается информацией о восприятии транспортного средства и получает в режиме реального времени информацию об окружающей транспортное средство дорожной обстановке в качестве входных данных для системы принятия решений и управления транспортным средством.	Человек и системы	Местоположение и скорость окружающих транспортных средств и пешеходов, фазировка сигналов, дорожные предупреждения и т.д.	Высокие требования к реальному времени и надежности
3.Совместное принятие решений и контроль	Основываясь на V2V, V2I и других коммуникациях V2X, в условиях гарантированной информационной безопасности, позволяет получать информацию о дорожной среде вокруг транспортного средства и информацию о принятии решений транспортным средством в режиме реального времени, а также объединять информацию между транспортными средствами и транспортными средствами, транспортными средствами и дорогами и другими участниками дорожного движения для достижения совместного принятия решений и управления.	Человек и системы	Идентичная информация управления между транспортным средством и автомобилем, транспортным средством и дорогой, транспортным средством и инфраструктурой, транспортным средством и пешеходом, транспортным средством и облачной платформой	Самые высокие требования к реальному времени и надежности

## 2. Интеллект транспортной инфраструктуры

Сегодня в каждой стране существует относительно четкая классификация уровней автоматизации транспортных средств, но классификация интеллекта дорог и инфраструктуры неясна. На основе отчета [11] объясняется классификация интеллектуальных подключенных дорожных систем.

I0 (традиционный) – это традиционный способ управления дорожной информацией, т.е. отсутствует информационное взаимодействие между дорожной инфраструктурой и системами отдельных транспортных средств. Главная особенность заключается в том, что дорожная инфраструктура не имеет функций обнаружения и зондирования, а водитель контролирует транспортное средство на протяжении всего процесса движения и разрешения особых ситуаций.

I1 (менее интеллектуальный) - это все еще традиционный способ управления дорожной информацией. Основные характеристики: дорожная система может собирать цифровые статические данные инфраструктуры движения, обновлять и хранить их, оборудование для зондирования инфраструктуры движения может получать динамические данные, такие как транспортные средства и окружающая среда в непрерывном пространстве в реальном времени, автоматически обрабатывать неструктурированные данные и объединять с историческими данными для достижения краткосрочного, микроскопического прогнозирования движения транспортных средств; различные типы данных не могут быть эффективно объединены друг с другом, и временная задержка сбора, обработки и передачи информации очевидна. Информация о зондировании дорожной инфраструктуры и результаты прогнозирования могут предоставляться транспортным средствам в режиме реального времени, помогая транспортным средствам управлять автомобилем автоматически, например, предоставляя информационные услуги и услуги активного управления движением; дорожная инфраструктура осуществляет одностороннюю передачу информации системам транспортных средств.

I2 (первичный интеллект) - это транспортная инфраструктура со сложными возможностями зондирования и глубокого прогнозирования, которая может поддерживать автоматизированную помощь при вождении и управление дорожным движением в более высоких пространственных и временных разрешениях посредством информационного взаимодействия с системами транспортных средств (включая

I2X). В дополнение к функциям, предусмотренным в I1, он позволяет осуществлять непрерывный мониторинг и обновление статических данных, таких как базовая реализация в пространстве и времени; более высокую точность обнаружения и зондирования динамических неструктурированных данных, таких как транспортные средства и окружающая среда; высокую степень объединения данных и низкие временные задержки при сборе, обработке и передаче информации; поддержку обмена некоторыми данными в режиме реального времени между транспортными средствами и между транспортными средствами и инфраструктурой, обеспечивая глубокий анализ и долгосрочное прогнозирование. Захват и управление самодвижущимися автомобилями может быть осуществлен в ограниченных сценариях, что позволяет автоматизировать вождение и оптимизировать принятие решений для ограниченных сценариев. Ограничения заключаются в следующем: при возникновении особых ситуаций водитель должен взять на себя управление самодвижущимся автомобилем; глобальная оптимизация на уровне системы невозможна; в основном реализуется помощь при вождении, а автоматизированное вождение должно быть выполнено в ограниченных сценариях.

I3 (высший интеллект) может предоставлять динамическую информацию и команды управления окружающими автомобилями отдельным автономным автомобилям (уровень автоматизации >2 и выше) в течение миллисекунд, обеспечивая условно автоматизированное вождение на основных дорогах, включая выделенные полосы. Основными особенностями являются: высокая степень сетевой и условной интеллектуальности дорожной инфраструктуры; частичная автоматизация отдельных автономных транспортных средств на дорогах, покрытых дорожной инфраструктурой; поперечное и продольное управление автономными транспортными средствами системой дорожной инфраструктуры; работа в ограниченных сценариях на основных дорогах, включая выделенные полосы и т.д.; особые ситуации, требующие участия водителя.

I4 (высокоинтеллектуальный) Дорожная инфраструктура предоставляет подробные инструкции по вождению для автономных транспортных средств (уровень автоматизации >2), позволяя высокоавтоматизированное вождение в определенных сценариях/областях (например, в заранее определенных пространственно-временных зонах). В исключительных случаях система дорожной инфраструктуры берет управ-

ление на себя, не требуя участия водителя. Основные характеристики: высокая степень информативности и интеллектуальности; способность предоставлять динамическую информацию об окружающих транспортных средствах и инструкции по продольному и поперечному управлению для отдельных автономных транспортных средств; способность управлять автономными транспортными средствами (уровень автоматизации 2 или выше) как по горизонтали, так и по вертикали; способность центров управления дорожным движением оптимизировать развертывание покрытых транспортных средств для достижения глобальной оптимизации; высокая степень автоматизированного вождения в сценариях смешанного движения в определенных сценариях/районах. В особых ситуациях система дорожной инфраструктуры берет управление на себя без участия водителя. Однако он все еще ограничен закрытыми зонами, такими как испытательные полигоны и парки, автоматизированные автостоянки; автомагистрали, городские скоростные дороги; некоторые городские магистральные сети и выделенные автобусные маршруты.

И5 (полностью интеллектуальный) обеспечивает транспортную инфраструктуру, которая может вместить все отдельные автономные транспортные средства (уровень автоматизации более 2 и выше) для полного ощущения, прогнозирования, принятия решений, управления и связи во всех сценариях, а также оптимизировать развертывание всей сети транспортной инфраструктуры для достижения полностью автономного вождения. Подсистемы, необходимые для полностью автономного вождения, не требуют наличия резервной системы в автономном автомобиле. Предусмотрены все функции активной безопасности. Исключительные ситуации контролируются системой дорожной инфраструктуры без участия водителя.

В процесс исследования установлен основной показатель оценки уровня внедрения ПИТС в городских агломерациях: IQ - уровень интеллекта транспортной системы - суммирование технических и функциональных возможностей, обеспечивающих непрерывное развитие четырех измерений транспортной системы: "интеллект транспортных средств", "интеллект транспортной инфраструктуры и дороги", "системная интеграция" и "сетевая взаимосвязь". Для оценки уровня внедрения подключенных кооперативных интеллектуальных транспортных систем в городских агломерациях, причинно-следственная связь между уровнем интеллекта транспортной системы и уровнями тех-

нических развития каждого измерений моделируется следующим соотношением :

$$IQ = f[V, I, S, C],$$

где IQ – критерий оценки уровня внедрения ПИТС в городских агломерациях, который должен иметь максимальное значение ( $W \rightarrow \max$ );

V – уровень развития интеллекта транспортных средств;

I – уровень развития интеллекта транспортной инфраструктуры;

S – уровень развития системной интеграции;

C – уровень развития сетевой взаимосвязи.

Создание и внедрение ПИТС требует синергетического развития всех аспектов. Текущий уровень развития интеллекта транспортных средств и интеллекта транспортной инфраструктуры неравномерен, а степень подключенности между транспортными средствами и транспортной инфраструктурой далека от достаточной. В нашем исследовании только два измерения, уровень автоматизации транспортного средства и уровень интеллекта дороги, рассматриваются с точки зрения их влияния на уровень интеллекта ПИТС. В этом случае уровень интеллекта ПИТС можно выразить в виде бинарной функции  $IQ = F(v, i)$  с уровнем интеллекта транспортного средства и уровнем интеллекта дороги в качестве зависимых переменных. Предположим, что уровень интеллекта транспортного средства на определенном этапе равен  $v$ , а уровень интеллекта дороги -  $i$ , через период времени  $t$ , когда наступит момент времени  $T$ , уровень автоматизации транспортного средства и уровень интеллекта дороги транспортной системе изменились на различные степени  $\Delta v$  и  $\Delta i$  соответственно. Согласно разложению бинарной функции Тейлора, уровень интеллекта транспортной системы в момент времени  $T$  может быть выражен следующим уравнением:

$$IQ_T = f(v + \Delta v, i + \Delta i) = f(v, i) + \frac{1}{1!} [f'_v(v, i)\Delta v + f'_i(v, i)\Delta i] + \frac{1}{2!} [f''_{vv}(v, i)\Delta v^2 + 2f''_{vi}(v, i)\Delta v\Delta i + f''_{ii}(v, i)\Delta i^2] + \frac{1}{3!} [f'''_{vvv}(v + \theta\Delta v, i + \theta\Delta i)\Delta v^3 + 3f'''_{vvi}(v + \theta\Delta v, i + \theta\Delta i)\Delta v^2\Delta i + 3f'''_{vii}(v + \theta\Delta v, i + \theta\Delta i)\Delta v\Delta i^2 + f'''_{iii}(v + \theta\Delta v, i + \theta\Delta i)\Delta i^3], 0 < \theta < 1.$$

Коэффициент  $\theta$  выражает влияние внедрения новых автоматизированных технических средств контроля движением транспортных средств на интеллект транспортных средств и интеллект транспортной инфраструктуры в процессе развитии городской транспортной системы.

В случае ПИТС функциональная эффек-

тивность системы может быть оценена с помощью следующих 8 показателей, поскольку целью системы является достижение безопасной, эффективной, комфортной и точной мобильности:

- 1) Аварийность на дорогах
- 2) Тяжесть дорожно-транспортных происшествий (ущерб)
- 3) Пропускная способность дорожной сети, средняя скорость движения
- 4) Время в пути транспортного средства
- 5) Комфортность поездок
- 6) Объем перевозок (пассажиры, грузы)
- 7) Точность восприятия дорожного движения
- 8) Эффективность средств управления дорожным движением

Предполагается, что с развитием технологий все измерения ПИТС будут развиваться синергетически, степень подключения между модулями станет более тесной, а показатели, отражающие функциональную эффективность системы, будут улучшаться в той или иной степени.

На основе установленного коэффициента ( $\theta$ ), учитывающий влияние функционирования новых автоматизированных технических средств контроля движением транспортных средств на интеллект транспортных средств и интеллект транспортной инфраструктуры возможна оценка эффективности применения автоматизированных технических средств и оборудования в соответствии с целями задачи. Отказаться от устаревших технических средств и оборудования, не отвечающих потребностям развития транспортной системы, и постоянно внедрять современные передовые технические средства, такие как технология ICV, для обеспечения аппаратно-технического поддержки модернизации транспортной системы.

### Обсуждение

Ввиду неравномерного развития интеллекта транспортных средств и интеллекта дорог на данном этапе отсутствует "взаимосвязь" между транспортными средствами на дороге и транспортной инфраструктурой, кроме того, данные с различных платформ уровня предприятия и платформ государственного регулирования не связаны между собой. На национальном уровне необходимо содействовать созданию трехуровневой платформы для интеллектуальных подключенных автомобилей, включая национальную платформу базовых данных, платформу общественных услуг и платформу разработки приложений. Государство должно

взять на себя ведущую роль в создании и эксплуатации платформы базовых данных для интеллектуальных подключенных автомобилей, а также посредством стандартного взаимодействия данных соединиться с различными платформами уровня предприятия и платформами управления отраслью для достижения обмена данными, предоставления услуг базовых данных и повышения эффективности надзора за отраслью.

Развитие и внедрение современные интеллектуальные технология ICV и ПИТС требует стандартных форматов данных и протоколов для взаимодействия между транспортными средствами и транспортными средствами, транспортными средствами и дорогами, транспортными средствами и сетевыми платформами (облаками)[12-13]. Необходимо ускорить исследования для определения систем связи ICV и стандартов протоколов связи с учетом национальных особенностей(Россия и Китай), а также изучить и разработать стандарты, связанные с информационной безопасностью транспортных средств. В то же время следует ускорить внедрение спецификаций для тестирования ICV на открытых дорогах, а также эффективно управлять демонстрацией и тестированием ICV.

Глобализация стала важной особенностью развития автомобильной промышленности, а гармонизация и взаимное признание стандартов и правил дорожного движения транспортных средств позволит сократить инвестиции, сократить время цикла, ускорить итерацию продукта и взять инициативу в разработке на себя, что имеет большое значение для развития и внедрения интеллектуальных подключенных транспортных средств в Китае и России.

### Заключение

Благодаря постоянному совершенствованию технологий искусственного интеллекта, связи, восприятия и системной интеграции, современные интеллектуальные технология ICV и ПИТС предоставляют новые идеи и подходы к реализации для быстрого развития автономного вождения транспортных средств и решения проблем дорожного движения. Подключенный транспорт означает комплексную транспортную сеть, основанную на интеллектуальных транспортных средствах и интернет-технологиях, с основными участниками (люди, транспортные средства и дороги) в качестве узлов сети, предоставляющих интегрированные местные и удаленные информационные услуги с помощью технологии зондирования и объединения информации о дорожном движении из нескольких

источников, а также коммуникационных и вычислительных возможностей повсеместной сетевой платформы.

В работе сравниваются понятия, связанные с ПИТС, их определения и границы, определяются четыре важных модуля системы "транспортное средство-дорога-человек-управляющая платформа", и проектируется логическая структура ПИТС, которая отражает возможности системных функций и направление информационных потоков внутри системы. Уделяется внимание уровням разработки и внедрения двух измерений "интеллект транспортных средств" и "интеллект транспортной инфраструктуры", проводится разделение уровней и подробно описываются их характеристики на основе соответствующих стандартов и документов. Предложенные модели и показатели могут стать руководством для внедрения технологичных подключенных транспортных систем. Автоматизированные аппаратно-технические средства и оборудования являются важными компонентами, составляющими ИТС, и их эффективное внедрение и функционирование имеют большое значение для модернизации всех измерений ИТС. Оценка функциональной эффективности автоматизированные аппаратно-технические средств контроля движения транспортных средств является перспективным направлением исследований [14].

### Литература

1. Сафиуллин, Р. Н. Системы автоматизации и контроля движения на автомобильном транспорте / Р. Н. Сафиуллин, В. В. Резниченко, А. Ф. Калужный. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 516 с. – ISBN 978-5-8114-3655-2.
2. Li Ke-Qiang, Dai Yi-Fan, Li Sheng-Bo, Bian Ming-Yuan. State-of-the-art and technical trends of intelligent and connected vehicles. *Journal of Automotive Safety and Energy*, 2017, 8(1): 1–14. (in Chinese)
3. Chu, W., Wuniri, Q., Du, X., Xiong, Q., Huang, T., & Li, K. (2021). Cloud control system architectures, technologies and applications on intelligent and connected vehicles: A review. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 34(1), 139. <https://doi.org/10.1186/s10033-021-00638-4>
4. Чжан, Л. Трансформация китайских угольных компаний в соответствии с концепцией ESG-требований устойчивого развития / Л. Чжан, Т. В. Пономаренко, Х. Сюй // *Экономика Центральной Азии*. – 2022. – Т. 6, № 3. – С. 243-254. – DOI 10.18334/asia.6.3.115128.
5. О. М. Писарева, В. А. Алексеев, Д. Н. Медников, А. В. Стариковский. Развитие интеллектуальных транспортных систем в Российской Федерации: определение требований и организация создания полигонов тестирования информационной безопасности. *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*. – 2020. – Т. 13, № 5. – С. 7-23. – DOI 10.18721/JE.13501.
6. Melnikova, O., Nazarychev, A., & Suslov, K. (2022). Enhancement of the technique for calculation and assessment of the condition of major insulation of power transformers. *Energies*, 15(4), 1572. <https://doi.org/10.3390/en15041572>
7. Belikova, D. D., & Safiullin, R. N. (2022). The design and evaluation of a telematic automated system of weight control for heavy vehicles. *Infrastructures*, 7(7), 86. <https://doi.org/10.3390/infrastructures7070086>
8. T/ITS 0095-2018. The standard system of intelligent connected driving. URL: <https://www.c-its.org.cn/Index/downloadnews/id/418.html>.
9. SAE International. Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicle (Standard J3016\_201609).
10. China-SAE. Technology roadmap for energy saving and new energy vehicles. Beijing: Mechanical Industry Press, 2016. (in Chinese)
11. Classification and Definition for Connected Automated Highway (CAH) Systems. URL: <https://www.hatchip.com/Content/xxzx/cyfx/2022-04/673.html>.
12. Simonova, L. A., Dem'yanov, D. N., & Kapitonov, A. A. (2020). Smart information system for generating design constraints in the auto industry. *Russian Engineering Research*, 40(12), 1034–1038. <https://doi.org/10.3103/S1068798X20120199>.
13. Ang, L.-M., Seng, K. P., Ijamaru, G. K., & Zungeru, A. M. (2019). Deployment of iov for smart cities: Applications, architecture, and challenges. *IEEE Access*, 7, 6473–6492. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2887076>
14. Р.Н. Сафиуллин, Р.Р. Сафиуллин, А.В. Марусин, Х. Тянь. Адаптивно-управляемый подход формирования и оценки автоматизированных систем оперативного управления движением транспортных средств. *Мир транспорта и технологических машин*. – 2022. – № 3-5(78). – С. 104-111. – DOI 10.33979/2073-7432-2022-5(78)-3-104-111.

## АНАЛИЗ СТОИМОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЛЬНЫХ БЕСШОВНЫХ ТРУБ

Н.Л. Великанов<sup>1</sup>, В.А. Наумов<sup>2</sup>, С.И. Корягин<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Калининградский государственный технический университет (КГТУ),  
236000, Россия, г. Калининград, Советский пр., 1;

<sup>3</sup>Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта (БФУ им. Канта),  
236041, Россия, г. Калининград, ул. А. Невского, 14.

Представлен метод расчета зависимости стоимости стальных бесшовных труб от внутреннего диаметра с учетом толщины стенки трубы. Результаты пригодны для задач оптимизации на стадии проектирования.

*Ключевые слова:* горячедеформируемые трубы, транспортирование нефтепродуктов, стоимостные характеристики, толщина стенки.

### COST CHARACTERISTICS ANALYSIS SEAMLESS STEEL PIPES

N. L. Velikanov, V. A. Naumov, S. I. Koryagin

*Kaliningrad State Technical University (KSTU), 236000, Kaliningrad, Sovetsky Ave., 1  
Immanuel Kant Baltic Federal University (IKBFU), 236041, Kaliningrad, st. A. Nevsky, 14*

A method for calculating the dependence of the cost of seamless steel pipes on the internal diameter, taking into account the thickness of the pipe wall, is presented. The results are suitable for optimization problems. at the design stage.

*Keywords:* hot-deformable pipes, transportation of petroleum products, cost characteristics, wall thickness.

#### Введение

Совершенствование процессов транспортирования нефти по трубам является актуальной задачей [1-3]. Наиболее часто приходится выбирать внутренний диаметр трубы  $d$  [4, 5]. Учет экономических показателей вносит существенные корректировки в расчеты [6-8]. Такие задачи, в предположении о ламинарном течении в трубе, представлены в работе [9]. В [10] рассматривались затраты энергии, в [11] - потери энергии в местных гидравлических сопротивлениях.

В [12] были использованы стоимостные характеристики стальных бесшовных горячедеформируемых труб (СБГТ), рекомендуемых для транспортирования нефтепродуктов. СБГТ относятся к категории дорогих труб, они применяются в условиях агрессивной среды. Их стоимость существенно зависит от толщины стенки  $s$ . Однако, этот фактор, фактически, не принимается во внимание ни в [12], ни в других выше перечисленных публикациях.

Цель данной статьи – разработать метод расчета зависимости стоимости СБГТ от внутреннего диаметра с учетом толщины стенки

трубы  $c = f(s, d)$  для задач оптимизации и провести анализ этой зависимости.

#### Исходные данные и методика расчета

Прайс-листы СБГТ компании Сталь-эксперт на апрель 2023 года представлены в [13]. Часть их представлена в табл. 1. В соответствии с ГОСТ 8732-78 СБГТ классифицируются по внешнему диаметру  $D$  и толщине стенки  $s$ .

При решении задач оптимизации необходим внутренний диаметр  $d$ , который рассчитывается по формуле:

$$d = D - 2 \cdot s. \quad (1)$$

На рис. 1 (СБГТ малых диаметров) и рис. 2 (СБГТ средних диаметров) представлены зависимости стоимости труб от толщины стенки для каждой линейки  $D$ . Как в первом, так и во втором случае, с ростом  $D$  значение  $c$  увеличивается. По рис. 3 и 4 видно, что с увеличением внешнего диаметра стоимость труб растет, с увеличением внутреннего диаметра внутри линейки она падает, так как из-за возрастания толщины стенки увеличивается и металлоемкость. В таком виде зависимость стоимости СБГТ от  $d$  не пригодна для решения задач оптимизации.

<sup>1</sup>Великанов Николай Леонидович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой судостроения, судоремонта и морской техникител. 8 (4012) 56 48 02; e-mail: nikolaj.velikanov@klgtu.ru,;

<sup>2</sup>Наумов Владимир Аркадьевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры техносферной безопасности и природообустройства, тел. 8 (4012) 99 53 37; e-mail: vladimir.naumov@klgtu.ru;

<sup>3</sup>Корягин Сергей Иванович – доктор технических наук, профессор, профессор образовательно-научного кластера «институт высоких технологий», тел. 8 (4012) 595 585; e-mail: SKoryagin@kantiana.ru.

Таблица 1 – Прайс-лист СБГТ по данным [13]

№ пп	d, мм	s, мм	c, руб./м	№ пп	d, мм	s, мм	c, руб./м	№ пп	d, мм	s, мм	c, руб./м
1	38	3	430	61	73	4	1063	192	127	30	10127
2	38	3.2	457	...	...	...	...	193	133	4	1796
3	38	4	556	69	73	19	3570	...	...	...	...
4	38	5	676	70	76	3,5	977	207	133	30	10752
5	38	6	787	...	...	...	...	208	140	5	2349
6	38	8	983	81	76	19	3769	221	140	30	11483
7	42	3	480	82	83	4	1225	222	146	6	2924
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
11	42	8	1115	94	83	20	4392	232	146	30	12109
12	45	3.5	595	95	89	3.5	1152	233	152	5	2558
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
16	45	8	1213	109	89	24	5428	246	152	36	14532
17	51	3	590	110	93	4	1274	247	159	5	2679
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
23	57	3	624	120	93	24	5929	262	159	40	16675
...	...	...	...	121	102	4	1509	263	168	6	3382
31	57	12	2079	...	...	...	...	...	...	...	...
32	60	3	595	133	102	24	6515	276	168	40	17817
...	...	...	...	134	108	3	1242	277	180	6	3633
40	60	14	2241	...	...	...	...	...	...	...	...
41	63,5	5	1125	149	108	28	7425	293	180	40	18040
...	...	...	...	150	114	4	1701	294	194	6	3925
46	63,5	14	2411	...	...	...	...	...	...	...	...
47	68	3,5	869	164	114	28	8380	307	194	40	21436
...	...	...	...	165	121	5	2018	308	203	6	4667
54	68	14	2630	...	...	...	...	...	...	...	...
55	70	6	1478	178	121	28	9061	...	...	...	...
...	...	...	...	179	127	4	1712	319	203	40	22687
60	70	16	3007	...	...	...	...	320	203	50	26620

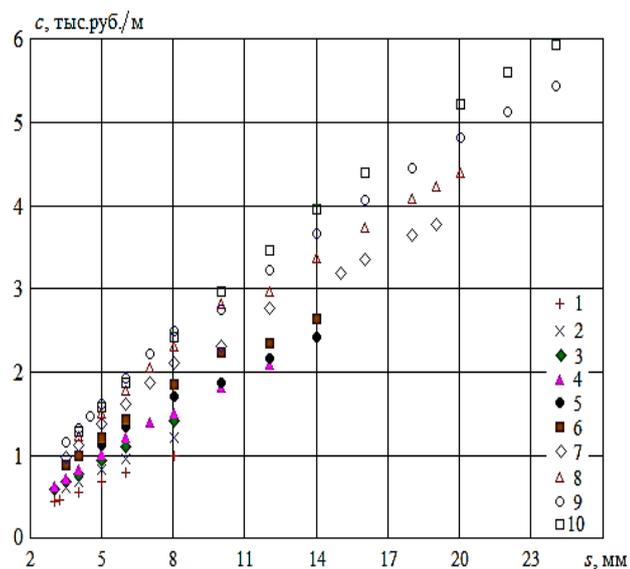


Рисунок 1 – Стоимость БГТ по прайс-листу [13] в зависимости от толщины стенки: 1 – D = 38 мм, 2 – D = 45 мм, 3 – D = 51 мм, 4 – D = 57 мм, 5 – D = 63,5 мм, 6 – D = 68 мм, 7 – D = 76 мм, 8 – D = 83 мм, 9 – D = 89 мм, 10 – D = 95 мм

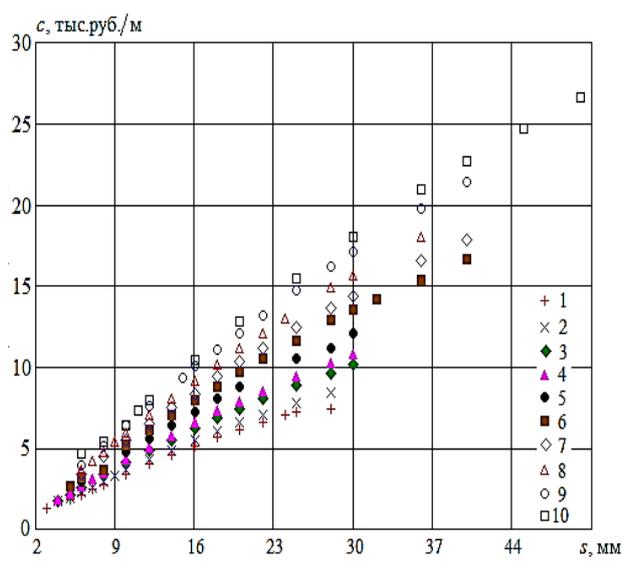


Рисунок 2 – Стоимость БГТ по прайс-листу [13] в зависимости от толщины стенки: 1 – D = 108 мм, 2 – D = 114 мм, 3 – D = 127 мм, 4 – D = 133 мм, 5 – D = 146 мм, 6 – D = 159 мм, 7 – D = 168 мм, 8 – D = 180 мм, 9 – D = 194 мм, 10 – D = 203 мм

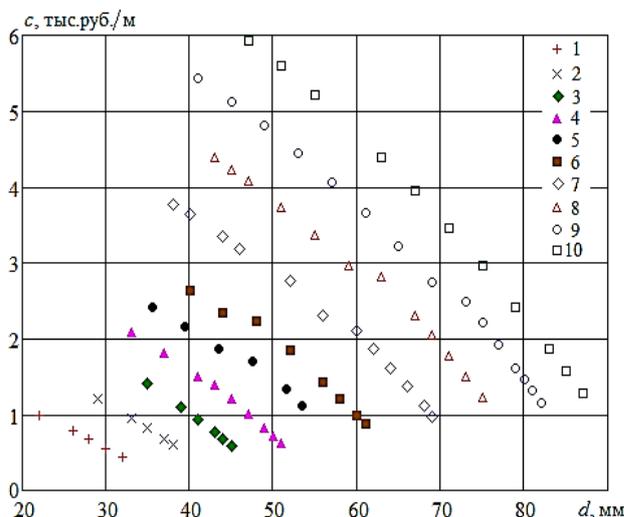


Рисунок 3 – Стоимость БГТ по прайс-листу [13] в зависимости от внутреннего диаметра: 1 –  $D=38$  мм, 2 –  $D=45$  мм, 3 –  $D=51$  мм, 4 –  $D=57$  мм, 5 –  $D=63,5$  мм, 6 –  $D=68$  мм, 7 –  $D=76$  мм, 8 –  $D=83$  мм, 9 –  $D=89$  мм, 10 –  $D=95$  мм

При решении задачи поиска оптимального диаметра технологического трубопровода необходимо сначала определить минимально допустимую толщину стенки  $s_{min}$ . Только затем найти функцию  $c = f(s_{min}, d)$ . Величина  $s_{min}$  зависит от условий использования СБГТ: чем агрессивнее среда, тем больше должно быть значение  $s_{min}$ . Определение  $s_{min}$  является отдельной, весьма непростой задачей, которая в данной статье не рассматривается.

Данные табл. 1 были переформированы и дополнены следующим образом: выбирались стоимости всех труб с фиксированной толщиной стенки. Для них рассчитывался внутренний диаметр по формуле (3) и масса одного метра труб по формуле из ГОСТ 8732-

78:

$$m = 0,02466 s (D - s), \quad (2)$$

где плотность стали принята равной  $7850 \text{ кг/м}^3$ .

В качестве примера в табл. 2 представлен такой массив для СБГТ с толщиной стенки

$s = 4$  мм, в которой  $\Theta = c/m$  – стоимость одного кг труб.

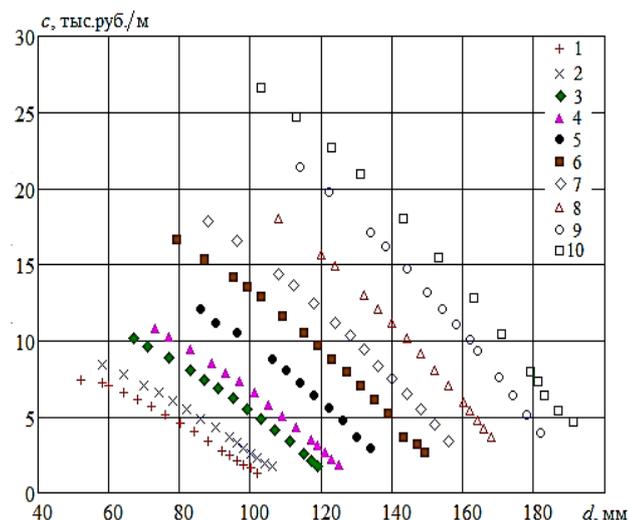


Рисунок 4 – Стоимость БГТ по прайс-листу [13] в зависимости от внутреннего диаметра: 1 –  $D=108$  мм, 2 –  $D=114$  мм, 3 –  $D=127$  мм, 4 –  $D=133$  мм, 5 –  $D=146$  мм, 6 –  $D=159$  мм, 7 –  $D=168$  мм, 8 –  $D=180$  мм, 9 –  $D=194$  мм, 10 –  $D=203$  мм

Первичный анализ полученных массивов данных показал, что зависимость стоимости СБГТ от внутреннего диаметра может быть аппроксимирована линейной функцией  $d$ :

$$f(s, d) = a(s) + b(s) \cdot d. \quad (3)$$

Таблица 2 – Массив данных, рассчитанный для СБГТ с  $s = 4$  мм

№ пп	D, мм	d, мм	m, кг/м	c, руб./м	$\Theta$ , руб./кг
1	38	30	3,354	556	165,78
2	42	34	3,748	621	165,67
3	45	37	4,044	671	165,91
4	51	43	4,436	771	166,30
5	57	49	5,228	816	156,08
6	68	60	6,313	985	156,03
7	73	65	6,806	1063	156,18
8	76	68	7,102	1108	156,01
9	83	75	7,793	1225	157,20
10	89	81	8,384	1308	156,00
11	102	96	9,667	1509	156,10
12	108	100	10,259	1653	161,13
13	114	106	10,850	1701	156,771
14	127	119	12,133	1712	141,11
15	133	125	12,725	1796	141,14

По рис. 5 видно, что эмпирические зависимости  $a = a(s)$ ,  $b = b(s)$  так же могут быть аппроксимированы линейными функциями:

$$\begin{aligned} a &= 0,0471 \cdot s + 0,00942, \\ b &= 10^{-3} \cdot (3,544 \cdot s - 1,019). \end{aligned} \quad (4)$$

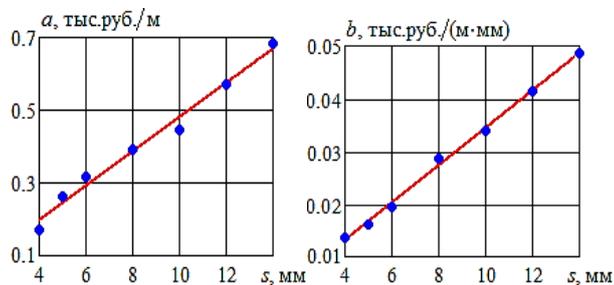


Рисунок 5 – Параметры линейной аппроксимации зависимости стоимости СБГТ от внутреннего диаметра и толщины стенки. Точки – по данным [13], линии – по формулам (4)

### Результаты и их обсуждение

Результаты расчетов по формуле (3) сравнивались с данными из прайс-листа [13]. По рис.6 и 7 видно, что согласие вполне удовлетворительное, как для труб малого, так и для труб среднего диаметра.

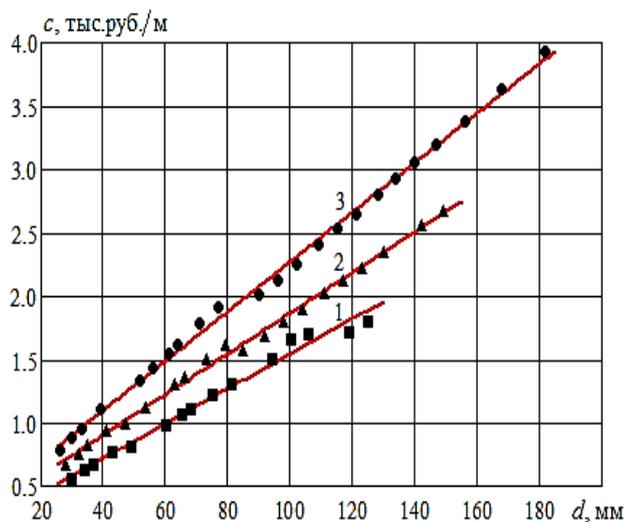


Рисунок 6 – Зависимость стоимости малых СБГТ от внутреннего диаметра при различных значениях толщины стенки: 1 –  $s = 4$  мм, 2 –  $s = 5$  мм, 3 –  $s = 6$  мм. Точки – по данным [13], линии – по формуле (3)

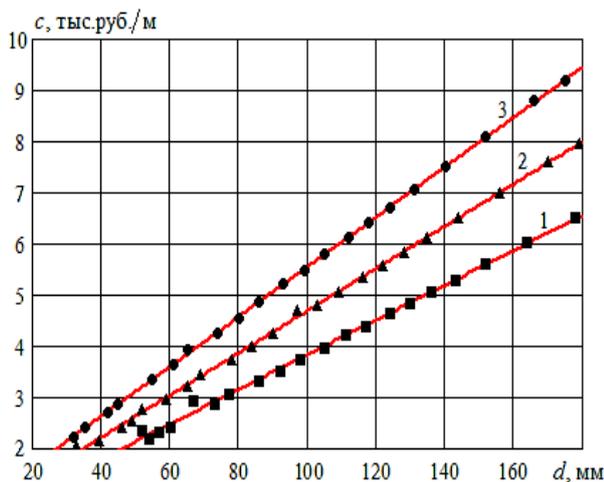


Рисунок 7 – Зависимость стоимости средних СБГТ от внутреннего диаметра при различных значениях толщины стенки: 1 –  $s = 10$  мм, 2 –  $s = 12$  мм, 3 –  $s = 14$  мм. Точки – по данным [13], линии – по формуле (3)

Индекс детерминации модели (3), (4) по всему массиву данных довольно высок ( $R^2=0,95$ ). Причем по СБГТ малого диаметра он еще выше –  $R^2=0,98$ . Следовательно, предложенную модель можно использовать в задачах поиска оптимального диаметра трубопровода с СБГТ.

По рис. 8 прослеживается тенденция уменьшения удельной стоимости СБГТ с увеличением внешнего диаметра.

На рис. 9 представлен контурный график зависимости стоимости СБГТ от внутреннего диаметра  $d$  и толщины стенки  $s$ , построенный по формулам (5), (6). Он позволяет определить зависимость  $c = f(s_{\min}, d)$ , которую можно использовать при решении оптимизационных задач.

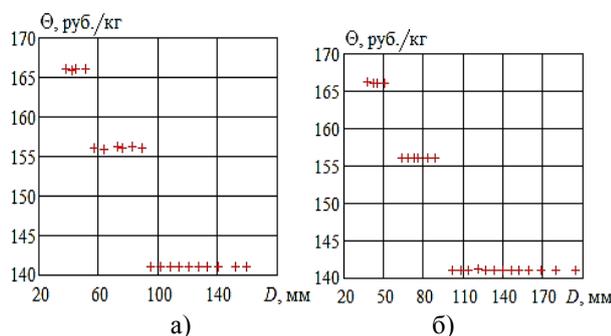


Рисунок 8 – Зависимость удельной стоимости массы СБГТ от внешнего диаметра: а – при толщине стенки 5 мм, б – при толщине стенки 6 мм

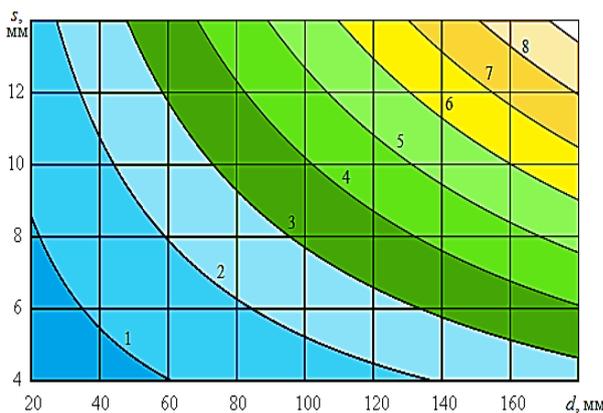


Рисунок 9 – Контурный график зависимости стоимости СБГТ (тыс. руб./м) от внутреннего диаметра  $d$  и толщины стенки  $s$

Заметим, что данные прайс-листов других производителей и продавцов СБГТ (например, [14, 15]) несколько отличаются количественно от [13], но общие тенденции сохраняются. Поэтому предложенный метод расчета может быть использован для обработки данных других производителей СБГТ.

### Заключение

Приведенная методика позволяет учесть наряду с материалом, способом изготовления, геометрическими характеристиками еще и стоимостные характеристики труб. Построенные математические модели позволяют решать оптимизационные задачи на стадии проектирования трубопроводных систем.

### Литература

1. Шайбаков Р. А. Повышение эффективности систем трубопроводного транспорта углеводородов управлением синергетическими рисками // Нефтегазовое дело. 2017. № 3. С. 145-168.
2. Бархатов А.Ф. Основные проблемы энергосбережения в трубопроводном транспорте и направления их решения // Территория Нефтегаз. 2015. № 6. С. 132-138.
3. Ganat T. Pumping system of heavy oil production. In: Processing of Heavy Crude Oils – Challenges and Opportunities. Ed. Gounder R.M. Knowledge Unlatched. 2019. DOI: 10.5772/intechopen.74912.
4. Калицун В.И., Кедров В.С. Гидравлика, водоснабжение и канализация. Москва: Стройздат, 2002. 394

5. Гришин Б.М., Бикунова М.В., Сафронов М.А. Гидравлика сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения: учебное пособие. Пенза: Изд-во ПГУАС, 2019. 112 с.
6. Genic S., Jacimovic B., Geni V. Economic optimization of pipe diameter for complete turbulence. Energy and Buildings. 2011. Vol. 45, pp. 335-338.
7. Berisha X., Krsniqi K., Krasniqi V. The optimization of pipes diameter depending on optimal criteria for velocity and mechanical energy losses for thermal network. International Journal of Recent Advancement in Engineering & Research. 2018. Vol. 4, Iss. 1, pp. 29-38.
8. Наумов В.А. Определение оптимального диаметра трубопровода локальной системы водоснабжения с учетом нагрузочных характеристик и затрат на центробежный насос // Региональная архитектура и строительство. 2022. № 2(47). С. 153-160.
9. Sarchet B.R., Colburn A.P. Economic pipe size in the transportation of viscous and nonviscous fluids. Industrial and Engineering Chemistry. 1940. Vol. 32, pp. 1249-1252.
10. Голованчиков А.Б., Дулькин Т.А., Прохоренко Н.А., Меренцов Н.А. Оптимизация технологических параметров и диаметра трубопровода с учетом энерго- и ресурсосбережения // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2020. Том 26. № 1. С. 91-99.
11. Оптимизация параметров технологического трубопровода по технико-экономическим показателям / А.А. Хвостов, М.Г. Магомедов, А.А. Журавлев [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020. Т. 82, № 1. С. 34-46.
12. Великанов Н.Л., Наумов В.А. Экономико-математическая модель выбора параметров трубопроводных систем снабжения мазутом // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2022. № 3(61). С. 29-35.
13. Сталь-эксперт. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные [Электронный ресурс]. URL: <https://steel-ex.ru/truby/trubagoryachedeformirovannaya/> (дата обращения 04.04.2023).
14. Компания «Профильмет». Стальные трубы [Электронный ресурс]. URL: [http://price.profilmet.ru/prices/profilmet\\_truby.htm](http://price.profilmet.ru/prices/profilmet_truby.htm) (дата обращения 04.04.2023).
15. Компания «Сортамет». Трубы бесшовные горячедеформированные [Электронный ресурс]. URL: <https://sortmet.ru/katalog/trubyi-stalnyie-besshovnyie-goryachedeformirovannyye/> (дата обращения 04.04.2023).

## ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СФЕРЫ УСЛУГ В СТРАНАХ-УЧАСТНИКАХ СНГ

Г.А. Карпова<sup>1</sup>, О.Н. Кострюкова<sup>2</sup>, Л.В. Хорева<sup>3</sup>, О.А. Максимовская<sup>4</sup>,  
Е.Е. Шарафанова<sup>5</sup>

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

В статье рассмотрены подходы к пониманию цифровой трансформации экономики, основной упор сделан на цифровой трансформации сферы услуг. Проведён анализ законодательства государств-участников СНГ, а также модельного законодательства содружества, затрагивающего вопросы цифровизации различных сфер деятельности. Представлен авторский взгляд на базовые положения, которые должны быть включены в модельное законодательство государств-участников СНГ в области цифровой трансформации сферы услуг.

*Ключевые слова:* сфера услуг, цифровые услуги, цифровая трансформация.

## DIGITAL TRANSFORMATION OF THE SERVICE SPHERE IN THE CIS PARTICIPANT COUNTRIES

G.A. Karpova, O.N. Kostryukova, L.V. Khoreva, O.A. Maksimovskaya, E.E. Sharafanova

*St. Petersburg State University of Economics,*

*Russia, 191023, St. Petersburg, nab. Griboyedov Canal, 30-32, letter A*

The article discusses approaches to understanding the digital transformation of the economy, with the main emphasis on the digital transformation of the service sector. The analysis of the legislation of the CIS member states, as well as the model legislation of the commonwealth, affecting the digitalization of various fields of activity, was carried out. The author's view of the basic provisions that should be included in the model legislation of the CIS member states in the field of digital transformation of the service sector is presented.

*Key words:* service sector, digital services, digital transformation.

### Введение

Цифровая трансформация, являющаяся одной из ключевых детерминант развития экономики, открывает новые возможности для организации бизнес-процессов, роста эффективности производства, расширения связей. Но несмотря на то, что цифровая трансформация успешно осуществляется в области государственного управления, в коммерческой деятельности и формировании новых социальных структур, однако отсутствует согласованное исследовательским сообществом научное представление о содержании данного понятия. В научной среде большое внимание уделяется процессам цифровой трансформации на уровне экономики в целом, а также в рамках отдельного предприятия или организации. На макроуровне зачастую цифровую трансформацию

представляют, как «элемент нового технологического уклада экономики», определяющего фундаментальные изменения всех социально-экономических процессов [13]. На микроуровне экономической системы авторы акцентируют внимание на различных аспектах. Указывается, что цифровая трансформация позволяет проводить качественные преобразования всех бизнес-процессов, связанных с планированием, организацией, координацией и анализом деятельности предприятия с помощью цифровых технологий аккумуляции и обработки больших данных [18], не меняя при этом основных бизнес-моделей. С другой стороны, ряд авторов указывает как раз на кардинальную смену «традиционного формата бизнеса на цифровой, предусматривающего комплексное реформирование деятельности предприятия»

<sup>1</sup>Карпова Галина Алексеевна – доктор экономических наук, зав. кафедрой экономики и управления в сфере услуг, e-mail: karpovaga@rambler.ru;

<sup>2</sup>Кострюкова Оксана Николаевна, кандидат экономических наук, декан факультета сервиса туризма и гостеприимства, зав. кафедрой сервисной и конгрессно-выставочной деятельности, e-mail: kostryukova@ineson.ru;

<sup>3</sup>Хорева Любовь Викторовна – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и управления в сфере услуг, e-mail: luhor@inbox.ru;

<sup>4</sup>Максимовская Ольга Александровна, доктор экономических наук, профессор кафедры сервисной и конгрессно-выставочной деятельности, e-mail: maol@rambler.ru;

<sup>5</sup>Шарафанова Елена Евгеньевна – доктор экономических наук, профессор кафедры экономической безопасности, e-mail: el\_siver@mail.ru.

и государства за счёт внедрения цифровых технологий [16].

Например, в Германии разрабатывается концепция «цифровой трансформации», в которой делается акцент на вопросах использования цифровых технологий в практике государственного управления. По мнению немецких учёных, цифровая трансформация услуг в сфере государственного управления позволяет решать такие актуальные задачи, как смягчение негативных последствий старения населения, обеспечивать стабилизацию системы здравоохранения, решать миграционные проблемы, в том числе в сфере адаптация мигрантов в общественные структуры и др. [19, с. 10]. При этом предполагается, что цифровая трансформация в сфере государственных услуг не сводится к общению граждан и органов власти онлайн, а использование новых технологий и форматов взаимосвязи призвано точнее определять потребности населения и бизнес-сектора, эффективнее выполнять социальные задачи государства, расширять сферу государственных услуг, повышать удовлетворённость сотрудников данных структур, освобождая их от монотонных и повторяющихся действий.

#### **Цифровая трансформация сферы услуг: подходы и трактовка понятий**

Цифровая трансформация, которая затронула все общественные процессы отчётливо проявляется в сфере услуг. Именно сфера услуг – это поле для функционирования предприятий и организаций «цифрового» сектора экономики [15] (подобные услуги имеют различные названия: IT-услуги, электронные услуги, цифровые услуги, digital-услуги и т.п.), а использование специальных знаний и новейших, в том числе, информационных технологий, становятся ключевыми факторами создания добавленной стоимости [12].

Как указывают многие авторы, цифровая трансформация и социально-экономические изменения привели к формированию цифрового типа производства и цифрового типа потребления, что оказало значительное влияние и на сферу услуг: появляются новые виды услуг, основанные на цифровой технологиях; трансформируются традиционные услуги, дополняемые новыми сервисами для потребителя и возможностями деллокализации (получения услуги независимо от локации производителя и потребителя); усиливается фактор персонализации услуги за счет упрощения контакта потребителя и производителя; формируются интегрированные сети создания ценности, объединяющие поставщиков, посредников и даже конкурентов для формирования единого ценностного предложения для клиента и др. [9].

Мы готовы согласиться с авторами, которые указывают, что «цифровая трансформация сферы услуг заключается в реализации и внедрения цифровых технологий, масштабных качественных изменениях бизнес-процессов и/или методов осуществления сервисной деятельности с целью получения значительных социально-экономических эффектов» [14]. И при этом цифровая трансформация сферы услуг связана с изменения операционной модели и продвижения цифровых изменений изнутри компании, она изменяет все операции в сфере услуг [8].

К настоящему времени также разработан солидный массив нормативных документов, определяющих цели и основные направления цифровой трансформации сферы услуг в РФ. Среди таких документов укажем на:

- Указ Президента РФ «О национальных целях развития РФ на период до 2030 года» [1],
- Приказ Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ от 18.11.2020 №600 «Об утверждении методик расчета целевых показателей национальной цели развития Российской Федерации «Цифровая трансформация» [2].

Во исполнение поручения Президента Российской Федерации, субъекты РФ разработали и утвердили региональные стратегии цифровой трансформации ключевых отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления. Как указано на сайте данного министерства, основными направлениями цифровой трансформации государством обозначены именно отрасли сферы услуг: здравоохранение, образование, транспорт, развитие городской среды, государственное управление и социальная сфера [4].

Все перечисленные документы не дают определения цифровой трансформации сферы услуг, а характеризуют ее через основные задачи и направления реализации.

Определение данного понятия находим в таких нормативных документах как:

- методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием [11];
- решение Высшего Евразийского экономического совета от 11.10.2017 г. № 12 «О цифровой повестке Евразийского экономического союза» [3].

Отталкиваясь от уже существующих определений авторы данной статьи предложили собственную дефиницию этого понятия, а именно: цифровая трансформация сферы услуг – системное преобразование в электронном виде деятельности в сфере услуг, отражающее ее переход из одного технологического уклада в дру-

гой и являющееся результатом воздействия совокупности комплексных процессов интеллектуальной и управленческой деятельности участников отношений по проектированию, внедрению и широкомасштабному применению в указанной сфере информационных, информационно-коммуникационных и цифровых технологий.

### **Обзор законодательств государств-участников СНГ в информационной сфере**

Авторы данной статьи в рамках научно-исследовательского договора, заключенного с Межпарламентской Ассамблеи государств-участников СНГ, в 2021-2023 гг. занимались разработкой Модельного закона «О цифровой трансформации сферы услуг в государствах-участниках СНГ». Разработка Проекта Модельного закона была проведена в рамках задачи по развитию многостороннего сотрудничества между государствами-участниками СНГ, которая потребовала, в числе прочего, изучение содержания законодательных актов, регламентирующих развитие сферы услуг, включая ее цифровую трансформацию. Необходимо отметить следующие ключевые тенденции, сочетание которых характерно для сферы услуг в последние два десятилетия на пространстве СНГ:

- цифровая трансформация экономики и социальной жизни;
- социально-экономические процессы глобализации, гуманизации и устойчивого развития;
- тенденции сервизации и появление гибридных продуктов;
- развитие экономики совместного потребления и экономики сотрудничества [9].

Данные тенденции частично отражены в содержании законодательных актов, регламентирующих отдельные отрасли сферы услуг. Для анализа нами использовались законодательные акты государств-участников СНГ, доступные на платформе «База данных: Законодательство стран СНГ» (<http://base.spinform.ru>). Их систематизация по отраслям сферы услуг и контент-анализ содержания позволили установить, что отсутствуют законодательные акты, которые регламентируют функционирование сферы услуг в целом, а также было выявлено наличие сходства в трактовке понятий «сфера услуг», «услуга».

Можно констатировать отсутствие правового регулирования социально-экономических отношений, складывающихся при производстве и потреблении услуг, фрагментарность и недостаточную системность разработки законодательных актов, регламентирующих отдельные услуги. Следует отметить отсутствие должной гармонизации национальных нормативных

и правовых актов, регламентирующих деятельность в сфере услуг, и неполную согласованность межправительственных и межгосударственных соглашений в данном правовом поле.

Анализ массива нормативных и законодательных актов государств-участников СНГ позволил установить также неравномерность разработанности законодательства в области цифровизации экономики в целом и сферы услуг в частности в странах-участниках СНГ.

Можно говорить о высокой степени унифицированности основных терминов и понятий, используемых для регулирования технической и информационной составляющих цифровой трансформации экономики, что позволяет обеспечить единство понятийного и смыслового пространства законодательства государств-участников СНГ. Нет противоречий в определениях целей законодательства, в которых преимущественно декларируется установления прав, обязанностей и ответственности поставщиков услуг в условиях цифровизации их производства и потребления, защита интересов потребителей, развитие конкуренции и повышение эффективности сферы услуг (по отраслям). Однако, большая часть законодательных актов относится к защите персональных данных, предоставлению государственных услуг и государственным закупкам.

С различной степенью детальности определяются субъекты отношений, регулируемых законодательным актом. Их круг может быть очерчен весьма детально (органы государственного управления и местного самоуправления, государственные или муниципальные учреждения, Центральный банк, государственные или муниципальные некоммерческие организации, фонды, созданные государством или муниципалитетом, юридические лица, общественные организации, физические лица) или рамочно (государственный орган, регулируемые лица). Близки по смыслу и содержанию принципы государственной политики в области цифровой трансформации экономики, и в общем виде они сводятся к следующему:

- цифровая трансформация существующих отраслей экономики, обеспечивающая масштабный рост производительности труда, достижимый как за счет внедрения новых технологий, так и за счет реорганизации существующих бизнес-процессов;
- внедрение передовых современных технологий с учетом имеющихся достижений и эффективных технологий;
- гибкость планирования и регулирования;
- партнерство бизнеса и государства.

Наблюдается сходно по своему содержанию и пониманию кадрового обеспечения цифровой трансформации сферы услуг законодателями государств-участников СНГ, поскольку в

большой их части устанавливается необходимость координации усилий правительств, учебных заведений и работодателей для переобучения и передислокации высвобождаемого в результате цифровизации персонала [19], а также обязательность соответствия инфраструктуры, программ и методов образовательных учреждений и центров переподготовки персонала с привлечением высококвалифицированных специалистов: преподавателей, опытных профессионалов, предпринимателей.

Слабо представлены в законодательстве вопросы цифрового суверенитета, который отчасти регламентируется нормами о защите персональных данных, и политика импортозамещения. До 2016 г. понятие «цифровой суверенитет» отсутствовало в российских нормативных документах. В науке не сложилось четкой дефиниции данного термина [10]. Одним из первых определение дал И.С. Ашманов, определив цифровой суверенитет как «право государства определять свою информационную политику самостоятельно, распоряжаться инфраструктурой, ресурсами, обеспечивать информационную безопасность и т.п.» [6]. При этом «цифровой суверенитет также можно поделить на несколько категорий. Одна из них – электронный суверенитет, который связан с защитой от кибератак» [7]. При этом следует понимать, что информационная безопасность является одним из ключевых факторов обеспечения государственной безопасности [17].

Определение информационного суверенитета присутствует в нормативных документах некоторых государств-участников СНГ. Например, понятие «суверенитет в информационной сфере» присутствует в законодательстве Белоруссии. Так, в «Стратегии развития информатизации в Республике Беларусь на 2016 – 2022 гг.» говорится о том, что необходимо «содействие обеспечению национального суверенитета в информационной сфере и национальной безопасности» [5]. Следует отметить относительно высокий уровень разработанности национальных законодательств в области защиты персональных данных и защиты информации, в сфере охраны интересов государства, общества и личности в цифровом пространстве.

Проведенный анализ не позволил установить наличие достаточно четкой регламентации прав и ответственности поставщиков, посредников и потребителей услуг, возникающих вследствие использования цифровых технологий. Разработка модельного закона, основанного на согласованном и однозначном понимании сущности цифровой трансформации сферы услуг, определения ее принципов и субъектов правоотношений, является необходимым этапом работ по гармонизации национальных законодательств стран-участниц СНГ, модельных

законов СНГ, действующих международных договоров и соглашений. В течении двух лет разрабатывался Модельный закон, который представлялся и проходил обсуждение на трех заседаниях Постоянной комиссии по экономике и финансам МПА СНГ, обсуждался в Парламентах государств-участников СНГ и был рекомендован Постоянной комиссией по экономике и финансам МПА СНГ к утверждению и был в результате принят на Пятдесят пятом пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств-участников СНГ 14 апреля 2023 г. Модельный закон «О цифровой трансформации сферы услуг» был направлен в Парламенты государств-участников СНГ для использования в национальных законодательствах.

### **Содержание Модельного закона «О цифровой трансформации сферы услуг государств-участников СНГ»**

В данной статье мы хотели представить основное содержание разработанного авторами Модельного закона.

Модельный закон включает 7 глав и 30 статей. Первая глава включает основные положения модельного закона, прежде всего, предмет регулирования настоящего Закона, цели, задачи и базовые направления цифровой трансформации сферы услуг в государствах-участниках СНГ, закрепляет основные термины и определения, часть из которых сформулирована в законодательной практике впервые. Во второй главе, посвященной регулированию цифровой трансформации сферы услуг на государственном и муниципальном уровнях, определены основные критерии государственной политики государств-участников СНГ в области цифровой трансформации сферы услуг. Важной составляющей второй главы проекта модельного закона является определение полномочий центров компетенций цифровой трансформации сферы услуг.

В главе три определена система мер обеспечения безопасности цифровой трансформации сферы услуг в государствах-участниках СНГ. Глава четыре посвящена вопросам обеспечения информационной безопасности при цифровой трансформации сферы услуг. Предложены основные критерии защиты информационной безопасности государств-участников СНГ. Глава пятая закрепляет основы регулирования отношений по защите прав и законных интересов участников цифровой трансформации сферы услуг; а механизмы регулирования рисков цифровой трансформации сферы услуг. Глава шестая посвящена международному сотрудничеству государств при осуществлении цифровой трансформации сферы услуг, в том числе, соотношению международных договоров и нормативных правовых актов государств по

вопросам цифровой трансформации сферы услуг. Глава седьмая содержит заключительные положения по алгоритмам использования настоящего модельного закона в национальном законодательстве как рамочного документа.

### Заключение

Проведённая работа позволяет утверждать, что сформирована правовая основа для унификации законодательства государственных участников СНГ с целью выработки общих подходов к регулированию процесса цифровой трансформации сферы услуг. Модельный закон базируется на учёте требований соответствия действующему законодательству государственных участников СНГ и является рамочным документом для использования в национальном законодательстве и создания национальных нормативных актов с учётом уровня развития цифровых технологий в сфере услуг в отдельных государствах-участниках СНГ.

Принятие модельного закона позволяет создать благоприятные условия для стабильного существования и стабильного развития цифрового пространства сферы услуг; улучшить качества жизни населения государственных участников СНГ, закон закрепляет базовые условия для широкого доступа потребителей к цифровым услугам, цифровым сервисам и цифровым платформам; создать инновационные преимущества и новые возможности для эффективного осуществления в государствах-участниках СНГ предпринимательской и иной экономической деятельности.

### Литература

1. Указ Президента РФ от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития РФ на период до 2030 г.». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726> (дата обращения: 30.11.2022).
2. Приказ от 18.11.2020 г. № 600 «Об утверждении методик расчета целевых показателей национальной цели развития РФ «цифровая трансформация» [Электронный ресурс]. URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Mintsifry-Rossii-ot-18.11.2020-N-600/> (дата обращения: 30.11.2022).
3. Решение Высшего Евразийского экономического совета от 11.10.2017 № 12 «Об Основных направлениях реализации цифровой повестки Евразийского экономического союза до 2025 года». [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/32naD4> (дата обращения: 20.11.2022).
4. Стратегии цифровой трансформации // Портал Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ. [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/32naDu> (дата обращения: 21.11.2022).
5. Стратегия развития информатизации в Республике Беларусь на 2016 – 2022 гг. // e-Gov.by. [Электронный

- ресурс]. URL: [clck.ru/XgriY](https://clck.ru/XgriY) (дата обращения: 07.10.20122).
6. Ашманов И. Информационный суверенитет России: новая реальность // Презентация. 14.07.2015. [Электронный ресурс]. URL: <https://files.runet-id.com/2015/tersm/tersm15-3--ashmanov.pdf> (дата обращения: 27.10.202).
7. Бухарин В. В. Компоненты цифрового суверенитета Российской Федерации как техническая основа информационной безопасности // Вестник МГИМО. 2016. №6 (51). URL: <https://clck.ru/32naEe> (дата обращения: 28.02.2021).
8. Головцова И.Г., Сучкова М.Ю. Цифровая трансформация сферы услуг в новых условиях // Техно-технологические проблемы сервиса. 2020. № 4 (54). С. 81-86.
9. Горбашко Е.А., Ватолкина Н.Ш. Тенденции развития сферы услуг в условиях цифровой трансформации экономики // Техно-технологические проблемы сервиса. 2019. № 3 (49). С. 45-51.
10. Кострюкова О.Н., Хорева Л.В. Подготовка профессиональных кадров для сервисной экономики в условиях цифровой трансформации // Актуальные проблемы развития туризма. Материалы международной научно-практической конференции. М., 2021. С. 195-201.
11. Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием. М.: Минцифра России, 2020.
12. Овсянникова Т.А. Направления и результаты трансформации сферы услуг в современной экономике // Теория и практика эффективности государственного и муниципального управления. Курск, 2019. С. 272-276.
13. Пилявский В.П., Любарская М.А., Шаптала А.В. Роль цифровой трансформации в развитии предприятий сферы услуг на современном этапе // Экономический вектор. 2020. № 2 (21). С. 73-77.
14. Туктарова Р.И., Дивина Т.В. Цифровая трансформация как приоритетное направление развития сферы услуг // Вестник ОрелГИЭТ. 2022. № 2 (60). С. 20-26.
15. Тырква Х.В., Митюшкина А.А. Цифровой сектор экономики и прямые иностранные инвестиции: пример стран АСЕАН // Горизонты экономики. 2022. № 5 (71). С. 88-95.
16. Ценжарик М.К., Крылова Ю.В., Штещенко В.И. Цифровая трансформация компаний: стратегический анализ, факторы влияния и модели // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2020. Т. 36. № 3. С. 390-420.
17. Шарафанова Е.Е., Безденежных Т.И. К вопросу об обеспечении информационной и экономической безопасности // Региональная информатика и информационная безопасность. Сборник трудов. 2019. С. 233-236.
17. Яковлева Е. А., Толочко И. А. Инструменты и методы цифровой трансформации // Вопросы инновационной экономики. 2021. Том 11. № 2. С. 415-430.
18. Stocksmeier D. Potenziale der digitalen Transformation für die deutsche Verwaltung // Digitale Transformation der Verwaltung. Empfehlungen für eine gesamtstaatliche Strategie. – Gütersloh: Bertelsmann Stiftung, 2017. S. 10-11.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ФЕСТИВАЛЕЙ И МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ МАРКЕТИНГА ДЕСТИНАЦИЙ

А.В. Кучумов<sup>1</sup>

*Санкт-Петербургский государственный экономический университет (СПбГЭУ),  
Россия, 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А.*

В статье анализируются два основных аспекта: основные характеристики местных событий и влияние местного фестиваля на имидж дестинации. Исследуется экономическое влияние фестивалей на сообщество и основные стратегии управления туризмом.

*Ключевые слова:* фестиваль, местные события, фестивальный менеджмент, туристские потоки, стратегии туризма, управление дестинацией.

### ORGANIZATION OF FESTIVALS AND EVENTS FOR MARKETING OF DESTINATIONS

A.V. Kuchumov

*St. Petersburg State Economic University (SPbGEU),  
Russia, 191023, St. Petersburg, nab. Griboyedov Canal, 30-32, letter A.*

The article analyzes two main aspects: the main characteristics of local events and the impact of the local festival on the image of the destination. Examines the economic impact of festivals on the community and the main strategies for tourism management.

*Key words:* festival, local events, festival management, tourist flows, tourism strategies, destination management.

Сообщества, особенно маленькие, всегда использовали фестивали, чтобы показать внешнему миру неотъемлемую часть себя: набор ценностей, которые их отличают. Среди этих ценностей можно найти широкий спектр качеств, от культурного наследия до кулинарных изысков. Однако в настоящее время еда все чаще считается главной достопримечательностью и используется как маркетинговая деятельность или инструмент продвижения, а не как способ поделиться ценностями. На существующих рынках многие местные фестивали, направленные на прославление местных кулинарных традиций, способствуют развитию бизнеса и торговли местными продуктами, развитию внутреннего и регионального туризма и развитию устойчивых направлений. Более того, эти фестивали способствуют созданию рабочих мест для местных жителей, являясь источником благосостояния как для местных жителей, так и для всей местной экономики. Таким образом, феномен фестивалей переходит из чисто социологической точки зрения в более широкую экономическую модель. Многие заинтересованные стороны участвуют в проведении и организации фестиваля. К таким субъектам относятся правительство, поставщики, клиенты, индустрия туризма и так далее. В результате взаимодействие между различными заинтересованными сторонами фестиваля подтверждает идею о том, что

многие субъекты, особенно экономические, заинтересованы в контексте фестиваля.

Помимо экономических аспектов, польза фестиваля для принимающего сообщества также влияет на имидж дестинации. Местные события, по сути, придают значение размещению изображения в поле зрения посетителей и используются для празднования идентичности места, по этой причине они считаются привлекательными и создающими имидж для сообществ и мест назначения. Иногда фестивали улучшают международный имидж принимающего сообщества, изменяя имидж города из редко посещаемого места с небольшим потоком туристов в привлекательный и туристический город. Однако местные фестивали почти не анализируются в литературе, этой теме посвящено мало работ, поскольку ученые больше внимания уделяли крупным событиям и крупным фестивалям.

Распространение событий прямо связано с едой, религиозными и духовными праздниками [3]. Однако с годами религиозная черта исчезла, хотя она все еще сохраняется в некоторых особенно религиозных странах, таких как Италия, где многие местные события связаны с религиозными праздниками. В настоящее время не существует однозначного определения события или локального события. В большинстве

<sup>1</sup>Кучумов Артур Викторович – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и управления в сфере услуг, тел.: +7 (911) 767-55-54, e-mail: arturspb1@yandex.ru.

случаев местные мероприятия считаются празднованием чего-то, чем местное сообщество хочет поделиться внутри, среди членов сообщества и снаружи, с посетителями. В соответствии с этой идеей одним из основных факторов мотивации посещения фестиваля является социализация, понимаемая как желание и готовность взаимодействовать с людьми и иметь социальный контакт.

Таким образом, локальные события можно рассматривать как ограниченные во времени и уникальные события с выраженным социальным характером, поскольку они исходят из местного сообщества и конкретной темы. Многие запланированные местные мероприятия включают культурные праздники, которые могут носить различный характер, например: политические, спортивные, художественные, развлекательные и т.д. Например, *Vinitaly*, крупнейшее мероприятие по вину и дистилляции, ежегодно проводимое в Вероне с 1967 года, представляет собой фестиваль, посвященный итальянскому вину, местным виноградникам и рассказывающий о превосходстве *Made in Italy*. В этом отношении местные события играют ключевую роль на территории, поскольку они в полной мере используют общие возможности создания ценности для территории, превознося ее историю, культуру, традиции, обычаи, а также ее специфику и типичность.

Более того, фестивали позволяют обеспечить работой местных жителей и генерировать туристические потоки. В Великобритании сельский туризм создает около 380000 рабочих мест и приносит доход в миллиарды фунтов стерлингов в год. Эти предпосылки приводят к гипотезе о том, что местные события могут оказывать влияние на местную экономику и могут повлиять на имидж дестинации и изменить его.

Фестивали оказывают положительное влияние на субъективное благополучие жителей сообщества, принося экономические, социальные и культурные преимущества принимающему сообществу. Одно из основных преимуществ фестиваля связано с экономическим эффектом. Фактически, в большинстве случаев финансовый успех является основной причиной организации фестиваля, поскольку он рассматривается как инструмент, способный повысить местное развитие.

Общие прямые расходы города также включают доходы от туристов, приехавших из города, или туристов, проживающих в городе длительное время. Что касается влияния на личные доходы жителей города, то доходы города носят косвенный характер и касаются заработной платы людей, участвующих в организации фестиваля. Примером положительного влияния как на общие городские расходы, так и на личные доходы жителей является *Springfest* в

Оушен-Сити, штат Мэриленд (США). Экономический эффект фестиваля оценивается по-разному. О влиянии *Springfest* на общие расходы *Ocean City*, доходы составляют почти 2 миллиона долларов США, в частности, по оценкам, расходы на душу населения для приезжих составляют 51,14 доллара США, а для лиц, проживающих в течение длительного времени, - 32,72 доллара США, а о влиянии на личный доход жителей города доходы составляют в общей сложности более 1 миллиона долларов США. В целом в денежном выражении фестиваль приносит городу более 5,5 млн долларов США, если учесть, что в Оушен-Сити проживает около 7000 человек, то фестиваль, несомненно, принесет этому сообществу большую пользу.

Экономический эффект от организации фестиваля может быть разным. Наиболее распространенные из них включают прямой, косвенный, индуцированный и личный доход. Прямые экономические эффекты связаны с непосредственными расходами посетителей на услуги сектора отдыха/туризма и включают доходы, полученные благодаря фестивалю. Косвенные эффекты, возникающие в результате расходов, которые различные заинтересованные стороны должны нести для удовлетворения увеличения туристического спроса, включая расходы на рекламу фестиваля, использование услуг общественного питания для поставки продуктов питания и напитков, расходы на покупку товаров. Другими словами, косвенные эффекты — это изменения в продажах, доходах или рабочих местах в секторах региона, которые поставляют товары и услуги для секторов отдыха/туризма. Индуцированные экономические эффекты связаны с увеличением расходов жителей в результате увеличения их доходов и представляют собой расходы, понесенные работниками, занятыми на фестивале. Последний эффект тесно связан с другим видом воздействия, то есть с эффектом на личные доходы, и представляет собой увеличение доходов граждан в результате единичного увеличения туристских расходов.

Однако организация фестиваля не всегда является экономической поддержкой местной экономики. Часто бывает так, что экономические последствия событий не оказывают существенного влияния на хозяйственную деятельность рассматриваемых регионов [4]. Это относится к двум шотландским фоновым фестивалям: *Grandfather Mountain Highland Games (GMHG)*, ежегодно проводимым в округе Эйвери, и *Flora MacDonald Highland Games (FMHG)* в округе Робсон. Данные показывают, что даже глобальное воздействие двух фестивалей, проводимых в сельской местности Северной Каролины (США), составляет соответственно 5 миллионов долларов США для *GMHG*

и около 140000 долларов США для FMHG в округе Робсон. Следовательно, они не оказывают существенного влияния на местную экономическую деятельность, поскольку представляют собой лишь небольшую ее часть.

Наконец несмотря на то, что фестиваль приносит значительный доход местной экономике, может быть трудно оценить фактическое воздействие. Это относится к джазовому музыкальному фестивалю в Умбрии, самому важному джазовому фестивалю, который проводится каждое лето в Италии. Хотя фестиваль представляет собой большую инвестицию для государства, ежегодно привлекая большое количество посетителей, однако оценить количество не просто из-за большого количества мероприятий, как платных, так и бесплатных, которые проводятся одновременно в различных частях города Перуджа.

Вторым важным аспектом фестивалей является увеличение занятости в принимающем регионе. Эта функция, в отличие от предыдущей, явно менее заметна, так как напрямую не влияет на все сообщество, а только на его часть, в зависимости от влияния фестиваля.

Иногда эта перспектива трудоустройства является ключевым компонентом развития и роста местного сообщества, а иногда это просто возможность для самого сообщества.

Хорошим примером развития местного сообщества является Национальный фестиваль искусств в Грэхемстауне, Восточный Кейп, Южная Африка. Экономическое влияние фестиваля на Восточный Кейп очень велико, фактически, он считается одним из основных инструментов для создания богатства на территории. Однако главная польза от положительного воздействия фестиваля — создание новых рабочих мест. В провинции, в которой проводится мероприятие, высокий уровень безработицы, и фестиваль является одним из немногих средств борьбы с безудержной бедностью в регионе. Всего новых рабочих мест оценивается в 609, то есть 18,45 новых рабочих мест на тысячу участников, что является очень важным результатом в тех условиях, в которых рассматривается регион. Кроме того, хотя большинство этих работ являются краткосрочными работами, ограниченными сроком пребывания на фестивале, результат считается желанным. Таким образом, в данном конкретном случае фестиваль берет на себя очень важную роль, так как созданный экономический эффект, которого в противном случае не было бы, позволяет Восточно-Капской провинции экономически существовать, а также открывает новые перспективы в плане развития, благодаря созданию многочисленных рабочих мест.

Однако данные о создании новых рабочих мест следует анализировать очень тщательно и критически, поскольку они часто могут

быть результатом оценок, сделанных статистическим программным обеспечением. Хотя эти оценки предполагают создание новых рабочих мест благодаря местным фестивалям, логически маловероятно, что очень большое количество новых сотрудников связано с краткосрочными фестивалями обычно они длятся всего несколько дней или очень ограниченное время. Поэтому местным предприятиям сложно нанять столько сотрудников на неопределенный срок, чтобы удовлетворить возросший спрос из-за фестиваля. Однако более разумно, что из-за краткости праздников новые рабочие места не создаются на неопределенный срок и что местные предприятия могут справиться с увеличением спроса за счет ненормированного рабочего дня своих сотрудников. Там, где это невозможно, правдоподобно наличие новых краткосрочных допущений, совпадающих с последним событием.

Брендинг дестинации играет ключевую роль в индустрии туризма; он создает образ туристического направления в сознании потребителей. Иногда одним из основных аспектов процесса создания бренда региона выступает сам образ фестиваля, который затем встраивается в конечный туристический продукт. Поэтому фестивальные бренды часто влияют на имидж общерегионального бренда.

Позиция, которую занимает фестиваль в создании регионального бренда, различается в зависимости от ситуации. На самом деле, очевидно, что не все фестивали имеют одинаковую значимость в пределах региона - это может зависеть от разных причин и факторов, связанных с конкретным случаем.

В других случаях, фестивалям удается создать или изменить бренд дестинации, и это может зависеть от определенных особенностей мероприятия, таких как большое количество посетителей, долговечность, государственная поддержка и широкое освещение в СМИ. В любом случае, независимо от того, укрепляется ли бренд дестинации или модифицируется, возникает представление о том, что местные фестивали могут влиять на имидж дестинации посетителей. Тем более, что фестиваль рассматривается как привлекательная черта, позволяющая завоевать популярность среди гостей и гостей города. Привлекательность является ключевым элементом успеха фестиваля и может внести значительный вклад в брендинг дестинации.

Еще одним ключевым элементом успеха местного мероприятия, который также влияет на бренд направления, является наличие соответствия между темой фестиваля и принимающим регионом. Несоответствие между темой, охватываемой фестивалем, и темой, реализуемой регионом в его туристической стратегии, не способствует созданию бренда дестинации, чему,

напротив, способствует наличие согласованности между этими двумя направлениями. два элемента. Так обстоит дело с Еврошоколадом в Умбриии (Перуджа), где и фестиваль, и регион имеют сильный имидж и репутацию, связанную с культурой кондитерских изделий.

Наконец, как обсуждалось выше, еще одним преимуществом местных мероприятий в создании брендинга дестинации является их уникальность. Фестивали, предлагающие уникальный опыт или воспринимаемые участниками как уникальные, могут привлечь больше посетителей, чем те, которые не предоставляют такого опыта. Уникальность фестиваля играет важную роль в построении брендинга дестинации, так как если событие занимает видное место, уникальность фестиваля распространяется на весь имидж региона. Однако далеко не всегда фестивали оказывают большое влияние на создание бренда дестинации. Основная проблема - масштаб и популярность мероприятия: если оно слишком маленькое или не ориентировано на туристов, то не может повлиять на создание местного бренда. Эта проблема может возникнуть из-за слабого освещения местных событий в СМИ. В конечном счете, причины, по которым событие оказывает влияние на местный бренд, можно резюмировать следующим образом: размер, популярность, государственные СМИ, освещение в СМИ, уникальность, соответствие между темой фестиваля и привлекательностью.

Каждый фестиваль должен стремиться занять видное место в бренде своего региона, потому что это означает, что событие признано на туристической сцене, способно привлечь достаточное количество участников, преуспевает в сохранении экономической выгоды и получении прибыли, имеет хорошие отношения с местными органами власти и другими заинтересованными сторонами [1].

Среди этих атрибутов посетители вызывают наибольшую озабоченность у руководства фестиваля, поскольку платежеспособные клиенты почти всегда являются первым источником прибыли для фестиваля. Неспособность привлечь достаточное количество посетителей станет залогом успеха мероприятия. Если это произойдет, руководство обязательно должно реализовать стратегии по улучшению своей позиции по отношению к конкурентам, чтобы привлечь больше посетителей. Одним из первых шагов, который необходимо решить, безусловно, является создание имиджа фестиваля: фестивального бренда. Этот процесс определяется как брендинг фестиваля, который является частью общего брендинга дестинации.

Эффективное создание фестивального бренда — это стратегия, которую следует учитывать, когда фестиваль не имеет успеха или

просто, когда полезно улучшить положение фестиваля на туристическом рынке, как в случае с Калабарским карнавальным фестивалем. В конечном итоге создание бренда и реализация определенных эффективных коммуникационных стратегий позволяют улучшить позиции мероприятия на туристической сцене.

Конечно, хотя увеличение уровня туризма, вызванного фестивалями, приносит дестинации много преимуществ, на него также будут влиять негативные последствия этого явления. Во-первых, большое количество посетителей, особенно если объект не является крупным городом, может причинить повышенные неудобства местному населению, например, пробки, повышенное загрязнение и заторы. Кроме того, что касается сопутствующих расходов, фестивали, особенно те, которые организуются для общественных целей, часто извлекают выгоду из прямых взносов своего государственного органа, которые могут быть ограничены местными или даже привлекаться более высокими общественными сферами. Кроме того, местным органам власти придется взять на себя комплекс расходов на регулярное проведение фестиваля, таких как усиление безопасности и здравоохранения или городской мусор.

Наконец, с одной стороны, есть некоторые сферы бизнеса, которые, безусловно, выиграют от увеличения туристического потока; с другой стороны, есть направления, которые могут потерять доход от обычных клиентов во время фестиваля, то есть местных. На самом деле они могли удовлетворять свои потребности в других точках торговли, чего не было бы, если бы фестиваль не проводился. Поэтому, чтобы избежать этого, необходимо разработать стратегии управления туризмом.

Учитывая важность фестивалей для туризма, основным аспектом, с которым придется сталкиваться руководству фестиваля, является поддержание, по крайней мере, постоянного или даже увеличения количества посетителей, посещающих мероприятие. Поддержание определенных туристических потоков, помимо гарантии выживания самого фестиваля, может на более позднем этапе выделить сам фестиваль. Следовательно, изучение поведения посетителей и, в частности, удовлетворенности клиентов должно играть центральную роль в разработке возможных стратегий, которые необходимо реализовать, поскольку это может включать в себя динамику, побуждающую посетителей участвовать в мероприятии.

Фестивали рождаются с конкретной целью распространения местной культуры, они оказывают стимулирующее воздействие на местную экономику, которое, в зависимости от обстоятельств, может быть фундаментальным

или нет. Как описывалось выше, фестивали создают хорошие возможности для экономики принимающего региона, поскольку они производят богатство, которое позволяет развиваться региону.

### *Литература*

1. Все о туризме. Событийный туризм как динамично развивающееся направление в современных условиях. URL: [http://tourlib.net/statti\\_tourism/zarvanskaya.htm](http://tourlib.net/statti_tourism/zarvanskaya.htm) (дата обращения 11.01.2023)

2. Высшее образование. Особенности событийного туризма. URL: <http://vuzirossii.ru/publ/turizm/1-1-0-4181> (дата обращения 22.12.2022)

3. Нарута Я.С., Гарина Т.А. Событийный туризм: понятия, виды, классификация. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 11, выпуск 6. С. 1158-1162.

4. Сервисная экономика: международные рынки услуг и инновации: [монография] / Хорева Л.В., Архипов А.В., Волошинова М.В. [и др.]: Изд-во СПбГЭУ, 2018.

5. Festival «Kiwiburn» [Электронный ресурс]. URL: <https://kiwiburn.com/> (дата обращения: 23.12.2022).

УДК 338.001.36

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОЦИАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ И СУВЕРЕНИТЕТА СТРАНЫ**

М.А. Комиссарова<sup>1</sup>, В.Н. Семенова<sup>2</sup>

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, 346428, Россия, Новочеркасск, ул. Просвещения, 132.*

В статье рассмотрены новые технологии, используемые в современном мире, которые постоянно трансформируются, приобретают новые формы. В данной статье сравниваются существующие западные квантовоинформационные технологии, которые активно применяются в США для обеспечения безопасности и достижения поставленных целей с энергоинформационными технологиями, разработанными в России. Представлен сравнительный анализ и преимущества технологий в России.

*Ключевые слова:* безопасность, суверенитет страны, современные технологии, инвестиции, энергоинформационные технологии, социальная безопасность.

### **NEOTERIC TECHNOLOGIES AS A WAY TO ENSURE THE SOCIAL SECURITY OF PEOPLE AND THE SOVEREIGNTY OF THE COUNTRY**

M.A. Komissarova, V.N. Semenova

*Platov South Russian State Polytechnic University (NPI), 346428, 132 Prosveshcheniya st., Novocherkassk, Russia.*

The article discusses new technologies used in the modern world, which are constantly transforming, acquiring new forms. This article compares the existing Western quantum information technologies that are actively used in the United States to ensure security and achieve goals with energy information technologies developed in Russia. A comparative analysis and advantages of technologies in Russia are presented.

*Key words:* security, sovereignty of the country, modern technologies, investments, energy information technologies, social security.

### **Введение**

В современном мире социальная безопасность и суверенитет страны во многом зависят от многих факторов, в том числе от уровня инвестиций и вклада государства в развитие

научной деятельности и в современные технологии. Обеспечение безопасности населения от различных угроз является одной из функций государства, направленной в том числе на поддержание защищенности прав и свобод граждан РФ.

<sup>1</sup>Мария Анатольевна Комиссарова — доктор экономических наук, профессор, доцент, заведующий кафедрой «Производственный и инновационный менеджмент», тел.: +7 (903) 472-27-19, e-mail: mari543@yandex.ru;

<sup>2</sup>Вера Николаевна Семенова — аспирант кафедры «Производственный и инновационный менеджмент», тел.: +7 (952) 418-46-55, e-mail: bree05@inbox.ru

При этом задачи обеспечения безопасности отдельной личности, населения и государства носят всеобщий характер и направлены на сохранение суверенитета страны, именно сохранением суверенитета государства во многом обеспечивается безопасность ее граждан, а также самостоятельность политической и экономической деятельности.

В настоящее время зарубежные научно-исследовательские центры, частные и государственные лаборатории имея в своем распоряжении необходимое финансирование превосходят по численности людей вовлеченных в развитие новых технологий. Инвестиции в новейшие технологии, в том числе в развитие квантовоинформационных технологий неуклонно растут, особенно данная динамика роста наблюдается в США, в которой инвестиции в исследования и разработку квантовых компьютеров составляют миллионы долларов (рис.1).

При достаточном финансировании НИОКР, в том числе и со стороны не только государства, но и других частных компаний, возможно развитие новейших технологий с привлечением множества специалистов из различных сфер, которые смогут реализовывать поставленные задачи по осуществлению проектов направленных на создание технологий способных обеспечить социальную безопасность граждан и страны в целом.

Отметим, что лидером в развитии данных технологий является Китай, который в январе 2022 г. запустил финансирование на 15 млрд. долл. в рамках пятилетнего плана [13].

Расходы на исследования по проекту Национальной квантовой инициативе

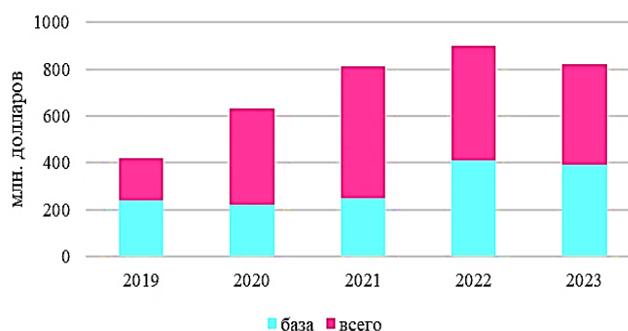


Рисунок 1 – Бюджет США по проекту Национальной квантовой инициативе

Для сравнения в России правительством в 2020 г. было объявлено об инвестициях в размере 800 млн долл. в разработку технологий квантовых вычислений [14], но отметим, что несмотря на невысокий уровень инвестиций развитие данных технологий в России на высоком уровне, благодаря огромному вкладу отечественных исследователей.

На рис.2 представлено государственное финансирование квантовых технологий в мире, которое демонстрирует, что лидеры — США, Канада, Западная Европа, Китай опережают другие страны по государственному инвестированию в развитие и исследования квантовых технологий, а общая сумма мировых вложений составила 30 млрд. долларов в 2022 году.

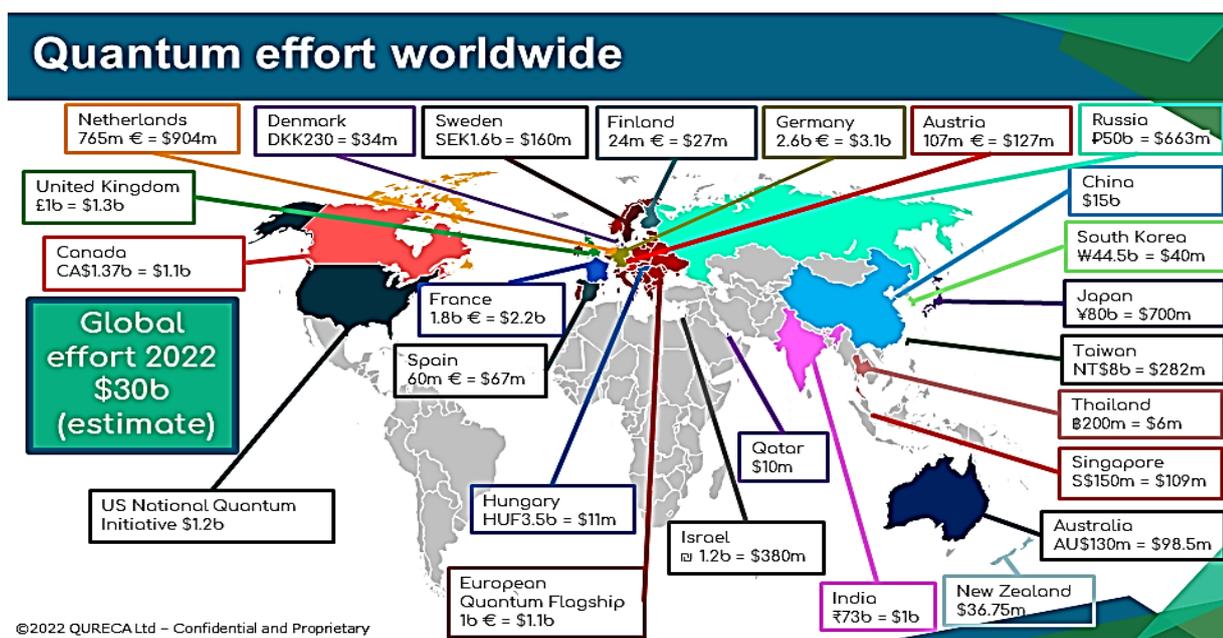


Рисунок 2 – Обзор государственного финансирования квантовых технологий

Исследования данных технологий, проведенные учеными в конце прошлого и в начале этого столетия, дали возможность более глубокого понимания квантовой механики для объяснения закономерностей и контроля квантового мира и квантовых эффектов. Этот контроль предоставляет технологии новые способы получения, обработки и передачи информации как часть новой научной области, известной как квантовая информационная наука (quantum information science, QIS) объединяющая квантовую механику и теорию информации, что также открывает огромные возможности для владеющих данными технологиями, что также объясняется огромным интересом со стороны разных государств в том числе и для решения задач обеспечения безопасности и суверенитета государства.

### Методы и решения

В основе квантовоинформационных технологий лежит наука – квантовая энтропийная логика, созданная специалистом по квантовой физике и электронике Теодором Ван Ховеном в конце 80-х годов прошлого столетия и основанная на теории информационного обмена Клода Шеннона. Одновременно и независимо в СССР Святослав Нестеров создал аналогичную аппаратуру, получившую общее название для подобных устройств – мозговые машины.

Позднее в конце 90-х годов прошлого столетия члены комиссии Американского физического общества (American Physical Society, APS) описывая в отчете «Научные и технические аспекты развития систем психотронного оружия (PAS) (Scientific and technical aspects of development of psychotron arms systems)» возможности применения данной технологии рекомендуют их для решения задач, связанных с вопросами обороны страны. В ходе проведенных исследований было выявлено, что данные устройства имеют возможность дистанционного влияния на сложные электронные устройства и психические функции живых организмов. [1, 2]

Одновременно исследования энергоинформационных полей проводились в России, которые были продолжены в 2015г. в частном исследовательском центре А.А. Орловым и в настоящее время являются по ряду показателей более эффективными, в том числе по затратам и безопасности [3].

Рассмотрим существующие нелинейные системы для обеспечения безопасности в США и России. Созданная в 2006 году в США программа, разработанная в университете Пердью в

Индиане в «Лаборатории синтетической среды для анализа и моделирования» (Synthetic Environment for Analysis and Simulations Laboratory) – «Симуляции Разумного Мира (Sentient World Simulation, SWS основана на платформе SEAS)» использовалась Министерством обороны США (DOD).

В программе создана синтетическая среда для анализа и моделирования различных ситуаций и представляет собой постоянно работающую, постоянно обновляемую зеркальную модель реального мира, которую можно использовать для прогнозирования и оценки будущих событий и моделирования необходимых действий.

SWS реагирует на реальные события, происходящие в любой точке мира, основываясь на новые корпоративные данные, полученные в реальном времени, и изучает любые возможные сценарии. В основе SWS – синтетическая среда, отражающая реальный мир по всем его ключевым аспектам – политическим, военным, экономическим, социальным, информационным и инфраструктурным.

В синтетическом мире есть модели всех людей, организаций, институтов, инфраструктуры, географических регионов с характерными чертами, которые имитируют поведение своих соответствующих аналогов в реальном мире. По мере того, как модели влияют друг на друга и на общую синтетическую среду, поведение и тенденции возникают в синтетическом мире так же, как и в реальном мире. Можно провести анализ тенденций в синтетическом мире, чтобы подтвердить альтернативные мировоззрения. [4] Предполагается что данная программа создана для обеспечения безопасности страны и ее граждан от возможных непредвиденных обстоятельств как природного характера, так внешнего и внутреннего вмешательства в повседневную жизнь страны.

В настоящее время квантовые компьютеры намного превосходят суперкомпьютеры и компьютеры и возможности квантовых технологий стали более широкими, что способствовало росту инвестиций как со сторон правительства, так и частных компаний [13].

Одним из эффективных инструментов в квантовоинформационных технологиях является использование квантовых датчиков, позволяющих определять местоположение объектов под водой и под землей, а также обнаруживать объекты, которые скрыты различными барьерами [5]. Необходимо отметить, что данные технологии представляются общественности как

способы обеспечения суверенитета страны и сохранения национальной безопасности, так как считается что при их использовании становится возможным предопределение различных ситуаций. Согласно отчету APS, область применения PAS (Publicly Available Specification) (рис.3).

Квантовый датчик – низкочастотный квантовый резонанс Krick oscillator возможно также размещать на космической платформе и использовать генератор Крика в качестве эффективного оружия для отключения механизмов, оружия и прямого нападения [1].

Правительство США обеспокоено достижениями в области квантовых технологий, достигнутых за пределами страны, так как осведомлено, что квантовые технологии можно использовать как в мирных, так и военных целях. Поэтому правительство США вкладывает миллиарды долларов в развитие QIS и исследовательские проекты, которые осуществляются через исследовательские агентства вооруженных сил и через национальные лаборатории Министерства энергетики, также существуют частные лаборатории, занимающиеся аналогичными разработками.

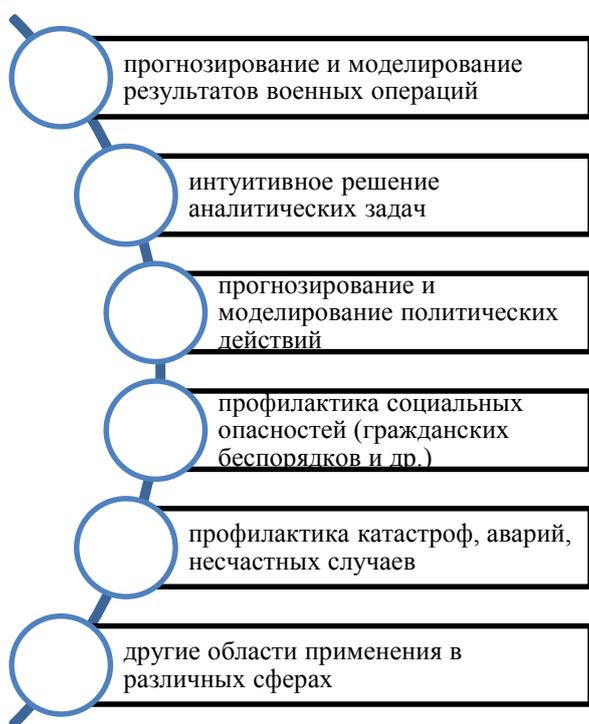


Рисунок 3 – Область применения PAS (Publicly Available Specification)

Подписанный президентом Дональдом

Трампом в декабре 2018 года акт о Национальной квантовой инициативе (NQIA) предполагает финансирование на исследования и изучения в размере 1,2 миллиарда долларов. Проект (NQI), возглавляет Национальный институт стандартов и технологий (National Institute of Standards and Technology, NIST), Национальный научный фонд (National Science Foundation, NSF) и Министерство энергетики. [6] В 2022 году вложения на исследования по NQI составили около 900 млн. долларов. [7]

Необходимо отметить, что в США используются инновации из частных компаний, при этом Министерство обороны США (DoD) и военные службы создали ряд оборонных инновационных организаций (DIO), чтобы помочь создать сообщества новаторов и ускорить идентификацию, разработку и внедрение военных коммерческих технологий, разработанных частными компаниями. [8]

Правительство США также определило задачу укрепления партнерских отношений с союзниками и партнером нации в контексте национальной безопасности и подписало несколько совместных заявлений и международных соглашений, предполагающих сотрудничество в исследованиях и разработках квантовых технологий. [9]

Несмотря на то, что государства активно развивают квантовоинформационные технологии, на сегодняшний день 2/3 американских лабораторий и центров используют уже прогрессивные энергоинформационные технологии, разработанные в лаборатории в РФ А.А. Орловым в Санкт-Петербурге [10], [11]. Данные технологии предполагают введение в необходимое для получения информации состояние более эффективными и защищающими от негативных последствий состояние. Область применения данных технологий позволяет просматривать различные события как в недалеком прошлом, настоящем так и в будущем в нескольких вероятностных событиях и в одном наиболее вероятном могут просматриваться западными специалистами – операторами, работающими с квантовыми компьютерами и в специальных очках.

На практике, при использовании энергоинформационных технологий было замечено, что западные операторы могут вести постоянное наблюдение как за определенными лицами (стандартная смена составляет 3 - 4 часа), так и за людьми, выбранными по какой-либо причине, с возможностью влияния для получения необходимых им результатов. Такие вмешательства, выявленные в том числе и посредством данных

технологий, можно рассматривать как нарушение социальной безопасности страны в целом, так и определенных граждан, подвергшихся такому вторжению.

Для получения необходимых результатов западные специалисты - операторы в группе по несколько человек в выездных лабораториях присутствуют в непосредственной близости, от крупных мероприятий, в том числе и международных (саммит G20 – межправительственный форум, в который входят 19 стран и Европейский союз), находясь в автобусах с квантовыми компьютерами могут влиять на принятие решений представителей других стран. Финансируют проведения данных работ государства, в частности которые занимаются разработками таких технологий и можно сказать, что их использование безусловно нарушает суверенитет стран, которые подвержены такому влиянию.

Важно отметить, что использование глобальных энергоинформационных технологий дает возможность не только обнаруживать и просматривать подобные негативные действия, но и могут защищать от подобных действий. Использование энергоинформационных и квантовоинформационных технологий также будет полезным в правовой и юридической сфере так как возможно просматривать прошедшие события и находить людей участвующих в данных событиях в более короткий срок чем это предполагает традиционное ведение дел, где процессы могут проходить от нескольких месяцев до нескольких лет, в то время как с новыми методиками можно получить необходимую информацию в короткого промежутка времени (возможно увеличение времени для более точного рассмотрения деталей, но в целом для получения общей картины произошедшего достаточно одного сеанса). Соответственно данные технологии способствуют обнаружению нарушителей порядка, что необходимо для поддержания безопасности граждан страны.

В настоящее время несмотря на то, что работы с компьютером на западе постепенно заменяются энергоинформационными технологиями, многие компании, как и государства до сих пор активно финансируют все новые проекты, связанные с квантовоинформационными науками, так как считаются проверенными технологиями, которые можно сказать стали уже традиционными, и использовались уже более 20 лет, хотя безусловно со временем использовались все новые техники.

Государства, как было ранее отмечено, активно вкладывают в разработки новых систем

искусственного интеллекта и машинного обучения, которым люди могут доверять по вопросам улучшения методов организации национальной безопасности, а в таких странах как Китай Artificial Intelligence (AI) уже используется в судебной системе для вынесения приговоров.

Естественно, что данные технологии становятся все более популярными и в исследования государства и частные компании и инвесторы вкладывают финансовые средства. Использование AI во всех аспектах жизни будет расти, и темпы инноваций будут продолжать ускоряться. [12]

### **Заключение**

В целом можно сделать вывод что и в России и за рубежом используются новые технологии, которые при применении их безусловно будут способствовать сохранению как безопасности страны так и социальной безопасности граждан при их повсеместном использовании. Популяризация данных технологий будет способствовать развитию страны в целом, поэтому сегодня необходимо более широко масштабировать изучать в образовательных учреждениях вопросы использования данных технологий.

Помимо описанных в данной статье нелинейных методов обеспечения безопасности жизнедеятельности, существуют также традиционные способы, которые также постоянно используются в повседневной жизни и будут использоваться и в будущем. Их дальнейшее усовершенствование является возможным благодаря энергоинформационным и квантовоинформационным технологиям, что будет способствовать лучшему пониманию необходимых изменений для лучшей структуризации жизни. Их использование в сравнении с традиционными исследованиями можно проводить в намного более короткий срок, что также является большим преимуществом. Поэтому данные новые технологии будут способствовать улучшению жизнедеятельности страны и ее граждан.

Что касается квантовых компьютеров, то можно с уверенностью сказать, что данные технологии будут и дальше активно и успешно развиваться, так как это безусловно перспективная область для исследования, но коллаборация человека и компьютера как оказалось не совсем удачной идеей в данной технологии. Отличие отечественных и зарубежных технологий заключается в том, что в энергоинформационных технологиях работы проводятся автономно без использования компьютеров и веществ необхо-

димых для снижения мозговой активности, возможности российских техник работы довольно сильно превосходят квантовоинформационные и требуют меньше ресурсов для выполнения поставленных задач. В будущем конечно возможно переосмысление и усовершенствование имеющихся технологий, которые будут существовать более успешно.

Область применения данных технологий довольно обширна и можно выделить, что для обеспечения социальной безопасности людей и суверенитета страны данные технологии могут широко использоваться и решать поставленные задачи.

### Литература

1. A. Holecome, A. Feyber, N.Blumbergen, C.Patel, P. Avisonis, R.Clem, A. Geriberg, T. Johnson, T. Marshall, W. Morrow, E. Vitchinsky, E. Sessler, G. Sallivan, G. Vayant, E. Yariv, T. Dressler, R. Zeir, E. Krick, R. Jan, R. Morris, S. Brown, Report of group of the American Physical Society “Scientific and technical aspects of development of psychotron arms systems”, 1998. p 638.
2. Edited by V.I. Nesterov, Physical basics of informational interaction: Collection of articles / Edited by V.I. Nesterov. – Moskow: Prospekt Publishing, 2012. – 68 p. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.scancoaching.nl/wp-content/uploads/2014/10/Physical%20Basics%20of%20Informational%20Interaction%20pub.pdf>.
3. А.А. Орлов, Теория энергоинформационных полей матрицы Земли и космоса (закрытое издание) - Санкт-Петербург: ИП Новиков Д. Б., 2023. – 340 с.
4. T.Cerri, Dr. A. Chaturvedi, Sentient World Simulation (SWS): A Continuously Running Model of the Real World, Purdue University, 2006, p 9, [Электронный ресурс]. URL: [https://krannert.purdue.edu/academics/MIS/workshop/papers/AC2\\_100606.pdf](https://krannert.purdue.edu/academics/MIS/workshop/papers/AC2_100606.pdf)
5. C. J. Hoofnagle, S. Garfinkel, Law and Policy for the Quantum Age, Cambridge University Press, 2022, p 602, <https://doi.org/10.1017/9781108883719>
6. National Strategic Overview for Quantum Information Science, Product of the Subcommittee on Quantum Information Science Under the Committee on Science of The National Science & Technology Council, September 2018, [Электронный ресурс]. URL: [https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2020/10/2018\\_NSTC\\_National\\_Strategic\\_Overview\\_QIS.pdf](https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2020/10/2018_NSTC_National_Strategic_Overview_QIS.pdf)
7. National Quantum Initiative Supplement to The President’s FY 2023 Budget, A Report by the Subcommittee on Quantum Information Science Committee on Science of The National Science & Technology Council, January 2023 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2023/01/NQI-Annual-Report-FY2023.pdf>
8. Brodi Kotila, Jeffrey A. Drezner, Elizabeth M. Bartels, Devon Hill, Quentin E. Hodgson, Shreya S. Huilgol, Shane Manuel, Michael Simpson, Jonathan P. Wong, Fostering Innovation in Military Technology, Strengthening DoD’s Commercial Technology Pipeline, 2023, p 6 [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.7249/RBA1352-1>, [https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research\\_briefs/RBA1300/RBA1352-1/RAND\\_RBA1352-1.pdf](https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_briefs/RBA1300/RBA1352-1/RAND_RBA1352-1.pdf)
9. Edward Parker, Promoting Strong International Collaboration in Quantum Technology Research and Development, 2023, p 32 [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.7249/PEA1874-1>, [https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/perspectives/PEA1800/PEA1874-1/RAND\\_PEA1874-1.pdf](https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/perspectives/PEA1800/PEA1874-1/RAND_PEA1874-1.pdf)
10. А.А. Орлов, Глобальные энергоинформационные технологии. Теория гипнотических трансов (закрытое издание) - Санкт-Петербург: ИП Новиков Д. Б., 2023. – 465 с.
11. А.А. Орлов, Боевой Гипноз - Санкт-Петербург: ООО «Инфо-ра», 2021. – 174 с.
12. Eric Schmidt, Chair Robert Work, Vice Chair, Safra Catz, Eric Horvitz, Steve Chien, Andrew Jassy, Mignon Clyburn, Gilman Louie, Chris Darby, William Mark, Kenneth Ford, Jason Matheny, José-Marie Griffiths, Katharina McFarland, Andrew Moore, National Security Commission on Artificial Intelligence, Final Report, 2021, p 756. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nscail.gov/wp-content/uploads/2021/03/Full-Report-Digital-1.pdf>
13. Лидеры квантовой гонки: динамика мировых инвестиций // [Электронный ресурс]. URL: <https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/lidery-kvantovoy-gonki-dinamika-mirovykh-investitsiy>

## АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УРОВЕНЬ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНОВ (НА ПРИМЕРЕ СТРАН ЛАТИНСКОЙ АМЕРИКИ)

С.К. Лунева<sup>1</sup>, Д.Д. Логинова<sup>2</sup>

*Санкт-Петербургский государственный экономический университет (СПбГЭУ),  
Россия, 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А.*

В статье проведен анализ факторов, влияющих на уровень преступности в странах Латинской Америки. Интерес к странам данного региона обусловлен ростом темпов экономического роста, однако несмотря на положительную динамику социально-экономических показателей наблюдается высокий уровень преступности. В исследовании проведен сравнительный анализ стран Латинской Америки по преобладанию видов преступной деятельности в каждой стране и зависимость уровня преступности от разных факторов.

*Ключевые слова:* Латинская Америка, безопасность, преступность, социально-экономические факторы, безопасность, противоправные действия, преступления, безработица.

### ANALYSIS OF SOCIO-ECONOMIC FACTORS AFFECTING THE LEVEL OF SECURITY OF THE POPULATION OF THE REGIONS (ON THE EXAMPLE OF THE COUNTRIES OF LATIN AMERICA)

S.K.Luneva, D.D.Loginova

*St. Petersburg State Economic University (SPbGEU),  
Russia, 191023, St. Petersburg, nab. Griboyedov Canal, 30-32, letter A.*

The article analyzes the factors influencing the level of crime in Latin America. Interest in the countries of this region is due to the growth in economic growth, however, despite the positive dynamics of socio-economic indicators, there is a high level of crime. The study carried out a comparative analysis of Latin American countries in terms of the prevalence of types of criminal activity in each country and the dependence of the level of crime on various factors.

*Key words:* Latin America, security, crime, socio-economic factors, security, illegal activities, crimes, unemployment.

#### Введение

Сегодня Латинская Америка, представляя один из наиболее активно развивающихся регионов, характеризующийся высокими темпами экономического развития, занимает всё более и более существенные позиции в мировых политических и экономических процессах.

Россия укрепляет межгосударственные связи с странами данного региона, которые в последние годы усиливаются. Несмотря на то, что страны Латинской Америки пока не являются ключевыми партнерами РФ, существуют перспективы роста российско-латиноамериканских отношений, вследствие чего усиливается внимание к исследованию различных аспектов стран данного региона. Страны данного региона характеризуются разным уровнем социально-экономического развития, а также уровнем безопасности, определяемой уровнем криминализации общества.

В теоретической модели американского

исследователя Г. Беккера представлена зависимость показателей преступности в стране от макроэкономических факторов, которые группируются в три блока:

- уровень экономического благосостояния по стране, определяемый среднедушевым уровнем доходов и степенью неравенства;
- состояние рынка труда, характеризующийся безработицей и уровнем заработной платы;
- состояние человеческого развития, определяемое образованием и вредными социальными привычками [13].

По мнению экспертов, экономическое развитие общества является одним из важнейших факторов, влияющих на уровень криминализации. Рассмотрим факторы, влияющие на уровень преступности в странах Латинской Америки.

В период с 2000 г. по 2021 г. показатель ВВП региона вырос в 2,5 раза (рис. 1), что составило примерно 14% от общемирового значения.

*Лунева Светлана Курусовна – старший преподаватель кафедры безопасности населения и территорий от чрезвычайных ситуаций СПбГЭУ, тел.: +7-911-915-16-70, e-mail: isvetlana1508@mail.ru  
Логинова Дарья Денисовна – студент СПбГЭУ, тел. : +79611131466, e-mail: DariaL98@yandex.ru*

По темпам роста экономики такие латиноамериканские страны, как Панама, Чили и Доминиканская Республика входят в первую двадцатку среди всех государств мира. Растёт и объём прямых иностранных инвестиций (ПИИ) в Латинскую Америку [10].

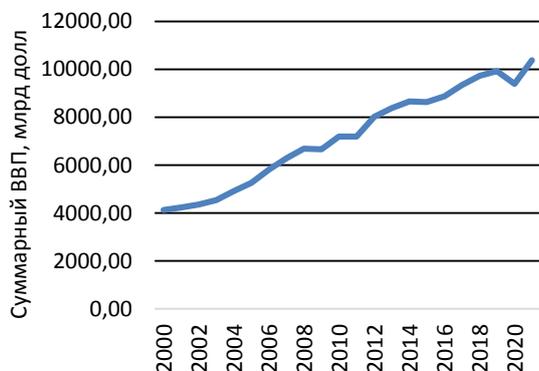


Рисунок 1 – Динамика ВВП латиноамериканского региона 2000 – 2021 гг. (млрд долл. США) [10]

Однако, несмотря на заметную положительную динамику многих социально-экономических показателей, в регионе остаются проблемы, которые оказывают заметное отрицательное воздействие на скорость и темпы его развития, на безопасность населения.

Одной из актуальных проблем является высокий уровень преступности в государствах данного региона. По состоянию на 2022 г. на территории Латинской Америки проживало 4,4% населения планеты, но при этом на неё приходилось 38,3% всех убийств на Земле. Анализ источников преступности представляет, что в латиноамериканских странах ежегодно совершается в среднем 146 тыс. убийств или приблизительно 400 убийств в день [1]. Согласно исследованию Управления ООН по наркотикам и преступности по общему числу насильственных смертей Латинская Америка является лидером среди всех регионов мира, опережая Африку и Азию [11].

Помимо этого, для региона характерна большая доля и других преступлений, среди которых особое место занимают похищения, сексуальное насилие, торговля оружием и наркотиками.

По данным статистического портала Numbeo в 2022 г. шесть стран Латинской Америки наряду с Афганистаном и Сирией входили в первую десятку государств мира с самым высоким уровнем преступности [7].

### Материалы и методы

Анализ стран ЛА по наибольшим пока-

зателям, связанными с различными преступлениями (убийства, похищения, нападения, случаи сексуального насилия, торговли людьми, оружием и наркоторговли), представляет, что главенствующее положение среди стран занимает Колумбия (рис. 2). Данное государство занимает лидирующую позицию по уровню преступности, связанной с производством и продажей наркотических веществ (в первую очередь кокаина), а также лидирует по количеству случаев торговли оружием, людьми и нападений с причинением тяжких телесных повреждений.

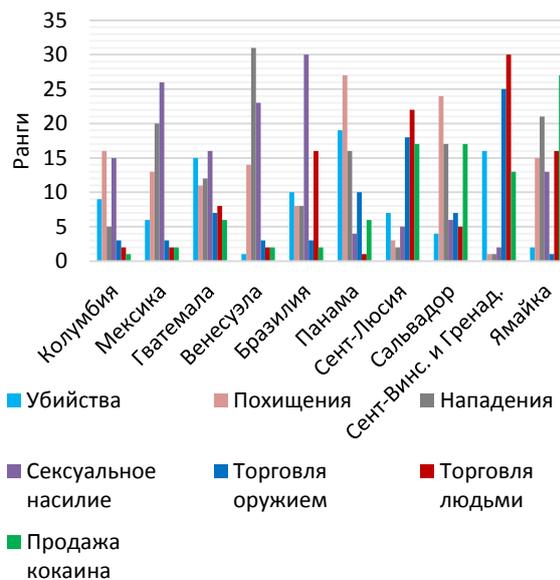


Рисунок 2 – Показатели стран Латинской Америки с наибольшей долей различных преступлений в расчёте на 100 тыс. чел. (ранги, 2019 г.) [9][10][11]

На втором месте располагается Мексика, которая, как и Колумбия, входит в ТОП-3 стран региона с наивысшим числом противоправных деяний, связанных с наркоторговлей, торговлей оружием и людьми. На третьей строчке находится Гватемала, на четвёртой – лидер по количеству убийств на 100 тыс. жителей, Венесуэла. Пятой признана крупнейшая по площади и численности населения в регионе Бразилия, которая благодаря своему географическому расположению является важной точкой на карте американского наркотрафика.

Панама, которая по показателю ВВП на душу населения в Латинской Америке, занимает второе место, является лидером по доле осуждённых за торговлю людьми, в рейтинге стран с самой сложной криминогенной обстановкой занимает шестое место. Седьмое и восьмое место занимают Сент-Люсия и Сальвадор. На девятой позиции находится небольшое островное государство Сент-Винсент и Гренадины, характери-

зующееся наивысшими показателями похищений и нападений в регионе. Закрывает десятку наиболее неблагополучных с точки зрения преступности латиноамериканских стран государство с самым большим числом выявленных фактов незаконной торговли оружием, продажей кокаина, а также высоким уровнем убийств, Ямайка [9], [10], [11].

Необходимо отметить, что в данном регионе отсутствует взаимосвязь между уровнем развития и уровнем криминализации и преступности, которая обычно носит условную обратную пропорциональную зависимость. В большинстве стран не наблюдается снижение уровня преступности с ростом социально-экономических показателей [5].

В период с 2000 г. по 2019 г. в большинстве государств Латинской Америки наблюдались заметные улучшения качества жизни, связанные с повышением ВВП на душу населения, значительным сокращением уровня бедности и экономического неравенства. При этом количество совершаемых преступлений осталось неизменным или даже увеличилось. Так, в Уругвае – самом безопасном латиноамериканском государстве, с начала века объём ВВП на душу населения возрос в 2,4 раза и одновременно почти в 2 раза произошел рост числа убийств и ограблений в перерасчёте на 100 тыс. чел.

Особенно сильно рост преступности за последние двадцать лет наблюдается в государствах Карибского бассейна: Доминике, Сент-Винсенте и Гренадинах, Гренаде, Барбадосе, Тринидаде и Тобаго и т. д., где количество различных преступлений увеличилось в среднем в 5,5 раз [10],[11].

На сегодняшний день чёткой причины, влекущей за собой повышение числа уголовно наказуемых деяний в латиноамериканском регионе, не выявлено. Тем не менее исследователи полагают, что существует не один, а целый комплекс факторов, приводящих к ухудшению криминогенной обстановки.

Одним из таких факторов является безработица [5]. В 18 из 29 стран региона, предоставивших статистику, уровень безработицы превышает среднемировой показатель в среднем на 82,4 %. В период с 2010 г. по 2019 г. рост количества совершённых преступлений сопровождалось повышением уровня безработицы в Аргентине, Боливии, Бразилии, Доминиканской Республике и Уругвае. Безработица в «самой преступной» стране Латинской Америки, Колумбии, несмотря на некоторое снижение, произошедшее за последнее десятилетие (-9,3%), по-прежнему остаётся высоким [10].

Серьёзная проблема для региона – высо-

кий процент безработной молодёжи, представители которой, как показывают исследования, чаще остальных совершают преступления (рис.3).

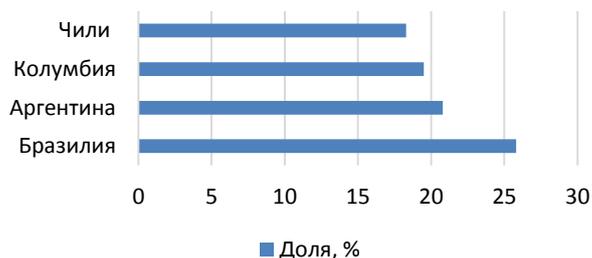


Рисунок 3 – Страны региона, с максимальной долей не сумевших трудоустроиться молодых мужчин в 2021 г., % [8]

Однако одного лишь факта занятости зачастую недостаточно для предотвращения вовлечения в преступную деятельность. Важным аспектом остаются условия работы и зарплата, которые в большой степени зависят от образования и навыков. Несмотря на тот факт, что система образования в большей части латиноамериканских государств развита достаточно хорошо, а доля государственных расходов на образовательные программы во многих из местных стран находится на среднем уровне или на уровне выше среднего по миру, образованность населения на низком уровне, что объясняется в том числе тем, что значительная часть денег, поступающих из бюджета, идёт на развитие университетов, а не школ и дошкольных учреждений.

Кроме того, в ряде латиноамериканских государств, даже таких относительно высоко развитых, как Бразилия, существует проблема неравного доступа к обучению. Качество образования зачастую строго пропорционально социальному положению семьи. Помимо этого, мотивация бедных слоёв населения отправлять своих детей учиться невелика. Гораздо выгоднее для семьи, если ребёнок как можно раньше начнёт работать. Нередко дети в достаточно раннем возрасте, стараясь хотя как-то выжить, попадают в криминальные группировки, увеличивая и без того высокий уровень преступности в регионе [4].

Ещё один фактор, оказывающий влияние на рост числа противоправных деяний, – низкий уровень правосудия. По словам Роберта Мугги, директора исследовательского института Игарпе в Бразилии, только 20 из 100 преступлений, совершённых на территории латиноамериканских государств, заканчиваются обвинительным приговором, что более чем в 2 раза ниже среднемирового значения (43 преступления из 100). Согласно отчёту Американского

университета, в Мексике за 2016 г. всего лишь 4,5% преступников, оказавшихся на скамье подсудимых, в итоге понесли наказание. Причиной такой ситуации является целый ряд различных обстоятельств, таких как слабая работа полиции, перегруженность судов, высокий уровень коррупции и т. д.

По данным, представленным международной организацией World Justice Project, по уровню правосудия 20 из 32 стран Латинской Америки (не включая Кубу) имеют показатели ниже средних по миру. Латиноамериканские государства, характеризующиеся самым низким уровнем верховенства закона (рис. 4), являются лидерами по количеству преступлений, связанных с торговлей оружием, людьми и наркоторговлей в регионе [1], [11].

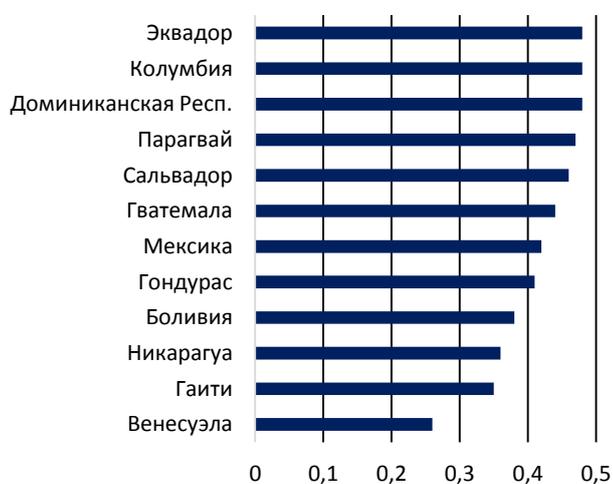


Рисунок 4 – Страны Латинской Америки с наименьшими показателями Индекса верховенства закона (индекс, 2022 г.) [1]

Проведённые упомянутым ранее бразильским институтом Игарапе исследования выявили тенденцию к росту процента семей с одним родителем в местных странах. В период с 1970 по 2000 гг. доля домохозяйств, возглавляемых матерями-одиночками, возросло с 7,3% до 15%. Это привело к ослаблению родительского контроля. В результате такие дети, оставаясь без должного внимания со стороны взрослых, чаще других попадали в «плохие» компании, что повышает вероятность оказаться в пенитенциарных учреждениях [5].

Характерными проблемами для латиноамериканского региона на протяжении длительного времени считаются такие явления, как высокий уровень миграций населения и ложная урбанизация.

Являясь транзитными пунктами на пути мигрантов в богатую и развитую Северную Америку, центральноамериканские страны чаще

других сталкиваются с негативными последствиями данного процесса. Особенно сильно эти последствия проявляются на севере Мексики, вблизи границ с главным рынком сбыта запрещённой продукции, США. Приграничные мексиканские штаты служат основными «базами» для группировок, промышленяющих торговлей оружием и наркотиками, а также осуществляющих контрабанду и др. незаконную деятельность. Здесь находятся города, признанные самыми опасными в мире, – Тихуана и Хуарес. Ежегодно в их пределах совершается рекордное в стране число убийств, вооружённых ограблений, изнасилований, угонов автомобилей и др. преступлений. Тихуана, помимо всего прочего, известна как один из крупнейших центров похищения людей для их последующей продажи [3].

Процесс урбанизации в Латинской Америке имеет ошеломляющие темпы. С 50-х гг. XX в. доля городского населения в регионе увеличилась с 40% до 82%, т. е. более чем в 2 раза. Например, численность населения Сан-Паулу за последние 70 лет выросла на 8 млн, в то время как население Нью-Йорка за схожий период стало больше всего на 1 млн. Такое масштабное разрастание городов подрывает их социальную структуру и способность в равной степени предоставить жителям необходимые услуги: работу, медицину, образование и т. д. – и влечёт расширение трущобных поселений по их окраинам. Фавелы, по большей части представляя собой маргинальные районы, характеризуются самым высоким уровнем преступности по сравнению с другими частями городов [6].

Безусловно, существуют программы, направленные на «облагораживание» трущоб. Одна из них была относительно успешно реализована Бразилией перед проведением в стране чемпионата мира по футболу в 2014 г. в отношении Росиньи – наиболее известной трущобной застройки в Латинской Америке, прилегающей к Рио-де-Жанейро. Однако подобные случаи единичны. Зачастую правительство не имеет достаточных средств или не желает направлять их на борьбу с главным рассадником преступности. Да и безопасность Росиньи, на которой настаивают местные власти, весьма условна. Район по-прежнему является опасным и не рекомендуется для посещений [2].

Существуют факторы, которые часто ассоциируются с преступностью, но в большинстве случаев не имеют убедительного статистического подтверждения. Так, не всегда можно проследить прямую связь между долей населения, употребляющего наркотики, и криминогенной обстановкой. А вот связь между производством наркотических веществ и количеством противозаконных деяний всё-таки существует.

Тесная взаимосвязь имеется между потреблением алкоголя и насильственными преступлениями. Причём согласно исследованию, проведённому в 12 латиноамериканских государствах, из злоупотребляющих спиртным женщин большую часть составляют ранее подвергшиеся насильственным действиям. 7 из 10 стран Латинской Америки, являющихся лидерами по числу случаев сексуального насилия, являются также и лидерами по среднему объёму потребления алкоголя (рис. 5), а также по потреблению алкоголя отдельно женщинами и мужчинами [5][11][12].

В регионах, где были введены ограничения на употребление алкоголя – например, в городах Богота (Колумбия) и Диадема (Бразилия), – произошло снижение такого рода преступности [5].



Рисунок 5 – Страны -лидеры по количеству случаев сексуального насилия в Латинской Америке (случаи на 100 тыс. чел., 2019 г.). Тёмным цветом обозначены страны-лидеры по потреблению алкоголя на душу населения [11], [12]

Определённое влияние на показатели сексуального насилия оказывает гендерное неравенство в большинстве стран региона, а также упомянутые выше низкий уровень правосудия и вытекающее из этого недоверие со стороны населения. Лишь незначительная доля женщин заявляет в полицию об акте насилия, ещё меньшее количество уголовных дел «доходит» до суда, и совсем незначительное число преступников в итоге получают наказание [5].

### Заключение

Таким образом, значительному уровню

преступности в Латинской Америке способствует целый ряд факторов, причём в разных странах региона эти факторы имеют различную степень значимости. В исследовании выявлено, что наибольшее влияние на криминогенную обстановку в Бразилии оказывают высокие показатели безработицы и экономического неравенства населения, в Мексике важную роль играет безработица среди молодёжи, большой процент разводов, а также географическая близость с США. Низкий уровень жизни в целом приводит к росту преступности на Гаити и в отдельных регионах других стран Латинской Америки. Для повышения безопасности населения необходимо не только повышать экономический уровень, но и проводить активную социальную политику по целенаправленной защите наиболее незащищенных групп населения.

### Литература

1. Гуманитарный портал [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://gtmarket.ru> - (22.03.2023), - Рус. яз.
2. Рамблер [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://news.rambler.ru> - (24.03.2023), - Рус. яз.
3. Armormax [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://www.armormax.com> - (24.03.2023), - Англ. яз.
4. Brasil.ru [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://brasil.ru> - (23.03.2023), - Рус. яз.
5. Igarapé Institute [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://igarape.org.br> - (24.03.2023), - Англ. яз.
6. Insider [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://www.businessinsider.com> - (24.03.2023), - Англ. яз.
7. Numbeo [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://www.numbeo.com> - (24.03.2023), - Рус. яз.
8. OECD.Stat [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://stats.oecd.org> - (23.03.2023), - Англ. яз.
9. The Organized Crime Index [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://ocindex.net> - (23.03.2023), - Англ. яз.
10. The World Bank [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://worldbank.org> - (22.03.2023), - Англ. яз.
11. UNODC [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://www.unodc.org> - (22.03.2023), - Англ. яз.
12. WHO [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://who.int> - (24.03.2023), - Англ. яз.
13. Латов Ю.В. Экономические детерминанты преступности в зарубежных странах (обзор криминологических исследований) //Journal of Institutional Studies (Журнал институциональных исследований) [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/>

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ ОСОБОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

А.В. Куликов<sup>1</sup>, М.С. Тихомирова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Балтийский федеральный университет им.И.Канта, Россия, 236041, г. Калининград, ул. А.Невского, 14;*

<sup>2</sup>*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.*

Статья раскрывает особое геополитическое положение Калининградской области как эксклава; особенности регулирования законодательства в условиях свободной (особой) экономической зоны, налоговых и таможенных льгот в их сравнительном анализе и определяет перспективные направления развития региона.

*Ключевые слова:* Субъект Российской Федерации, эксклав, свободная (особая) экономическая зона, таможенные и налоговые льготы, свободный порт, специальный административный район

## PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE KALININGRAD REGION IN THE CONTEXT OF THE SPECIAL ECONOMIC ZONE: A COMPARATIVE ANALYSIS OF LEGISLATION

A.V. Kulikov, M.S. Tikhomirova

*I.Kant Baltic Federal University, Russia, 236016, Kaliningrad, A.Nevsky str., 14;*

<sup>2</sup>*Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Russia, 190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeiskaya st., 4.*

The article reveals the special geopolitical position of the Kaliningrad region as an exclave; features of regulation of legislation in the conditions of a free (special) economic zone, tax and customs privileges in their comparative analysis and determines the promising directions of development of the region.

*Keywords:* Subject of the Russian Federation, exclave, free (special) economic zone, customs and tax incentives, free port, special administrative region

### **I. Калининградская область – эксклав России**

Калининградская область с 25 декабря 1991 года в связи с распадом СССР потеряла территориальное единство с основной метрополией страны. С этой конкретной даты потребовался целый год, чтобы возникшее особое географическое и экономическое положение Калининградской области было признано и зафиксировано в правовом акте федерального уровня. Таким первым правовым актом стал указ Президента РФ от 23 декабря 1992 года № 1625 «Об обеспечении внешнеэкономических условий для развития Калининградской области»[3], который предусматривал таможенные и налоговые льготы. Однако, после введения в действие с 1 июля 1993 года Закона Российской Федерации от 21 мая 1993 года №5003-1 «О таможенном тарифе», который обладал более высокой

юридической силой, область лишилась предоставленных льгот.

Разрешение возникшей коллизии было осуществлено 7 декабря 1993 года, когда Президентом РФ был издан Указ № 2117 «О Калининградской области»[4]. Данный Указ предусматривал предоставление ей инвестиционного налогового кредита на осуществление региональных программ сроком на 10 лет, выделение субвенций на 10 лет. Созданным после 1 января 1992 года на территории области предприятиям (в том числе с иностранными инвестициями), относящимся к сфере материального производства, предоставлялся налоговый кредит на прибыль на 4-5 лет в зависимости от вида деятельности. Предоставление только налоговых преференций с учетом приостановленного действия

<sup>1</sup>*Куликов Александр Викторович – доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой уголовного права и криминологии, заслуженный юрист РФ, e-mail: btmw0052@rambler.ru;*

<sup>2</sup>*Тихомирова Мария Сергеевна – канд. юр. наук, доцент Архитектурно-строительного университета, e-mail: MariaKalini@yandex.ru*

таможенных льгот было недостаточно для развития области в эксклавных условиях.

Спустя только 5 лет был принят Федеральный закон от 22 января 1996 г. № 13-ФЗ «Об Особой экономической зоне в Калининградской области»[5], который определил правовые и экономические основы создания и функционирования Особой экономической зоны (ОЭЗ) в Калининградской области, учитывая ее специфическое географическое положение. В законе подчеркивалось, что ОЭЗ является частью государственной и таможенной территории Российской Федерации, но в отношении взимания таможенных пошлин и иных платежей (в том числе налогов), уплачиваемых при таможенном оформлении ввозимых и вывозимых товаров, ОЭЗ рассматривалась как находящаяся в таможенном режиме свободной таможенной зоны с особенностями, установленными непосредственно Федеральным законом об ОЭЗ. В частности:

1) товары, произведенные в ОЭЗ (что подтверждается сертификатом о происхождении товара) и вывозимые в другие страны, освобождались от таможенных пошлин и других платежей, взимаемых при таможенном оформлении товаров (кроме таможенных сборов). К указанным товарам не применялись меры экономической политики (меры по нетарифному государственному регулированию внешнеторговой деятельности);

2) товары, ввозимые из других стран в ОЭЗ, освобождались от ввозных таможенных пошлин и других платежей, взимаемых при таможенном оформлении товаров (кроме таможенных сборов). К отдельным видам товаров и услуг могли применяться меры экономической политики (меры по количественному государственному регулированию внешнеторговой деятельности).

Резидентом ОЭЗ могли стать индивидуальные предприниматели и любые юридические лица – участники внешнеэкономической деятельности, зарегистрированные в установленном порядке.

Открытие свободной (особой) экономической зоны, предоставление таможенных и налоговых льгот дало мощный импульс развития экономики региона.

В разрезе сравнительного анализа следующий Федеральный закон от 10.01.2006 № 16-ФЗ «Об Особой экономической зоне в Калининградской области и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации»[6] внес ряд существенных ограничительных мер, препятствующих свободе предпринимательства в условиях ОЭЗ.

Так, в качестве резидента ОЭЗ может

быть только юридическое лицо, соответствующее требованиям настоящего Федерального закона при условии реализации инвестиционного проекта. Объем капитальных вложений в соответствии с представленным инвестиционным проектом должен был составлять в сумме не менее чем сто пятьдесят миллионов рублей в течение первых 3 лет. Конечно, есть исключения, в том числе при внедрении информационных технологий - 1 млн рублей.

Основной недостаток – это сужение сферы действия таможенной процедуры свободной таможенной зоны, с учетом принятия ограничительных мер положений Соглашения о СЭЗ между государствами-членами ЕЭС[7] и Таможенного кодекса ЕЭС, которые фактически нейтрализовали действие прямых норм Закона. То есть, реальных таможенных льгот не осталось, но есть налоговые преференции, которые предоставляются резидентам ОЭЗ на срок до 15 лет при определенных условиях. Государством выдаются субсидии на поддержку рынка труда, даются гарантии на фиксированную арендную плату и неприменения мер финансовой нагрузки. Налог и НДС на ввоз материалов и комплектующих для резидентов составляет 0%. Кроме того, налог на имущество и прибыль первые 6 лет ведения деятельности составляет 0%, также налог на землю составляет 0% в первые 5 лет ведения деятельности.

Таким образом, геополитическое положение области к настоящему времени, исходя из окружения иностранных государств и выхода к международным водам, определяется как эксклав [1. С. 16-18]. По мнению зарубежных аналитиков, «с одной стороны, политическая ситуация в Европе привела к изоляции области от остальной части России, с другой – именно она сделала возможными контакты с внешним миром» [2]. Положение эксклава, несмотря на внешнюю закрытость (наличие территориальных границ области, совпадающих с государственными границами Российской Федерации), оставляет благоприятные возможности при условии политической воли:

- Калининградская область является частью региона Балтики, что определяет ее выгодное положение и стратегический потенциал для России;

- область отличается близостью к промышленно развитым странам Европы — потенциальным рынкам сбыта и источникам инвестиций.

**II. За истекший период Калининградская область решала вызовы:**

- *первый* связан со вступлением России во

ВТО (2012г.) и процессом сближения (гармонизации) законодательств. Принятые в соответствии с принципами ВТО обязательства по регулированию внешнеторговой деятельности фактически отменили возможность льготного режима свободной таможенной зоны в части свободного передвижения товаров. То есть регион перешел к конкуренции с соседними территориями на общих правилах;

- *второй* связан со вступлением в действие с 2 января 2015 года Договора о Евразийском экономическом союзе (ЕЭС), принятием Таможенного кодекса ЕЭС и ограничением действия Федерального закона от 10 января 2006 года № 16-ФЗ «Об Особой экономической зоне в Калининградской области...». Продление действия таможенного режима свободной таможенной зоны (в рамках второго Закона об ОЭЗ) стало проблематично в силу ограничительного действия законодательства ЕЭС, но это спорный юридический вопрос.

- *третий* связан с «проблемой 2016 года». С 1 апреля 2016 года закончилось действие переходного периода и таможенных преференций для резидентов ОЭЗ, зарегистрированных по первому Федеральному закону 13-ФЗ, и они выпали из правового поля как участники ОЭЗ.

### **III. Решение прикладных задач развития Калининградской области как эксклава**

Безусловно, основным направлением развития области должно стать формирование конкурентоспособной экономической базы, поиск и определение новых источников роста. Как указал Президент РФ В.В. Путин, в период кардинальных перемен в экономической жизни всего мира, быстрого обновления технологий и острой борьбы за лидерство, «выигрывает тот, кто полнее других использует новые возможности» [8].

Исходя из экономической ситуации и ограничения действия Федерального закона от 10 января 2006 года № 16-ФЗ «Об Особой экономической зоне в Калининградской области...» в части регистрации резидентом ОЭЗ, получения таможенных льгот, нужно определить компенсационные меры поддержки, а также перспективные направления развития экономики Калининградской области:

1. С учетом, что в 2016 г. закончились таможенные преференции для Калининградской области, необходимо и далее сохранять альтернативные меры такой поддержки, чтобы сохранить соответствующий уровень предпринимательской деятельности. Речь идет о поддержке калининградских предприятий в части рынка

труда, а именно компенсации тех расходов, которые возникли после 1 апреля 2016 года. Принятое постановление Правительства РФ определило предоставление и размеры иных межбюджетных трансфертов [9]. В целях обеспечения государственной поддержки юридических лиц, осуществляющих деятельность на территории Калининградской области, и резидентов ОЭЗ в Калининградской области, разработаны Правила предоставления иных межбюджетных трансфертов из федерального бюджета бюджету Калининградской области и методика расчета объема бюджетных ассигнований федерального бюджета на предоставление иных межбюджетных трансфертов бюджету Калининградской области на обеспечение поддержки юридических лиц, осуществляющих деятельность на территории Калининградской области, и резидентов ОЭЗ. Эти меры поддержки охватывают около 80 % предприятий региона. Это резиденты ОЭЗ, и предприятия, зарегистрированные до 1 апреля 2006 года на территории Калининградской области. По состоянию на 18.10.2022 в Едином реестре резидентов Особой экономической зоны в Калининградской области всего зарегистрировано 279 действующих инвестиционных проектов с общим объемом заявленных инвестиций в первые три года реализации – 182,5 млрд рублей [10].

С 2014 года действует комплексная государственная программа «Социально-экономическое развитие Калининградской области до 2020 года», поддержка которой направлена на все сферы экономики региона, и она действует со сроком реализации до 2025 года [11]. Она должна создавать условия для инновационного опережающего развития региона. Всего запланировано направить на реализацию мероприятий программы развития Калининградской области на период до 2025 года за счет всех источников финансирования: на 2021 год - 61083135,2 тыс. рублей; на 2022 год - 64921608,4 тыс. рублей; на 2023 год - 71264242,5 тыс. рублей; на 2024 год - 93090731,6 тыс. рублей; на 2025 год - 92180017,5 тыс. рублей [12].

2. Прямое субсидирование железнодорожных перевозок для Калининградской области. Транзит для калининградских перевозчиков по территории Литвы и Белоруссии рассчитывается в иностранной валюте. Сложность вопроса состоит в том, что надо привести расходы на транспортировку в соответствие с расходами, как если бы они шли по территории Российской Федерации. Соответствующий проект постановления Правительства РФ разрабатывался еще в 2015 году. Минтранс РФ против дополнительного снижения тарифов на железнодорожные

перевозки с основной территории России в Калининградскую область и обратно, ведомство считает более надежным развивать железнодорожно-паромное сообщение Усть-Луга - Балтийск. С учетом обострения политической ситуации паромное сообщение временно становится приоритетным, но экономически невыгодным.

3. Решение вопроса снижения и иного расчета энергетических тарифов для Калининградской области, что обсуждается также Правительством РФ с 2015 года [13]. Но мы в очередной раз имеем обратный эффект, начиная с 1 июля 2021 года в Калининградской области увеличиваются тарифы на электроэнергию, которые выше чем в других регионах страны.

#### IV. Решение объективных проблем и поиск перспективных путей развития Калининградской области

1. Вопрос жизнедеятельности Калининградской области приобретает особую актуальность в связи с нарастающей изоляцией этого региона. Фактор полного отделения территории Калининградской области от остальных субъектов РФ территориями других государств и международными морскими водами, то есть эксклавное положение, носит не временный, а *постоянный* характер, в отличие от специальной военной операции (СВО), что диктует необходимость осуществления по отношению к области иного правового регулирования, отличного от других регионов России.

2. После успешного завершения СВО, в соответствии с пунктом «о» статьи 72 Конституции РФ («координация международных и внешнеэкономических связей субъектов Российской Федерации...») необходимо наделить Калининградскую область как субъект Российской Федерации дополнительной компетенцией в сфере внешнеэкономических связей. Калининградская область как эксклав России не реализует конституционные гарантии о единстве российского экономического пространства, свободном перемещении товаров и услуг. Вопрос наделения дополнительной компетенцией решается через принятие Федерального закона «О Калининградской области».

3. При условии улучшения международной обстановки. Для превращения Калининградской области в активного участника приграничного сотрудничества, развития российско-европейских торговых отношений возможно создание *зоны свободной торговли* Евразийского экономического союза (ЕЭС) с Европейским союзом (ЕС). Зона свободной торговли может создаваться по территориальному принципу, исходя из Договора о ЕЭС (ст. 7, 35, 102) [14], иных

международных договоров ЕЭС, согласия государств-членов Союза, с учетом эксклавности региона, а также возобновления действия Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Польша о порядке местного приграничного передвижения [15].

4. Создание такой разновидности ОЭЗ как свободный порт. Введение такой специальной таможенной зоны включает в себя много различных преимуществ, которыми пользуются многие субъекты хозяйственной деятельности: грузоотправители, грузополучатели, перевозчики, экспедиторы и логистические компании, портовая и местная администрация и регион в целом. Товары, поставляемые в рамках СТЗ из-за рубежа и вывозимые отсюда за границу, свободны от любых таможенных сборов на их оборот (количественные и качественные квоты тоже отсутствуют). В рамках СТЗ не применяются ограничительные меры торговой политики, а также не проводится санитарный, фитосанитарный и др. виды контроля, обязательные в обычных условиях (однако, если товар покидает зону СТЗ, то в обязательном порядке проводятся все процедуры досмотра и контроля качества). Товары, ввозимые из-за рубежа в СТЗ, не облагаются НДС, акцизами и прочими сборами.

Приморское положение Калининградской области, ее развитая транспортная инфраструктура, незамерзающие порты и близость к развитым странам Западной Европы дают благоприятные предпосылки для функционирования транспортных узлов и логистики.

Сегодня в Республике Польша функционируют 7 свободных таможенных зон, созданных в рамках функционирования единого европейского таможенного пространства. Процедура открытия таможенной зоны регулируется НПА, а инициатором создания такой таможенной зоны может являться заинтересованное лицо, в частности в порту Гданьск она была создана под эгидой правления АО «Порт Гданьск» [16].

5. Функционирование САР (специального административного района). В соответствии с Федеральными законами от 03.08.2018 № 290-ФЗ «О международных компаниях и международных фондах» [17], от 3 августа 2018 г. № 291-ФЗ «О специальных административных районах на территориях Калининградской области и Приморского края» [18] создан САР «Остров Октябрьский». Участниками САР могут быть международные компании и международные фонды, заключившие договор об осуществлении деятельности на территории САР и включенные в реестр участников САР по итогу их государственной регистрации. По состоянию на

июль 2022 года в реестр участников САР на территории острова Октябрьский (Калининградская область) входит 85 имеющих статус международных компаний и 1 международный фонд. Одними из наиболее крупных компаний, зарегистрированных в САР, являются публичные компании Эн+Груп и РУСАЛ; холдинговая структура одного из крупнейших предприятий агропромышленного комплекса «Содружество» и др. Механизм САР заработал еще в 2018 году, но резкий всплеск его популярности произошел именно в 2022 году - на фоне беспрецедентно жестких антироссийских санкций за рубежом и принятия стимулирующих «переезд из-за рубежа» поправок в законодательство РФ.

Следует констатировать, что при условии гарантированного финансирования государственной программы социально-экономического развития Калининградской области до 2025 года и возможное определение ее в качестве перспективной зоны свободной торговли и (или) открытие свободного порта; а также функционирование специального административного района позволит получить ускоренное экономическое развитие региона в интересах всей Российской Федерации.

### *Литература*

1. Винокуров Е. Теория анклавов. Калининград, 2007. С. 16—18
2. Gromadzki G., Wilk A. Die Fremdheit ueberwinden. // Frankfurter Rundschau//, 2001.29.3
3. Об обеспечении внешнеэкономических условий для развития Калининградской области: указ Президента РФ от 23 декабря 1992 г. № 1625 //Собрание актов Президента и Правительства РФ. 1992. № 26. Ст. 2367.
4. О Калининградской области: указ Президента РФ от 7 декабря 1993 г. № 2117 // Собрание законодательства РФ. 1999. № 24. Ст. 2952.
5. Об Особой экономической зоне в Калининградской области: Федеральный закон от 22 января 1996 г. № 13-ФЗ // Собрание законодательства РФ. 1996. № 4. Ст. 224.
6. Об Особой экономической зоне в Калининградской области и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 10 января 2006г. № 16-ФЗ //Собрание законодательства РФ", 16.01.2006, № 3, ст. 280.
7. Соглашение по вопросам свободных (специальных, особых) экономических зон на таможенной территории Таможенного союза и таможенной процедуры свободной таможенной зоны" (Заключено в г. Санкт-Петербурге 18.06.2010) (ред. от 11.04.2017) //Официальный интернет-портал правовой информации <http://www.pravo.gov.ru>, 13.07.2022.
8. О наших экономических задачах. Президент Российской Федерации В.В. Путин. / Ведомости, 2012, 30.01.
9. Постановление от 29 ноября 2014 г. № 1275 «О предоставлении из федерального бюджета бюджету Калининградской области иных межбюджетных трансфертов на обеспечение поддержки юридических лиц, осуществляющих деятельность на территории Калининградской области, и резидентов особой экономической зоны в Калининградской области /<http://www.pravo.gov.ru>, 03.11.2022.
10. Единый реестр резидентов ОЭЗ. Администрация Особой Экономической Зоны в Калининградской области / <https://oez.gov39.ru/registry/> . Дата доступа 06.11. 2022.
11. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 311 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Калининградской области до 2020 года» (в ред. от 31.03.2021) // СЗ № 18 (часть II). Ст. 2157.
12. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 311. Приложение № 4.
13. Стенограмма заседания Правительства РФ «О социально-экономическом развитии Калининградской области» // <http://government.ru/news/17359/> 24 марта 2015 года.
14. Договор о Евразийском экономическом союзе (Подписан в г. Астане 29.05.2014) (ред. от 01.10.2019) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.08.2021) //СПС «Консультант Плюс».
15. О ратификации соглашения между правительством РФ и правительством Республики Польша о порядке местного приграничного передвижения: Федеральный закон от 14 июня 2012 года № 68-ФЗ //СЗ РФ, 18.06.2012, № 25, ст. 3258.
16. Ustawa z dnia 19 marca 2004 r. Prawo celne. Dz. U. z 2019 r. poz. 1169, 2070. Review of maritime transport 2016, Report by the UNCTAD Secretariat, New York and Geneva 2016.
17. О международных компаниях и международных фондах: Федеральный закон от 03.08.2018 № 290-ФЗ (ред. от 24.02.2021) //СПС КонсультантПлюс
18. О специальных административных районах на территориях Калининградской области и Приморского края: Федеральный закон от 03.08.2018 № 291-ФЗ (ред. от 26.11.2019) //СПС КонсультантПлюс

**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 MicrosoftWord (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 подписанными 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 подписанные 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.**

**ISSN 2074-1146**

Журнал зарегистрирован  
в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и  
массовых 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 уче-  
ной 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);

Электронная версия журнала расположена по адресу:  
<http://unecon.ru/zhurnal-ttps>

## **НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

***Технико-технологические проблемы сервиса***

**№2(64)/2023**

---

Подписано в печать 31.05.2023 г. Формат 60 x 84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура  
TimesNewRoman. Печать офсетная. Объем 13,75 п.л. Тираж 500 экз. Заказ № 545

---

Адрес издателя и типографии: 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А  
Отпечатано на полиграфической базе СПбГЭУ