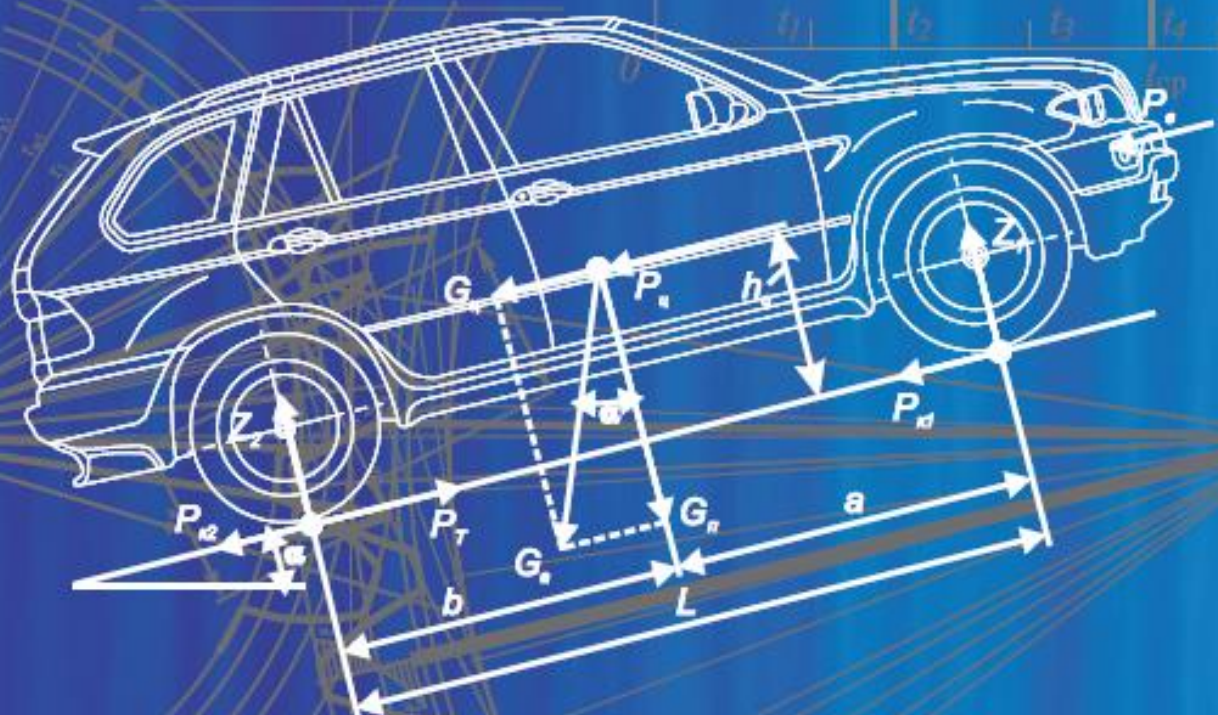




**Материалы XXVII Международной  
научно-практической конференции,  
посвященной памяти профессора  
Игоря Николаевича Арина**

**Актуальные проблемы эксплуатации  
автотранспортных средств**



**20 -21 ноября 2025 года  
Владимир**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Материалы XXVII Международной научно-практической конференции,  
посвящённой памяти профессора Игоря Николаевича Аринина

20 – 21 ноября 2025 г.  
Владимир



Владимир 2025

ISBN 978-5-9984-1900-3

© ВлГУ, 2025

© Коллектив авторов, 2025

УДК 629.113

ББК 39.33

***Редакционная коллегия:***

***Ш. А. Амирсейидов***, кандидат технических наук, доцент (*отв. редактор*)

***А. Г. Кириллов***, кандидат технических наук, доцент (*зам. отв. редактора*)

***М. Ю. Баженов***, кандидат технических наук, доцент (*член редколлегии*)

***А. В. Толков***, кандидат технических наук, доцент (*член редколлегии*)

***Д. Н. Смирнов***, кандидат технических наук, доцент (*секретарь редколлегии*)

Издаётся по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

**Актуальные** проблемы эксплуатации автотранспортных средств [Электронный ресурс] : материалы XXVII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти проф. Игоря Николаевича Аринина. 20 – 21 нояб. 2025 г., Владимир / Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, Ин-т машиностроения и автомобил. трансп. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2025. – 304 с. – ISBN 978-5-9984-1900-3. – Электрон. дан. (10,4 Мб). – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: Intel от 1,3 ГГц ; Windows XP/7/8/10 ; Adobe Reader ; дисковод CD-ROM. – Загл. с титул. экрана.

Представлены материалы XXVII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств», посвященной памяти доктора технических наук, профессора Аринина Игоря Николаевича, которая состоялась 20 – 21 ноября 2025 г. на базе кафедры автомобильного транспорта, безопасности и управления качеством ВлГУ.

Издание предназначено для специалистов, работающих в области конструирования, исследования и эксплуатации автомобилей, а также преподавателей, аспирантов и студентов.

ISBN 978-5-9984-1900-3

© ВлГУ, 2025

© Коллектив авторов, 2025

## ***ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО***

***Уважаемые коллеги!***

Вашему вниманию предлагается сборник материалов очередной XXVII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств», посвященный памяти известного ученого в области автомобильного транспорта доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР Арина Игоря Николаевича.

В работе конференции приняли активное участие преподаватели, аспиранты и студенты высших учебных заведений, а также специалисты предприятий автотранспортного комплекса.



Издание включает материалы результатов исследований по совершенствованию технологических процессов технического обслуживания и ремонта подвижного состава автомобильного транспорта, повышению надёжности автотранспортных средств, изучению автотранспортной безопасности, совершенствованию конструкции ДВС, электронным системам автомобилей, управлению качеством производства и эксплуатации автомобилей. Отражены перспективы нового вида струнного транспорта для портового города Владивостока, представлены исследования опыта эксплуатации электромобилей. Отмечены приоритетные направления в формировании кадрового потенциала отрасли с учётом углублённого освоения интеллектуальных компетенций, базирующихся на знании основ общетехнических дисциплин профильных специальностей и направлений.

Материалы конференции содержат 64 статьи, в которых приведены результаты исследований ученых Российской Федерации, Республики Таджикистан, Социалистической Республики Вьетнам.

Председатель оргкомитета  
доцент кафедры «Автомобильный транспорт,  
безопасность и управление качеством»

**Александр Геннадьевич Кириллов**

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of a series of loops and a long horizontal stroke.



## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция «ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА»

*А. А. Аблаев*

Восстановление автомобильных кулачковых валов на лазерных технологических комплексах ..... 10

*А. Д. Баскаков, Д. Н. Смирнов*

Охлаждающие жидкости (антифризы)..... 15

*А. Д. Баскаков, Д. Н. Смирнов*

Классификация японских антифризов ..... 19

*Р. В. Горбунов*

Разработка автоматизированных систем мониторинга технического состояния парка ..... 22

*Р. А. Давлатшоев*

Методика аналитической оценки тепловой нагрузки тормозных механизмов легкового автомобиля при движении на уклонах ..... 25

*М. Д. Демидов, С. Г. Драгомиров*

Лабораторная установка для исследования процессов сепарации твердых частиц в закрученном потоке жидкости ..... 34

*С. Джованис, А. С. Гришин, В. И. Сарбаев*

Адаптивная ( $S$ ,  $S'$ )-стратегия и *IOT*-мониторинг складских запасов автосервиса: экспериментальная апробация в Республике Кипр ..... 38

*А. А. Завгородний, В. А. Максимов, Ю. О. Тростянецкий*

Возможности и перспективы применения цифровых двойников при эксплуатации городских автобусов..... 42

*И. Д. Зайончевский, В. А. Немков*

Анализ способов поворота колёсных транспортных средств ..... 48

*В. И. Ковшов, В. А. Максимов*

К вопросу маркировки электробусов КамАЗ ..... 53

*М. В. Кривокульский, Д. А. Колов*

Планирование структуры зарядных станций для магистральных электрогрузовиков..... 59

*С. А. Матяж, А. Г. Кириллов*

Технология оклейки плёнкой кузова автомобиля ..... 63

*А. Ю. Рожков, Р. В. Нуждин*

Анализ факторов, влияющих на эксплуатационные характеристики  
системы головного освещения автомобиля..... 70

*К. Р. Солнышков, Д. Н. Смирнов*

Экологическая безопасность системы канализации и водоотведения  
автосервиса ..... 75

*Ч. Д. К. Зыонг, В. А. Максимов, Д. А. Николаев, В. Т. Нгуен*

Исследование влияние возраста и пробега с начала эксплуатации  
на маршрутный расход топлива автобусов ЛиАЗ-621365  
в условиях города Москвы ..... 78

*В. В. Южаков, В. Е. Бондаренко, В. И. Сарбаев*

Факторы, влияющие на расход топлива грузовых  
высокоавтоматизированных транспортных средств.....86

## **Секция «БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТРАНСПОРТЕ И В ТЕХНОСФЕРЕ»**

*Е. А. Аксенов, Е. А. Киндеев*

Идентификация опасных и вредных факторов на рабочем месте рамщика  
ООО «КовровЛесПром» ..... 91

*Д. М. Алаев, Д. А. Колов*

Сценарии развития пожара электромобиля..... 95

*Р. А. Алексеев, Е. А. Киндеев*

Оценка условий труда на рабочем месте сборщика мебели  
ООО «ВАЛИДУС» ..... 99

*М. И. Анисимова, Д. А. Колов*

Пожарная опасность электробуса..... 103

*Р. В. Бабаева, С. Ш. Абдуллаева*

Сокращение продолжительности жизни в зависимости от условий труда  
и быта: комплексный анализ и количественная оценка рисков ..... 107

<b><i>В. А. Бояркина, О. А. Широкопад</i></b> Внедрение струнного транспорта для обеспечения безопасности дорожного движения в г. Владивостоке .....	113
<b><i>В. Е. Бондаренко, В. И. Сарбаев</i></b> Роль технологии V2X в повышении безопасности и эффективности высокоавтоматизированного транспорта: обзор современных решений и перспектив.....	117
<b><i>Н. С. Востоков, Д. А. Колов</i></b> Анализ пожарной опасности электрических магистральных грузовиков .....	121
<b><i>И. А. Редкозубов, М. А. Киселев, О. С. Левкин, Д. С. Елхин, Л. О. Круш, Д. А. Галин</i></b> Анализ причин отказов систем SRS легковых автомобилей KIA .....	124
<b><i>Д. А. Гришин, Е. О. Худякова</i></b> Обеспечение безопасности движения строительной техники на объектах: анализ рисков и меры защиты.....	128
<b><i>У. А. Давыдова, Ш. Ш. Амирсейидов</i></b> Методика расчета перевозок различными видами транспорта .....	132
<b><i>Д. Д. Крюков, Е. О. Худякова</i></b> Сравнение условий труда в России и Китае: обеспечение безопасности трудящихся.....	136
<b><i>А. А. Мартынов, Е. О. Худякова</i></b> Невыхлопные выбросы автотранспорта: масштабы, риски и перспективы регулирования.....	141
<b><i>А. Г. Махрамов, В. И. Сарбаев</i></b> Анализ причин аварийности на дорогах Таджикистана .....	145
<b><i>А. П. Полунина, Ш. Ш. Амирсейидов</i></b> Оптимизация мультимодальных перевозок на основе логистического подхода .....	149
<b><i>А. А. Патенко, Ю. К. Кокурина</i></b> Парниковый эффект .....	154
<b><i>А. А. Патенко, Ю. К. Кокурина</i></b> Психологические аспекты поведения населения в чрезвычайных ситуациях.....	157

**У. В. Прокопьева, Е. А. Киндеев**

Разработка комплекса мер по снижению воздействия неионизирующих излучений на рабочем месте сварщика ..... 161

**М. Н. Сизов, Д. А. Колов**

Измерение электромагнитных полей, возникающих при эксплуатации электромобилей ..... 165

**П. Ю. Степенов, Е. О. Худякова**

Правила безопасности в промышленном альпинизме ..... 169

**А. В. Толков, О. А. Толков**

Исследование прямолинейной корреляционной связи между видами дорожно-транспортных происшествий и дорожными условиями ..... 174

**А. В. Толков, О. А. Толков**

Исследование криволинейной корреляционной связи между видами дорожно-транспортных происшествий и дорожными условиями ..... 179

**А. В. Толков, О. А. Толков**

Исследование корреляционных связей между видами дорожно-транспортных происшествий и состояниями погоды ..... 184

**А. А. Федотов, Е. А. Киндеев**

Организация эффективной вентиляции на участке электросварки ООО «КовровЛесПром» ..... 190

## **Секция «УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ»**

**М. А. Акимова, З. В. Мищенко**

Оптимизация допусков параметров автомобильных компонентов по методу *RTD* ..... 194

**М. А. Акимова, Ю. А. Орлов**

*QR*-коды и трекинг: система прослеживаемости каждой детали от заготовки до готового изделия в автомобилестроении и других отраслях ..... 199



*М. А. Акимов, Ю. А. Орлов*

Управление качеством при внедрении новых материалов (композиты, аддитивные сплавы) в серийное автомобильное производство ..... 203

*М. А. Акимов, Ю. А. Орлов*

Ключевые показатели эффективности (KPI) для отдела качества в машиностроении..... 207

*М. С. Бункин, З. В. Мищенко*

Процесс статистического управления качеством процесса производства автомобильных компонентов..... 211

*Т. А. Гуськов, З. В. Мищенко*

Оптимизация параметров производства автомобильных компонентов по методу Тагучи..... 216

*А. А. Грамотова, З. В. Мищенко*

Методика статистического управления качеством триплекса автотранспортных средств ..... 221

*В. А. Журавлева, О. А. Широкопад*

Улучшение качества перевозки пассажиров в г. Владивостоке..... 226

*М. Д. Кожушная, З. В. Мищенко*

Методика многомерного контроля и управления качеством производства ферритовых магнитных систем автомобильных компонентов..... 233

*Л. С. Пантелеев, Ю. А. Орлов*

Влияние интегрированной системы менеджмента на устойчивое развитие бизнеса..... 238

## **Секция «АВТОМАТИЗАЦИЯ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА В АВТОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ»**

*П. О. Анисимов, А. А. Кобзев*

Зарубежные транспортные роботы в производственной логистике..... 243

*П. О. Анисимов, А. А. Кобзев*

Отечественные транспортные роботы в машиностроении..... 248

<b>И. С. Бухарестов, А. А. Назаров</b>	
Анализ методов неразрушающего контроля толщины покрытий .....	252
<b>И. С. Бухарестов, А. А. Назаров</b>	
Анализ способов антикоррозионной защиты магнитов системы <i>Nd-Fe-B</i> .....	257
<b>Т. А. Дутикова, В. А. Немонтов</b>	
Стабилизация положения транспортной шагающей платформы при движении по пересечённой местности .....	260
<b>Н. Д. Жаринов, А. В. Ифанов</b>	
Система мониторинга состояния автомобиля.....	264
<b>Д. А. Керов, В. П. Умнов</b>	
Определение параметров гашения колебаний платформы мобильного робота .....	267
<b>Д. С. Киселев, А. А. Кобзев</b>	
Компоновка роботизированного технологического комплекса горячей штамповки.....	271
<b>Д. С. Коростин, А. В. Ифанов</b>	
Стенд для диагностики роботизированной коробки передач.....	275
<b>М. А. Кулагин, А. В. Ифанов</b>	
Модернизация мехатронной системы камер фиксации дорожных нарушений.....	278
<b>Г. А. Малышев, В. А. Немонтов</b>	
Электронное рулевое управление автономного беспилотного транспортного средства .....	282
<b>А. А. Ромаданов, А. Н. Кирилина</b>	
Алгоритмы скользящей аппроксимации в обучении траекторий и позиционно-силовом управлении реабилитационных манипуляторов .....	285
<b>Д. А. Савин, В. А. Немонтов</b>	
Разработка схвата робота комплекса горячей штамповки.....	291
<b>М. А. Сеньшов, А. Н. Кирилина</b>	
Наглядные пособия в обучении на примере робота манипулятора.....	293
<b>НАШИ АВТОРЫ</b> .....	297

УДК621.78.72:621.431.73

*А. А. Аблаев (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ КУЛАЧКОВЫХ ВАЛОВ НА ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ**

Экологическую проблему промышленного загрязнения среды и истощения природных ресурсов помогают решить ремонтные и упрочняющие технологии, предполагающие вторичное (иногда и многократное) использование деталей, отслуживших эксплуатационный цикл.

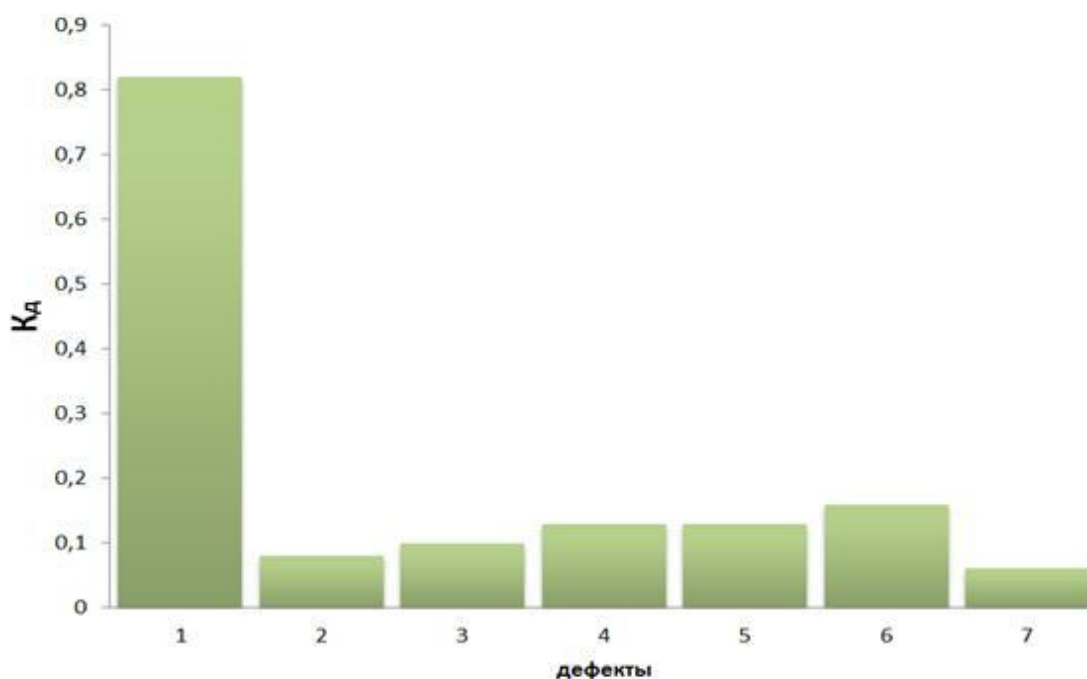
Долговечность и эксплуатационная надёжность большинства деталей машин зависит от состояния и физико-механических свойства поверхностного рабочего слоя, где зарождаются и развиваются процессы изнашивания. Небольшой (0,5-5 % по массе) износ, пример в парах трения, приводит к выбраковке деталей, тогда как их потенциальный остаточный ресурс и остаточная стоимость составляет 80-90 % от новой.

Достижения науки и техники последних лет позволяют разрабатывать в ремонтном производстве ряд современных и высокоэффективных лазерных технологий. Их применение, с учётом условий работы, позволяет формировать рабочую поверхность с заданными свойствами и долговечностью, что повышает срок службы в несколько раз, увеличивает надёжность и производительность машин за счёт увеличения межремонтного цикла. Себестоимость восстановления и упрочнения может составлять до 30 % стоимости новых деталей, а расход материалов при этом в 10-100 раз меньше. Соответственно экономятся ресурсы, энергия, снижается количество отходов и необходимость их переработки, а следовательно, и загрязнение среды.

Естественно, что технологическая подготовка ремонтного производства может и должна исключать загрязнение. Вместе с тем, при оценке экономического эффекта от восстановления и упрочнения, затраты на природоохранные мероприятия обычно не учитываются, как экономия от сокращения затрат на разведку, добычу и переработку сырья. Неучтённым остаётся и экономический эквивалент экологического эффекта от сокращения объёмов добычи и переработки. Отсутствие такого системного подхода

в оценке значимости и эффективности ремонтных технологий для улучшения качества окружающей среды, по-видимому, и является основной из основных причин их явно недостаточного и необязательного применения.

Результаты [1, 2] исследований показали, что наиболее часто встречающимся дефектом кулачковых валов топливных насосов является износ профиля кулачков (рис. 1). Частость других дефектов существенно меньше.

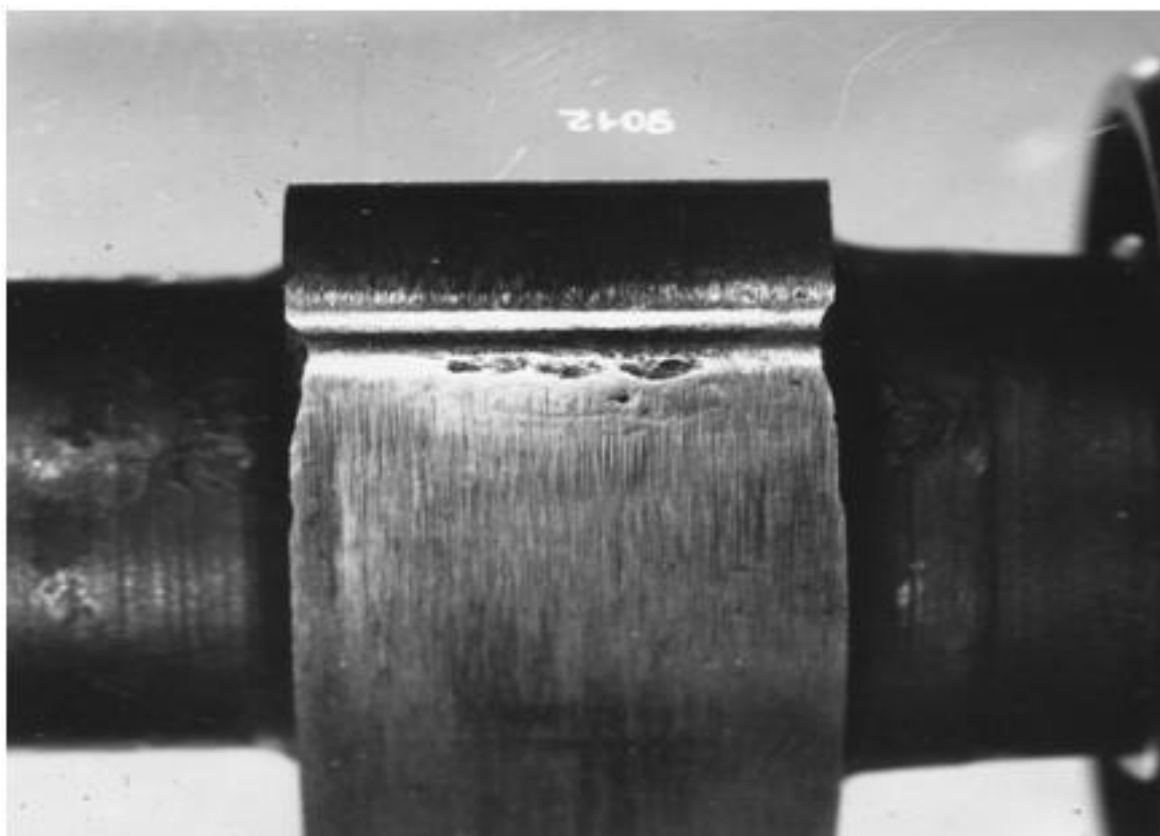


**Рис. 1. Повторяемость дефектов кулачкового вала топливного насоса:**  
**1 – износ профиля кулачка; 2 – износ поверхности шейки под подшипник;**  
**3 – износ поверхности шейки под манжету; 4 – износ или срыв резьбы;**  
**5 – износ стенок паза под шпонку; 6 – износ поверхности эксцентрика;**  
**7 – усталостное разрушение вала по шейке**

При этом 23 % кулачков имеют износ, превышающий допустимый. Кулачки по профилю изнашиваются неравномерно. Цилиндрическая часть (тыльная) кулачка, практически, не изнашивается и у подавляющего большинства кулачков находится в пределах допуска на изготовление. Износ по высоте имеет малые значения (до 0,2 мм) и встречается только у 12 % кулачков. В подавляющем большинстве случаев изнашивается поверхность вблизи вершины кулачка в зоне контакта ролика (рис. 1, рис. 2). Этот участок соответствует наименьшему радиусу кривизны профиля кулачка, поэтому именно здесь действуют максимальные контактные напряжения. Износы в зоне контакта имеют, в основном, питтинговый характер



с выкрашиванием участков поверхности площадью 5-15 мм<sup>2</sup> и неравномерным распределением по ширине кулачка на участке сбегания ролика преобладают дефекты в виде углублений, вызванных ударом ролика после его отрыва от поверхности кулачка. Износы зоны сбегания почти всегда (88 %) сочетаются износами зоны контакта. Характерная площадь дефектов в зоне контакта 8-30 мм<sup>2</sup>.



**Рис. 2. Износ кулачков в зоне контакта ролика толкателя**

Статистическая обработка результатов измерений износов кулачков производилась по 432 точкам (108 валов с четырьмя кулачками). Выборка была разбита на интервалы и произведены вычисления основных параметры распределения, а затем построены полигоны распределение износов отдельных кулачков и суммарная кривая износов. Функция плотности вероятности распределения износов кулачков выравнивалась по различным теоретическим распределениям. Наилучшим образом эмпирическая кривая распределения износов удовлетворяет нормально-логарифмическому закону. Поэтому для дальнейшего анализа был принят закон нормально-логарифмического распределения износов. Была определена интегральная кривая вероятностного распределения износов кулачковых валов топливных насосов.

По интегральной кривой распределения износов был проведен статистический анализ.

Установлено, что 77 % кулачков имеют взнос меньше допустимого (0,25 мм) и не требуют восстановления, а 23 % должны восстанавливаться. Кулачки могут быть восстановлены перешлифовкой в эквидистантный профиль без существенного нарушения характеристик топливного насоса только на 0,4 мм. В соответствии с интегральной кривой износов таких кулачков 95 %. Отсюда, 5 % кулачков могут быть восстановлены только нанесением дополнительного слоя металла, в частности, наплавкой.

Оценка количества кулачков на валу, подлежащих восстановлению наплавкой, производилась по выбракованным кулачковым валам. Количество кулачков на валу, имеющих износ больше допустимой величины, при которой еще возможно перешлифовка, различно и находится в интервале от 1 до 4. Было исследовано 32 кулачковых вала, у которых изношено больше предельного: по 1 кулачку – 23 штуки, по 2 кулачка – 7 штук и по 3 кулачка – 2 штуки. В соответствии с этими данными, общее количество валов, у которых изношен больше допустимого предела хотя бы один кулачок, составляет 15 %.

Таким образом, проведенный анализ дефектов позволяет сделать вывод о том, что основной причиной выбраковки кулачковых валов топливных насосов является износ кулачков, коэффициент повторяемости которого более 80 %. Износ кулачков имеет местный характер в 88 % случаев. У 82 % изношенных кулачков наблюдается питтинговый износ в зоне контакта ролика толкателя вблизи вершины кулачка. При этом, 23 % кулачков требуют восстановления, и 5 % могут быть восстановлены только нанесением дополнительного слоя металла. Количество изношенных выше предельного кулачков на выбракованных валах различное. У 72 %, восстановлению подлежит только один кулачок. В среднем, 15 % кулачковых валов требуют восстановления хотя бы одного кулачка. Для восстановления большинства кулачков достаточно наплавить небольшой участок зоны контакта или сбегания ролика толкателя площадью 5-30 мм<sup>2</sup>.

Лазерная наплавка представляет собой технологический метод получения покрытия с заданными физико-механическими свойствами и заключается в оплавлении лазерным лучом наплавочных материалов, нанесённых на поверхность детали. Для этого используются материалы в виде порошков, фольги, проволоки и т.д. Наименьших затрат энергии требуют порошковые материалы. Лазерная наплавка осуществляется с минимальным

удельным энерго-вкладом, что позволяет, как правило, избежать деформации детали и, как следствие, дополнительных операций – механической обработки.

Использование для восстановления самофлюсующихся хром-бор-никелевых порошковых материалов позволяет получать покрытия, хорошо работающие в условиях циклических ударных нагрузок. Покрытия, наплавленные с использованием порошков на основе железа с добавками небольшого количества легирующих компонентов, обеспечивает высокую твёрдость (до 65HRC) и износостойкость. Во всех случаях ресурс восстановленных кулачковых валов позволяет получать не хуже ресурса новых. Наиболее экономично использование лазерной порошковой наплавки при восстановлении местных износов. В таких случаях получают наивысшую производительность при восстановлении деталей, которые иначе восстановить невозможно.

В практике восстановления и упрочнения изношенных деталей наибольшее распространение получили волоконные лазеры, работающие в режиме непрерывной генерации излучения. Они производительны, отличаются простотой устройства и управления, не требуют особых помещений. Обработка кулачковых валов осуществляется на специализированных участках, оснащённых лазером, установкой для позиционирования и перемещения деталей с оптической системой транспортировки и фокусировки луча; устройствами управления лучом и системой регулирования параметров излучения. Использование порошкового питателя в процессе лазерной наплавки позволяет повысить производительность наплавки до 20 см<sup>2</sup>/мин. с толщиной наплавленного слоя 1,5-2 мм на сторону.

#### Список использованных источников

1. Биргер Е. М., Закармока В. Г., Креймер А. Г. Восстановление кулачковых валов лазерной наплавкой. «Техника в сельском хозяйстве», 1985, № 9.
2. Аблаев А. А. Разработка и исследование технологии лазерного восстановления и упрочнения деталей машин. Технология упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика: в 2 ч. Часть 1: материалы 15-й Международной научно-практической конференции. – СПб.: Изд.-во Политехн. ун-та, 2013. с. 4-9.

## ОХЛАЖДАЮЩИЕ ЖИДКОСТИ (АНТИФРИЗЫ)

В настоящее время не существует единой международной маркировки антифризов различных производителей. Однако в России широко распространена маркировка концерна *Volkswagen* – G11, G12, G13.

Антифризы подразделяются на неорганические, органические (карбоксилатные), гибридные и лобридные (рис. 1).

Классификация антифризов				
Тип антифриза	Альтернативное название	Классификация VW	Возможные обозначения	Описание
Традиционный, с неорганическими присадками	Силикатный антифриз, Тосол	G11	IAT, Traditional, Classic, Conventional, Tocol	Устаревшая технология неорганических кислот
Карбоксилатный, с органическими присадками	Карбоксилатный антифриз	G12, G12+	OAT, Carboxylate	Технология органических кислот
Гибридный или лобридный	Гибридный антифриз, лобридный антифриз	G12++	Hybrid, HOAT, Lobrid, SOAT	Технология органических кислот с добавлением неорганических
На основе пропиленгликоля и глицерина	Пропиленгликолевый антифриз	G13	G13	«Экологичный» антифриз с глицерином для автомобилей VAG

Рис. 1. Классификация антифризов

### Традиционные антифризы с неорганическими присадками

Первыми в автомобилях стали применять неорганические антифризы, которые содержат соли неорганических кислот, такие как нитриты, нитраты, бораты и силикаты. Примером такого антифриза является известный Тосол А-40.

Международное обозначение для таких антифризов – *IAT (Inorganic Acid Technology)*.

Соли, находящиеся в составе неорганических антифризов, действуют как замедлители коррозии. Процент содержания солей в неорганическом антифризе достаточно высок, и когда он используется в двигателе, соли оседают на внутренних поверхностях системы охлаждения, образуя плёнку, которая защищает металл от воздействия моноэтиленгликоля.

Одним из преимуществ неорганической охлаждающей жидкости является её относительная универсальность. Созданный в эпоху, когда блоки цилиндров двигателей были из чугуна, а радиаторы – из меди, такой антифриз хорошо защищает и алюминиевые детали.



Однако неорганические антифризы имеют несколько недостатков:

- Во-первых, защитная плёнка, образуемая неорганической охлаждающей жидкостью, может ухудшить теплоотдачу. На старых двигателях с рабочей температурой 80 °С это было несущественно, но в современных высокофорсированных и теплонагруженных двигателях такой антифриз применять нежелательно.
- Во-вторых, неорганические антифризы имеют ограниченный срок службы. Защитная плёнка постепенно разрушается, и начинается коррозия металла в тех местах, где покрытие утрачено. Восстановить защитное покрытие невозможно, поскольку присадки уже были использованы, и их нет в циркулирующем антифризе.
- В-третьих, «продукты износа» неорганической охлаждающей жидкости содержат абразивные частицы, которые могут быть вредными для сальников водяного насоса.

Срок службы неорганических антифризов составляет около двух лет.

#### Карбоксилатные антифризы с органическими присадками

Ингибиторами коррозии в органических антифризах служат органические карбоновые кислоты. Их международное обозначение – *Carboxylate coolants*, *OAT* (*Organic Acid Technology*), *SNF* (*Silicate Nitrite Free*), *G12* или *G12+*.

В отличие от неорганических добавок, органические карбоновые кислоты не оседают на стенках и долго сохраняются в составе антифриза. Они действуют локально – только там, где коррозия уже началась. Они покрывают проблемное место тонкой плёнкой, в отличие от неорганических охлаждающих жидкостей.

Благодаря этому карбоксилатные антифризы лучше отводят тепло от горячих деталей и имеют более длительный срок службы. Однако они не рекомендуются для использования в алюминиевых двигателях, так как могут вызывать окисление чугуна и старых радиаторов. Поэтому, при использовании карбоксилатного антифриза, необходимо тщательно следить за его уровнем в расширительном бачке и избегать попадания воздуха в систему охлаждения.

*G12+* – улучшенная формула карбоксилатного антифриза с добавлением силикатных присадок.

Карбоксилатные антифризы могут использоваться в течение 3-4 лет без значительного снижения своих свойств. Некоторые современные анти-

фризы этого типа имеют продленный срок службы до 5 лет, однако при смешивании с антифризами стандарта G11 и аналогами, срок службы будет сокращен до 3 лет.

#### Гибридные антифризы

Следующим шагом в развитии охлаждающих жидкостей стало появление гибридных антифризов. В них используется комбинированный пакет присадок, состоящий на 60–70 % из неорганических солей и остальное из карбоксилатов.

Международное обозначение – *HOAT (Hybrid Organic Acid Technology)*, *Hybrid Technology*, *NF (Nitrite Free)*, G11 (по спецификации VW TL 774-C).

Гибридный антифриз обеспечивает комбинированную защиту. Часть присадок оседает на стенках и предотвращает коррозию, тогда как остальные в жидкости активируются в местах повреждений защитного покрытия.

У них есть свои плюсы и минусы. Защитное покрытие все равно относительно толстое, что может ухудшить эффективность охлаждения. Однако, благодаря карбоксилатной составляющей, гибридный антифриз имеет более длительный срок службы по сравнению с неорганическими антифризами, который составляет примерно 3 года.

#### Лобридные антифризы

Ещё один тип антифризов, в которых преобладают карбоксилатные присадки, а доля неорганических солей составляет около 10 %. Это означает, что основная защита основана на органической технологии, где присадки активно действуют в местах коррозии, а неорганические соли образуют тонкий слой. Эти охлаждающие жидкости предназначены для использования в современных моторах и могут быть использованы в большинстве относительно новых автомобилей. Они обеспечивают отличную теплоотдачу и имеют высокий ресурс. Однако лобридные антифризы являются самыми дорогими из-за более сложных технологий производства. Также важно отметить, что среди гибридных и лобридных антифризов есть деление на силикатные и фосфатные, в зависимости от типа используемых солей в неорганической составляющей присадок. Первые часто используют европейские производители автомобилей, в то время как вторые – японские и корейские. Однако оба типа обеспечивают одинаковую защиту от коррозии.

Этиленгликолевые лобридные антифризы имеют маркировку G12++.

### Пропиленгликолевые антифризы

А G13 – это антифризы на пропиленгликолевой основе. Пропиленгликоль по своим характеристикам не отличается от этиленгликоля, однако он менее ядовитый и более экологически чистый.

При выборе антифриза важно понимать, что цвет охлаждающей жидкости не указывает на её тип. Красный, синий или зеленый цвет создается добавлением красителя для легкого контроля уровня и поиска утечек. Краситель не влияет на свойства охлаждающей жидкости.

Лучшим руководством при выборе антифриза является рекомендация производителя автомобиля, указанная в инструкции по эксплуатации автомобиля. Там должны быть указаны тип антифриза, заливаемого на заводе, а также допуск (буквенно-цифровой код), который должен быть у рекомендованной на замену жидкости.

Цвет антифриза зависит от марки антифриза: G11 – синий и зелёный, красный – G12 и G12+, фиолетовый – G12++, жёлтый – G13.

Смешивать антифризы разных цветов нельзя – при взаимодействии присадки разного типа могут снизить защитные свойства охлаждающей жидкости. Результат – перегрев двигателя и дорогой ремонт.

Цвет влияет на тип присадок и область применения. Например, зелёный антифриз подходит для большинства отечественных автомобилей, а красный – для азиатских марок. Разница в цвете не означает различие свойств: главное – соответствие требованиям производителя вашего автомобиля.

Не меняйте антифриз на прогретый двигатель – горячая жидкость может вылиться из бака и обжечь Вас.

Когда двигатель остынет, полностью слейте старую жидкость, промойте систему охлаждения и залейте новый антифриз.

Нужный тип и цвет антифриза для вашего автомобиля указан в сервисной документации. Если у Вас такой нет – узнайте у дилера или у бывшего хозяина автомобиля.

Проверяйте уровень антифриза раз в месяц – некачественная жидкость может испортиться задолго до окончания срока службы. Чтобы не нарваться на подделку, ищите на этикетке канистры информацию о стандартах качества.

УДК 629.113

*А. Д. Баскаков (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель Д. Н. Смирнов (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## КЛАССИФИКАЦИЯ ЯПОНСКИХ АНТИФРИЗОВ

С азиатскими антифризам можно запутаться, нет чёткой классификации так как привязывают покупателя машины к антифризу производителя и нет таких законов о конкуренции как в Европе.

Японские антифризы – гибридные антифризы 1-го и 2-го поколений (далее упоминается классификация *Volkswagen* более привычная для России).

Поколения гибридных антифризов:

1-е – Гибридные антифризы (*HOAT*, *G-11*, *BASF G48*);

2-е – Лобрид антифризы (*Lobrid*, *G-12++*, *BASF G40*) «*Lobrid coolants*» или «*SOAT coolants*».

Преимущества:

1) т.к. антифризы 2-го поколения хорошо защищают и алюминиевые и чугунные блоки. Это позволяет держать в техническом центре ОД один тип антифриза (для дизеля (чугун) и для лёгких алюминиевых двигателей). По алюминию работает входящая в антифриз органика, по чугуну либо фосфаты (Азия), либо силикаты (Европа).

2) при наличии прокладок из прессованных материалов (не используются герметики) чистая органика (*OAT*) может разъедать. Прокладки из прессованных материалов хорошо защищает гибридные антифризы (иногда указывается в документации о запрещении применения европейского антифриза *G-12*).

Для чугунного двигателя применяется гибридный антифриз 1-го или 2-го поколения (*G-12++*) (или неорганические антифризы), т.к. карбоновые кислоты плохо работают с чугуном. *G-12* плохо работает с чугунным блоком.

Антифриз в чугунном азиатском дизеле. С завода антифриз залит гибридный нового поколения.

При замене:

1. Промыть.

2. Если есть специальное покрытие чугуна, то залить карбоксилатный органический, если нет (чистый чугун), то *G-11*. Если лить *G-11*, то смотреть

на температуру – есть риск перегрева. G-11 менять в два раза чаще, чем с завода.

1-е поколение – Гибридные антифризы (*HOAT*, *VW G-11*, *BASF G48*, *G05*). Обозначаются термином «*Hybrid Coolants*», *HOAT* (*Hybrid Organic Acid Technology*).

Гибридные антифризы содержат, кроме органических (карбоксилатных) ингибиторов, также и неорганические ингибиторы (нейтрализаторы коррозии):

- фосфаты (японская и корейская технология);
- силикаты (европейская технология);
- нитриты, бораты (американская технология).

Хорошо работает в чугунных двигателях, но можно применять в алюминиевых.

G-12 не применяется в чугунных, если только нет специальной обработки двигателя.

Следует менять каждые 3-5 лет.

Тип *HOAT* содержит от 10 до 90 % неорганики (самые проблемные составы на рынке России).

2-е поколение – Лобрид антифризы (*Lobrid*, *G-12++*, *BASF G40*), появились в 2008 г. В органической основе сочетаются с небольшим количеством минеральных ингибиторов. Используются карбоновые кислоты в качестве основного ингибитора коррозии. Один тип антифриза для дизеля (чугун) и для лёгких двигателей (алюминий).

Азиатский антифриз – карбоновая кислота + фосфаты, нитраты.

По алюминию работает органика, по чугуну либо фосфаты, нитраты (Япония) либо силикаты (Европа).

В Европе ограничено применение фосфатов в жидкостях, фосфатный антифриз только импортируемый. В Японии ограничения на силикаты.

При смещении японского (с фосфатами, нитратами) и европейского антифриза (с силикатами) возможно выпадение осадка, следствие: забивается печка из-за более тонких каналов, плохо работает помпа.

Для них ещё не установлено общепринятого обозначения.

Разработчики называют их «*Lobrid coolants*» или «*SOAT coolants*».

В качестве нейтрализаторов коррозии применяются органические соединения с небольшим добавлением минеральных. Данный тип антифризов подойдёт для применения в современных высокотехнологичных двигателях.

Тип лобрид ограничен применением «не более 9 % неорганики», т.е. в *Lobrid* может содержать от 1 до 9 % неорганики.

Принципиальное отличие от антифризов других типов – неограниченный срок службы при условии заправки им автомобиля с конвейера. Но на 150 тыс. км меняют помпу и антифриз сливают и (все равно!) заменяют охлаждающую жидкость.

Новый антифриз с увеличенным сроком службы *OEM for Japanese and Korean cars* изготовлен из суперконцентрата *Golden Cruiser* японской корпорации *CCI* и соответствует стандартам производства охлаждающих жидкостей для автомобилей японских и корейских марок. Новый антифриз специально адаптирован для автомобилей *Toyota, Mazda, Lexus, Infiniti, Hyundai, Kia, Suzuki, Mitsubishi, Nissan, SsangYong, Subaru, Daewoo, Datsun* независимо от года выпуска.

Антифризы *Golden Cruiser* имеют допуски-одобрения ведущих автопроизводителей и уверенно занимают 24 % мирового рынка. «Обнинскоргсинтез» – единственная компания в России, имеющая аккредитацию корпорации *CCI*. Технические характеристики *OEM for Japanese and Korean cars* полностью соответствуют параметрам охлаждающих жидкостей для первой заливки на заводы, поэтому в названии нового антифриза используется маркировка *OEM (Original Equipment Manufacturer* – оригинальный производитель оборудования). Японские и корейский антифризы, используемые на конвейерах автозаводов (*OEM*), и антифриз *OEM for Japanese and Korean cars* взаимозаменяемы и совместимы по всем параметрам. Рецепт нового антифриза соответствует стандартам автомобилестроения тихоокеанского региона, а его стоимость ниже «именных» аналогов: изготовить несколько десятков видов антифризов специально для каждой автомобильной марки существенно дороже, чем создать более функциональный продукт.

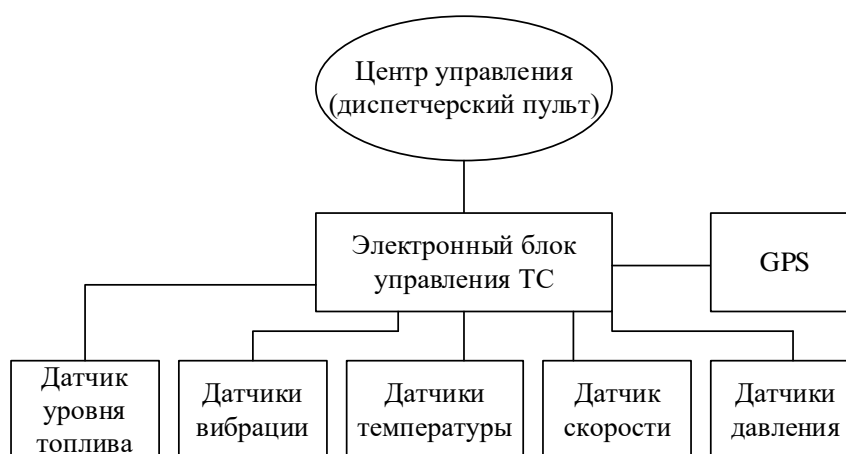
Антифриз *OEM for Japanese and Korean cars* удовлетворяет всем современным требованиям японских и корейских производителей автотехники. Обеспечивает превосходное охлаждение двигателей легковых и грузовых автомобилей. Защищает моторы от коррозии и кавитационного разрушения. Подходит для двигателей с алюминиевыми головками блока и радиаторами. Не содержит силикатов, нитритов, аминов и боратов. Температура начала кристаллизации -40 °С. Температура кипения +110 °С. Цвет – красный, зелёный.

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПАРКА

Качество технического состояния транспортных средств (ТС) играет важную роль в благополучии любого предприятия, выраженное прежде всего в минимизации затрат на ремонт ТС. Поэтому любому предприятию, выполняющему перевозки грузов, пассажиров и т.д. необходимо следить за состоянием своих ТС в режиме *non-stop* реального времени и в случае возникновения неисправности или внештатной ситуации незамедлительно реагировать.

В настоящее время существует большое множество систем контроля технического состояния ТС во время выполнения транспортных работ, которые основаны на базе АСУ.

Автоматизированные системы мониторинга технического состояния ТС играют ключевую роль в обеспечении надежности и эффективности эксплуатации коммерческих автопарков. Данные системы позволяют своевременно выявлять неисправности, предотвращать аварии и оптимизировать затраты на техническое обслуживание.



**Рис. 1. Архитектура системы мониторинга**

Основные компоненты автоматизированных систем мониторинга включают в себя датчики и измерительные устройства, которые предназначены для эффективного мониторинга технического состояния транспортного средства. К ним относятся:

Датчики температуры, контролирующие температуру двигателя, масла и охлаждающей жидкости, а также следящие за температурой в салоне или кузове ТС;

Датчики давления, фиксирующие давление в топливной системе, тормозной системе и шинах;

Датчики вибрации, которые обнаруживают аномальные колебания, свидетельствующие о возможных неисправностях;

Датчики закрытия дверей в пассажирском транспорте;

*GPS*-трекеры, которые отслеживают местоположение автомобиля и предоставляют данные о маршруте движения.

Камеры наблюдения как наружные, так и внутренние следящие за обстановкой как с наружи транспорта, так и внутри него.

Эти устройства собирают информацию о состоянии транспортного средства и передают её в центральный сервер для дальнейшей обработки.

Архитектура автоматизированных систем мониторинга включает три основных уровня: сбора данных, обработка данных, получения данных.

На уровне сбора данных информация с установленных датчиков на ТС передается в центр мониторинга посредством телеметрии, например, *GSM/GPRS*.

На уровне обработки полученная информация анализируется и сравнивается с предельными (допустимыми) значениями, которые определены для каждой единицы ТС. Система постоянно мониторит и записывает информацию о работе узлов, механизмов, агрегатов при различных условиях работы ТС и передает ее на сервер базы АСУ.

На уровне представления данных информации поступает пользователям через веб-интерфейсы и мобильные приложения.

Возможность формирования отчетов и уведомлений о критических событиях позволяет эффективно управлять большими объемами данных и оперативно реагировать на изменения в техническом состоянии ТС.

Преимуществами автоматизированных систем мониторинга могут являться следующие показатели:

Повышение безопасности, заключающееся в своевременном выявлении неисправностей, которые при правильном и своевременном техническом обслуживании позволяют минимизировать риск аварий и внештатных ситуаций



Регулярное техническое обслуживание играет важную роль в сохранении прибыли предприятия, а сохраненные денежные средства можно направить на развитие предприятия.

Контроль и постоянный мониторинг за движением транспортных средств позволяет исключить большие простои на линии.

Также контроль за техническим состоянием ТС в совокупности с регулярным техническим обслуживанием сохраняют окружающую среду от чрезмерных выхлопов продуктов горения, что приводит к минимизации, а возможно и к отсутствию штрафных санкций за нарушение экологических норм.

Любая современная технология постоянно совершенствуется, что-то обновляется, что-то добавляется позволяют открывать новые возможности улучшения качества мониторинга технического состояния ТС.

Поэтому можно предположить несколько перспективных направления развития систем контроля ТС. С появлением искусственного интеллекта появляется возможность анализировать сложные данные и предсказывать появления отказов.

Интегрирование систем управления с логистическими процессами позволяют оптимизировать маршруты, что поможет снизить расход топлива. Увеличивается функционал с подключением новых датчиков, система и т.д.

Автоматизированные системы мониторинга технического состояния парка коммерческого транспорта являются важным инструментом повышения надёжности и эффективности эксплуатации транспортных средств. Их внедрение позволяет значительно снизить риски аварий, сократить расходы на ремонт и повысить общую производительность предприятия. В условиях растущей конкуренции и ужесточающихся норм экологической безопасности подобные решения становятся неотъемлемой частью успешного бизнеса.

#### Список использованных источников

1. Мишин Д. С. Моделирование процессов интеграции автоматизированных систем управления // Наука и практика. – Орёл: Орл. юрид. ин-т МВД РФ им. В.В. Лукьянова, 2014. – С. 153-155.
2. Коннолли Т. Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика / Т. Коннолли, К. Бегг, А. Страчан. – М.: Вильямс, 2017. – 1440 с.

## **МЕТОДИКА АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ ПРИ ДВИЖЕНИИ НА УКЛОНАХ**

**Аннотация.** Предложена методика аналитической оценки термонагруженности тормозных механизмов автомобиля при движении на затяжных спусках. Подход основан на законах энергетики и описывает переход механической энергии в теплоту с её последующим накоплением и рассеянием.

Проведён расчёт максимальной температуры нагрева тормозных дисков и остаточной температуры после охлаждения, выполнен анализ соответствия полученных значений допустимым термическим пределам фрикционных материалов. Обоснована расчётная модель, учитывающая массу, геометрию и тепловые характеристики тормозного диска.

Сформулированы рекомендации по снижению риска перегрева и повышению надёжности тормозной системы при интенсивной эксплуатации в условиях уклонов.

**Ключевые слова:** автомобиль, тормозной механизм, термонагруженность, теплоотдача, торможение, температурный режим, безопасность.

**Введение.** Эффективность тормозной системы автомобиля, особенно при эксплуатации в горных условиях, напрямую зависит от её термостойкости. При движении по затяжным уклонам или в режиме интенсивного многократного торможения происходит значительное нагревание тормозных элементов, что может привести к снижению коэффициента трения, эффекту фэйдинга и даже к отказу тормозов [1–3]. По данным [4], до 30 % дорожно-транспортных происшествий на горных дорогах связано с неисправностями тормозной системы, вызванными перегревом или снижением её эффективности. Анализ инцидентов в странах с развитой горной инфраструктурой (например, в Норвегии, Швейцарии и США) подтверждает, что перегрев тормозов входит в пятёрку наиболее частых причин аварий с грузовыми и легковыми транспортными средствами на спусках.

В связи с этим задача количественной оценки термонагруженности тормозных механизмов приобретает особую актуальность. Она позволяет

обосновать как конструктивные, так и эксплуатационные решения, направленные на повышение надёжности и безопасности автомобиля в сложных условиях. В большинстве существующих работ термонагруженность оценивается преимущественно экспериментальными методами [5–8] – с использованием тепловизионных наблюдений, термопар или полунатурных стендовых испытаний. Однако такие методы требуют значительных временных и материальных ресурсов, а также не всегда позволяют моделировать граничные или аварийные режимы.

В данной работе представлен аналитический подход к оценке термонагруженности, основанный на законах энергетики [9–11]. Он предусматривает расчёт работы торможения с последующим определением количества теплоты, аккумулируемой и рассеиваемой тормозными элементами. Такой подход позволяет прогнозировать температурные состояния тормозных дисков на разных этапах торможения и охлаждения, а также выявлять риски перегрева ещё на этапе проектирования или при технико-эксплуатационной оценке транспортных средств.

Таким образом, предложенный аналитический подход обеспечивает количественную оценку тепловых процессов, протекающих в тормозных механизмах при различных режимах эксплуатации. Переходя к практической реализации методики, рассмотрим исходные параметры, используемые для проведения расчётов.

Методика оценки термонагруженности тормозных механизмов

Для расчёта используются следующие исходные данные:

**Таблица 1. Исходные параметры для расчёта термонагруженности тормозных механизмов автомобиля *Mercedes-Benz W211* [14]**

Параметр	Обозначение	Ед. изм.	Значения
1	2	3	4
Снаряжённая масса автомобиля	$m_0$	кг	1700
Снаряжённый вес автомобиля	$G_0$	Н	16677
Колёсная база	$L$	м	2,85
Расстояние от ЦМ до передней оси	$a; a_0$	м	1,5; 1,37
Расстояние от ЦМ до задней оси	$b; b_0$	м	1,35; 1,48
Высота центра масс	$h; h_0$	м	0,55; 0,52
Скорость автомобиля до торможения	$v_a$	м/с	30
Длина тормозного участка	$S$	м	200

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Угол уклона	$\alpha$	град.	$0...15^0$
Коэффициент сцепления дороги	$\varphi$	-	0,7
Ускорение свободного падения	$g$	м/с <sup>2</sup>	9,81
Наружный диаметр диска (передний)	$d_n$	м	0,3
Внутренний диаметр диска(передний)	$d_{вн}$	м	0,18
Толщина диска (передний)	$t_d$	м	0,025
Плотность материала	$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	7200
Уд. теплоёмкость диска	$c$	Дж/кг·К	447
КПД тормозного механизма	$\eta$	—	0,85
Коэффициенты распределения усилий	$\varphi_n, \varphi_z$	—	0,65/0,35
Площадь охлаждения	$F_{охл}$	м <sup>2</sup>	0,19
Коэффициент теплоотдачи	$\alpha_T$	Вт/м <sup>2</sup> ·К	45
Время охлаждения	$t$	с	180
Начальная температура тормозного диска перед торможением	$T_0$	°С	60
Температуры окружающей среды	$T_{окр}$	°С	25

Расчёт работы торможения ( $A_{\text{торм}}$ )

Полная работа торможения включает кинетическую и потенциальную составляющие и определяется по формуле:

$$A_{\text{торм}} = \frac{m_a \cdot v_a^2}{2} + m_a \cdot g \cdot S \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

Подставим значения при  $\alpha=0^0$ :

$$A_{\text{торм}} = \frac{1700 \cdot 30^2}{2} + 1700 \cdot 9,81 \cdot 200 \cdot \sin(0^0) = 765000 \text{ Дж.}$$

Количество теплоты, аккумулируемой тормозами ( $Q_{\text{нак}}$ )

$$Q_{\text{нак}} = A_{\text{торм}} \cdot \eta = 765000 \cdot 0,85 = 650250 \text{ Дж.}$$

Распределение теплоты по осям

Влияние продольного ускорения и уклона дороги на распределение нагрузок между осями автомобиля оказывает существенное влияние на эффективность торможения и, как следствие, на тепловую нагрузку тормозных механизмов [12].

Нормальные реакции на переднюю и заднюю оси в условиях торможения определяются в зависимости от относительного замедления, положения центра масс и угла уклона:

а) на горизонтальной дороге

$$R_{z1} = \frac{G_a}{L} \cdot (b + h \cdot z); \quad R_{z2} = \frac{G_a}{L} \cdot (a - h \cdot z), \quad (2)$$

где  $R_{z1}$ ,  $R_{z2}$  – нормальные реакции на осях;  $a$ ,  $b$  и  $h$  – координаты центра масс автомобиля;  $L$  – база автомобиля;  $G_a = m_a \cdot g$  – вес автомобиля;  $z$  – относительное замедления автомобиля ( $z = \frac{j_3^p}{g}$ );

Замедление автомобиля на уклоне определяется по формуле [13].

$$j_3^p = g \cdot \varphi \cdot \cos \alpha$$

б) на уклоне

$$R_{z1} = \frac{G_a}{L} \cdot (b + h \cdot z + h \cdot \sin \alpha); \quad R_{z2} = \frac{G_a}{L} \cdot (a - h \cdot z - h \cdot \sin \alpha). \quad (3)$$

Выражения (2) и (3) позволяют учитывать перераспределение веса между осями в зависимости от условий движения, что, в свою очередь, даёт возможность корректно определить коэффициенты распределения тормозного усилия  $\varphi_{\Pi}$  и  $\varphi_3$ , а также соответствующую тепловую нагрузку на тормозные механизмы:

$$\varphi_{\Pi} = \frac{R_{z1}}{R_{z1} + R_{z2}}, \quad \varphi_3 = 1 - \varphi_{\Pi} \quad (4)$$

Результаты расчётов, выполненных по приведённым формулам с использованием параметров, характерных для легкового автомобиля

*Mercedes-Benz W211*, с учётом действия системы распределения тормозных усилий и уклона дорожного профиля, представлены в таблицах 1 и 2.

Количество теплоты, воспринимаемой тормозными механизмами передней и задней осей, определяется по формулам:

Передняя ось:

$$Q_{\text{п}} = \varphi_{\text{п}} \cdot Q_{\text{нак.}} = 0,65 \cdot 650250 = 422662,5 \text{ Дж.}$$

Задняя ось:

$$Q_{\text{з}} = \varphi_{\text{з}} \cdot Q_{\text{нак.}} = 0,35 \cdot 650250 = 227587,5 \text{ Дж.}$$

Масса одного тормозного диска  $m_{\text{тд}}$

$$m_{\text{тд}} = \frac{(\rho \cdot \pi \cdot (d_{\text{н.}}^2 - d_{\text{вн.}}^2) \cdot t_{\text{д}})}{4} = \frac{(7200 \cdot 3,14 \cdot (0,3^2 - 0,18^2) \cdot 0,025)}{4} = 8,1 \text{ кг}$$

Прирост температуры тормозного диска  $\Delta T$

$$\Delta T = \frac{Q_{\text{п}}}{m_{\text{тд}} \cdot c} = \frac{422662,5}{8,1 \cdot 447} = 116,74 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Теплоотдача за время  $t$

Максимальная температура тормозного диска после торможения, К или  $^{\circ}\text{C}$ ;

$$T_{\text{макс}} = T_0 + \Delta T = 60 + 116,74^{\circ}\text{C} = 176,74^{\circ}\text{C}$$

Перепад температуры между тормозным диском и окружающей средой, К или  $^{\circ}\text{C}$

$$\Delta T_{\text{охл}} = T_{\text{макс}} - T_{\text{окр}} = 176,74 - 25^{\circ}\text{C} = 151,74^{\circ}\text{C}.$$

Количество теплоты, отведённой в окружающую среду  $Q_{\text{отд}}$

$$Q_{\text{отд}} = \alpha_{\text{т}} \cdot F_{\text{охл}} \cdot \Delta T_{\text{охл}} \cdot t = 45 \cdot 0,19 \cdot 151,74 \cdot 180 = 233527,9 \text{ Дж.}$$

Остаточная температура тормозного диска после цикла торможения  $T_{\text{ост}}$

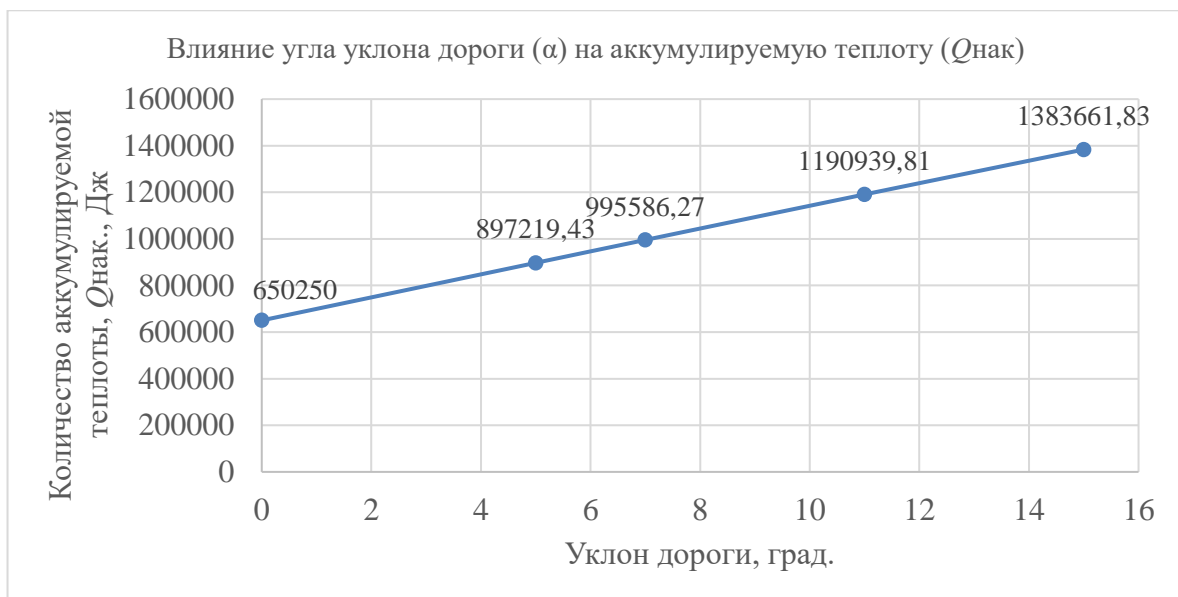
$$T_{\text{ост}} = T_0 + \Delta T - \frac{Q_{\text{отд}}}{m_{\text{тд}} \cdot c} = 60 + 116,74 - \frac{233527,9}{8,1 \cdot 447} = 112,24 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Результаты расчётов представлены в таблице 2. Таблица отражает изменение величин аккумулируемой теплоты ( $Q_{\text{нак}}$ ), распределения тормозных усилий между передней и задней осями ( $\varphi_n$  и  $\varphi_z$ ), тепловой нагрузки на передние тормоза ( $Q_n$ ), прироста температуры тормозного диска ( $\Delta T$ ), его максимальной температуры ( $T_{\text{max}}$ ), температуры охлаждённого диска ( $T_{\text{ост}}$ ) и количества отведённой теплоты ( $Q_{\text{отд}}$ ) в зависимости от угла уклона дороги.

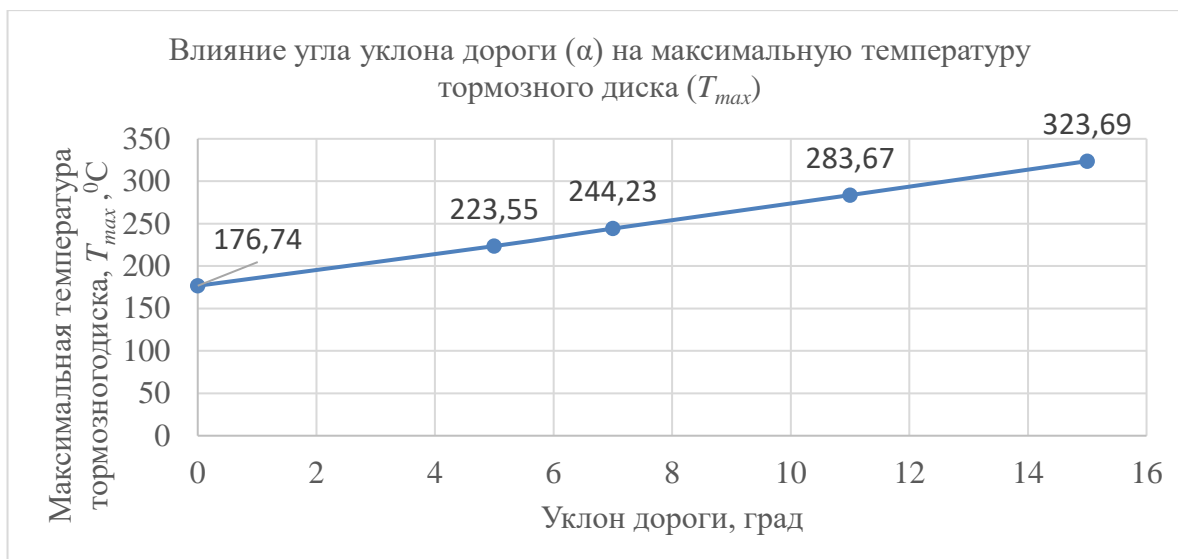
**Табл. 2. Итоговые значения параметров тепловой нагруженности тормозных механизмов при различных уклонах**

$\alpha$ , град.	$A_{\text{торм}}$ , Дж	$Q_{\text{нак}}$ , Дж	$\varphi_n$	$\varphi_z$	$Q_n$ , Дж	$\Delta T$ , °C	$T_{\text{max}}$ , °C	$\Delta T_{\text{охл}}$ , °C	$Q_{\text{отд}}$ , Дж	$T_{\text{ост}}$ , °C
0	765000	650250	0,65	0,35	422662,5	116,74	176,74	151,74	233527,9	112,24
5	1055552	897219,43	0,66	0,34	592164,8	163,55	223,55	198,55	305568,5	139,16
7	1171278	995586,27	0,67	0,33	667042,8	184,23	244,23	219,23	337395	151,04
11	1401106	1190939,81	0,68	0,32	809839,1	223,67	283,67	258,67	398093,1	173,72
15	1627837	1383661,83	0,69	0,31	954726,7	263,69	323,69	298,69	459683,9	196,73

На основании этих данных построены зависимости, представленные на рисунках 1 и 2.



**Рис. 1. Зависимость аккумулируемой теплоты ( $Q_{\text{нак}}$ ) от угла уклона дороги  $\alpha$**



**Рис. 2. Зависимость максимальной температуры тормозного диска ( $T_{max}$ ) от угла уклона дороги  $\alpha$**

Построенные зависимости демонстрируют закономерности изменения температуры тормозных дисков при многократных торможениях и последующем охлаждении: температура дисков быстро достигает  $T_{max}$ , а затем снижается до  $T_{окр}$ . Разница температур ( $\Delta T$ ) между фазами нагрева и охлаждения отражает величину тепловой нагрузки и характеризует термостойкость системы, тогда как увеличение аккумулируемой ( $Q_{нак}$ ) и отведённой ( $Q_{отд.}$ ) теплоты свидетельствует о росте тепловой энергии, проходящей через тормозные элементы. При высоких нагрузках процесс охлаждения замедляется: при  $\alpha = 15^\circ$  температура после фазы торможения остаётся выше  $196^\circ\text{C}$ , что указывает на необходимость учёта конструктивных и эксплуатационных факторов для предотвращения перегрева и фэйдинга.

На основании рассчитанных данных и итоговой таблицы, включающей значения температуры нагрева тормозных дисков ( $T_{макс}$ ), температуры охлаждения ( $T_{окр}$ ), количества теплоты, аккумулируемого ( $Q_{нак}$ ) и отводимого ( $Q_{отд}$ ), а также разности температур ( $\Delta T$ ), можно сделать следующие выводы и заключения:

### **Выводы:**

1. Проведённый тепловой расчёт показал, что при торможении на уклонах тормозные диски автомобиля подвергаются значительной термической нагрузке. Максимальные значения температуры достигают  $323^\circ\text{C}$ , что приближается к верхней границе допустимых значений для распространённых фрикционных материалов.



2. Согласно результатам расчёта, при торможении на уклонах свыше  $11^\circ$  температура тормозного диска превышает  $280^\circ\text{C}$ , а при уклоне  $15^\circ$  достигает  $323,7^\circ\text{C}$ . Это приводит к превышению температурной разницы с окружающей средой более чем на  $250^\circ\text{C}$ , что указывает на критическую термическую нагрузку, требующую интенсивного теплоотвода. В противном случае возникает риск термической деградации фрикционного материала, ускоренного износа и снижения ресурса тормозных механизмов при многократных торможениях.
3. Количество теплоты, отводимое в окружающую среду в процессе естественного охлаждения, составляет в среднем 50–60 % от аккумулярованного тепла, что свидетельствует о накоплении остаточного тепла и потенциальной опасности перегрева при повторных циклах торможения.
4. Тормозные механизмы передней оси испытывают повышенную термическую нагрузку – на 30–35 % выше по сравнению с задними тормозами, что требует учёта этих факторов при проектировании конструкции и выборе материалов.

### **Заключение:**

Предложенная методика аналитической оценки термонагруженности тормозных механизмов позволяет с высокой степенью надёжности оценивать температурные режимы работы тормозной системы автомобиля при движении на затяжных уклонах. Метод опирается на расчёт работы торможения с последующим определением количества теплоты, аккумулируемой и рассеянной тормозными элементами.

Полученные результаты подтверждают, что при интенсивных режимах эксплуатации возможно существенное превышение предельных температур тормозных дисков, особенно при недостаточной теплоотдаче. Это подчёркивает необходимость оптимизации конструкции тормозных механизмов, повышения эффективности их охлаждения, а также корректного выбора материалов и параметров при проектировании.

Методика может быть использована как в конструкторских расчётах, так и в эксплуатационной диагностике технического состояния тормозных систем.

#### Список использованных источников

1. Гринберг Я. М. Основы расчета тормозных механизмов автомобилей. – М. : Машиностроение, 2004. – 248 с.
2. Сергеев Ю. И., Попов В. Н. Тормозные системы автомобилей. – М. : Транспорт, 2008. – 312 с.
3. Панов В. Н. Тепловые режимы работы тормозов автомобилей. – М. : Наука и техника, 2011. – 215 с.
4. Sivak M., Schoettle B. *Road Safety with Self-Driving Vehicles: General Limitations and Road Sharing with Conventional Vehicles*. – Ann Arbor : UMTRI, University of Michigan, 2015. – 13 p.
5. Ковалев В. Н. Надёжность и эффективность тормозных систем автотранспортных средств. – СПб. : Политехника, 2003. – 276 с.
6. *DIN 70000: Thermische Belastung von Bremsscheiben*. – Berlin : Deutsches Institut für Normung, 2014. – 18 S.
7. Ковалев А. С., Кузнецов С. В. Тепловой расчет тормозов автомобилей // Вестник машиностроения. – 2020. – № 4. – С. 36–40.
8. Быстров М. П. Моделирование температурных процессов в тормозах // Автомобили. – 2019. – № 2. – С. 12–16.
9. Gilbert R. *Brake Fade and Thermal Limits in Modern Disc Brakes* // SAE Technical Paper. – 2016. – № 2016-01-1234. – DOI: 10.4271/2016-01-1234.
10. Парамонов А. А. Численное моделирование теплового состояния тормозных дисков // Известия вузов. Машиностроение. – 2021. – № 5. – С. 24–30.
11. Zhang W., Wang X. *Simulation of Heat Dissipation in Disc Brake under Mountain Conditions* // Journal of Traffic and Transportation Engineering. – 2020. – Vol. 7, № 1. – P. 45–52. – DOI: 10.1016/j.jtte.2020.01.006.
12. Давлатшоев Р. А. Повышение тормозных свойств автотранспортных средств в горных условиях эксплуатации : дис. ... канд. техн. наук. – Владимир, 2007. – 220 с.
13. Давлатшоев Р. А. Особенности динамики торможения в горных условиях. Теоретический и научно-практический журнал «Земледелец». 2 (107)2025 ISSN 2074-5435. С. 106-111.
14. Давлатшоев Р. А. Анализ эффективности распределения тормозных усилий электронными системами ESP и EBD при движении автомобиля на уклонах. – Политехнический вестник. Серия Техника и Общество. № 3 (11) 2025. С.4-11.

УДК 621.431.7-71 : 621.65.69

*М. Д. Демидов (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

*Научный руководитель: С. Г. Драгомиров (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## **ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СЕПАРАЦИИ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ В ЗАКРУЧЕННОМ ПОТОКЕ ЖИДКОСТИ**

Закрученные потоки жидкостей и газов часто встречаются в природных явлениях, а также эффективно используются в различных технологических процессах в энергетике, химической, нефтехимической и других отраслях промышленности. Интерес исследователей к различным процессам в закрученных потоках не ослабевает [1-4], что объясняется как незавершенностью изучения закрученных потоков, так и стремлением более эффективно их использовать.

При разработке инновационных устройств центробежной очистки охлаждающей жидкости поршневых двигателей необходимо проведение специальных исследований и моделирование процессов сепарации твердых частиц в закрученных потоках. Ввиду специфики работы устройств автомобильной техники (условия эксплуатации, режимы работы, требования к габаритным размерам и др.), необходимо проведение таких исследований перед конструкторской разработкой устройств очистки охлаждающей жидкости.

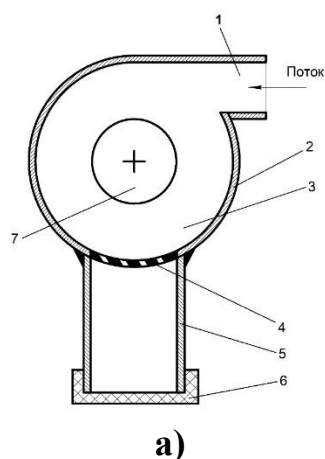
В процессе создания лабораторной установки для исследования сепарации твердых частиц в закрученном потоке жидкости, были определены требования к такой установке. Кратко они сводятся к следующему:

- установка должна соответствовать (быть подобной) реальным устройствам подачи жидкости в системах охлаждения двигателей (например, центробежному жидкостному насосу);
- лабораторная установка должна обеспечивать возможность плавного изменения и фиксации режимов течения жидкости (расходов, скоростей);
- должна быть обеспечена возможность визуального наблюдения закрученного потока жидкости (фото- и видеосъемка);
- необходимо создать условия для ввода твердых частиц в поток жидкости;

- следует обеспечить возможность изменения геометрических параметров сепарирующих элементов установки (размеров, формы и расположения улавливающих отверстий в стенке вихревой камеры).

В соответствии с этими требованиями и была создана специальная лабораторная установка для исследования процессов сепарации твердых частиц в закрученном жидкостном потоке.

Основным элементом этой установки является вихревая камера (рис. 1). Она представляет собой цилиндрическую камеру, имеющую тангенциальный ввод потока жидкости и осевой отвод ее. В торцевой (лицевой) стенке вихревой камеры выполнено стеклянное окно для возможности визуального наблюдения за процессами сепарации твердых частиц.



**Рис. 1. Схема (а) и внешний вид (б) вихревой камеры лабораторной установки для исследования процессов сепарации частиц в закрученном потоке жидкости:**

- 1 – тангенциальный входной канал; 2 – корпус; 3 – вихревая камера;  
4 – вкладыш с улавливающими отверстиями; 5 – сборник тестовых частиц;  
6 – крышка сборника; 7 – осевой выходной канал**

Поток жидкости подводится в камеру 3 с помощью тангенциального патрубка 1, что и создает вращательное (закрученное) движение жидкости в камере. Отвод потока жидкости производится через осевой канал 7. В нижней части вихревой камеры на внутренней стенке установлен специальный вкладыш с улавливающими отверстиями, сообщающимися с грязесборником 5, который снизу закрыт крышкой 6.

Тестовые твердых частицы, имитирующие частицы реальных загрязнений, вводится в поток жидкости до тангенциального канала 1. Сама вихревая камера включена в кольцевой контур, содержащий также расходомер жидкости и центробежный жидкостный насос с электроприводом.

В качестве расходомера жидкости использован ультразвуковой расходомер ультразвуковой расходомер *US-800* производства ООО «Эй-Си Электроникс» г. Чебоксары). Диапазон измерения расхода у этого прибора составляет – 8...440 л/мин. Погрешность измерения расхода по паспортным данным не хуже  $\pm 1,0 \%$ .

Поток жидкости (вода) создается с помощью центробежного насоса фирмы *Bosch* с электроприводом. Насос приводится от встроенного электродвигателя постоянного тока напряжением 24 В и обеспечивает номинальную частоту вращения вала  $3900 \text{ мин}^{-1}$  при потребляемом токе 3,6 А (мощность 86 Вт). При этом на номинальном режиме работы насоса обеспечивается расход жидкости до 85 л/мин. Путем изменения напряжения питания насоса можно плавно изменять расход жидкости от 0 до 85 л/мин.

При работе описанной вихревой камеры поток жидкости с введенными тестовыми частицами определенного размера (от 100 до 320 мкм) вращается в камере. При этом твердые частицы за счет центробежных сил отбрасываются на внутреннюю стенку вихревой камеры. При прохождении твердых частиц по поверхности вкладыша, они будут проходить через улавливающие отверстия во вкладыше и направляться в грязесборник. По окончании эксперимента (время его фиксируется), грязесборник вскрывается (снимается крышка б) и твердые частицы извлекаются из полости грязесборника. Далее они высушиваются для удаления влаги и взвешиваются.

Сепарирующие свойства данного устройств характеризуется коэффициентом очистки  $\beta$ , определяемом по формуле:

$$\beta = m_2 / m_1,$$

где  $m_1$  – масса тестовых частиц, введенных в гидравлический контур;  $m_2$  – масса тестовых частиц, извлеченных из грязесборника вихревой камеры.

В процессе исследований сепарации твердых частиц в закрученном потоке жидкости изучалось влияние размеров, формы и расположения улавливающих отверстий, выполненных во вкладышах.

Каждый вкладыш представляет собой сменный элемент стенки кольцевой камеры, под которым располагается грязесборник в вихревой камере. Отверстия во вкладыше обеспечивают улавливание твердых тестовых частиц и отвод их в грязесборник. Вкладыш вставляется в специальное гнездо кольцевого канала и фиксируется там с помощью конструкции «ласточкин хвост».

Размер каждого вкладыша составляет 25 x 40 мм (последний размер взят по хорде, без учета дуги). Толщина стенки каждого вкладыша (за исключением вкладыша с сеткой) – 3 мм. На каждом вкладыше (за исключением вкладыша с сеткой) имеется рабочая площадка, на которой выполнены улавливающие отверстия, размеры которой 14 x 23 мм. Все вкладыши пронумерованы от 0 до 9.

Внешний вид используемых вкладышей представлен на фото на рисунке 2.



**Рис. 2. Внешний вид вкладышей с улавливающими отверстиями различных размеров, формы и расположения**

Описанная лабораторная установка для исследования процессов сепарации твердых частиц в закрученном потоке жидкости показала свою работоспособность и высокую информативность получаемых результатов. При этом удалось выявить наиболее рациональные размеры, форму и расположение улавливающих отверстий.

#### Список использованных источников

1. Халатов А. А. Теория и практика закрученных потоков. – Киев: Наукова думка, 1980. – 192 с.: ил.
2. Гупта А. и др. Закрученные потоки. Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 588 с.: ил.
3. Шваб А. В., Евсеев Н. С. Исследование процесса сепарации частиц в турбулентном закрученном потоке. – Теоретические основы химической технологии, 2015, Т.49, №2, с. 197-205.
4. Пиралишвили Ш. А., Поляев В. М., Сергеев М. Н. Вихревой эффект. Эксперимент, теория, технические решения. – М.: УНПЦ «Энергомаш», 2000. – 412 с.: ил.

УДК 519.245:65.012.2

*С. Джованис (Россия, г. Москва, Московский политехнический университет, аспирант)*

*А. С. Гришин (Россия, г. Москва, Московский политехнический университет, научный сотрудник)*

*Научный руководитель: В. И. Сарбаев (Россия, г. Москва, Московский политехнический университет)*

## **АДАПТИВНАЯ ( $s, S$ )-СТРАТЕГИЯ И $IoT$ -МОНИТОРИНГ СКЛАДСКИХ ЗАПАСОВ АВТОСЕРВИСА: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АПРОБАЦИЯ В РЕСПУБЛИКЕ КИПР**

В условиях мультибрендовой структуры автосервисного бизнеса Республики Кипр, островной логистики и сезонности спроса критичны научно обоснованные методы управления складскими запасами. Целью работы является практическая апробация адаптивной ( $s, S$ )-методики с  $IoT$ -мониторингом на базе автосервисного центра г. Лимассол.

Методика основана на двухуровневой схеме. На стратегическом уровне выполняется модифицированный  $ABC$ – $XYZ$  анализ с учетом сезонности туристического периода, ограничений складских площадей и форм взаимодействия с поставщиками; на оперативном уровне применяются дифференцированные алгоритмы управления, включая непрерывное пополнение ( $s, S$ ), периодические заказы ( $R, S$ ),  $VMI$  и адаптивные схемы с буфером. В части аппаратного мониторинга применяется  $IoT$ -контур с  $RFID$ -метками, шлюзом сбора и облачной аналитикой.

В таблице 1 представлены ключевые параметры модели управления запасами, используемые в приложении к условиям островной логистики.

**Табл. 1. Ключевые параметры модели управления запасами**

Параметр	Обозначение	Интерпретация (для Кипра)
Средняя интенсивность спроса	$\mu$	Сезонно-изменчива; пик в летний период (до +40–60 %)
Время выполнения заказа	$L$	1–2 дня локально; 7–14 дней импорт; экстренно 2–4 дня авиа
Стоимость размещения заказа	$g$	Включая логистику и документацию; зависят от партии и канала
Стоимость хранения	$s$	Повышена из-за дефицита складских площадей и климата
Целевой уровень сервиса	$\alpha$	95–98 % для удержания клиентов при высокой конкуренции

Как видно из таблицы 1, учет  $L$ ,  $s$  и  $\alpha$  критичен при выборе алгоритма пополнения, особенно при переходе на непрерывное пополнение ( $s$ ,  $S$ ) и консолидацию поставок в пиковые сезоны.

На рисунке 1 показана типовая динамика расхода тормозных колодок за три года, отражающая сезонный профиль и общий тренд.

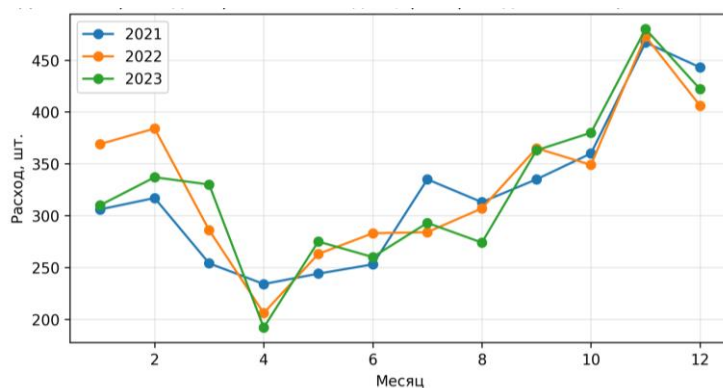


Рис. 1. Динамика расхода тормозных колодок (пример по данным АСЦ, 2021-2023)

Из рисунка 1 видно, что в летние месяцы расход возрастает, что согласуется с ростом туристического трафика и интенсивности эксплуатации автопарка. Рис. 2 демонстрирует связь между стабильностью спроса и целесообразной политикой пополнения: для  $AX$  целесообразно ( $s$ ,  $S$ ), для  $AY$  –  $VMI$ , для  $AZ$  – адаптивная стратегия с буфером под высокий риск колебаний.

В таблице 2 приведено сопоставление ключевых показателей до и после внедрения методики.

<b>AX</b> $(s,S)$ непрерывное пополнение	<b>AY</b> $VMI$ управление поставщиком	<b>AZ</b> Адаптивное $(s,S)$ с буфером
<b>BX</b> $(R,S)$ периодический заказ	<b>BY</b> Гибрид $(R,S)+(s,S)$	<b>BZ</b> Min-Max адаптация
<b>CX</b> По запросу мин. запас 1-2	<b>CY</b> Консигнация оплата по факту	<b>CZ</b> Без запаса заказ под клиента

Рис. 2. Матрица  $ABC-XYZ$  с рекомендуемыми стратегиями управления



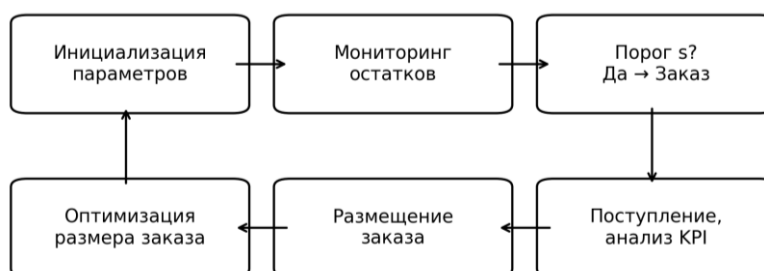
Матрица классификации *ABC–XYZ* с рекомендованными стратегиями приведена на рисунке 2.

**Табл. 2. Сопоставление ключевых показателей до/после внедрения**

Показатель	До (2022)	После (2023)
Уровень сервиса, %	87,3	95,8
Оборачиваемость, раз/год	8,2	11,7
Средний уровень запасов, тыс. €	245,6	186,3

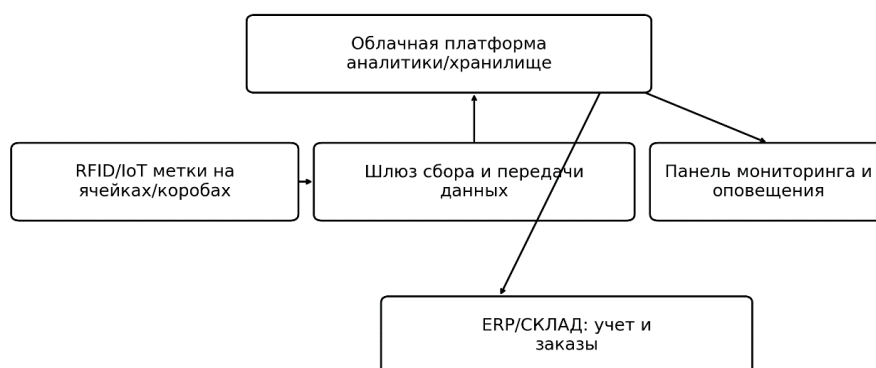
Сопоставление в таблице 2 подтверждает рост уровня сервиса и ускорение оборачиваемости на фоне снижения среднего складского остатка, что согласуется с результатами экспериментальной апробации.

Логика непрерывного контроля ( $s$ ,  $S$ ) изложена схематически на рисунке 3. На рисунке 3 показан цикл мониторинга, принятия решения о заказе при достижении порога  $s$ , оптимизации размера заказа и анализа *KPI* после поступления, что обеспечивает замкнутый контур улучшения.



**Рис. 3. Схема алгоритма непрерывного контроля ( $s$ ,  $S$ )**

Для сокращения человеческого фактора и повышения прозрачности используется *IoT*-контур мониторинга (рисунок 4).



**Рис. 4. Схема *IoT*-мониторинга складских запасов**

Схема на рисунке 4 иллюстрирует поток данных от *RFID/IoT*-меток к шлюзу, далее – в облачную платформу, *ERP* и панели мониторинга для оперативных решений и оповещений.

Графическое сопоставление *KPI* до и после внедрения показано на рисунке 5.

Апробация методики привела к росту уровня сервиса с 87,3 % до 95,8 %, увеличению оборачиваемости с 8,2 до 11,7 раз/год при снижении складских остатков на 24 %. Методика релевантна для островной логистики и масштабируема для мультибрендовых центров.

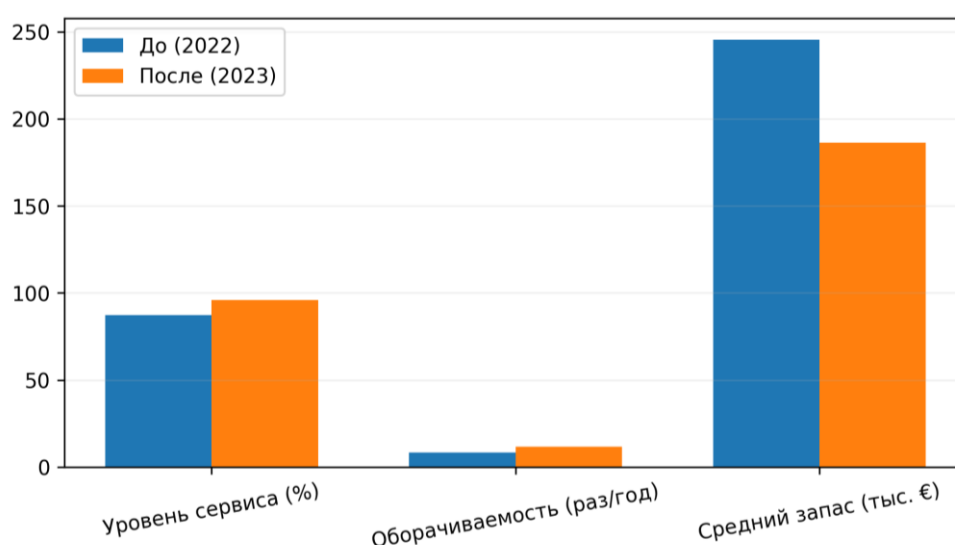


Рис. 5. Сравнение ключевых показателей до и после внедрения методики

#### Список использованных источников

1. Волгин В. Автосервис. Маркетинг и анализ: Практическое пособие. – М., 2022.
2. Бычков В. П., Морковина С. С., Букреев А. М. Развитие инновационной деятельности на автомобильном транспорте: монография. – Воронеж: ВГЛУ, 2018.
3. Сарбаев В. И., Джованис С., Гришин А. С. Управление запасами запасных частей на мультибрендовых автосервисных предприятиях (на примере Республики Кипр) // Мир транспорта и технологических машин. – 2024.
4. Sarbaev V. I., Tziouannis S., Grishin A. Spare parts inventory management at multi-brand car service enterprises // E3S Web of Conferences. – 2023.
5. Toomey J. W. Inventory management: principles, concepts and techniques. Springer, 2020.

УДК 656.132

*А. А. Завгородний, В. А. Максимов (Россия, г. Москва, МАДИ),  
Ю. О. Тростянецкий (Россия, г. Москва, ГУП «Мосгортранс»)*

## **ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются перспективы внедрения технологий цифровых двойников в систему эксплуатации и технического обслуживания городских автобусных парков. Проанализированы ключевые аспекты применения цифровых двойников для предиктивного технического обслуживания, оптимизации маршрутов и управления жизненным циклом транспортных средств. Особое внимание уделено практическим кейсам и архитектурным решениям.

**Ключевые слова:** городской автобус, автобусный парк, цифровой двойник, предиктивное техническое обслуживание, оптимизация маршрутов, жизненный цикл транспортного средства, интеллектуальная транспортная система.

### **Введение**

На сегодняшний день, город Москва занимает лидирующее место в Европе, по количеству эксплуатируемых электробусов на городских маршрутах. Парк транспортных средств (ТС) ГУП «Мосгортранс», основного наземного пассажироперевозчика, насчитывает уже более 2 500 единиц современных электробусов, курсирующих по улицам столицы с сентября 2018 года. Их суммарный пробег составляет почти 69 млн км. [1]

Так, только на закупку электробусов в 2025 г. было выделено более чем 29 млрд руб. А согласно данным о бюджете города Москвы на 2025 год и плановые периоды 2026-2027 гг., доля выделяемых средств на подпрограммы общественного транспорта «Наземный городской пассажирский транспорт», будут планомерно увеличиваться: 2025 г. – 76,3 млрд руб., 2026г. – 83,0 млрд руб., 2027 г. – 87,8 млрд руб. При этом согласно, заявления правительства Москвы и соответствующим плановым программа развития, общее количество электробусов планируется довести до 5300 к 2030 г. [1, 2, 3].

Внедрение нового ПС, более технологически совершенного, сложного, как конструктивно, так и в эксплуатации, и как следствие более дорогого, ставит перед эксплуатирующими предприятиями очередной комплекс задач. Рост эксплуатационных затрат, необходимость повышения линейной надежности и регулярности перевозок, ужесточение экологических требований и требований безопасности – это то, с чем сталкиваются современные городские автобусные парки. Традиционные системы управления работоспособностью ТС на линии, системы организации технического обслуживания и ремонта, в большинстве своем, основанные на механизации, компьютеризации и автоматизации производственных процессов, практически достигли предела своей эффективности. Следующей ступенью в совершенствовании управления производственными процессами и повышении эффективности эксплуатации городских автобусов, в том числе и электробусов, является их цифровизация. Одним из направлений при этом может рассматриваться обеспечение линейной работоспособности электробусов за счет организации их предиктивного технического обслуживания (ПТО).

ПТО – это современный подход к техобслуживанию ТС, который основывается на прогнозировании состояния техники с использованием данных о её работе. По результатам предиктивного технического обслуживания электробусов можно будет предсказать, когда и где произойдёт отказ, в том числе и линейный, чтобы предотвратить его до его наступления. При этом необходимы специальные математические, виртуальные модели. Одной из технологий создания указанных моделей, является технология цифровых двойников (ЦД). Рассмотрим отдельные этапы создания цифровых двойников.

### ***1. Определение и классификация цифрового двойника***

В зависимости от конкретной специфики и сферы применения, на текущий момент существует большое количество определений и формулировок о понятии цифрового двойника. За наиболее общее определение можно принять следующее.

ЦД – это виртуальный аналог, копия производственной (технической) системы или объекта, максимально точно отражающий свой реальный прототип и способный воспроизводить свою работу в виртуальном пространстве, в различных условиях моделирования. Наполнение ЦД данными происходит в реальном масштабе времени, двунаправленным потоком информации и характеризуется синхронизацией состояний между виртуальным аналогом и реальным прототипом. Считывание данных для ЦД выполняется

с подключенных датчиков, умных устройств, математических моделей, истории технического обслуживания автомобильного парка, интервалам движения по маршруту и т.д. Его основная роль в производственных и технических системах, заключается в использовании огромного массива данных для прогнозирования и оптимизации поведения системы или объекта в реальном времени.

Классификация по различным моделям ЦД или «глубине» его проработки, основана на уровне интегрирования данных в модель, и сфокусирована на автоматизации обмена информационными потоками между реальным прототипом и виртуальным аналогом [4].

Классификация моделей ЦД:

Цифровая модель (ЦМ) определяется, как **«цифровое представление текущего или планируемого физического объекта, которое не учитывает любые формы автоматического обмена информацией между реальным и виртуальным объектом»**.

Цифровая тень (ЦТ) описывается, как **«цифровая модель с автоматическим односторонним потоком** данных от физического объекта к виртуальному». Это подразумевает, что цифровая модель представляет актуальное состояние физического объекта, так что запрос к цифровой тени или физическому объекту неотличим друг от друга.

С этой точки зрения, ЦД возникает, когда **«потоки данных между существующим физическим объектом и цифровым объектом полностью интегрированы в обоих направлениях»**.

Таким образом, ЦД автобусного парка – это не просто 3D-виртуальная модель, а комплексная динамическая система, синхронизированная с физическими объектами (автобусами, маршрутами, инфраструктурой), через непрерывный двунаправленный поток данных, и способная к моделированию, анализу и оптимизации процессов [5].

ЦД коренным образом предлагает перевод управления автомобильным парком от реактивных к проактивным и оптимизирующим моделям. При этом, для автобусного парка выдвигается ряд требований, зависящих в первую очередь от уровня цифровизации его производственных процессов, и мощностей, способных считывать, принимать, передавать, хранить и обрабатывать информацию.

## ***2. Архитектура цифрового двойника автобусного парка***

ЦД городского автобусного парка строится на нескольких взаимосвязанных уровнях:

Физический уровень: включает данные телематики с автобусов (*GPS*, расход топлива/электроэнергии, пробег, стиль вождения и др.), данные с датчиков агрегатов ТС (вибрация и температура двигателя, температура АКБ, давление в шинах и прочее), данные о дорожной обстановке, включая интенсивность движения транспортного потока и пробки, расписания, исторические данные о ремонтах, сходов с линии и т.д.

Виртуальный уровень: содержит физические и основанные на данных модели и данных ключевых систем автобуса (двигатель, трансмиссия, аккумуляторная батарея и т.п.), логистические симуляторы, а также дискретно-событийные модели работы всего автомобильного парка.

Дискретно-событийное моделирование – вид имитационного моделирования, при котором функционирование системы представляется как хронологическая последовательность событий. Каждое событие происходит в определённый момент времени и знаменует изменение состояния системы [4].

Сервисный уровень: реализует прикладные функции: модуль предиктивного ТО, оптимизатор маршрутов, систему управления энергопотреблением и т.д.

Уровень взаимодействия: предоставляет интерфейсы для диспетчеров, механиков и управленцев в виде дашбордов, предупреждений и систем поддержки принятия решений.

### ***3. Применение для предиктивного технического обслуживания***

Ключевое применение ЦД – переход от планового или обслуживания по текущему состоянию к предиктивному ТО.

Предиктивное техническое обслуживание электробусов – это стратегия управления парком ТС, основанная на анализе данных и прогнозировании возможных неисправностей и отказов подвижного состава (ПС). В процессе выполнения предиктивного техобслуживания можно предсказать, когда и где произойдёт отказ или неисправность, чтобы предотвратить их до их наступления. При этом важно прогнозирование остаточного ресурса. Это позволяют делать гибридные модели, сочетающие физические законы износа узлов и агрегатов ТС и машинное обучение. В частности, они позволяют прогнозировать отказ или неисправность таких узлов, как тормозные колодки, аккумуляторы электробусов или компоненты двигателя, с высокой точностью. Например, анализ вибрационных данных в модели ЦД позволяет предсказать выход из строя подшипника генератора за несколько недель до критического отказа [4, 6].

Применение ЦД позволяет проводить оптимизацию сервисных интервалов: вместо жестких графиков ТО по пробегу или по времени, ЦД формирует персонализированные сервисные планы для каждого автобуса, основанные на его реальном состоянии и условиях эксплуатации. Это позволяет избежать как преждевременной замены компонентов, так и внезапных, в том числе линейных отказов [6].

Использование ЦД обеспечивает рациональное планирование (прогнозирование) материальных, трудовых и денежных ресурсов: Система на основе прогнозов ЦД автоматически формирует заявки на запчасти, планирует загрузку ремонтных зон и труд механиков, минимизируя простой автобусов [7].

#### ***4. Оптимизация эксплуатации и маршрутов***

ЦД может выходить за рамки управления техническим состоянием отдельного автобуса, оптимизируя работу всей производственной системы. Это включает:

- динамическое планирование маршрутов. ЦД, интегрированный с данными о пассажиропотоке (с мобильных приложений, датчиков в салоне) и дорожной обстановке, позволяет в реальном времени корректировать маршруты и интервалы движения, уменьшая время в пути и повышая регулярность [7, 8];

- управление энергопотреблением электробусов. Для электробусных парков ЦД становится критически важным инструментом. Он прогнозирует заряд каждого автобуса с учетом графика рейсов на маршруте, рельефа и погодных условий, оптимизирует графики зарядки и предотвращает ситуации разряда на линии [9];

- анализ «Что если?». Руководство парка может использовать ЦД как имитационную площадку для моделирования последствий принимаемых решений: ввода новых маршрутов, закупки автобусов других модификаций, изменения тарифной политики и т.д. [9].

#### ***5. Управление жизненным циклом и экономика***

ЦД, построенный по принципу сквозного жизненного цикла, аккумулирует всю историю автобуса – от производства до утилизации. Это обеспечивает:

- повышение прозрачности и стоимости при перепродаже ТС. Потенциальный покупатель может получить доступ к объективной истории эксплуатации и нагрузок, подтвержденной данными ЦД, что увеличивает ликвидность и стоимость подержанных автобусов;

- обратную связь с производителем электробусов. Данные об реальных отказах и неисправностях узлов и механизмов ТС, собираемые ЦД в процессе их эксплуатации, передаются производителю для улучшения конструкций следующих поколений и модификаций транспортных средств;
- снижение совокупной стоимости владения за счет оптимизации расходов на ТО и ремонт, топливо/энергию и страховку.

### **Заключение и перспективы**

Внедрение цифровых двойников в эксплуатацию и техническое обслуживание автобусных парков открывает путь к созданию принципиально новой производственной, интеллектуальной и устойчивой транспортной системы. Ключевыми преимуществами которой являются:

- снижение эксплуатационных затрат;
- повышение надежности и регулярности перевозок;
- оптимизация использования материальных, трудовых и финансовых ресурсов, включая энергоносители и запасные части;
- улучшение качества транспортного обслуживания пассажиров.

Дальнейшее развитие, связано с эволюцией ЦД в сторону автономного принятия решений, например, самостоятельному заказу запчастей, выпуску дополнительного транспорта на линии или бронированию производственных мощностей под ТО и ремонт и т.п. Основными вызовами на пути массового внедрения остаются высокая стоимость развертывания, необходимость обеспечения кибербезопасности передаваемых данных и преодоление консервативного мышления и сопротивления персонала в производственных организациях. Однако, учитывая потенциальный экономический и операционный эффект, цифровые двойники становятся не опцией, а необходимостью для конкурентоспособных автобусных парков будущего.

По данным *Fortune Business Insights*, глобальный размер рынка ЦД составлял 8,6 млрд долларов США в 2022 г. и ожидается рост до 137,7 млрд долларов США к 2030 г. Согласно недавним обзорам, только приблизительно 5 % компаний подтвердили, что ЦД не является частью их стратегической компании по цифровому трансформированию, в то время как остальные 86 % рассматривают ЦД ключевым решением в их стратегии [4].

### **Список использованных источников**

1. Маринин В. Ф. Мосгортранс: доля электробусов в парке московского наземного транспорта достигла 35 % / Маринин В. Ф. // ТАСС – 2025. – 09 октября.



2. Собянин С. С. К 2030 году в Москве будет ходить 5,3 тысячи электробусов / Собянин С. С. // Сайт города Москвы *mos.ru* – 2024. – 25 февраля.
3. Постановление Правительства Москвы от 02.09.2011 г. № 408-ПП (ред. от 25.03.2025) Об утверждении Государственной программы города Москвы «Развитие транспортной системы» // Правительство Москвы – 2025. – 25 марта 6 с.
4. A. Matta, G. Lugaresi. *An Introduction to Digital Twins. Tutorial / Proceedings of the 2024 Winter Simulation Conference* – 2024 – 15 с.
5. Liu S., Lu Y., Li J., et al. *Digital Twin in the Automotive Industry: A Comprehensive Review. Sustainability* – 2022 – 12 с.
6. Dong-Hun Kim, Goo-Young Kim, Sang Do Noh. *Digital Twin-Based Prediction and Optimization for Dynamic Supply Chain Management / MDPI, Basel, Switzerland* – 2025 – 23 с.
7. C. Wang, S. King. *A Review of Digital Twin for Vehicle Predictive Maintenance System / SAE Technical Papers* – March 2023 – 6 с.
8. Y. Chen, F. Tang, H. Zhang. *Digital Twin-Driven Optimization of Bus Routes / Journal of Advanced Transportation* – 2022 – 9 с.
9. Y. Qin, A. Arunan, C. Yuen et al. *A Digital Twin for Lithium-Ion Battery Health Estimation with Partially Discharged Cycling Data / Journal of Power Sources* – 2023 – 13 с.

УДК 629.3.01

**И. Д. Зайончевский** (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)

Научный руководитель: **В. А. Немков** (Россия, г. Владимир, ВлГУ)

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВОРОТА КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

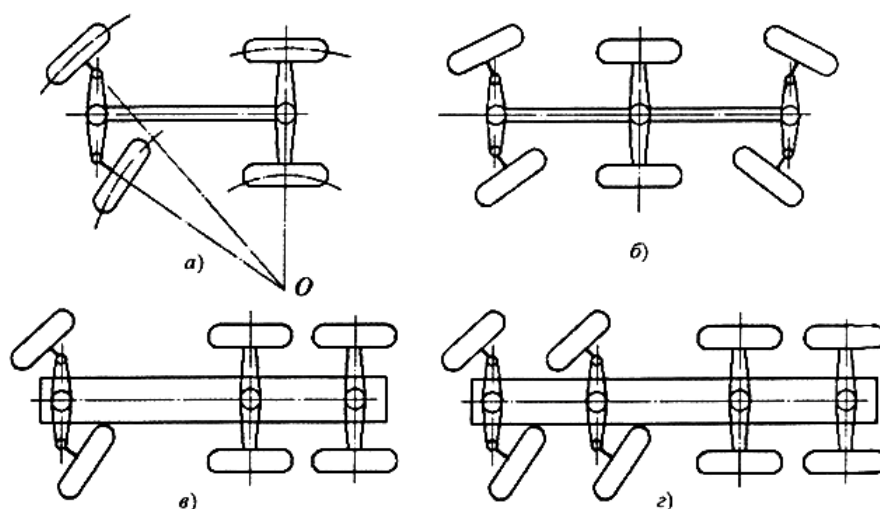
**Аннотация:** Описаны способы поворота колесных машин, их конструктивные особенности, преимущества, недостатки и применяемость.

**Ключевые слова:** способ поворота, изменение траектории, преимущества, недостатки, радиус разворота, конструкция.

Колесные транспортные средства большую часть преодоления пути находятся в криволинейном движении. Следовательно, способов изменения траектории существует несколько.

Колесные машины могут поворачивать следующими способами:

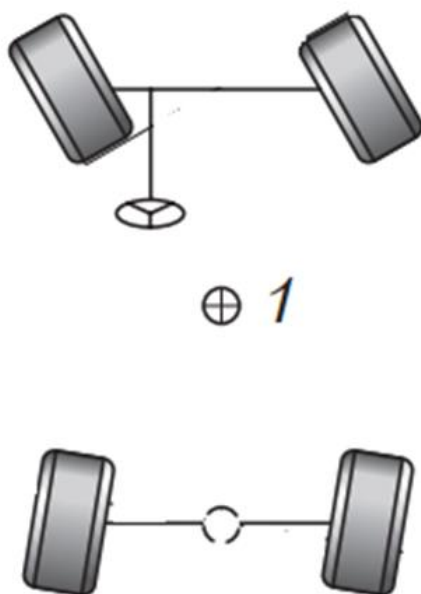
- 1) поворотом управляемых колес одной или нескольких осей:
  - а) поворот одной оси или колесами одной оси;
  - б) поворот колесами нескольких осей:
    - поворот управляемых колес на одинаковый угол;
    - подруливание;
- 2) торможением колес одного борта;
- 3) вращением колес бортов в разные стороны;
- 4) складыванием звеньев;
- 5) комбинированный.



**Рис. 1. Схема изменения траектории поворотом управляемых колес одной или нескольких осей**

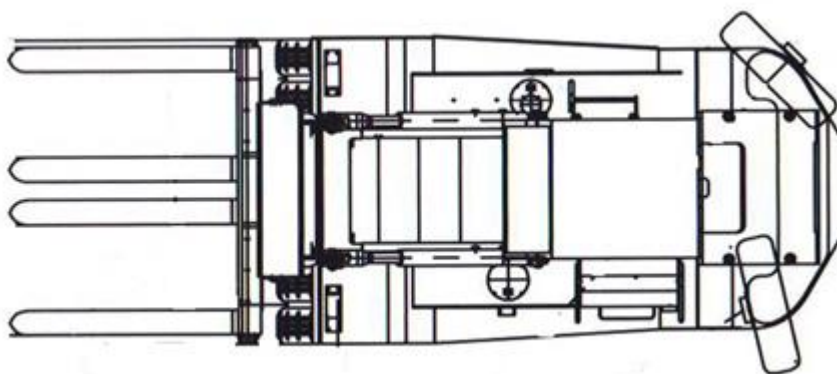
При данном способе поворота управляемые колеса поворачиваются относительно некоторых вертикальных осей (шкворней). Управляемыми могут быть колеса одной (Рисунок 1 а, в), нескольких (Рисунок 1 б, г) или всех осей машины. Этот способ поворота колесных машин по сравнению с другими способами нашел наиболее широкое применение, так как имеет ряд преимуществ, таких как: низкий износ шин, возможность установки углов поворота колес, физическая связь между рулем и рулевым механизмом, приемлемая маневренность, управляемость и информативность. Так же данный способ имеет и свои недостатки: относительная сложность механизма, трудность достижения малого радиуса разворота, если требуются колеса с большим радиусом применения этого способа невозможно. Исходя из всех преимуществ и недостатков этот способ

получил широкое распространение среди обычных автомобилей и автомобилей повышенной проходимости.



**Рис. 2. Схема изменения траектории поворотом управляемых колес одной оси и подруливанием второй оси**

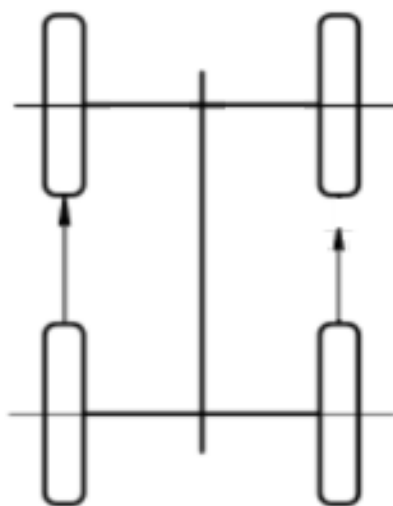
Так же для уменьшения радиуса разворота применяют способ, при котором задняя ось при повороте осуществляет подруливание, то есть поворачивает на меньший угол относительно передней оси. Этот способ усложняет конструкцию подвески и уменьшает стабильность автомобиля при повороте.



**Рис. 3. Схема изменения траектории поворотом управляемых колес задней оси**

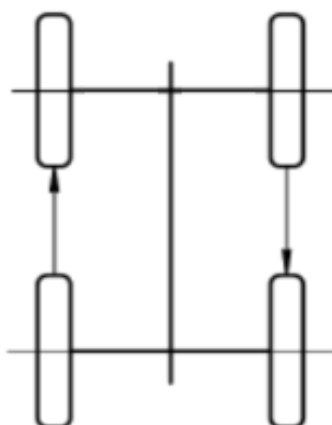
Существуют колесные машину у которых поворотные колеса находятся на задней оси. К таким машинам можно отнести складскую и

некоторую строительную технику. Такой способ позволяет перевозить большие грузы при не изменой стабильности и очень сильно повышает маневренность. Однако понижается стабильность при повороте без груза и возникают сложности при повороте от бокового препятствия.



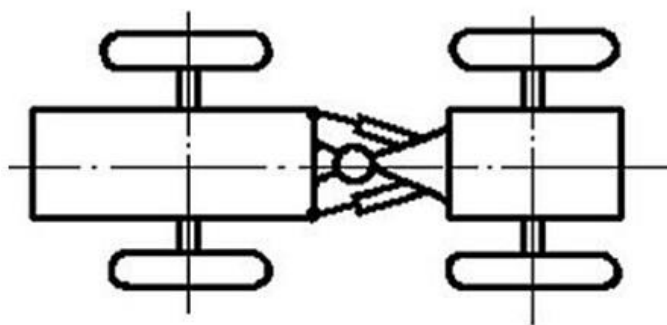
**Рис. 4. Схема изменения траектории торможением колес одного борта**

На совершение поворота машины способом торможением колес одного борта требуется мощность значительно большая, чем на прямолинейное движение, повышается износ шин относительно других способов. Но этот способ имеет самую простую конструкцию поворотного механизма и достаточно маленький радиус разворота. Такой способ применяется на машинах высокой проходимости.



**Рис. 5. Схема изменения траектории вращением колес бортов в разные стороны**

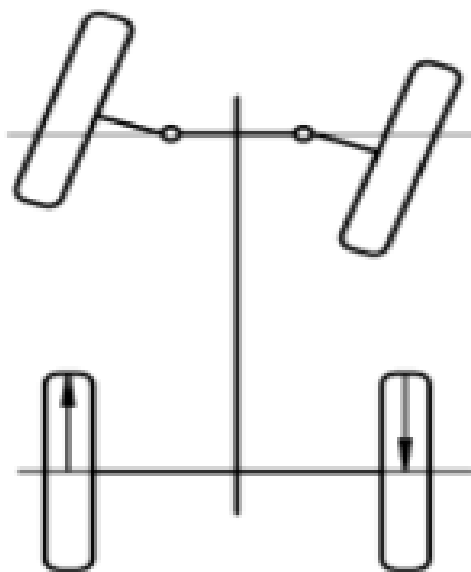
Похожий на предыдущий способ изменения траектории – способ вращением колес бортов в разные стороны. При данном способе решается проблема высокого износа шин, радиус разворота минимальный (разворот на месте), но усложняется конструкция рулевого механизма и повышается сложность управления. Такой способ получил распространение в сфере строительной техники.



**Рис. 6. Схема изменения траектории складыванием звеньев**

При способе поворота складыванием звеньев одно звено машины поворачивается относительно другого на некоторый угол. Для обеспечения этого между звеньями установлены гидроцилиндры, в полости которых подводится рабочая жидкость из гидросистемы машины. Поворот происходит с меньшим радиусом, чем поворот однозвенной машины, имеющей такую же базу и такой же размер колес, повышенная проходимость и маневренность на бездорожье. Но этот способ имеет ряд недостатков таких как, усложнение конструкции, ограничение на максимальную величину складывающего момента, ограничение на максимальную угловую скорость складывания и недостаточная устойчивость при криволинейном движении. Данный способ поворота применяется на военных и тяжелых сельскохозяйственных колесных машинах.

Комбинированный способ предполагает применение способа поворота колесами одной оси и притормаживание колесами одного борта. Как видно на схеме (Рисунок 7) – передние колеса управляемые, а задние по одному борту притормаживают, для уменьшения радиуса разворота. Такой способ применяется на средних и малых тракторах.



**Рис. 7. Схема изменения траектории комбинированным способом**

#### Список использованных источников

1. Анализ конструктивных схем поворота колесных машин [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/archive/296/67282> (дата обращения 10.11.2025).
2. Автомобили. Теория. [Электронный ресурс]. URL: <https://works.doklad.ru/view/LNfx8pyBbkY/all.html> (дата обращения 11.11.2025).
3. Малиновский, М. П. М192 Системы управления колёсных машин: учеб. пособие / М.П. Малиновский. – М.: МАДИ, 2018. – 100 с.

УДК 656.13

**В. И. Ковшов, В. А. Максимов** (Москва, МАДИ)

### К ВОПРОСУ МАРКИРОВКИ ЭЛЕКТРОБУСОВ КАМАЗ

Столица России с 2018 года активно развивает экологическую сеть маршрутов наземного транспорта. С 2022 года Москва начала масштабный переход на электробусы, которые постоянно модернизировались и в 2025 году парк начал пополняться транспортными средствами (ТС) новейшего поколения – КамАЗ-52222.

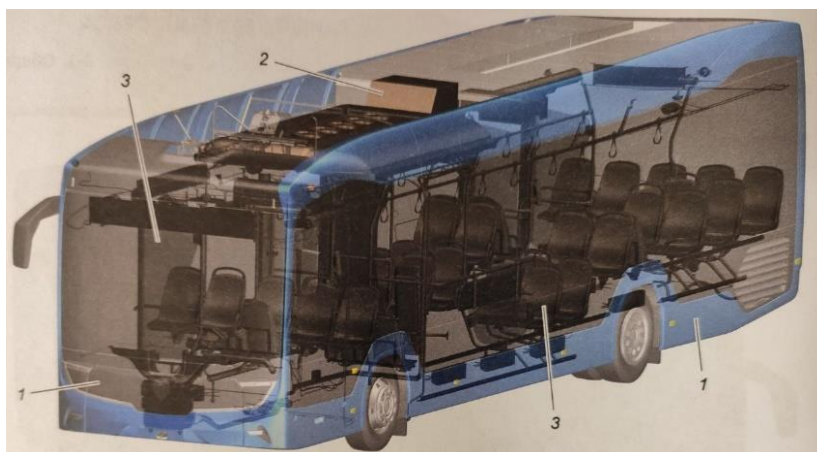
Эти электробусы пришли на смену предыдущему поколению КамАЗ-6282, выпускавшемуся с 2018 года. Москва целенаправленно развивает сеть экологичного наземного транспорта по поручению мэра Сергея Собянина. Как отметил заместитель мэра Москвы по вопросам транспорта и промышленности Максим Ликсутов, «современный экологичный транспорт снижает количество выбросов в окружающую среду» [6].

- Более 2400 электробусов КамАЗ и ЛиАЗ уже работают на свыше 210 маршрутах города Москвы [6].
- В 2025–2027 годах в столицу поступит 1100 новых электробусов [6].
- Ожидается, что к 2035 году почти весь парк ГУП «Мосгортранс» перейдет на электробусы [6].

Замена одного автобуса с ДВС на электробус уменьшает выбросы углекислого газа на 60 тонн в год [6]. Для обслуживания растущего парка в Москве построили специализированные электробусные парки: «Красная Пахра» (крупнейший в Европе), «Митино» и «Салтыковка» [6].

Поступающая в 2025 году в ГУП «Мосгортранс» модификация КамАЗ-52222 представляет собой электробус поколения А5, разработанный на основе универсальной модульной пассажирской платформы [7].

Производство новинки стартовало в марте 2025 года [7], а в июне первые машины уже вышли на маршруты Москвы [8].



**Рис. 1. Общая компоновка электробуса КамАЗ-52222:**  
1 – элемент кузова; 2 – кузов с агрегатами; 3 – кузовные системы.

Для каждого типа и модификации изготовители разработали свое шасси. Шасси для одного и того же типа и модификации транспортных средств идентичны по большинству конструктивных параметров. Электро-

бусы одного и того же типа разных изготовителей больше отличаются кузовом. Эта конструктивная часть придает транспортному средству индивидуальность и узнаваемость того или иного изготовителя. На эту часть транспортного средства чаще всего обращает внимание потребитель и останавливает свой выбор. Шасси, как правило, спрятано от глаз потребителя.

Приведем сравнительную таблицу модельного ряда современных электробусов, эксплуатирующихся в ГУП «Мосгортранс» (таблица 1).

Анализ представленных в таблице 1 данных показывает положительную динамику в развитии модельного ряда электробусов. В частности, постоянно совершенствуется конструкция тяговых батарей. Это положительно сказывается на их энергии и запасе хода. Если на первой модификации ТС (КАМАЗ-6282-3902204 РЭ) энергия тяговой батареи составляла 80 кВт ч, то на последней модификации ТС (КАМАЗ-52222) она достигла 333,8 кВт ч.

**Табл. 1. Сравнительная характеристика ряда параметров модификаций электробусов КАМАЗ**

Наименование параметра	КАМАЗ-6282-3902204 РЭ	КАМАЗ-6282-39022053 РЭ	КАМАЗ-6282-121	КАМАЗ-6282-123	КАМАЗ-52222-3902201
1	2	3	4	5	6
Колесная формула	4x2	4x2	4x2	4x2	4x2
Габаритные размеры, мм: - длина - ширина - высота	12400 2985 3260	12400 2985 3374	12220 2550 3350	12220 2550 3350	12366 3021 3431
Пассажироместимость, чел: общая/сидячих мест	85/35	85/35	90/25	90/25	85/35
Масса электробуса в снаряженном состоянии, кг	12200	12200	13500	13500	12200
Технически допустимая максимальная масса, кг	18000	18000	19000	19000	18000
Максимальная скорость движения электробуса), км/ч, не менее	70	80	75	75	75
Время разгона) до скорости 50 км/ч, с, не более	17	17	18	18	22
Электродвигатель	Асинхронный	Асинхронный	Асинхронный	Асинхронный	Асинхронный
Модель тяговой батареи	Н.д.	LTO (литий-титанатный)	LTO (литий-титанатный)	NMC (никель-марганец-кобаль)	NF600-706.LC



Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
Номинальное напряжение батареи, В	Н.д.	440	Н.д.	Н.д.	520
Энергия батареи, кВт·ч	80	161	288	336	233,8
Масса батарейного блока, кг	Н.д.	180	240	280	240
Запаса хода при полной заряженной аккумуляторной батарее ёмкостью 80 кВт·ч (пробег на одной зарядке) при скорости 60 км/ч), км, не менее	80	161	225	260	При температуре окружающего воздуха: +20 °С не менее 84 км -20 °С не менее 71 км
Ведущий мост	Н.д.	Электропортальный ZF AVE-130	Электропортальный ZF A	Электропортальный ZF AVE-130	Электропортальный мост HDE260
Максимальный угол подъема, преодолеваемый электробусом технически допустимой максимальной массы, %, не менее	12	12	12	12	12
Колеса	8,25-22,5	8,25-22,5	8,25-22,5	8,25-22,5	8,25-22,5
Шины бескамерные	270/70R22,5	270/70R22,5	275/70R22,5	275/70R22,5	275/70R22,5
Время зарядки бортовым зарядным устройством от трехфазной сети 380 В, час., не более	5	5	Н.д.	Н.д.	4,7
Время ультрабыстрой зарядки с помощью токоприёмника не менее 95 % (при силе тока не более 500 А), минут, не более	45	45	Н.д.	Н.д.	60
Внешний габаритный радиус поворота электробуса по переднему буферу, м, не более	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5
Тип подогревателя	жидкостной	электрический	электрический	электрический	электрический

Положительная динамика в развитии технико-эксплуатационных свойств электробусов нашла свое отражение и в обозначении их модельного ряда. Однако не совсем понятно, почему последняя модификация ТС – КА-МАЗ-52222 обозначена как автобус большой вместимости, хотя имеет габаритную длину св. 12 м и номинальную пассажироместимость 85 пассажи-

ров. Практически аналогичные показатели, как и у предыдущих модификаций ТС (КАМАЗ-6282-3902204 РЭ, КАМАЗ-6282-39022053 РЭ и др.), однако они обозначены как автобусы особо большой вместимости (таблица 1).

При несоблюдении требований нормали ОН 025 270-66 создаются практические сложности в определении модификации электробуса.

Электробус КАМАЗ-52222 изготавливаемый в исполнении «У» по ГОСТ 15150-69, рассчитан на эксплуатацию при температурах окружающего воздуха от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ , относительной влажности воздуха до 75 % при температуре  $+15^{\circ}\text{C}$ , запыленности до  $1,0\text{ г/м}^3$ , скоростью ветра до 20 м/с и в районах, расположенных на высоте до 1200 м над уровнем моря [9]. Электробус комплектуется кузовом несущей конструкции вагонной компоновки, имеет низкое расположение пола (низкопольный), что обеспечивает удобство посадки и высадки пассажиров и сокращает время остановок. Каркас кузова – цельнометаллический. Электробус рассчитаны на эксплуатацию в районах с умеренным климатом, согласно ГОСТ Р 50992-2019 [3].

Очевидно, в данной модификации ТС учли требования отраслевой нормали ОН 025 270-66, придерживаясь единой классификации и обозначения подвижного состава. Согласно этому документу, полное цифровое обозначение модели состоит из 4-х цифр, образующих индекс базовой модели, 5-я цифра обозначает модификацию базовой модели. Применяв расшифровку к электробусу КамАЗ-52222 можно понять, что:

- 1-я цифра «5» указывает полную массу транспортного средства от 14 до 20 т (таблица 1);

- 2-я цифра «2» указывает тип (вид) транспортного средства (автобусы);

- 3-я и 4-я цифра «22» указывают порядковый номер базовой модели;

- 5-я цифра «2» указывает на модификацию базовой модели;

- без указания 5-й цифры модель КАМАЗ-52222 можно спутать с газомоторной версией КАМАЗ-5222 [10].

Проведённый анализ системы обозначений электробусов КАМАЗ показывает путь совершенствования маркировки модификации ТС к стандартизированному подходу. Обозначение модели предыдущего поколения (КАМАЗ-6282 и его модификации) вносило неудобство из-за отсутствия визуального различия между технически разными модификациями. Наличие таких различных модификаций электробуса КАМАЗ-6282, при нанесении

на кузов только четырёхзначного индекса «КАМАЗ-6282» создавало существенные эксплуатационные сложности для обслуживающего персонала и логистов.

Новое поколение электробусов КАМАЗ-52222 изначально создавалось с учетом требований отраслевого стандарта ОН 025 270-66, где пятая цифра в индексе однозначно указывает на модификацию электробуса. Такой подход полностью соответствует стандартизации и упрощает визуальное определение типа транспортного средства.

Для полного решения проблемы необходима унификация системы маркировки всех электробусов КАМАЗ, в том числе:

- Обязательное нанесение на кузов полного цифрового обозначения с пятой цифрой.
- Внедрение дополнительных визуальных идентификаторов (цветовых маркеров).
- Строгое соблюдение отраслевых стандартов для всех новых моделей.

#### Список использованных источников

1. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosavtodor.gov.ru/docs/transportnaya-strategiya-rf-na-period-do-2030-goda-s-prognozm-na-period-do-2035-goda> (10.11.2025).
2. ГОСТ 15150-69. «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды».
3. ГОСТ Р 50992-2019. Автомобильные транспортные средства. Климатическая безопасность. Технические требования и методы испытаний.
4. Гадельшин Т. К., Гадельшин Д. Т. Параметрическая унификация конструктивных параметров автомобиля при его конструировании и производстве. Известия МГТУ «МАМИ» № 1(5). – 2008. – С. 12-20.
5. ОН 025 270-66. Классификация и система обозначения автомобильного подвижного состава, а также его агрегатов и узлов, выпускаемых специализированными предприятиями.
6. «Электробусы нового поколения курсируют уже по 11 маршрутам» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mos.ru/news/item/158038073/> (10.11.2025).

7. «КАМАЗ» поставит 700 электробусов новейшего поколения в Москву [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.kamazik.ru/news/kamaz\\_postavit\\_700\\_elektrobusov\\_noveyshego\\_pokoleniya\\_v\\_moskvu/](https://www.kamazik.ru/news/kamaz_postavit_700_elektrobusov_noveyshego_pokoleniya_v_moskvu/) (10.11.2025).
8. «КАМАЗ52222» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://wroom.ru/cars/kamaz/52222> (10.11.2025).
9. «Руководство по эксплуатации электробуса КАМАЗ-52222». – 2025. – С. 3
10. «КАМАЗ-5222» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/КАМАЗ-5222> (10.11.2025).
11. «КАМАЗ-6282» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/КАМАЗ-6282> (10.11.2025).

УДК 519.245:53.08

*М. В. Кривокульский (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: Д. А. Колов (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## **ПЛАНИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОГРУЗОВИКОВ**

Экологическая повестка и изменение климата привели к появлению электрических магистральных грузовых автомобилей. Количество таких транспортных средств в России неуклонно растет. Наблюдается трехкратный ежегодный прирост начиная с 2022 года. Это связано с льготами для электротранспорта: субсидиями Правительства, освобождением от транспортного налога, отмена уплаты утилизационного сбора, программы льготного лизинга. Однако отмечаются ряд базовых проблем, одна из которых – отсутствие зарядной инфраструктуры. Для решения этой проблемы имеются проект Минэнерго России по строительству зарядных станций с приоритетным финансированием в регионах с высокой плотностью транспортных потоков. Технические характеристики магистральных электрогрузовиков приведены в таблице.

Количество магистральных грузовиков большой грузоподъемности составляет примерно 5 % от общего количества транспортных средств. Однако их вклад в выброс парниковых газов оценивается в 25 %. Магистральные грузовики в основном участвуют в перевозках грузов между портами и

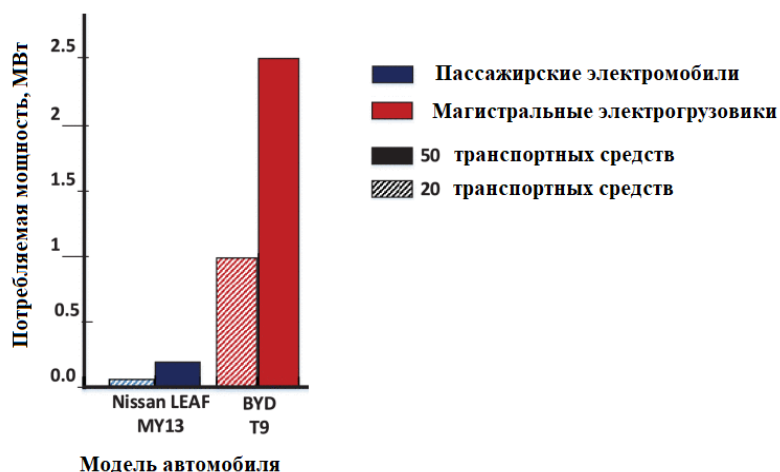
интермодальными терминалами. Такие грузовики работают с большими нагрузками на протяжении длительного времени. Скорость перевозки имеет решающее значение и исключает длительный простой для зарядки. Отсюда требование к оснащению такой техники батареями большой емкости.

**Технические характеристики магистральных электрогрузовиков**

Производитель электрогрузовика	Грузоподъемность, тонн	Мощность батареи, кВт·ч	Возможный пробег, км	Общий вес батареи, тонн
<i>Mercedes-Benz</i>	26	212	200	2
<i>Renault</i>	26	200	200	2
<i>Tesla-Semi</i>	36	1000	800	8
<i>BYD</i>	36	350	200	2,8
<i>Dimler</i>	40	550	400	4,8

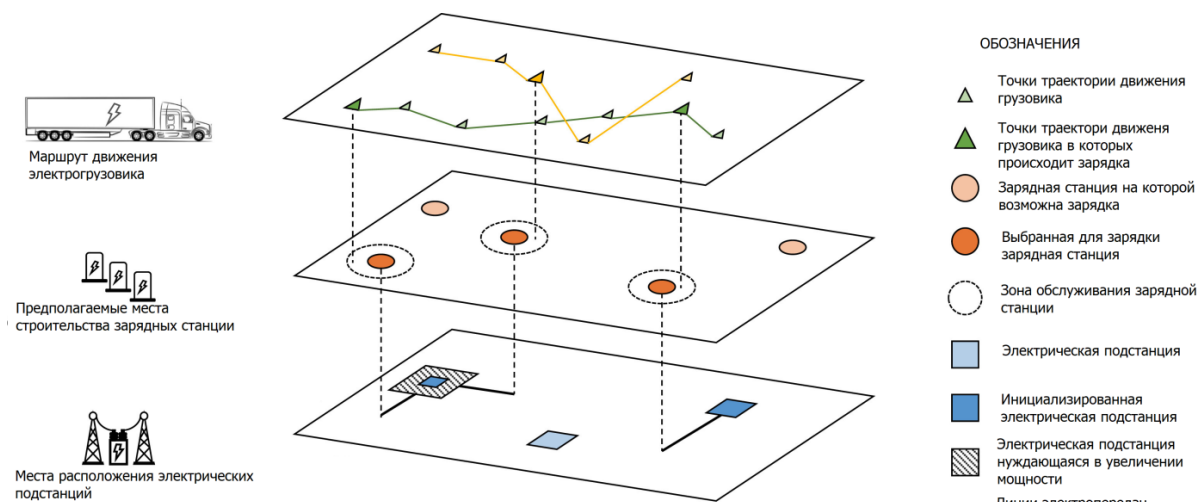
Необходимо учесть систему электроснабжения региона, в котором предполагается осуществлять эксплуатацию электрогрузовиков. Электро-система может быть перегружена бытовыми и промышленными нагрузками и не иметь запаса мощности, требуя дорогостоящей модернизации. Такая модернизация включает в себя: строительство подстанций, линий электро-передач, получение разрешений и согласований требуя 5-15 лет для выполнения инженерного плана. Тогда как для легковых электромобилей процедура модернизации энергосистемы занимает порядка 2 лет. Это связано с тем, что для зарядные станции электрогрузовиков потребляют в 20 раз больше мощности по сравнению с легковыми. Сравнение пиковых значений потребления мощности при одновременной зарядке легковых электромобилей и магистральных электрогрузовиков для 20 и 50 единиц подвижного состава приведено на рис. 1. Для справки необходимо сказать, что *Nissan LEAF* при зарядке потребляет 3,3 кВт мощности, а *BYD T9* – 50 кВт.

Для урегулирования вышеизложенных проблем различные авторы предлагают построить пространственно-временные модели оптимизации, позволяющие скоординировать положение зарядных станций и существующие мощности электрических подстанций. Кроме того, модели учитывают размер аккумулятора электрогрузовика и графики зарядки по минимальным ценам за электроэнергию. Для получения исходных данных для модели предлагается оснастить грузовики устройствами фиксации их положения *GPS*/ГЛОНАСС и данными о положении крупных электрических подстанций исследуемого региона.



**Рис. 1. Требуемая мощность зарядных станций**

Грузовики для магистральных перевозок грузов имеют свои уникальные требования, на которые влияют эксплуатационные, экономические и пространственные факторы. Например, расположение морских портов, интермодальных терминалов, складов, стоянок грузовиков и пунктов их технического обслуживания. Расписание их движения изменчивы и меняются с конкретными задачами каждого дня. Такие грузовики перевозят тяжелы грузы на дальне расстояния. Для решения задачи планирования структуры зарядных станций предлагается построить модель, состоящую из тягача, зарядной инфраструктуры и системы электроснабжения рис. 2.

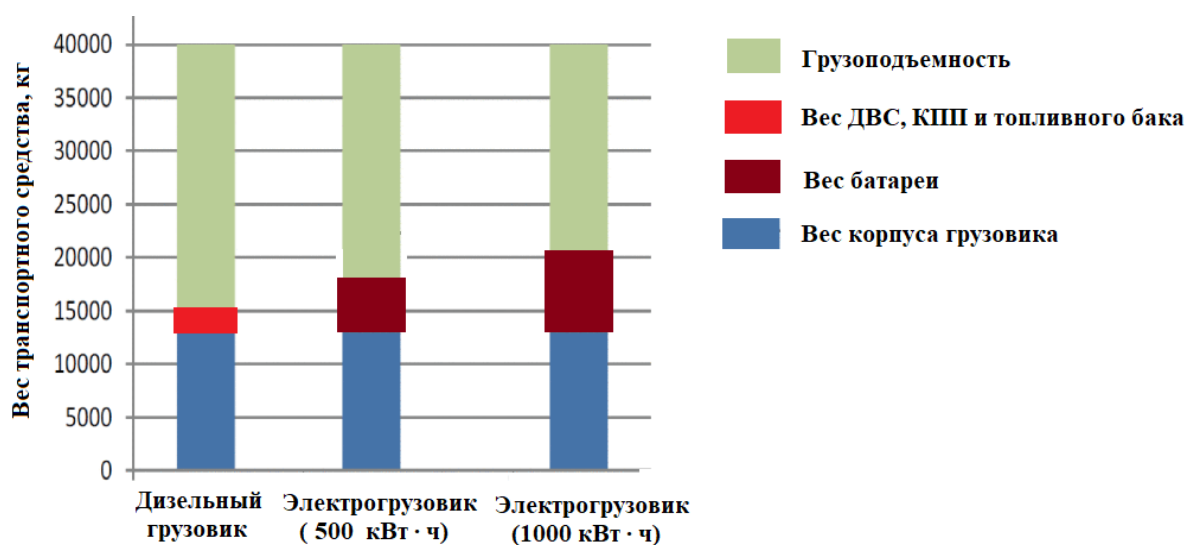


**Рис 2. Модель планирования структуры зарядных станций магистральных электрогрузовиков**

У участников предложенной системы предполагаются свои уникальные интересы: владельцы автопарка сосредоточены на наиболее эффективной доставке; владельцы зарядной инфраструктуры заинтересованы в наибольшей территории покрытия; электрические компании озабочены тем, что смогут ли их мощности по передаче, электроэнергии справиться с требуемой нагрузкой сети; регулирующие органы заинтересованы в четкой политике и стратегии осуществления перевозок. Все эти группы заинтересованы в том, чтобы понести минимальные затраты. Одним из способов удовлетворить потребности всех участников – производить зарядку батареи непосредственно на складах в процессе погрузки-разгрузки, пример приведен на рис. 3.



**Рис. 3. Зарядка электрогрузовика**



**Рис. 4. Массовые характеристики магистральных грузовиков**

Как один из способов оптимизации времени зарядки и снижения ее пиковой мощности предлагается оптимизация веса батареи см. рис. 4. Как видно из табл. 1 увеличение дальности перевозок на одной зарядке ведет к увеличению веса батареи снижая полезную грузоподъемность грузовика.

Таким образом выбор подвижного состава способного проехать на одной зарядке от терминала до терминала позволит реализовать модель представленную на рис. 2, не вводя владельцев электрогрузовиков в лишние траты на покупку подвижного состава с излишней емкостью батарей.

## **УДК 629.08**

*С. А. Матяж (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: А. Г. Кириллов (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## **ТЕХНОЛОГИЯ ОКЛЕЙКИ ПЛЁНКОЙ КУЗОВА АВТОМОБИЛЯ**

Технология оклейки плёнкой кузова автомобиля – относительно новый метод, используемый для преобразования внешнего вида транспортных средств и защиты кузовных элементов от повреждений.

Прежде чем приступить к оклейке кузова автомобиля плёнкой, необходима тщательная подготовка поверхности. Подготовка начинается с мойки автомобиля. Удаляется с поверхности лакокрасочного покрытия грязь, жир и любые твёрдые остатки на поверхности, которые могут помешать приклеиванию плёнки. Моющий раствор приготавливается из расчета 10 литров воды на 1 литр шампуня. Лучше всего отдавать предпочтение профессиональным средствам для мытья, но можно и самому подобрать его, главное – чтобы оно не было агрессивным, чтобы не повредить на плёнке потом клеящую основу. Если были обнаружены битумные остатки, необходимо с применением растворителя или других специальных средств удалить их. Помимо всего прочего, нужно удалить все песчинки и даже остатки насекомых. Необходимо использовать мягкое моющее средство и убедиться, что поверхность полностью высохла.

Внимательно осмотреть кузов автомобиля на наличие вмятин, царапин и дефектов. Любые отклонения в форме поверхности необходимо устранить, отремонтировав или сгладив дефекты. В особенно запущенных случаях, потребуется использовать рихтовку или подкраску для некоторых



участков. Естественно, как только были проведены грунтовочные или покрасочные работы, потребуется выждать как минимум 1 месяц. Только после этого, можно приступать к оклеиванию транспортного средства. Оклеивающая плёнка при монтаже будет точно соответствовать существующим контурам, поэтому безупречная основа имеет решающее значение.

При подготовке кузова к оклейке плёнкой необходимо удалить элементы отделки - значки и эмблемы. Это затруднит процесс оклейки плёнкой и создаст дополнительные неудобные края обхода.

Выбор материала для оклейки кузова автомобиля многим автомобилистам уже понятен: это или виниловая плёнка или полиуретановая. Варианты обсуждались в СМИ и в том числе в публикации [1].

Оклейка автомобиля – это одновременно наука и искусство. Каждый монтаж уникален, на процесс влияют мастерство установщика, качество материалов и контуры автомобиля. Процесс требует практики, мастерства и терпения. Технология монтажа оклеивающей плёнки очень зависима от субъективного фактора.

Большинство клиентов автосервиса склонны оформить свой автомобиль путем оклейки «бронеплёнкой» из полиуретана [2, 3]. Перед тем, как наклеить бронеплёнку на автомобиль необходимо подготовить инструменты и материалы: саму плёнку; чистую сухую тряпку без ворса; шпатель (подойдёт пластиковый или резиновый); острый канцелярский нож; мыльный раствор в пульверизаторе; фен (лучше строительный, но при его отсутствии подойдёт бытовой); обезжириватель или спирт; нитриловые или любые другие нетекстильные перчатки.

Необходимо уделить внимание и подготовке помещения, где будет происходить процесс оклейки. Помещение должно быть соответствующей категории очистки. Показатели производственного помещения должны быть в нормативных пределах. Пыль, в частности, отрицательно скажется на покрытии и со временем приведёт к его отслоению. В помещении не должно быть сквозняков или искусственных источников движения воздуха. Температурный режим должен сохраняться на уровне не ниже +18 °С. Для обеспечения вентиляции на СТО необходимо не менее двух приточных и двух вытяжных вентиляторов максимальной мощности, рассчитанной по определенным параметрам, регламентированным ОНТП 01-91, ВСН 01-89 и СНиП 41-01-2003. Требования к освещённости автосервисов регламентированы СНиП II-4-79 «Естественное и искусственное освещение». Для СТО

допускается искусственное и комбинированное (естественное и искусственное) освещение. Искусственное освещение в сервисе предусматривается в обязательном порядке. Количество и мощность осветительных приборов рассчитывается на основании нормативных требований, а также коэффициента рассеивания света покрытием пола, стен и потолка помещений СТО. Мощность осветительных приборов варьируется и зависит от вида выполняемых работ. Для помещения оклейки плёнкой кузовов автомобилей требуемая освещённость более 200 Лк, иначе дефекты не разглядеть.

Оклеить бронеплёнкой (т.е. из материала полиуретан) кузов можно двумя способами: «мокрым» и «сухим». Отличие – в опрыскивании детали мыльным раствором перед укладкой материала. «Сухой» способ быстрее, но влечёт за собой некоторые неточности и трудности реализации – плёнка прилипает практически сразу. «Мокрый» метод требует большего времени, процесс оклеивания дольше, затраты соответственно возрастают, но при этом есть возможность выровнять плёнку и довольно легко двигать её, обеспечивая качество процесса оклейки. Поэтому мокрый метод оклейки является наиболее предпочтительным.

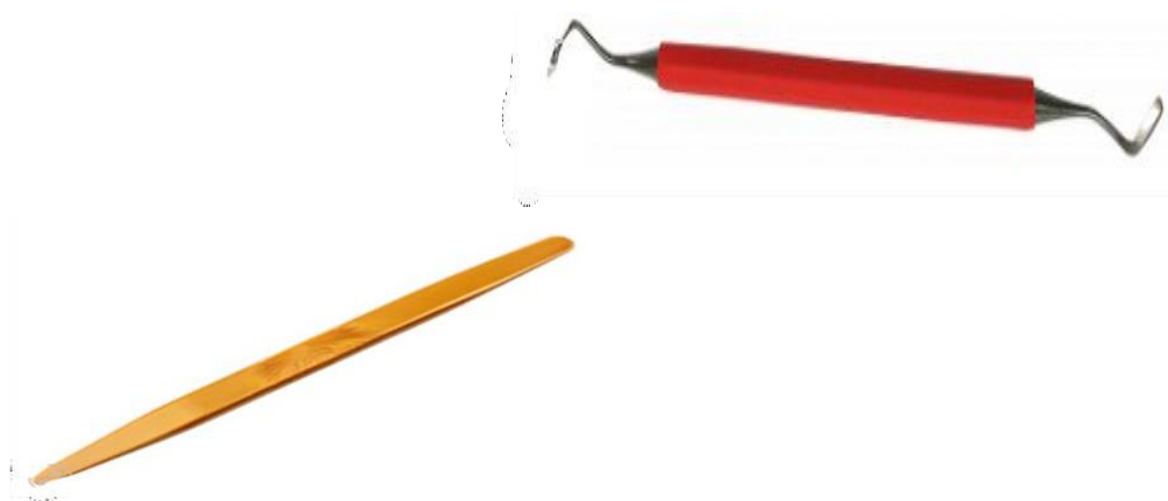
Первым этапом является предварительная подготовка транспортного средства. Для окончательной очистки поверхности кузова можно использовать спирт, чтобы обезжирить поверхность, но лучше использовать современные спецсредства. Используя безворсовые салфетки, нужно несколько раз тщательно протереть весь кузов или отдельный его элемент, подлежащий оклейке.

Работу по оклейке плёнкой рекомендуется выполнять с помощником. Плёнка будет немного двигаться по влажному покрытию, поэтому можно будет удобно зафиксировать её в 4 руки. Берётся необходимый отрезок плёнки и аккуратно располагается на ровной поверхности. Далее снимается клейкий слой. Установку пленки необходимо выполнять с помощью установочного инструмента (рис. 1) Важно быть предельно аккуратным и не допускать соприкосновения клеящейся части с любыми поверхностями, а также не допускать оседание пыли, поэтому необходимо работать быстро, не вздымать в воздух излишнее количество пыли, естественно присутствующей практически в любом помещении. Перед тем как прикоснуться пальцами к липкой стороне, чтобы аккуратно наклеить плёнку, нужно окунуть кончики пальцев в мыльный раствор. Благодаря такой простой манипуляции, удастся не допустить оставление отпечатков на материале.

Мыльный раствор необходимо залить в пульверизатор и используя опрыскиватель, нанести средство на тот элемент кузова, который будет подвержен оклейке плёнкой. Нет необходимости наносить мыльный раствор сразу на все транспортное средство. Важно контролировать процесс и не давать кузову высыхать.

Далее, необходимо взять пленку и осторожно, вместе с помощником, приложить плёнку к кузову и постепенно выровнять его таким образом, чтобы не было никаких складок. Иногда у новичков не удается эта процедура с первого раза, тогда можно осторожно приподнять какую-то часть пленки, постараться выпрямить её и снова приклеивать.

С использованием силиконового шпателя, необходимо равномерно распределить поверхность плёнки таким образом, чтобы из-под пленки была удалена вся жидкость и воздух. Процесс разглаживания всегда выполняется от середины элемента к краям. Благодаря равномерным и уверенным движениям, удастся избавиться от излишней жидкости и расправить плёнку по всей поверхности кузова.



**Рис. 1. Установочный инструмент**

По ходу процесса разглаживания плёнки, рекомендовано использовать технический фен, который ускорит процесс высыхания, но важно быть предельно внимательным с этим процессом, чтобы обрабатываемые участки не перегревались. Это чревато не только отслоением плёнки, но и её плавлению. Чтобы определиться с оптимальной температурой, лучше всего удерживать её на уровне 60 °С.

При использовании влажного метода оклейки, под плёнкой будут скапливаться частички воздуха, их необходимо выгнать из-под неё. Для

этого удобно использовать войлочный ракель, который позволит быстро и безопасно удалить остатки воздуха. При образовании больших скоплений воздуха, некоторые специалисты аккуратно прокалывают их с последующим распределением плёнки, но лучше отказаться от такого метода, ведь плёнка таким образом повреждается. Альтернативным вариантом будет хорошее прогревание плёнки и постепенными поступательными движениями, проталкивание воздуха до края плёнки. Очень маленькие пузырьки воздуха могут и сами пропасть буквально через 7-10 дней.

Финальным этапом является подрезка остатков плёнки, как только она будет полностью разглажена. Чтобы на месте, где была совершена подрезка, сохранился хороший контакт с поверхностью, нужно использовать безвойлочную салфетку и аккуратно протереть эти места. Обрезку лучше проводить предварительно на силиконовом шпателе, увлажненным в приготовленном мыльном растворе. Необходимо отмерять линию среза, подложить под нее шпатель, взять скальпель и осторожно провести по линии среза так, чтобы не повредить автомобиль, а лезвие прошло по шпателю. Так плёнка без труда уложится на место обрезки.

Оклейка сухим методом требует аналогичной подготовки кузова автомобиля. Для оклейки плёнку предварительно можно разложить на ровной поверхности, после чего снять защитный слой. Далее плёнку приклеивается на поверхность. Есть и другой вариант, позволяющий оклеить деталь, для этого достаточно снять защитный слой только с одного угла плёнки, после чего выставить плёнку на оклеиваемой детали и после размещения начать постепенное отклеивание слоя и одновременное приклеивание плёнки к автомобилю.

Как только плёнка будет нанесена, происходит ее разглаживание, как и в предыдущем методе. Процесс предельно прост и не отличается от предыдущего, с использованием силиконового шпателя, необходимо идти от середины к бокам. Движения должны быть ровными, равномерными и уверенными. Нет необходимости излишне прилагать силу, ведь в противном случае пленка может быть испорчена. Если возникнут пузыри, тогда их необходимо удалить. В случае появления складки, необходимо сразу постараться исправить ситуацию или не допускать этого вовсе. Можно аккуратно попытаться отклеить плёнку и снова наложить на деталь. Финальная работа при сухом методе сводится к обрезке и последующей обработке краёв специальным праймером для подобных работ. Благодаря этому, улучшится сцепление с покрытием, и плёнка прослужит дольше.

Все оборудование на участке оклейки можно разделить на основное и вспомогательное. К основному можно отнести тепловую пушку, инфракрасный термометр, ракель, измерительная лента и малярный скотч, мягкие перчатки, режущие лезвия и бритвы, установочный инструмент, чистящий раствор и пульверизатор. Вспомогательными средствами являются: коврики, табуреты, поясные сумки, веер с набором цветовой гаммы и др.

Тепловая пушка – незаменимый инструмент для оклейки автомобиля. Использование теплового пистолета после растягивания плёнки разгладит складки и предотвратит слипание плёнки, а также доведёт пленку до заданной температуры. Рекомендуемая температура обычно составляет около 90 °С.

Инфракрасный термометр служит для измерения температуры поверхности, которую только что оклеили. Необходимо убедиться, что поверхность панелей нагревается до указанной температуры.

После укладки плёнки на панели автомобиля и нагревания с помощью теплового пистолета необходимо воспользоваться ракелем с фетровыми краями, чтобы разгладить морщины.

Обрезка скотча или малярной ленты. Использование обрезной или малярной ленты вокруг зеркал и окон поможет отрезать плёнку, не поцарапав лакокрасочное покрытие автомобиля.

Используется мягкая гибкая магнитная рулетка для измерения и определения площади (длина, ширина) панелей автомобиля. Применение качественной измерительной ленты обеспечит сокращение расходов и оптимизацию необходимого количества плёнки.

Для хорошей чистой упаковки автомобиля необходимы мягкие перчатки, которые разглаживают морщины и обеспечивают чистые края. Перчатки также защищают от электростатического прилипания при разглаживании плёнки.

Очень важно выбрать правильное режущее лезвие для плёнки при оклейке автомобиля. Обязательно нужно выбирать лезвие под правильным углом, которое позволит разрезать плёнку правильной формы, соответствующей контурам элементам кузова автомобиля. Понадобится металлический отрывной нож (рис. 2), предназначенный для резки высококачественной пленки. Нож должен иметь лезвие под углом 30° и металлическим каркасом, чтобы предотвратить изгиб. Металлический каркас предотвращает гибкость при резке, а также обеспечивает более прямой и точный рез.



а)

б)

**Рис. 2. Нож: а) с выдвижным лезвием, автофиксатор, лезвие 9 мм; б) безопасный**

Для очистки поверхностей автомобиля до и после наклеивания требуется чистящий раствор. Поскольку пленка прилипает к поверхности автомобиля, очистка этой поверхности от грязи, жира и смазочных материалов является важным шагом при оклейке.

Магниты (рис. 3) также помогают выровнять плёнку при её монтаже и обеспечить правильное расположение её на всех частях автомобиля.



**Рис. 3. Магнит с ручкой**

Как только был окончен процесс оклейки автомобиля плёнкой, необходимо будет отказаться от мойки автомобиля, примерно на 5-7 дней. Помимо этого, необходимо будет соблюдать скоростной режим и не передвигаться на машине на большой скорости или по пересеченной местности. В противном случае, велик риск того, что плёнка деформируется или вовсе слетит.

#### Список использованных источников

1. Кириллов, А. Г. Перспективы оклейки плёнкой кузова автомобиля / А. Г. Кириллов, В. А. Панкратов // Современные технологии. Технические и естественные науки: сборник статей международной научной конференции (Архангельск, Ноябрь 2025). – СПб.: МИПИ им. Ломоносова, 2025. – 72 с. URL: [http://disk.yandex.ru/Apxue\\_MИПИ/2025/25\\_11\\_11](http://disk.yandex.ru/Apxue_MИПИ/2025/25_11_11) дата публикации 11.11.2025.

2. Сафрончев, А. В. Факторы агрессивной среды, влияющие на состояние кузова легкового автомобиля в эксплуатации / А. В. Сафрончев // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств : материалы XXVI Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти Юрия Васильевича Баженова. 21 – 22 нояб. 2024 г., г. Владимир; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2024. – с. 95-102.
3. Барабошкин, И. В. Обзор методов противокоррозионной защиты кузова автомобиля / И. В. Барабошкин, А. С. Ратников // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика, г. Воронеж, Воронежский гос. Лесотехнический ун-т им. Г. Ф. Морозова. – Воронеж: Изд-во ВоГЛТУ, Том 3. № 8-2 (9-2), 2015. – с. 46-50.

УДК 629.3.014

*А. Ю. Рожков (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: Р. В. Нуждин (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

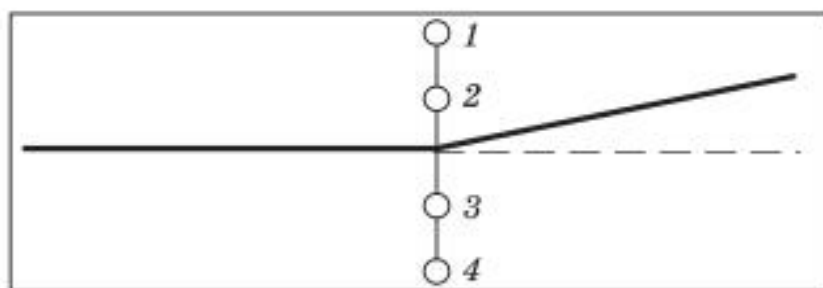
## **АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ГОЛОВНОГО ОСВЕЩЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ**

Автомобильные фары относятся к системе освещения и световой сигнализации автомобиля и подлежат обязательной сертификации в соответствии с требованиями Технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011) [1]. Непосредственно критерии оценки и методики испытаний автомобильных фар при сертификации приведены в Правилах ЕЭК ООН № 1, 8, 20, 31, 98, 112. В процессе эксплуатации автотранспортных средств нормативными документами предусматривается периодический контроль технического состояния автомобильных фар. Требования к устройствам освещения в эксплуатации содержаться в приложении № 8 к ТР ТС 018/2011 и Правилах проведения технического осмотра транспортных средств [2]. Методики проверки устройств освещения приведены в ГОСТ 33997-2016 [3].

Несмотря на то, что все устройства освещения (автомобильные фары), штатно устанавливаемые на автомобили, изначально соответствуют установленным требованиям, в эксплуатации наблюдаются отклонения от уста-

новленных эксплуатационных требований. В этой связи необходимо определить критерии, определяющие состояния автомобильных фар. В соответствии с ГОСТ Р 27.102-2021 [4] под работоспособным состоянием понимается состояние объекта, в котором он способен выполнять требуемые функции, а исправное состояние – такое состояние объекта, в котором он соответствует всем требованиям, установленным в технической документации на него. Следовательно, отклонение показателей от нормативных значений будет являться неисправным состоянием фары. Критерием неисправного состояния является несоответствие хотя бы одному из требований, установленных в документации.

Исследования результатов инструментального контроля устройств освещения, выполненные автором, позволили установить основные показатели, формирующие неисправное состояние фар. К таким показателям относятся отсутствие четкой свето-теневой границы в режиме «ближний свет», сила света в теневой части экрана (точка 2 на рис. 1) превышает установленное значение (не более 750 кд). Кроме того, как и в проведенных ранее исследованиях в ряде случаев наблюдается низкое значение силы света в контрольной точке 3 (рис.1). В этой связи представляет интерес исследовать эксплуатационные и другие возможные факторы, которые формируют неисправное состояние автомобильных фар.

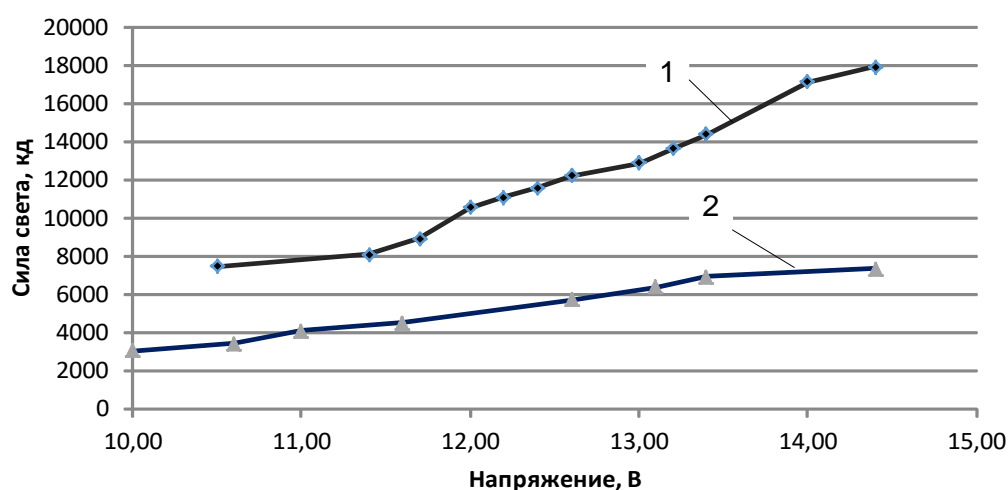


**Рис. 1. Расположение светотеневой границы и контрольных точек на экране прибора проверки фар ОПК: сплошная линия – свето-теневая граница в режиме «ближний свет»; 1 – контрольная точка для измерения силы света противотуманной фары в теневой области светового пучка; 2 – контрольная точка для измерения силы света фары ближнего света в теневой области светового пучка (соответствует углу наклона 34' вверх от положения левой части светотеневой границы), силы света фары дальнего света; 3 – контрольная точка для измерения силы света фары ближнего света в световой области светового пучка (соответствует углу наклона 52' вниз от положения левой части светотеневой границы); 4 – контрольная точка для измерения силы света противотуманной фары в световой области светового пучка**



Критерии группирования факторов, приводящих к неисправному состоянию фары в целом, могут быть разнообразны. Принимая допущение, что фара, установленная на автомобиль в заводских условиях, полностью соответствует всем установленным требованиям, последующее ее неисправное состояние может формироваться только при эксплуатации автомобиля.

Явными признаками отказа фар в эксплуатации являются перегорание ламп и разрушение рассеивателя. Устранение данного вида отказа осуществляется путем замены либо отдельного элемента, либо фары в целом. При замене на автомобиль могут быть установлены изделия, не соответствующие установленным требованиям (не сертифицированные) либо имеющие производственный брак. На рис. 2 показаны характеристики силы света фары в режиме «дальний свет» двух ламп, одна из которых имела видимое смещение нити накаливания относительно центральной оси.



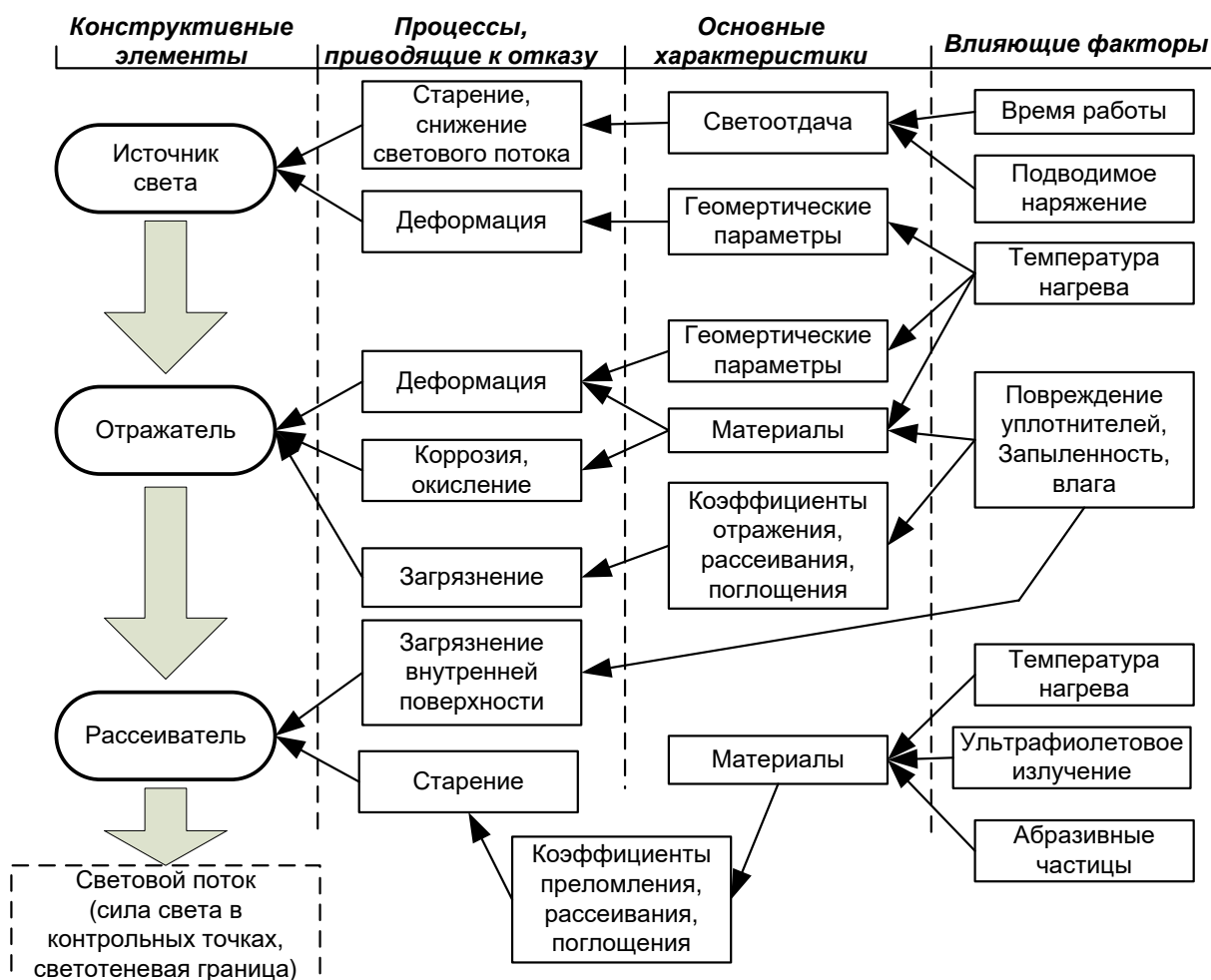
**Рис. 2. Сила света фары в режиме «дальний свет» с исправной лампой (1) и лампой, имеющей смещение нити накаливания (2)**

Формально фара в режиме «дальний свет» соответствует требованиям нормативных документов, т.к. для указанного режима не нормируется минимальное значение силы света. Фактически снижение силы света ведет к ухудшению различимости объектов в темное время суток.

Теоретический анализ факторов, влияющих на силу света фар в контрольных точках, позволил соотнести указанные факторы с основными конструктивными элементами фары – источником света, отражателем (рефлектором) и рассеивателем (рис. 3).

В проведенном автором ранее исследовании, установлено, что для источника света наиболее значима величина подводимого напряжения. При этом уменьшение напряжения приводит к снижению силы света, при повышении напряжения свыше рекомендуемых 13,5 В (ГОСТ Р МЭК 60809-2012 [5]) снижается ресурс ламп и повышается вероятность полной потери работоспособности.

Отражатель фары в настоящее время выполняется преимущественно из пластика с нанесением отражающего слоя. В качестве отражающего слоя наиболее часто используется алюминий или сталь. Указанные материалы подвержены окислению и коррозии, что снижает их отражающую способность и увеличивает рассеивание светового потока. При снижении отражающей способности наблюдается повышенный нагрев отражателя, что может привести к его деформации и нарушению направленности светового потока.



**Рис. 3. Связь факторов, влияющих на формирование светового потока, с основными конструктивными элементами фар**

Наиболее значительному воздействию внешних факторов подвержены рассеиватели фар. Рассеиватели изготавливают из стекла и пластика. На современных легковых автомобилях преобладают пластиковые рассеиватели. В процессе эксплуатации наблюдаются процессы старения рассеивателей, проявляющиеся в помутнении наружной поверхности, изменение цвета рассеивателя в массе, образовании микротрещин. По результатам экспериментальных исследований установлено, что техническое состояние рассеивателя в наибольшей степени влияет на формирование неисправного состояния фар. Проявлением неудовлетворительного состояния рассеивателя является отсутствие четкой свето-теневой границы на контрольном экране, снижение силы света в освещенной области экрана (точка 3 на рис. 1) и превышение установленного значения силы света в теневой области экрана (точка 2 на рис. 1).

По результатам проведенных исследований установлено, что формирование неисправности фар по критерию «сила света в контрольных точках» обусловлено, в основном, процессами старения под воздействием комплекса эксплуатационных факторов. Для режима «дальний свет» сила света отдельной фары нормативными документами не нормируется, что не позволяет дифференцировать исправное и неисправное состояние.

#### Список использованных источников

1. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» // Судебные и нормативные акты РФ. URL: [https://sudact.ru/law/reshenie-komissii-tamozhennogo-soiuza-ot-09122011-n\\_19/tr-ts-0182011/](https://sudact.ru/law/reshenie-komissii-tamozhennogo-soiuza-ot-09122011-n_19/tr-ts-0182011/) (дата обращения 12.09.2025).
2. Постановление Правительства РФ от 15 сентября 2020 г. № 1434 «Об утверждении Правил проведения технического осмотра транспортных средств, а также о внесении изменений в некоторые нормативные акты Правительства Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) // Информационная система Гарант. URL: <https://base.garant.ru/74671754/> (дата обращения 12.09.2025).
3. ГОСТ 33997-2016 ГОСТ 33997-2016. Межгосударственный стандарт. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки // Судебные и нормативные акты РФ. URL: <https://sudact.ru/law/gost-33997-2016-mezhgosudarstvennyi-standart-kolesnye-transportnye-sredstva/gost-33997-2016/> (дата обращения 12.09.2025).

4. ГОСТ Р 27.102-2021 Национальный стандарт Российской Федерации. Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения (Электронный ресурс) URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1763636340> (дата обращения 12.09.2025).
5. ГОСТ Р МЭК 60809-2012 Национальный стандарт Российской Федерации. Лампы для дорожных транспортных средств. Требования к размерам, электрическим и световым параметрам // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103197> (дата обращения 14.09.2025).

УДК 628.3

*К. Р. Солнышков (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: Д. Н. Смирнов (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ И ВОДООТВЕДЕНИЯ АВТОСЕРВИСА**

Экологическая безопасность — это состояние защищённости окружающей среды, жизни и здоровья человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности. В условиях современного мира, когда промышленность и транспорт оказывают значительное влияние на окружающую среду, вопросы экологической безопасности становятся особенно актуальными. Автосервисы и станции технического обслуживания (СТО) автомобилей являются значимыми источниками загрязнения окружающей среды. В процессе их деятельности образуются сточные воды, содержащие нефтепродукты, тяжёлые металлы, синтетические моющие средства, растворители и другие токсичные соединения. При отсутствии эффективной системы очистки эти вещества попадают в канализационные сети, водоёмы или грунтовые воды, что приводит к деградации экосистем и создаёт угрозу для здоровья населения.

Актуальность исследования обусловлена ужесточением экологических требований к предприятиям автосервиса и необходимостью внедрения современных технологий очистки сточных вод.

В своих рабочих процессах автосервис может вырабатывать различные виды отходов, которые могут попасть в систему канализации и стать источником загрязнения. К таким отходам относятся:

1) нефтепродукты (топливо, масло, смазочные материалы) – могут попадать в канализацию при утечках, проливах или неправильной утилизации. Нефтепродукты являются одним из наиболее опасных загрязнителей, поскольку они могут вызывать серьёзные нарушения в экосистемах, включая гибель водных организмов и загрязнение почвы;

2) химические вещества (растворители, кислоты, щёлочи) – используются в процессе ремонта и обслуживания автомобилей. При неправильном обращении эти вещества могут попасть в канализацию и вызвать загрязнение сточных вод;

3) твёрдые отходы (металлическая стружка, пластик, резина) – образуются в процессе ремонта и могут попасть в канализацию при неправильной утилизации. Твёрдые отходы могут засорять систему канализации, что приводит к её повреждению и снижению эффективности работы.

Чтобы не нанести вред окружающей среде, отходы необходимо правильно обработать и утилизировать.

Экологические требования в области охраны окружающей среды содержатся в федеральном законе «Об охране окружающей среды»:

1) предприятия автосервиса должны быть отделены от жилой застройки санитарно-защитными зонами в соответствии с требованиями Сан-ПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03;

2) загрязнённые воды, отводимые от производственных объектов, административных, хозяйственно-бытовых зданий и сооружений, а также ливневые стоки с территории предприятия не должны сбрасываться в поверхностные водные объекты, на рельеф местности без предварительной их очистки;

3) осуществлять сброс сточных вод в водный объект допускается только при наличии разрешения, выдаваемого территориальными специально уполномоченными органами в области охраны окружающей среды (Ростехнадзор). В данном разрешении установлены нормативы допустимых сбросов вредных веществ.

Исследуем основные методы очистки сточных вод:

1) механический – позволяет разделить водную среду и содержащиеся в ней примеси под действием сил гравитации. Несмотря на то, что эти технологии относятся к числу наиболее ранних разработок в области водочистки, они сохраняют свою востребованность в современных системах;

2) химический – становится необходимым, когда механическая фильтрация не позволяет достичь требуемой степени очистки. Этот метод предполагает использование коагулянтов и флокулянтов;

3) физико-химический – основывается на коагуляции, флокуляции, сорбции, флотации, экстракции и других;

4) биологический – основан на применении специально культивируемых микроорганизмов, способных утилизировать органические загрязнения в процессе своей жизнедеятельности.

Современные автомойки потребляют значительное количество воды – в среднем от 100 до 500 л на один автомобиль. При таком расходе использование обычной проточной воды экономически невыгодно и экологически нерационально. Решением этой проблемы является обратная система водоснабжения (ОСВ), позволяющая повторно использовать очищенную воду.

Выделим основные этапы очистки:

1) сбор сточных вод – после мойки вода поступает в накопительную ёмкость;

2) механическая очистка – удаление крупных загрязнений (песок, грязь, масляная плёнка) с помощью пескоуловителей, жируловителей или отстойников;

3) физико-химическая очистка – применение коагулянтов и флотаторов для удаления мелких взвесей и нефтепродуктов;

4) глубокая фильтрация – пропускание воды через песочные и угольные фильтры, мембранные системы (при необходимости);

5) обеззараживание – обработка ультрафиолетом, озоном или хлором для уничтожения бактерий;

6) возврат в систему – очищенная вода подаётся обратно на мойку.

Составим преимущества ОСВ:

1. Экономия воды – сокращение потребления на 70–90 %;

2. Снижение затрат – уменьшение платы за водоснабжение и водоотведение;

3. Экологичность – минимизация вредных сбросов в канализацию;

4. Соответствие законодательству – выполнение требований СанПиН 2.1.5.980-00 и ФЗ-52.

Однако, при достоинствах ОСВ имеет недостатки и сложности:

А) высокие первоначальные затраты – стоимость оборудования может быть значительной;

Б) необходимость регулярного обслуживания – замена фильтров, контроль качества воды;

В) ограниченное применение – для финального ополаскивания может потребоваться, долив свежей воды.

Обеспечение экологической безопасности систем канализации и водоотведения автосервисов требует комплексного подхода, включающего современные технологии очистки, соблюдение нормативных требований и постоянный мониторинг. Для уменьшения негативного воздействия на окружающую среду, а также минимизации рисков для здоровья жителей, необходимо разрабатывать и использовать эффективные решения.

УДК 656.132

*Ч. Д. К. Зыонг, В. А. Максимов, Д. А. Николаев (Москва, МАДИ),  
В. Т. Нгуен (Ханой, МТА)*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТА И ПРОБЕГА С НАЧАЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ НА МАРШРУТНЫЙ РАСХОД ТОПЛИВА АВТОБУСОВ ЛиАЗ-621365 В УСЛОВИЯХ ГОРОДА МОСКВЫ**

По сведениям, предоставленным Департаментом транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы, количество перевозок пассажиров все время растет. Как указано в сведениях за сентябрь 2025 их объём достиг 13,14 миллионов за день. Из них на МЦД приходится 10,0 %, на МЦК 49,8 %, а на наземный транспорт – 23,7 %, трамвай 4,3 %, каршеринг 1,5 %, а поездки на такси 10,7 % [1].

Исследование по расходу топлива очень важно, т.к. наземный транспорт потребляет много энергии, в частности, большое количество моторного топлива. У автотранспортных предприятий (АТП), работающих с автобусами, затраты на топливо составляют минимум 15 %.

Предыдущие исследования показали, что группа эксплуатационных факторов существенно влияет на расход топлива (27 %) [2-6]. Среди них значимыми являются факторы возраста автобуса и пробега с начала эксплуатации. В данном исследовании представлен анализ влияния данных факторов на маршрутный расход топлива автобусов, эксплуатируемых в условиях города Москвы.

В ходе эксперимента были проведены более детальные исследования на модификации автобусов ЛиАЗ-621365, работающих в условиях города Москвы. Эксплуатационные данные автобусов ЛиАЗ-621365 были собраны в Юго-Западном филиале ГУП «Мосгортранс». В частности, в выборку включены сведения о фактическом расходе топлива автобусов по дням, фактическом расходе топлива на 100 км, гаражных номерах автобусов, номерах маршрутов, возрасте и пробеге с начала эксплуатации. Период наблюдений охватывает интервал с 01.01.2023 по 31.12.2024.

Данные были собраны с использованием современных информационных систем: Единой автоматизированной системы управления финансово-хозяйственной деятельностью (ЕАСУ ФХД) на базе SAP R/3 и Комплекса систем управления пассажирским транспортом (КСУПТ).

В результате получены объемы выборки: 113 157 наблюдений за 2023 год и 95 452 наблюдения за 2024 год (рис. 1).

	A	B	C	D	E	G	L	R	S	T	U	V	W	X
1	Тип маршрута	Модификация	№ маршрута	Гаражный	Дата	Возраст	Пробег с начала	Выдан	При выезде	При возврате	Пробег	Расход по выезде	Расход по возврату	
2	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11802	04.12.2023	2,5	153,66762	44351	100	290	300	141,34	91,56	90
3	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11802	12.12.2023	2,5	153,66762	44351	110	280	280	170,19	107,04	110
4	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11802	14.12.2023	2,5	153,66762	44351	132,02	270	290	170,19	111,56	112,02
5	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11802	16.12.2023	2,5	153,66762	44351	110	300	300	170,19	112,85	110
6	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11802	21.12.2023	2,5	153,66762	44351	95,36	300	300	170,19	101,58	95,36
7	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11802	26.12.2023	2,5	153,66762	44351	105	330	330	170,19	106,77	105
8	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11802	28.12.2023	2,5	153,66762	44351	0	330	230	170,19	101,94	100
9	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11808	13.12.2023	2,66666667	181,54504	44288	200	355	440	141,34	89,21	115
10	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11808	14.12.2023	2,66666667	181,54504	44288	140	440	440	141,34	89,78	140
11	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11810	29.12.2023	2,66666667	171,17549	44299	97,39	260	260	170,19	101,93	97,39
12	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11812	14.12.2023	2,66666667	187,71122	44300	0	230	130	129,01	89,85	100
13	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11812	14.12.2023	2,66666667	187,71122	44300	240	130	260	156,58	98,17	110
14	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11814	01.12.2023	2,25	178,85828	44424	114,87	320	320	170,19	102,06	114,87
15	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11814	04.12.2023	2,25	178,85828	44424	89,96	320	320	141,34	91,34	89,96
16	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11814	05.12.2023	2,25	178,85828	44424	91	320	320	141,34	90,63	91
17	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11814	06.12.2023	2,25	178,85828	44424	115,96	320	320	170,19	106,99	115,96
18	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11814	07.12.2023	2,25	178,85828	44424	112,03	320	320	170,19	107,03	112,03
19	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11814	08.12.2023	2,25	178,85828	44424	109,99	320	320	170,19	111,34	109,99
20	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11817	07.12.2023	2,5	126,1433	44351	80,01	240	240	141,34	89,75	80,01
21	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11818	26.12.2023	2,33333333	173,21109	44424	115	440	440	170,19	102,46	115
22	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11820	22.12.2023	2,66666667	138,47888	44305	0	280	180	170,19	107	100
23	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11825	01.12.2023	2,58333333	143,48862	44299	103,21	440	435	170,19	101,91	108,21
24	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11825	03.12.2023	2,58333333	143,48862	44299	139,47	435	440	170,19	107,23	134,47
25	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11825	04.12.2023	2,58333333	143,48862	44299	114,64	440	440	141,34	93,05	114,64
26	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11825	05.12.2023	2,58333333	143,48862	44299	112,54	440	440	170,19	107,2	112,54
27	Городской	ЛиАЗ 621365	117К	11825	06.12.2023	2,58333333	143,48862	44299	112,9	440	440	170,19	106,64	112,9

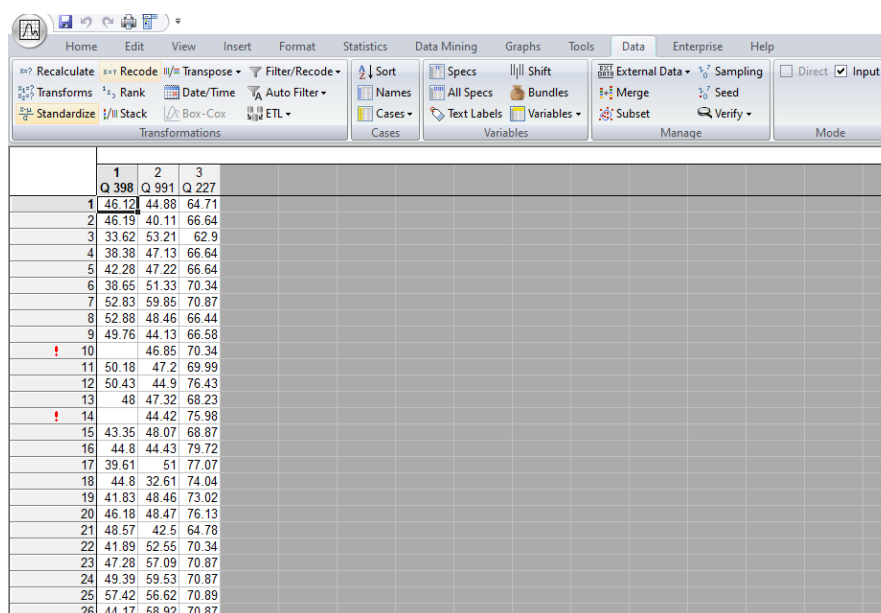
Рис. 1. Статистические данные эксплуатации автобусов (фрагмент)

Для определения и оценки влияния возраста автобуса и пробега с начала эксплуатации на расход топлива автобусом, была построена однофакторная регрессионная модель. Для построения модели были выбраны три автобусных маршрута: 398, 991 и 227. Эти маршруты имеют разные параметры сложности: лёгкий, средний и тяжёлый. Именно на этих маршрутах наблюдается наибольшее количество эксплуатируемых автобусов.

На начальном этапе построения модели, необходимо исключить грубые ошибки с помощью компьютерной программы «Statsoft STATISTICA» по двухстороннему Граббс-тесту с уровнем значимости 5 %.



После исключения грубых ошибок (рис. 2) общее количество наблюдений для автобусов ЛиАЗ-621365 на маршруте 398 составляет 8962; на маршруте 991 составляет 8515 и маршруте 227 составляет 7257. Такой объем выборки удовлетворяет условию репрезентативности и достоверности.



	1	2	3
	Q 398	Q 991	Q 227
1	46.12	44.88	64.71
2	46.19	40.11	66.64
3	33.62	53.21	62.9
4	38.38	47.13	66.64
5	42.28	47.22	66.64
6	38.65	51.33	70.34
7	52.83	59.85	70.87
8	52.88	48.46	66.44
9	49.76	44.13	66.58
10	46.85	70.34	
11	50.18	47.2	69.99
12	50.43	44.9	76.43
13	48	47.32	68.23
14	44.42	75.98	
15	43.35	48.07	68.87
16	44.8	44.43	79.72
17	39.61	51	77.07
18	44.8	32.61	74.04
19	41.83	48.46	73.02
20	46.18	48.47	76.13
21	48.57	42.5	64.78
22	41.89	52.55	70.34
23	47.28	57.09	70.87
24	49.39	59.53	70.87
25	57.42	56.62	70.89
26	44.17	58.92	70.87

Рис. 2. Результаты выявления грубых ошибок с помощью компьютерной программой «Statsoft STATISTICA»

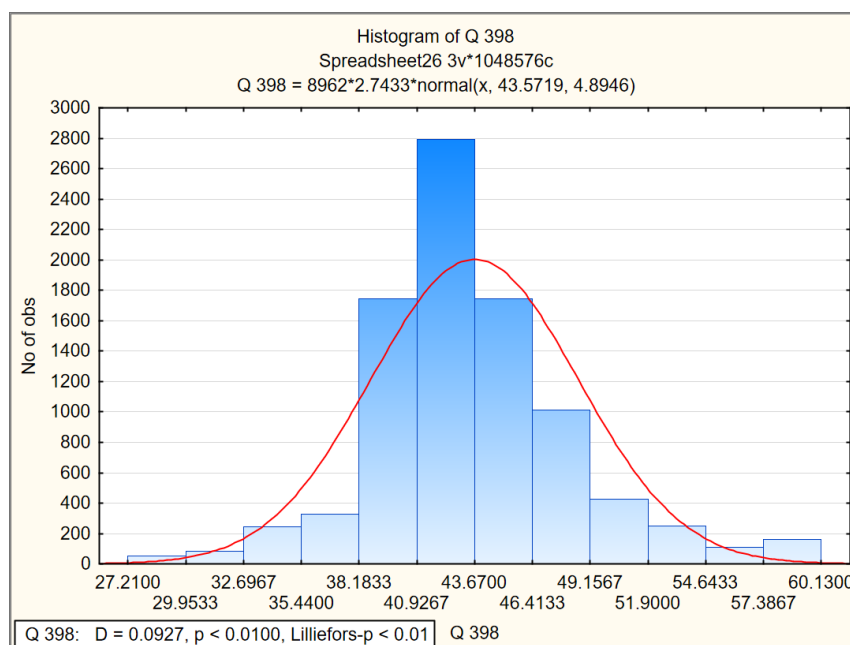
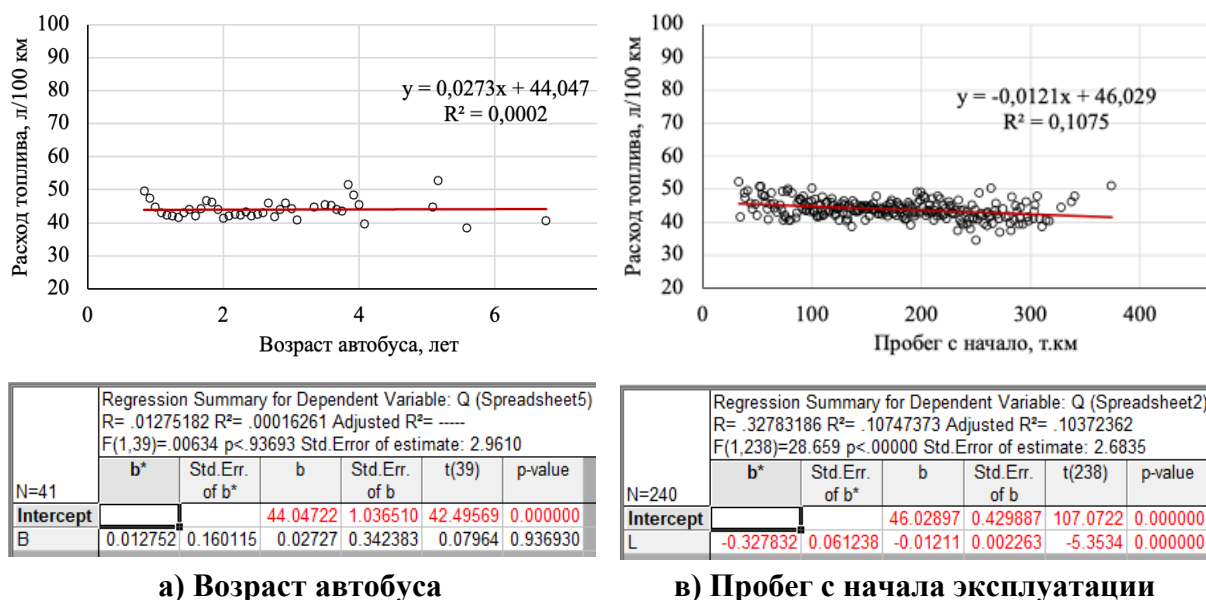


Рис. 3. Гистограмма и теоретическая кривая распределения расхода топлива автобусов ЛиАЗ-621365 на маршруте 398

Далее была проведена проверка исследуемых переменных на нормальность с помощью критерия согласия Колмогорова-Смирнова. Результаты проверки показали, что полученные данные по расходу топлива автобусов ЛиАЗ-621365 на исследуемых маршрутах, распределяются по нормальному закону распределения. Все полученные значения критерия Колмогорова-Смирнова меньше критического значения (0,05).

После предварительного анализа исходных данных, были построены однофакторные регрессивные модели для исследуемых маршрутов.

Модель зависимости расхода топлива автобусов ЛиАЗ-621365 на маршруте 398 от возраста автобуса и от пробега с начала эксплуатации представлены на рис. 4.



**Рис. 4. Зависимости и статистические характеристики моделей расхода топлива автобуса ЛиАЗ-621365 маршруте 398 от возраста автобуса и от пробега с начала эксплуатации**

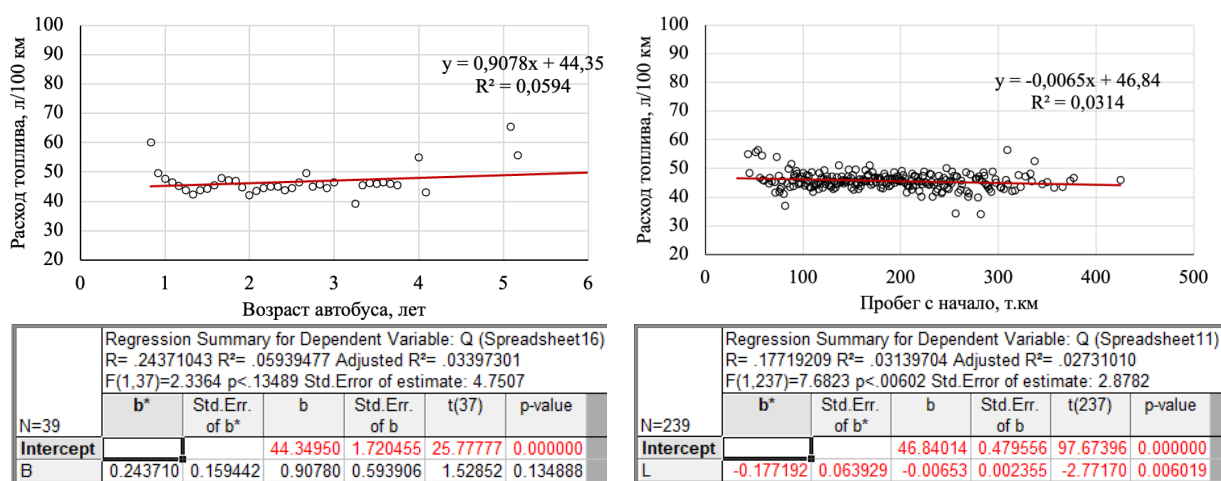
Анализ полученных однофакторных моделей показывает, что: расход топлива автобусами ЛиАЗ-621365 на маршруте 398 увеличивался с увеличением возраста автобуса, но уменьшался с увеличением пробега с начала эксплуатации.

Статистическая характеристика модели возраста автобуса показывает, что коэффициент детерминации незначителен ( $R^2 = 0,0002$ ). Проверка модели на адекватность и точность: значение- $p = 0,936 > 0,05$ . Поэтому модель не допускалась к практическому применению.

Для модели пробега с начала эксплуатации, коэффициент детерминации также незначителен ( $R^2=0,107$ ). Проверка модели на адекватность и точность показала, что *значение-р*  $< 0,05$ . Поэтому модель допускалась к практическому применению.

Аналогично были построены модели для маршрута 991. Модель зависимости расхода топлива автобусов ЛиАЗ-621365 на маршруте 991 от возраста автобуса и от пробега с начала эксплуатации представлены на рис. 5.

Статистическая характеристика модели возраста автобуса показывает, что коэффициент детерминации незначителен ( $R^2=0,059$ ). Проверка модели на адекватность и точность, показала, что *значении-р*  $=0,134 > 0,05$ . Поэтому модель не допускалась к практическому применению.



а) Возраст автобуса

в) Пробег с начала эксплуатации

**Рис. 5. Зависимости и статистические характеристики моделей расхода топлива автобуса ЛиАЗ-621365 маршруте 991 от возраста автобуса и от пробега с начала эксплуатации**

Для модели расхода топлива от пробега с начала эксплуатации, коэффициент детерминации также оказался незначимым ( $R^2=0,0314$ ). Проверки модели на адекватность и точность показала, что *значении-р*  $=0,006 < 0,05$ . Поэтому модель допускалась к практическому применению.

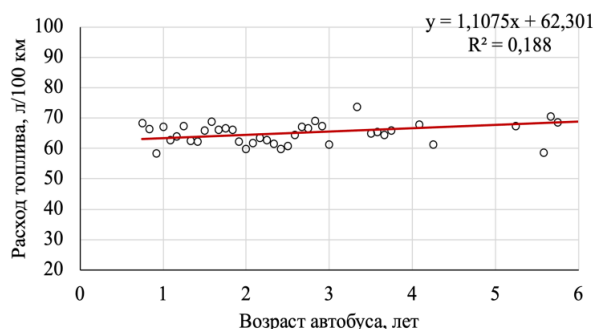
Модель зависимости расхода топлива автобусов ЛиАЗ-621365 на маршруте 227 от возраста автобуса и от пробега с начала эксплуатации представлены на рис. 6.

Данные модели показывают, что расход топлива автобусами ЛиАЗ-621365 на маршруте 227 увеличивался с увеличением возраста автобуса и с увеличением пробега с начала эксплуатации.

Статистическая характеристика модели возраста автобуса показывает, что коэффициент детерминации незначителен ( $R^2=0,188$ ). Проверка модели на адекватность и точность показала, что *значение- $p$*   $=0,004 < 0,05$ . Поэтому модель допускалась к практическому применению.

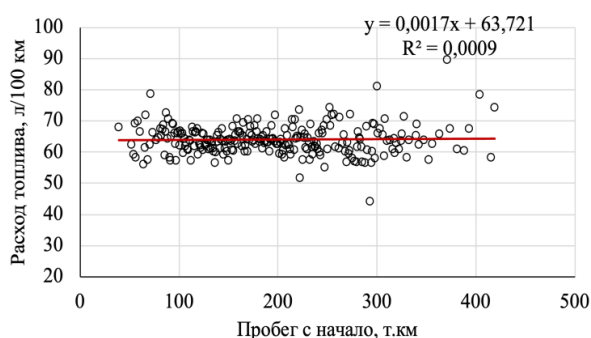
Для модели расхода топлива от пробега с начала эксплуатации, коэффициент детерминации также незначителен ( $R^2=0,0009$ ). Проверки модели на адекватность и точность показала, что *значение- $p$*   $0,63 > 0,05$ . Поэтому модель не допускалась к практическому применению.

Полученные модели показывают, что расход топлива увеличивается с возрастом автобуса. Это объясняется тем, что с возрастом автобуса происходит его старение, увеличиваются износы в его агрегатах и системах, т.е. его компоненты становятся менее эффективными, что приводит к увеличению расхода топлива. Однако модели на отдельных маршрутах показывают, что расход топлива снижается с увеличением пробега с начала эксплуатации. Этот результат не отражает логику событий и явлений и скорее всего не точен. Это, в частности, можно объясняется тем, что исследуемые факторы коррелируются между собой.



Regression Summary for Dependent Variable: Q (Spreadsheet40)						
R= .43359381 R²= .18800359 Adjusted R²= .16718317						
F(1,39)=9.0298 p<.00463 Std. Error of estimate: 3.7705						
	b*	Std. Err. of b*	b	Std. Err. of b	t(39)	p-value
Intercept			62.30114	1.184539	52.59527	0.000000
B	0.433594	0.144293	1.10754	0.368571	3.00496	0.004625

а) Возраст автобуса



Regression Summary for Dependent Variable: Q (Spreadsheet37)						
R= .03037151 R²= .00092243 Adjusted R²= -----						
F(1,249)=.22990 p<.63202 Std. Error of estimate: 4.7648						
	b*	Std. Err. of b*	b	Std. Err. of b	t(249)	p-value
Intercept			63.72127	0.758698	83.98764	0.000000
L	0.030372	0.063343	0.00170	0.003548	0.47948	0.632021

в) Пробег с начала эксплуатации

**Рис. 6. Зависимости и статистические характеристики моделей расхода топлива автобуса ЛиАЗ-621365 маршруте 227 от возраста автобуса и от пробега с начала эксплуатации**

В ходе дальнейшего исследования, были выявлены статистические связи между исследуемыми переменными. Корреляционный анализ с использованием коэффициента парной корреляции Пирсона был проведен с

помощью компьютерной программы «Statsoft STATISTICA». Результаты показали, факторы возраста автобуса и пробега с начала эксплуатации имели тесную линейную взаимосвязь, о чём свидетельствует коэффициент корреляции  $r = 0,670$  (рис. 7.).

Spearman Rank Order Correlations (Spreadsheet2)			
MD pairwise deleted			
Marked correlations are significant at $p < .05000$			
Variable	B	L	
B	1.000000	0.669951	
L	0.669951	1.000000	

Рис. 7. Корреляционная матрица факторов возраста и пробега с начала эксплуатации

Построенные модель зависимости возраста автобуса от пробега с начала эксплуатации и модель зависимости пробега с начала эксплуатации от возраста автобуса, представлены на рис. 8.

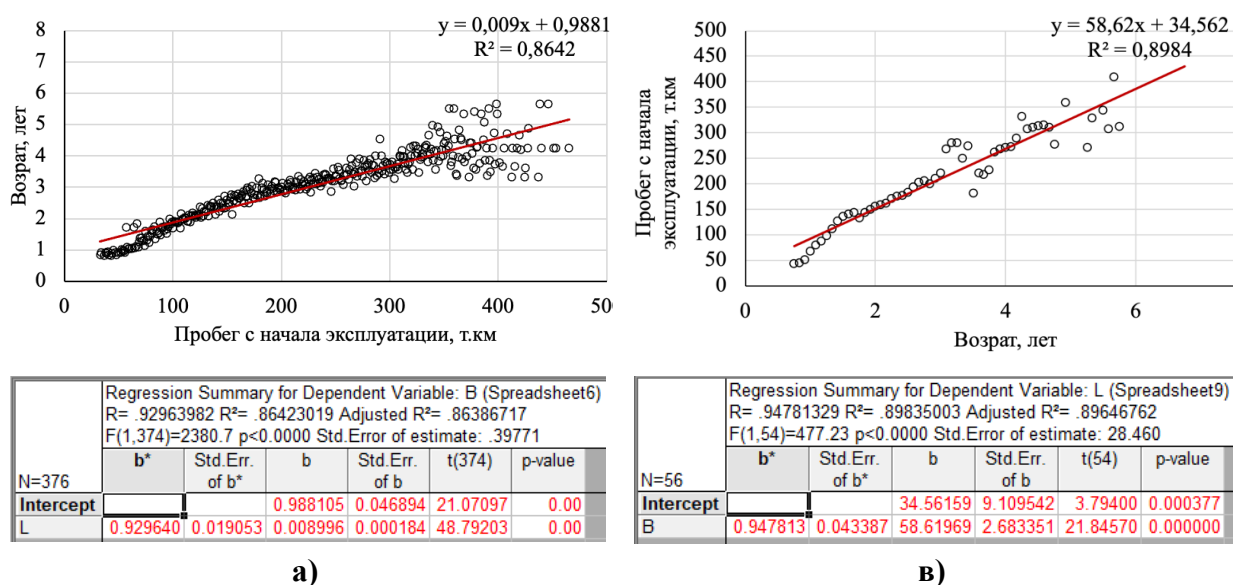


Рис. 8. Зависимости и статистические характеристики моделей:

а) возраст автобуса от пробега с начала эксплуатации;

в) пробег с начала эксплуатации от возраста автобуса

Полученные модели показывают, что возраст автобуса и пробег с начала эксплуатации имеют линейную взаимосвязь: пробег с начала эксплуатации увеличивается с возрастом автобуса и наоборот. Статистические ха-

рактические модели показывают, что коэффициенты детерминации значительны. Проверка моделей на адекватность и точность показала, что  $\text{значение-}p < 0,05$ . Поэтому модели допускались к практическому применению.

Таким образом, имеет место полная мультиколлинеарность факторов пробега с начала эксплуатации и возраста автобуса. Для ее устранения необходимо использовать линейные комбинации взаимосвязанных переменных. Их позволяет вычислить компонентный анализ факторов.

#### Список использованных источников

1. Суматохин, Д. Г. Повышение эффективности разработки индивидуальных маршрутных норм расхода топлива для городских автобусов: дисс. ... канд. техн. наук.: 05.22.10 / Д. Г. Суматохин. – М.: Московский государственный индустриальный университет 2012. – 207 с.
2. Конин, И. В. Разработка метода оценки сложности автобусных маршрутов: дисс. ... канд. техн. наук.: 05.22.10 / И. В. Конин. – М.: МАДИ (ТУ) 1993. – 232 с.
3. Нгуен, В. Т. Оценка влияния эксплуатационных факторов на расход топлива автобусов ЛиАЗ-529222 / В. Т. Нгуен, В. А. Максимов, Н. В. Поживилов // Актуальные вопросы технической эксплуатации и авто-сервиса подвижного состава автомобильного транспорта: сб. научн. тр. МАДИ. 2022. С. 30-40.
4. Учёт пассажиропотока и наработки автобусов с начала эксплуатации при корректировании маршрутной нормы расхода топлива / В. А. Максимов, В. Т. Нгуен, Н. В. Поживилов // Грузовик. – 2022. – №11.
5. Максимов, В. А. Количественная оценка факторов, влияющих на маршрутный расход топлива городских автобусов / В. А. Максимов, Д. К. З. Чан, В. Т. Нгуен // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2024. – № 7. – С. 59-66. – DOI 10.36535/0236-1914-2024-07-11. – EDN USUMCV.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023619050 Российская Федерация. Программа расчёта фактических значений параметров работы городских автобусов: № 2023618441: заявл. 04.05.2023 : опубл. 04.05.2023 / В. А. Максимов, В. Т. Нгуен; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)».

УДК 629.113.004.6

**В. В. Южаков, В. Е. Бондаренко** (Россия, г. Москва, Московский политехнический университет)

Научный руководитель: **В. И. Сарбаев** (Россия, г. Москва, Московский политехнический университет)

## **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАСХОД ТОПЛИВА ГРУЗОВЫХ ВЫСОКОАВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Расход топлива грузового транспортного средства формируется под воздействием множества факторов, которые условно подразделяются на технические, эксплуатационные и организационные. В случае высокоавтоматизированных транспортных средств (ВАТС) общие физические закономерности расхода сохраняются, однако меняется роль отдельных факторов. Ниже рассмотрены основные группы факторов.

### **Технические факторы**

К техническим факторам относятся параметры автомобиля и его энергетической установки. Масса и загрузка: с ростом полной массы автопоезда (собственная масса плюс груз) увеличиваются затраты энергии на разгон и преодоление сопротивления качению, что приводит к росту расхода топлива. Увеличение массы на каждые 10 % обычно сопровождается ростом расхода на несколько процентов в зависимости от дорожных условий. Чем выше коэффициент загрузки, тем ниже удельный расход топлива на единицу транспортной работы в тонно-километрах.

Двигатель и трансмиссия задают базовый уровень расхода. Удельный эффективный расход современных дизельных двигателей тяжёлых грузовиков составляет порядка 190–200 г/(кВт·ч) на экономичных режимах. Автоматизация движения позволяет чаще удерживать двигатель в зоне минимального удельного расхода за счёт оптимального выбора передачи и ограничения резких разгонов, однако конструкция силовой установки при этом остаётся традиционной. Дополнительное энергопотребление формируют системы автономного управления – вычислительные блоки, датчики (лидары, радары, камеры), исполнительные приводы рулевого управления и тормозов. При суммарной мощности бортового комплекса порядка единиц киловатт дополнительный расход топлива составляет ориентировочно 1–3 % от базового.

Аэродинамическое сопротивление и шины оказывают существенное влияние на расход топлива на магистральных режимах (скорость порядка 90 км/ч), когда до 40 % полезной мощности затрачивается на преодоление сопротивления воздуха. Применение обтекателей, боковых юбок полуприцепа и оптимизированной формы кабины снижает расход топлива. Важное преимущество ВАТС – возможность движения в платунинге: электронно сцепленные грузовики идут колонной с малым интервалом, что уменьшает аэродинамическое сопротивление. Экспериментальные исследования показывают, что при межосевом интервале около 10 м экономия топлива для колонны из двух–трёх машин достигает 10–12 % по сравнению с одиночным движением.

Использование шин с пониженным сопротивлением качению и систем автоматического поддержания давления, характерных для высокотехнологичных грузовиков, дополнительно снижает расход топлива на несколько процентов и повышает устойчивость результата в эксплуатации.

### **Эксплуатационные факторы**

Эксплуатационные факторы отражают условия движения и режим работы автомобиля. Одним из ключевых является *скоростной режим*. При скоростях выше 60–70 км/ч расход топлива возрастает резко из-за квадратичной зависимости аэродинамического сопротивления от скорости. Для оценки влияния скорости на расход топлива магистрального автопоезда можно использовать приближённую зависимость (1):

$$Q_v = Q_{\text{баз}} \left( 1 + k_v \left( \frac{v - v_{\text{баз}}}{v_{\text{баз}}} \right)^2 \right) \quad (1)$$

где  $Q_v$  – расход топлива при скорости ( $v$ ), л/100 км;  $Q_{\text{баз}}$  – базовый расход при скорости  $v_{\text{баз}}$  (например, 70 км/ч);  $k_v$  – коэффициент, учитывающий вклад аэродинамики (для тяжёлых магистральных автопоездов ( $k_v \approx 1,2–1,5$ )). При снижении крейсерской скорости с 90 до 80 км/ч расчётный расход может уменьшаться на 10–15 % [3].

Для традиционных грузовиков выбор скорости ограничивается режимом труда и отдыха водителя. У ВАТС отсутствует необходимость регламентированных остановок, что позволяет аккуратно снижать крейсерскую скорость, сохраняя сроки доставки за счёт непрерывности движения и уменьшения простоев. Это создаёт дополнительный резерв экономии топлива без ухудшения транспортного обслуживания.



Профиль дороги и трафик также существенно влияют на расход топлива. Подъёмы, спуски и частые повороты вызывают дополнительные разгоны и торможения. Автономная система, используя цифровые карты и предиктивный круиз-контроль, может оптимизировать профиль скорости, заранее изменяя тяговое усилие и максимально используя движение накатом.

Погодные условия (температура, осадки, ветер) одинаково воздействуют как на традиционные грузовики, так и на ВАТС. Встречный ветер может компенсироваться автоматическим снижением скорости или перестроением в колонну. В зимних условиях учитываются влияние температуры на вязкость топлива и масел, прогрев силовой установки и дополнительные затраты на обогрев и очистку сенсоров, однако их вклад относительно невелик.

Результаты испытаний автономных систем управления на магистралях показывают, что в типичных ситуациях «следования за медленным автомобилем» автоматизированный алгоритм обеспечивает экономию топлива порядка 10–15 % по сравнению с управлением профессиональным водителем при сопоставимых условиях движения.

### **Организационные и человеческие факторы**

В традиционном автотранспорте значимым является человеческий фактор: стиль вождения, соблюдение режима труда и отдыха, навыки экономичного вождения. Различия в манере управления могут приводить к разбросу расхода топлива до 20–30 % на одинаковой технике и маршрутах. Для ВАТС влияние человеческого фактора исключается: алгоритмы управления обеспечивают повторяемость действий, поддерживают оптимальные режимы движения и исключают агрессивные манёвры.

Режим работы и логистика. Круглосуточная эксплуатация автономных грузовиков (24/7) позволяет выстраивать графики движения с учётом периодов наименьшей загруженности дорог, снижая потери топлива на холостом ходу в заторах. Суточный пробег ВАТС может быть выше, чем у машин с водителем, что повышает эффективность использования подвижного состава и упрощает укрупнение рейсов. Исключаются непродуктивные пробеги, связанные с доставкой водителя или возвратом автомобиля в парк для смены экипажа. Дополнительно сокращаются энергозатраты на климатические и бытовые системы кабины и уменьшается число остановок по субъективным причинам, что даёт несколько процентов экономии топлива на длинном рейсе.

### **Специфические факторы автономных грузовиков**

Помимо общих факторов (масса, аэродинамика, профиль дороги, состояние покрытия) для ВАТС выделяется группа специфических, присущих только автономным грузовикам факторов.

#### **Положительные специфические факторы:**

- **Алгоритмическая оптимизация движения.** Предиктивный круиз-контроль, системы поддержки экономичного вождения и кооперативное движение в колонне позволяют снизить расход топлива на 5–15 % по сравнению со среднестатистическим стилем вождения.
- **Платунинг.** Движение колонной с электронным сцеплением уменьшает аэродинамическое сопротивление и обеспечивает экономию топлива до 10–12 % на колонну.
- **Эксплуатация 24/7.** Отсутствие ограничений по рабочему времени водителя даёт возможность выбирать менее загруженные участки, снижать скорость и уменьшать долю движения в неэкономичных режимах.
- **Отсутствие «человеческих» потребителей энергии.** Сокращается работа климатических и бытовых систем в кабине и устраняются субъективные простои, что дополнительно снижает удельный расход топлива.

#### **Отрицательные специфические факторы:**

- **Энергопотребление бортовых систем автономии.** Дополнительная нагрузка на генератор, связанная с питанием сенсоров и вычислителей, повышает расход топлива на 1–3 %.
- **Возможное ухудшение аэродинамики.** Внешние датчики и антенно-мачтовые устройства несколько увеличивают лобовую площадь и коэффициент сопротивления.
- **Жёсткие требования к безопасности.** Консервативные алгоритмы управления (увеличенные дистанции, плавные ускорения и торможения) в отдельных ситуациях ограничивают потенциальную экономию топлива, но повышают уровень безопасности движения.

Суммарное влияние факторов расхода топлива ВАТС может быть описано укрупнённой зависимостью (2):

$$Q_{\text{ВАТС}} = Q_0 \cdot k_m \cdot k_v \cdot k_{\text{дор}} \cdot k_{\text{колонна}} \cdot k_{\text{орг}} + \Delta Q_{\text{equip}} \quad (2)$$

где  $Q_{\text{ВАТС}}$  – расход топлива автономного грузового автомобиля, л/100 км;  $Q_0$  – базовый расход топлива типового грузовика при одиночном движении в стабильных условиях;  $k_m$  – коэффициент влияния массы и загрузки;  $k_v$  – коэффициент влияния среднеинтегральной скорости;  $k_{\text{дор}}$  – коэффициент дорожных и погодных условий;  $k_{\text{колонна}}$  – коэффициент, учитывающий платунинг;  $k_{\text{орг}}$  – коэффициент, учитывающий организационно-логистические особенности (режим 24/7, отсутствие человеческого фактора);  $\Delta Q_{\text{equip}}$  – добавочный расход на работу оборудования автономного управления, л/100 км.

Анализ показал, что наибольший эффект снижения расхода топлива обеспечивают факторы скоростного режима, платунинга и исключения человеческого фактора; их вклад может измеряться двузначными процентами. В то же время дополнительные энергозатраты на электронику и сенсоры измеряются единицами процентов и не нивелируют общий положительный результат.

#### Список использованных источников

1. Горяев Н. К., Хабибуллозода Х. Х., Бандурко С. О. Обзор российского и зарубежного законодательства по нормированию расхода топлива // *Вестник ЮУрГУ. Сер. «Экономика и менеджмент»*. – 2020. – Т. 14, № 2. – С. 170–176.
2. Министерство транспорта РФ. Методические рекомендации «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте». – Введены в действие распоряжением Минтранса России от 14.03.2008 № АМ-23-р (ред. от 30.09.2021). – М.: Минтранс РФ, 2008. – 228 с.
3. Goryaev N. K., Khabibullozoda Kh. K., Faizalizoda F. H. *Research of Factors Affecting Trucks Fuel Consumption: Review // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. – 2021. – Vol. 666. – 042056.
4. Bonnet C., Fritz H. *Fuel Consumption Reduction in a Platoon: Experimental Results with Two Electronically Coupled Trucks // SAE Technical Paper 2000-01-3056*. – 2000. – 10 p.
5. Национальное агентство автотранспорта. Отчёт по пилоту «Беспилотный КАМАЗ на М-11». – М., 2023. – 52 с.

## **Секция «БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТРАНСПОРТЕ И В ТЕХНОСФЕРЕ»**

УДК 35.088.2

*Е. А. Аксенов (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: Е. А. Киндеев (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

### **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ РАМЩИКА ООО «КОВРОВЛЕСПРОМ»**

На основании анализа технологического процесса были выявлены следующие потенциально опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте рамщика:

- механические движущиеся части оборудования;
- производственный шум;
- аэрозоли преимущественно фиброгенного действия;
- параметры микроклимата;
- параметры световой среды;
- напряженность трудового процесса.

Источниками этих факторов являются:

Механические движущиеся части оборудования: вращающиеся пилы, подающие механизмы.

Шум: данный вредный фактор образуется от работающей пилорамы.

Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия: древесная пыль от распила, выхлопные газы погрузочной техники.

Параметры микроклимата: пониженные температуры в зимний период.

Параметры световой среды: недостаточная освещенность рабочих зон.

Напряженность трудового процесса: физические нагрузки и неудобные рабочие позы (наклоны корпуса при обслуживании оборудования, перенос тяжестей вручную).

Все перечисленные факторы подлежат исследованию в рамках специальной оценки условий труда.

В соответствии с частью 3 статьи 8, частью 1 статьи 10, частью 3 статьи 15 Федерального закона от 28 декабря 2013 г. № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» приказом Минтруда России от 24 января 2014 г. № 33н утверждена методика проведения специальной оценки условий труда.

Данная методика устанавливает обязательные требования к последовательно реализуемым в рамках проведения специальной оценки условий труда процедурам:

- 1) идентификации потенциально вредных и (или) опасных производственных факторов;
- 2) исследованиям (испытаниям) и измерениям вредных и (или) опасных производственных факторов;
- 3) отнесению условий труда на рабочем месте по степени вредности и (или) опасности к классу (подклассу) условий труда по результатам проведения исследований (испытаний) и измерений вредных и (или) опасных производственных факторов;
- 4) оформлению результатов проведения специальной оценки условий труда.

Была проведена оценка условий труда в соответствии с требованиями Федерального закона № 426-ФЗ. В ходе анализа рабочего места рамщика были выполнены инструментальные измерения следующих параметров:

- параметры микроклимата (температура, относительная влажность, скорость движения воздуха) – замеры проводились в холодный и теплый период года;
- уровень шума – измерен с помощью шумомера Алгоритм-03 непосредственно на рабочем месте рамщика;
- параметры световой среды – освещенность в зоне рабочего стола рамщика;
- содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны – концентрация древесной пыли, оксида углерода ( $CO_2$ ) и диоксида азота ( $NO_2$ ) от работающего оборудования;
- показатели тяжести трудового процесса – физическая нагрузка за смену, масса перемещаемых вручную грузов, количество стереотипных движений, доля рабочего времени в наклонной позе и число наклонов корпуса.

Использовалось аттестованное оборудование: комбинированный прибор «ТКА-ПКМ» для микроклимата, люксметр «люксметр-яркомер Аргус-12» для освещенности, аспирационные приборы для отбора проб воздуха на пыль и газы, динамометр и шагомер для оценки физических нагрузок и т.д.

Результаты проведенных измерений приведены в таблице.

**Отнесение условий труда рамщика к классу условий труда  
по результатам исследований**

Фактор производственной среды или трудового процесса	Нормативное значение	Фактическое значение	Класс условий труда
Температура воздуха (тёплый период), °С	18–25	21,2	2
Температура воздуха (холодный период), °С	16–22	18,0	2
Относительная влажность воздуха (тёплый период), %	30–75	50	2
Относительная влажность воздуха (холодный период), %	20–70	30	2
Скорость движения воздуха (тёплый период), м/с	≤0,2	0,15	2
Скорость движения воздуха (холодный период), м/с	≤0,1	0,05	2
Уровень шума, дБА	≤80	82	3.1
Освещённость рабочей поверхности, лк	≥200	180	3.1
Концентрация древесной пыли, мг/м³	≤6	5	2
Концентрация CO <sub>2</sub> , мг/м³	≤20	3	2
Концентрация NO <sub>2</sub> , мг/м³	≤5	0,5	2
Физическая динамическая нагрузка за смену, кг·м	≤5000	4500	2
Масса поднимаемого вручную груза, кг	≤30	24	2
Количество стереотипных движений, ед/смену	≤40000	34000	2
Рабочая поза (наклон корпуса более 30°), % от продолжительности смены	≤25	15	2
Наклоны корпуса, количество за смену	≤50	46	2

Как видно из представленных данных, большинство факторов на рабочем месте рамщика находятся в пределах допустимых условий труда.

Параметры микроклимата соответствуют гигиеническим нормативам как в тёплый, так и в холодный период года.

Уровень шума на рабочем месте рамщика составил 82 дБА. Измерения проводились в разных точках у станка во время пиления; максимальное значение шума достигало 85 дБА, а эквивалентный уровень за смену составил 82 дБА. Таким образом, в результате измерения показателей уровня шума фактический уровень вредного фактора не соответствует гигиеническим нормативам, так как превышает нормативное значение. Класс (подкласс) условий труда 3.1.

Освещенность рабочего места оказалась ниже минимально необходимой: при норме не менее 200 лк фактически на рабочем столе оператора 180 лк. Класс условий труда 3.1.

По химическому фактору выявлено, что в воздухе рабочей зоны рамщика присутствует древесная пыль и продукты выхлопа техники, но их концентрации невелики. В частности, концентрация древесной пыли при распиловке (замеры проводились методом аспирации воздуха вблизи зоны реза) составила  $5 \text{ мг/м}^3$  при нормативе не более  $6 \text{ мг/м}^3$ , то есть не превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК). Также замеры содержания оксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) и диоксида азота ( $\text{NO}_2$ ) показали результаты значительно ниже ПДК: например,  $\text{CO}_2$   $3 \text{ мг/м}^3$  при норме до  $20 \text{ мг/м}^3$ , что свидетельствует об эффективной вентиляции и отсутствии двигателей внутреннего сгорания в непосредственной зоне распила. Таким образом, химический фактор на рабочем месте рамщика оценивается как допустимый (класс 2) – содержание вредных веществ не превышает нормативов.

По показателю тяжести трудового процесса рамщика фактические измерения также соответствуют гигиеническим нормативам. Как отражено в таблице, физическая динамическая нагрузка (суммарная масса груза, перемещенного рамщиком вручную за смену) составила около  $4500 \text{ кг}\cdot\text{м}$ , что не превышает допустимую величину  $5000 \text{ кг}\cdot\text{м}$ . Данный показатель рассчитывался исходя из количества и массы досок, которые рамщик вручную перекладывает или перемещает за смену. Например, если за смену оператор переместил 250 досок массой 18 кг на расстояние 1 м (при укладке их в пакет или на транспортер), суммарная нагрузка составит порядка  $4500 \text{ кг}\cdot\text{м}$ . Также, число наклонов корпуса (наклоны туловища более  $30^\circ$  при обслуживании оборудования и ручных операциях) у рамщика достигло 46 раз за смену. Допустимым считается не более 50 наклонов за смену, поэтому фактическое значение также не превышает норму. Это соответствует отнесению данного фактора к классу 2. Наклоны фиксировались при наблюдении за работой: рамщику приходится нагибаться, чтобы убрать обрезки, поправить положение бревна или доски, очистить рабочую зону от опилок. Такая поза суммарно занимала около 15% сменного времени, что еще в пределах нормы ( $\leq 25\%$ ). Масса разового поднимаемого груза (максимально 18 кг) не превышает установленный лимит 30 кг для мужчин, количество стереотипных движений (34 тыс. раз) ниже предельно допустимых 40 тыс., а рабочая

поза в целом (вынужденное положение тела) занимает относительно небольшую долю смены. Эти показатели тяжести труда отнесены к классу 2 (допустимые).

Согласно методике СОУТ, итоговая оценка условий труда на рабочем месте устанавливается по наихудшему (наивысшему) классу из всех идентифицированных факторов. В случае рамщика наиболее высокий класс имеют показатели шума и параметры световой среды – 3.1.

Все остальные измеренные факторы (микроклимат, пыль, тяжесть трудового процесса и др.) соответствуют классу 2 (допустимые условия). Следовательно, общий класс условий труда рамщика определяется как 3.1 (вредные условия труда первой степени).

Иными словами, условия труда на данном рабочем месте не являются оптимальными или полностью безопасными: при длительной работе в таких условиях возможно негативное влияние на здоровье (ухудшение слуха, ухудшение зрения и др.), и требуются меры для снижения шума и улучшения освещения. Рамщик, работающий во вредных условиях класса 3.1, имеет право на соответствующие компенсации (например, доплата к тарифной ставке и дополнительный отпуск) в соответствии с ст. 147 ТК РФ и др. Однако приоритетной задачей предприятия является улучшение условий труда до уровня не ниже допустимого (класс 2) и устранение выявленных опасных факторов.

УДК 519.245:53.08

*Д. М. Алаев (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

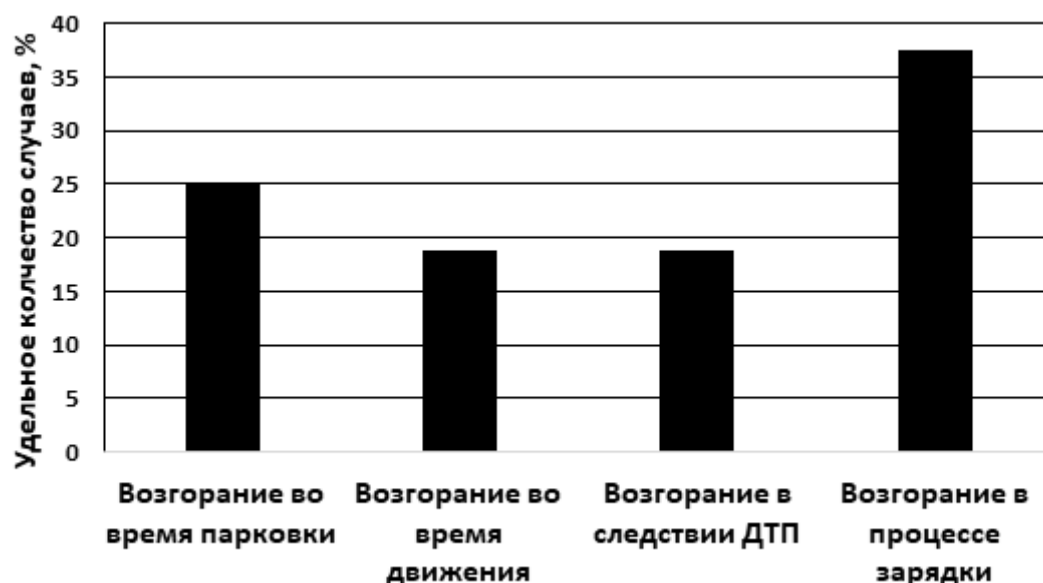
*Научный руководитель: Д. А. Колов (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## **СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ ПОЖАРА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ**

Электромобили неотъемлемая часть автомобильной промышленности. Основу электромобиля составляет аккумуляторная батарея. Производители устанавливают различные два основных типа батарей: литий-ионные и никель-металлогидридные. основную массу составляют батареи, созданные на основе лития. Эксплуатация данного вида высокоэнергетических батарей связана с высоким риском пожарной опасности. Пожар может возникнуть по следующим причинам: неправомерных действий, ДТП, нарушением ре-



жимов работы. Повреждение батареи и электрических шин может сопровождаться газовыделением, горением, взрывом. Анализ нескольких последовательно произошедших пожаров электромобилей позволил классифицировать причины пожара электромобиля (рис. 1). Данный анализ показывает, что наибольшее число пожаров возникает в процессе зарядки транспортного средства.



**Рис. 1. Причины пожаров электромобилей**

Уникальность пожаров электромобилей заключается в следующем:

- самовозгорании во время штатной зарядки, парковки и движения из-за перегрева батареи;
- зарядный кабель, подключенный к розетке в доме без встроенных систем электробезопасности вызывает пожар самого дома и автомобиля;
- автомобиль при его транспортировке и хранении после ДТП может самовозгореться даже 5 дней спустя;
- наличие температурного разгона пожара в следствии цепной реакции, при которой поврежденная ячейка батареи вызывает возгорание соседних исправных;
- литий как элемент вступает в реакцию с базовым огнетушащим средством - водой с выделением водорода вызывая усиление пожара.
- рост внутреннего сопротивления литий-ионной батареи с понижением температуры окружающего воздуха, что приводит к росту внутренней температуры батареи.

В связи с этим перед нами встают следующие вопросы: возможность качественной оценки риска пожара электромобилей, анализ горения батареи, разработка и анализ различных сценариев развития пожара электромобиля. Решение этих вопросов осложняется тем, что электромобили только начали массово входить в нашу жизнь, а анализ причин пожаров автомобилей на нефтяных топливах показывает, что частота пожаров этих транспортных средств растет по мере старения парка автомобилей. Так, что статистика пожаров электромобилей будет меняться.

Известно, что: батарея является основным питанием пожара, основную трудность при тушении пожара электромобиля составляет недоступный для воздействия средств пожаротушения блок батареи; при отсутствии возможности продолжительной подачи охлаждающего реагента блок батарей вновь самовоспламеняется. Результаты испытаний на огнестойкость аккумуляторных батарей большой емкости в том числе в составе транспортного средства очень дорогостоящи и мало афишируются. Пример решения задачи охлаждения батареи представлен на рис. 2.



**Рис. 2. Подача воды для аварийного охлаждения батареи электромобиля**

Вопросы пожарной безопасности электромобилей не решены, однако производители продолжают увеличивать электрическую емкость и плотность энергии батарей (так в 1 грамме батареи содержится от 15 до 25 Ач заряда), что продолжает увеличивать риск пожара. Статистика последствий горения электромобилей показывает, что на 1 электромобиль частично пострадавший от пожара, приходится 2 электромобиля получивших тотальные повреждения, тогда как у бензиновых автомобилей статистика 13 к 1.

Аккумуляторная батарея состоит из элементов, элементы могут быть выполнены в виде цилиндра, призмы или мешка и объединены в блоки, блоки объединены в модули. Элементы с помощью шин могут быть соединены как последовательно, так и параллельно. Рама используется для фиксации ячеек и для защиты их от внешних ударов, вибрации, а также для термостатирования внутриблокового пространства посредством контуров охлаждения. Также батарея содержит силовую электронику управления зарядкой и питанием тяговых электродвигателей. Внутреннее пространство батареи скомпоновано очень плотно, что осложняет процесс стабилизации температуры внутри нее.

Системы безопасности батареи включают в себя электронную (систему датчиков температуры, короткого замыкания и удара) и физическую защиту (высокопрочный корпус с защитой от проникновения влаги), а также противопожарные системы (лючки для доступа к батарее). Все это позволяет вовремя отследить повышение температуры батареи и не допустить ее роста путем отключения батареи или подачи воды непосредственно к батарее для ее охлаждения предотвратив тепловой разгон. На рис.3 демонстрируется аварийная подача воды для охлаждения батареи электромобиля. Тепловой разгон батареи – это резкое повышение температуры батареи более чем на 10 °C за минуту. При тепловом разгоне температура батареи преодолевает конструктивные возможности системы охлаждения (как правило 150 °C). Признаком начавшегося теплового разгона является выброс горячего черного дыма, горячих искр и струйного пламени. процесс усиливается по мере вовлечения в него соседнего с горящим элемента батареи. Выброс дыма (горючего газа) из батареи происходит через клапан сброса давления внутри батареи или через лопнувший под действием роста внутреннего давления корпус батареи, если клапан не справился. газы возгораются при наличии внешнего источника горения – искры или пламени.

Рассмотрим ДТП с электромобилем, как причину пожара. ДТП – это событие, которое может произойти с автомобилем в течении его срока службы. Современный дизайн автомобилей и прочность батареи, как правило не позволяют получить батарее вреда при ДТП, о чем говорит рис. 1 согласно которому только 18,75 % пожаров электромобилей произошли в результате ДТП. Батарея интегрируется в наиболее усиленные места кузова автомобиля (рис. 3). Однако современные электромобили имеют огромную динамику и достигают огромных скоростей движения за короткое время что утяжеляет последствия ДТП и может привести к повреждению батареи.

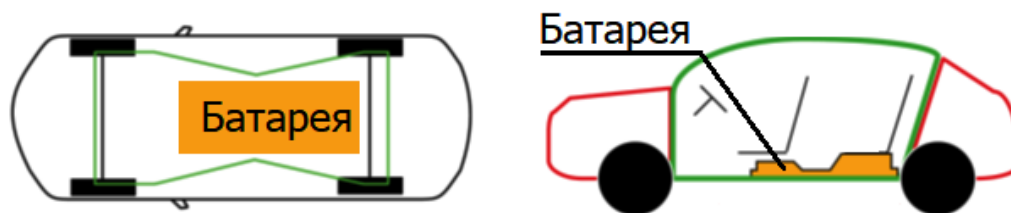


Рис. 3. Интеграция батареи в кузов автомобиля

Пожарная безопасность электромобиля в основном сосредоточена на его батарее, но очень мало уделяется внимания повторному самовоспламенению. Эти процессы происходят случайным образом даже через значительные промежутки времени после первого события и усугубляется тем, что горение будет происходить бесконтрольно (на стоянках, автовозах, ремонтных мастерских). Гарантия не повторения самовозгорания – полное сгорание транспортного средства, т.е. полной выработкой активного материала.

Горючие вещества в электромобиле: твердые легковоспламеняющиеся материалы (например пена для сидений), воспламеняющиеся газы (выбрасываются из батареи), жидкости (например, трансмиссионные масла), электрические устройства и электронные блоки управления, металлы (например литий).

Подводя итоги необходимо сказать следующее. При возгорании электромобиля аккумулятор принимается в расчет как основная причина пожара, хотя присутствуют и ряд других справедливых факторов: неисправность системы зарядки (перезаряд батареи), перегрузка питающих шин (неисправность зарядного кабеля); возгорание легковоспламеняющихся материалов (горение конструкций или растительности вблизи электромобиля), поджоги; нетипичные погодные условия (жара/холод), высокая влажность.

УДК 331.453

*Р. А. Алексеев (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: Е. А. Киндеев (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

### **ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ СБОРЩИКА МЕБЕЛИ ООО «ВАЛИДУС»**

В соответствии с частью 3 статьи 8, частью 1 статьи 10, частью 3 статьи 15 Федерального закона от 28 декабря 2013 г. № 426-ФЗ «О специальной

оценке условий труда» приказом Минтруда России от 24 января 2014 г. № 33н утверждена методика проведения специальной оценки условий труда.

Была проведена оценка условий труда в соответствии с требованиями Федерального закона № 426-ФЗ. В ходе анализа рабочего места сборщика мебели были выполнены инструментальные измерения следующих параметров:

- параметры микроклимата (температура, относительная влажность, скорость движения воздуха) – замеры проводились в холодный и теплый период года;
- уровень шума – измерен с помощью шумомера *RGK SM-20* непосредственно на рабочем месте сборщика мебели;
- параметры световой среды – освещенность в зоне рабочего стола сборщика мебели;
- содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны – концентрация древесной пыли, оксида углерода ( $CO_2$ ) и диоксида азота ( $NO_2$ ) от работающего оборудования;
- показатели тяжести трудового процесса – физическая нагрузка за смену,
- масса перемещаемых вручную грузов, количество стереотипных движений, доля рабочего времени в наклонной позе и число наклонов корпуса.

Использовалось аттестованное оборудование: комбинированный прибор «ТКА-ПКМ» для микроклимата, люксметр «люксметр-яркометр еЛайт01» для освещенности, аспирационные приборы для отбора проб воздуха на пыль и газы, динамометр и шагомер для оценки физических нагрузок и т.д.

Результаты проведенных измерений приведены в таблице.

Как видно из представленных данных, большинство факторов на рабочем месте сборщика мебели находятся в пределах допустимых норм (класс 2, допустимые условия труда).

Параметры микроклимата соответствуют гигиеническим нормативам как в теплый, так и в холодный период года: например, температура воздуха летом 23°C и зимой 20°C при нормативных диапазонах 18–25°C и 16–22°C соответственно (класс 2).

Относительная влажность и скорость движения воздуха также не выходят за пределы допустимых значений.

**Отнесение условий труда сборщика мебели к классу  
условий труда по результатам исследований**

Фактор производственной среды или трудового процесса	Нормативное значение	Фактическое значение	Класс условий труда
Температура воздуха (тёплый период), °C	18–25	23	2
Температура воздуха (холодный период), °C	16–22	20,5	2
Относительная влажность воздуха (тёплый период), %	30–75	57	2
Относительная влажность воздуха (холодный период), %	20–70	32	2
Скорость движения воздуха (тёплый период), м/с	≤0,2	0,12	2
Скорость движения воздуха (холодный период), м/с	≤0,1	0,04	2
Уровень шума, дБА	≤80	82,5	3.1
Освещённость рабочей поверхности, лк	≥200	175	3.1
Концентрация древесной пыли, мг/м³	≤6	4,3	2
Концентрация CO <sub>2</sub> , мг/м³	≤20	2	2
Концентрация NO <sub>2</sub> , мг/м³	≤5	0,2	2
Физическая динамическая нагрузка за смену, кг·м	≤5000	3800	2
Масса поднимаемого вручную груза, кг	≤30	15,2	2
Количество стереотипных движений, ед/смену	≤40000	24000	2
Рабочая поза (наклон корпуса более 30°), % от продолжительности смены	≤25	12	2

Уровень шума на рабочем месте сборщика мебели составил в среднем 82,5 дБА. Измерения проводились в разных точках у станка во время пиления; максимальное значение шума достигало 83,5 дБА, а эквивалентный уровень за смену составил 82,5 дБА. Таким образом, в результате измерения показателей уровня шума фактический уровень вредного фактора не соответствует гигиеническим нормативам, так как превышает нормативное значение. Класс (подкласс) условий труда 3.1.

Освещенность рабочего места оказалась ниже минимально необходимой: при норме не менее 200 лк фактически на рабочем столе оператора 175 лк, что не соответствует гигиеническим нормативам. Класс условий труда 3.1.

По химическому фактору выявлено, что в воздухе рабочей зоны сборщика мебели присутствует древесная пыль и продукты выхлопа техники, но их концентрации невелики. В частности, концентрация древесной пыли при распиловке (замеры проводились методом аспирации воздуха вблизи зоны реза) составила  $4 \text{ мг/м}^3$  при нормативе не более  $6 \text{ мг/м}^3$ , то есть не превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК). Также замеры содержания оксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) и диоксида азота ( $\text{NO}_2$ ) показали результаты значительно ниже ПДК: например,  $\text{CO}_2$   $2 \text{ мг/м}^3$  при норме до  $20 \text{ мг/м}^3$ , что свидетельствует об эффективной вентиляции и отсутствии двигателей внутреннего сгорания в непосредственной зоне распила. Таким образом, химический фактор на рабочем месте сборщика оценивается как допустимый (класс 2) – содержание вредных веществ не превышает нормативов.

По показателю тяжести трудового процесса сборщика мебели фактические измерения также соответствуют гигиеническим нормативам. Как отражено в таблице, физическая динамическая нагрузка (суммарная масса груза, перемещенного сборщиком вручную за смену) составила около  $3800 \text{ кг}\cdot\text{м}$ , что не превышает допустимую величину  $5000 \text{ кг}\cdot\text{м}$ . Данный показатель рассчитывался исходя из количества и массы материалов, которые сборщик мебели вручную перекладывает или перемещает за смену. Например, если за смену сборщик переместил 250 досок массой  $15,2 \text{ кг}$  на расстояние  $1 \text{ м}$  (при укладке их в пакет или на транспортер), суммарная нагрузка составит порядка  $3800 \text{ кг}\cdot\text{м}$ . Также, число наклонов корпуса (наклоны туловища более  $30^\circ$  при обслуживании оборудования и ручных операциях) у сборщика достигло 35 раз за смену. Допустимым считается не более 50 наклонов за смену, поэтому фактическое значение также не превышает норму. Это соответствует отнесению данного фактора к классу 2. Наклоны фиксировались при наблюдении за работой: сборщику приходится нагибаться, чтобы убрать обрезки, поправить положение доски, очистить рабочую зону от опилок. Такая поза суммарно занимала около 14% сменного времени, что еще в пределах нормы ( $\leq 25\%$ ). Масса разового поднимаемого груза (максимально  $15,2 \text{ кг}$ ) не превышает установленный лимит  $30 \text{ кг}$  для мужчин, количество стереотипных движений (24 тыс. раз) ниже предельно допустимых 40 тыс., а рабочая поза в целом (вынужденное положение тела) занимает относительно небольшую долю смены. Эти показатели тяжести труда отнесены к классу 2 (допустимые).

Согласно методике СОУТ, итоговая оценка условий труда на рабочем месте устанавливается по наихудшему (наивысшему) классу из всех идентифицированных факторов. В случае сборщика наиболее высокий класс имеют показатели шума и параметры световой среды – 3.1.

Все остальные измеренные факторы (микроклимат, пыль, тяжесть трудового процесса и др.) соответствуют классу 2 (допустимые условия). Следовательно, общий класс условий труда сборщика мебели определяется как 3.1 (вредные условия труда первой степени).

Иными словами, условия труда на данном рабочем месте не являются оптимальными или полностью безопасными: при длительной работе в таких условиях возможно негативное влияние на здоровье (ухудшение слуха, ухудшение зрения и др.), и требуются меры для снижения шума и улучшения освещения. Сборщик мебели, работающий во вредных условиях класса 3.1, имеет право на соответствующие компенсации (например, доплата к тарифной ставке и дополнительный отпуск) в соответствии с ст.147 ТК РФ и др. Однако приоритетной задачей предприятия является улучшение условий труда до уровня не ниже допустимого (класс 2) и устранение выявленных опасных факторов.

УДК 519.245:53.08

*М. И. Анисимова (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: Д. А. Колов (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## **ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОБУСА**

Электробусы обладают такими характеристиками, как возможность перевозки большой группы людей, тесное и узкое пространство, широкое использование термопластичных материалов внутри салона. Пожары, как правило, характеризуются высокой скоростью горения, быстрым развитием пожара и трудностями для тушения, что может легко привести к гибели и травмам людей, вызвать большие экономические потери и серьезные социальные последствия. Ситуация пожара в электробусе приводит к массовым жертвам и тяжелым травмам. Это объясняется скоростью развития ситуации и ограниченностью эвакуационных выходов. Несколько описаний подобных случаев представлены на рис. 1. Анализируя эти случаи, можно сделать



вывод, что, когда электробусы участвуют в пожарных авариях, существует высокий риск обширных жертв.

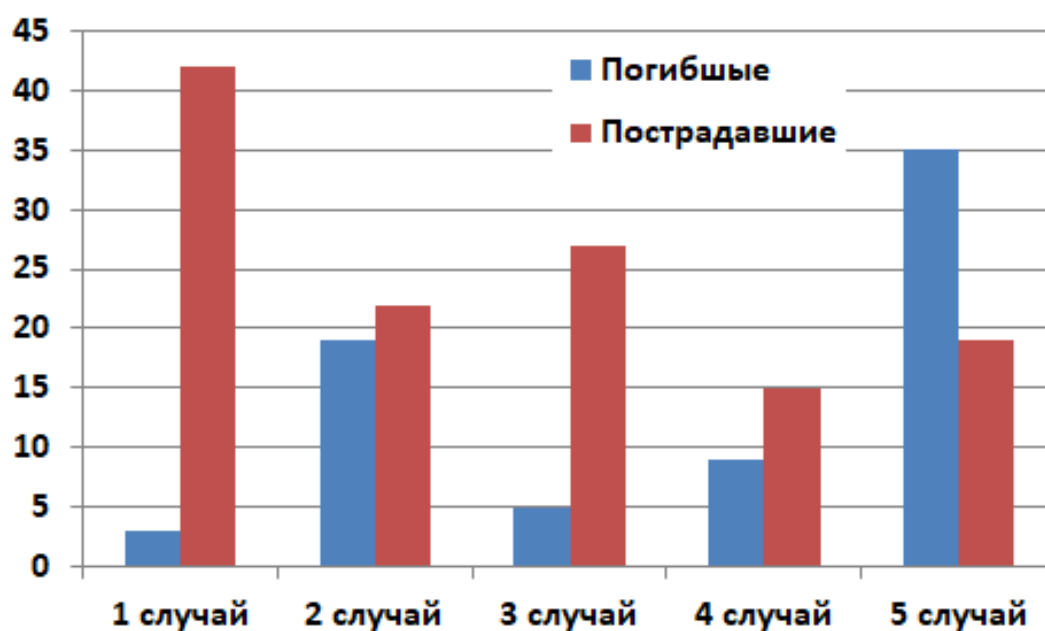


Рис. 1. Жертвы среди пассажиров электробусов при ситуации пожара

Опыт исследователей теплового разгона литий-ионных аккумуляторов говорит о следующем: чем выше емкость литий-ионного аккумулятора, тем ниже начальная температура теплового разгона; самовозгорание литий-ионных аккумуляторов возможно, и его поведение делится на три стадии (нагрев, самонагрев и тепловой разгон); пожар состоит из двух стадий горения (пиковая интенсивность пожара во второй стадии горения выше, чем в первой, и сопровождается сильным взрывом); в условиях термического воздействия средние пиковые значения поверхности батареи и внутренней температуры составляют 753 °C и 1080 °C соответственно; при горении литий-ионных аккумуляторов образуется токсичный фтористый водород.

Обзор натурных экспериментальных исследований по возгоранию электробусов позволил сделать следующие выводы: скорость тепловыделения электромобилей выше, чем у традиционных транспортных средств на нефтяном топливе; Предвестником возгорания в электромобиле является белый дым, выходящий из шасси, а пламя распространяется между электромобилями быстрее, чем в автомобилях с двигателем внутреннего сгорания; пожары в электромобилях длятся дольше, а продукты сгорания имеют более сложный состав; интенсивное выделение струйного пламени из литий-ион-

ных аккумуляторных батарей приводит к быстрому распространению пламени на соседние горючие части, тем самым ускоряя распространение пожара; в худшем случае литий-ионному аккумулятору достаточно всего 22 с, чтобы выйти из строя из-за перегрева и превратиться в пламя, которое распространится на весь аккумуляторный блок; дым будет попадать в салон через щели в кузове, и концентрация дыма в пассажирском салоне достигнет 100% покрытия в течение 40 с; критическое время для эвакуации пассажиров составляет 20 с после открытия двери; чем выше скорость ветра, тем меньше времени требуется пожару в автобусе, чтобы достичь пиковой скорости выделения тепла; после пожара в электробусе людям безопаснее эвакуироваться через заднюю дверь, чем через переднюю.

В случае пожара высокотемпературный дым и токсичные газы, образующиеся в электробусах, серьезно препятствуют эвакуации людей. Условия вентиляции салона электробуса при пожаре носят решающие значения, что необходимо учитывать разработчикам конструкции таких транспортных средств для своевременного удаления вредных газов. Значение температуры от вентиляции внутри горящего электробуса представлена на рис. 2.

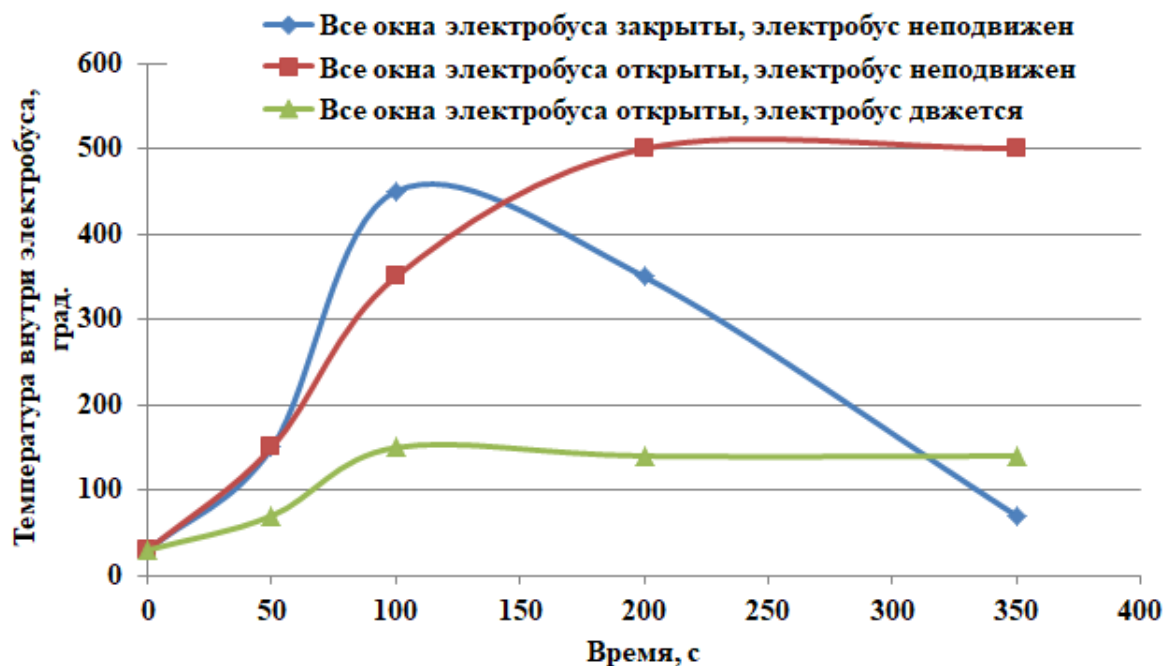


Рис. 2. Температура внутри электробуса, при развитии пожара с разными показателями вентиляции внутри

Анализируя зависимости приведенные на рис. 2 можно сказать следующее. Когда все окна закрыты (отсутствие вентиляции), температура над

источником огня быстро растет между, достигая максимальной температуры, которая составляет примерно 450 °С. Затем температура начинает падать, и на 350 с температура над источником огня составляет приблизительно 70 °С. Это происходит потому, что в герметичном отсеке электробуса, по мере развития пожара, содержание кислорода в отсеке электробуса непрерывно уменьшается. Когда кислород в отсеке электробуса заканчивается, пожар автоматически прекращается, поэтому температура над источником огня начинает снижаться. Для условия полной вентиляции (все окна открыты) температура в салоне нарастает медленнее до ее стабилизации. Это объясняется значительным притоком свежего воздуха, поддерживающего интенсивное горение и соответственно интенсивное выделение тепла. Однако при условии полной вентиляции в движении температура в салоне не поднимается выше 150 °С. Это объясняется интенсивным обдувом зоны горения с замещением нагретого воздуха холодным и охлаждением нагретых поверхностей электробуса.

Другим значимым поражающим фактором пожара является концентрация угарного газа в салоне электробуса. Надо сказать, что человек теряет сознание и у него наступает мышечный паралич, при концентрации угарного газа около 3000 ppm и такая концентрация считается смертельной. Значение концентрации угарного газа от вентиляции внутри горящего электробуса представлена на рис. 3.

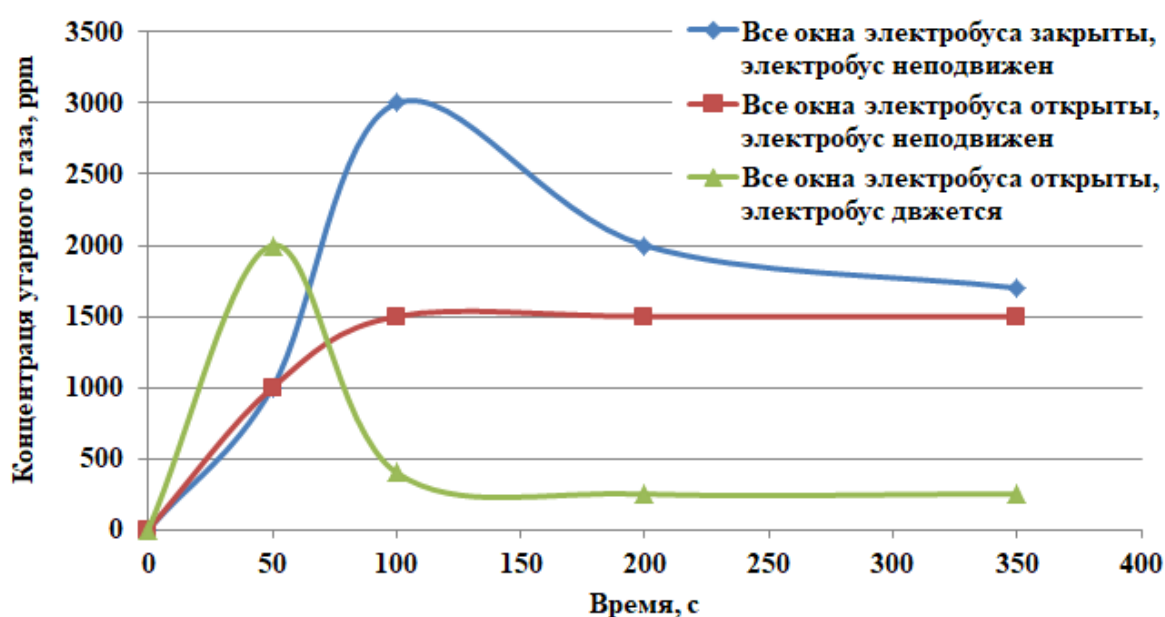


Рис. 3. Концентрация угарного газа внутри электробуса, при развитии пожара с разными показателями вентиляции внутри

Анализ зависимостей представленных на рис. 3 показывает. Когда все окна были закрыты, концентрация угарного газа в салоне электробуса быстро увеличивалась, достигая своего максимума, с максимальным значением около 3000 *ppm*. После этого концентрация СО начала уменьшаться и стабилизировалась около 1800 *ppm*. Это связано с тем, что, когда кислород в салоне электробуса израсходован, пожар автоматически прекращается, поэтому концентрация СО остается стабильной. При открытых окнах (полной вентиляции) концентрация угарного газа плавно возрастает до значений около 1500 *ppm* и стабилизируется на значениях не смертельных для человека. Если же электробус находится в движении с открытыми окнами (полной вентиляцией) концентрация угарного газа после пикового роста стабилизируется на уровне 250 *ppm* вызывающего у человека реакцию лишь после длительного воздействия на организм. Это вызвано выносом угарного газа из салона автобуса потоком воздуха.

Вывод по статье. Понимание характеристик пожаров в электробусах при различных условиях вентиляции имеет решающее значение. Это может помочь пожарным разработать более эффективные стратегии пожаротушения и эффективно эвакуировать пассажиров. Кроме того, на основе результатов исследований могут быть установлены стандарты и требования к характеристикам вентиляционных систем в электробусах, чтобы обеспечить своевременное удаление вредных газов и безопасность пассажиров в случае пожара.

УДК 519.245:53.08

*Р. В. Бабаева (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: С. Ш. Абдуллаева (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## **СОКРАЩЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ТРУДА И БЫТА: КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РИСКОВ**

Продолжительность жизни человека – сложная переменная величина, формирующаяся под воздействием множества условий. Особую значимость в этом комплексе приобретают аспекты, связанные с профессиональной де-

тельностью и условиями проживания. Современное общество, ориентированное на прогресс в производстве и повышение уровня бытового комфорта, зачастую создаёт условия, которые, несмотря на свою функциональную пользу, таят в себе скрытые угрозы для здоровья и, как следствие, для продолжительности жизни. Вредное воздействие производственных факторов и неблагоприятная бытовая обстановка могут способствовать проявлению хронических заболеваний, ослаблению иммунной системы, ускоренному старению организма и в конечном счёте преждевременному уходу из жизни.

Целью настоящей работы – не только осветить общие закономерности влияния условий труда и быта на продолжительность жизни, но и провести углубленный анализ конкретной ситуации, связанной с работой мастера на участке виброуплотнения и термообработки стержневых смесей в литейном производстве. Будет проведена оценка рисков, связанных со здоровьем и продолжительностью жизни данного специалиста. Мы проанализируем как физические, так и химические аспекты рабочей среды, а также негативное влияние бытовых условий, которые в совокупности формируют комплексный профиль риска.

Каждый человек, по сути, обладает определенным генетически обусловленным потенциалом долголетия. Тем не менее реализация этого потенциала в значительной степени зависит от внешних факторов. Рабочее место, где человек проводит значительную часть своего времени, становится зоной повышенного риска, где он подвергается воздействию различных вредных факторов. Физические аспекты неблагоприятного производственного воздействия:

- шум
- вибрация
- электромагнитное излучение (ЭМИ)
- тепловое излучение
- инфразвук (ИЗ)

Химические вещества на производстве и их опасность:

- наличие пыли
- воздействие газообразных веществ

Научные исследования убедительно доказывают, что люди, чья профессиональная деятельность связана с воздействием вредных производ-

ственных факторов, в среднем живут меньше, чем те, кто работает в благоприятных условиях. Степень сокращения ожидаемой продолжительности жизни напрямую зависит от интенсивности и продолжительности воздействия неблагоприятных факторов.

- сокращение периода активной трудовой деятельности
- ускорение процессов старения
- повышение летальности

Курение является одним из ключевых факторов риска, значительно сокращающих ожидаемую продолжительность жизни. Никотин и другие компоненты табачного дыма оказывают токсическое воздействие на все системы организма, многократно повышая вероятность развития онкологических заболеваний (рак лёгких, гортани, пищевода), сердечно-сосудистых патологий (инфаркт миокарда, инсульт) и заболеваний дыхательной системы (хронический бронхит, эмфизема лёгких).

Для того чтобы провести количественную оценку рисков, связанных с условиями труда и быта, требуется детальный анализ конкретной ситуации, в которой находится мастер участка по виброуплотнению и термообработке стержневых смесей.

#### **Исходные данные по специалисту:**

- возрастной рубеж: 60 лет.
- вредная привычка: курение на протяжении 45 лет.
- ежедневное потребление сигарет: в среднем 12 штук.

#### **Характеристики рабочей зоны:**

- система вентиляции функционирует с недостаточной эффективностью.
- используются электрические печи, работающие на частоте 3,0 МГц.
- интенсивность электромагнитного поля превышает допустимые нормы более чем в 5 раз.
- уровень вибрации превосходит предельно допустимые значения на 12 дБА.
- акустический фон превышает установленные нормы на 15дБА.
- напряженность электрической составляющей в 3 раза выше предельно допустимого уровня, что обусловлено износом печного оборудования и отсутствием адекватного экранирования индуктора.

- интенсивность теплового излучения составляет  $1,05 \text{ кВт/м}^2$ , тогда как нормативный показатель –  $0,35 \text{ кВт/м}^2$ .
- воздух рабочей зоны насыщен алюминиевой и магниевой пылью (2-й класс опасности).
- присутствуют загрязняющие газообразные вещества: пары аммиака, ацетона, оксид углерода (3-й класс опасности), средние концентрации которых превышают предельно допустимые нормы в 7 раз.

#### **Условия проживания:**

- место жительства – загородная зона.
- ежедневные поездки на работу и обратно занимают 1,5 часа (комбинированный маршрут: электричка и автобус).
- жилой дом расположен в непосредственной близости от железнодорожного переезда.
- уровень инфразвука (ИЗ) в жилых помещениях в ночное время суток превышает допустимые значения на 10 дБЛ

#### **Оценка влияния бытовых факторов:**

- **Ежедневные поездки:** 3-часовая ежедневная трата времени на дорогу является источником хронического стресса, усталости и лишает возможности полноценного отдыха или проведения времени с семьей.
- **Инфразвуковое воздействие:** Превышение ПДК инфразвука на 10 дБ в ночное время приводит к устойчивым нарушениям циркадных ритмов и снижению качества сна, что негативно сказывается на общем состоянии здоровья и процессах восстановления организма.
- **Курение:** 45-летний стаж курения при ежедневном выкуривании 12 сигарет является критическим фактором риска. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), курение сокращает продолжительность жизни в среднем на 10 – 15 лет.

#### **Ориентировочное сокращение продолжительности жизни (в сутках):**

##### **Вследствие неблагоприятных производственных условий:**

- Хроническое воздействие интенсивного шума, вибрации, электромагнитного излучения, теплового потока, а также пыли и газов в рабочей зоне значительно увеличивает вероятность развития патологий сердечно-сосудистой системы (инфаркты, инсульты), онкологических заболеваний и заболеваний органов дыхания.



- Согласно различным исследованиям, профессиональные вредности могут сократить ожидаемую продолжительность жизни на 5 - 10 лет (что эквивалентно 1825 - 3650 суткам) и более. Этот показатель зависит от степени воздействия вредных факторов и наличия диагностированных профессиональных заболеваний.

#### **Влияние бытовых факторов:**

- Продолжительные поездки и воздействие инфразвука могут привести к дополнительному сокращению жизненного пути на 1 - 2 года (365 - 730 суток). Это происходит из-за кумулятивного эффекта хронической усталости, стресса и нарушений сна.

#### **Последствия вредной привычки (курения):**

- Курение является одним из наиболее значимых факторов, снижающих продолжительность жизни. У активных курильщиков среднее сокращение ожидаемой продолжительности жизни составляет **10-15 лет (3650 - 5475 суток)**.

Итоговая оценка прогнозируемого сокращения продолжительности жизни: Суммируя влияние всех перечисленных факторов, можно предположить, что для данного мастера участка прогнозируемое сокращение продолжительности жизни может составить:

5 лет (рабочие условия) + 1 год (бытовые условия) + 10 лет (курение) = **16 лет**

Пересчет в сутки: **16 лет × 365 суток/год = 5840 суток.**

#### **Оценка риска летального исхода для мастера (инженера) участка:**

Под риском летального исхода понимается вероятность наступления смерти в течение определенного временного промежутка. В рассматриваемой ситуации данный риск существенно возрастает вследствие кумулятивного воздействия всех негативных факторов.

#### **Количественная оценка риска летального исхода:**

Без доступа к специализированным статистическим данным по конкретной профессии и отрасли, а также без проведения комплексной оценки рисков невозможно дать точную количественную оценку вероятности летального исхода. Однако можно с уверенностью утверждать, что для данного специалиста риск смерти от причин, связанных с профессиональными вредностями, неблагоприятными бытовыми условиями и курением, значительно превышает средние показатели для населения в целом.



## **Комплексный подход к снижению профессиональных и бытовых рисков**

В свете выявленных существенных угроз для здоровья, первостепенное значение приобретает разработка и внедрение комплекса мер, направленных на минимизацию негативного воздействия на организм мастера участка.

### **Корректирующие действия на рабочем месте:**

- Совершенствование системы вентиляции
- Модернизация и экранирование оборудования
- Уменьшение шумовых и вибрационных нагрузок
- Улучшение условий труда
- Систематические медицинские обследования

### **Меры по улучшению бытовой среды:**

- Оптимизация транспортных маршрутов
- Снижение воздействия инфразвука
- Продвижение принципов здорового образа жизни

### **Индивидуальные шаги работника:**

- Отказ от курения
- Регулярное прохождение медицинских осмотров
- Соблюдение техники безопасности
- Формирование здорового образа жизни

Условия труда и быта оказывают колоссальное влияние на продолжительность жизни человека. В представленной ситуации мастер участка виброуплотнения и термообработки стержневых смесей подвергается комплексному воздействию множества вредных производственных и бытовых факторов, а также страдает от пагубной привычки – курения. Анализ показывает, что вероятность сокращения продолжительности жизни у данного специалиста может достигать 5840 суток (16 лет) по сравнению с гипотетическим «идеальным» сценарием. Риск смерти от сердечно-сосудистых, онкологических и респираторных заболеваний значительно повышен. Решение проблемы требует комплексного подхода, включающего как системные меры по улучшению условий труда и быта на государственном и корпоративном уровнях, так и активные действия самого работника по изменению образа жизни. Только совместными усилиями можно свести к минимуму

негативное влияние вредных факторов и обеспечить достойную и продолжительную жизнь каждому человеку. Недооценка рисков, связанных с условиями труда и быта, может привести к необратимым последствиям для здоровья и благополучия человека.

#### Список использованных источников

1. Акимов В. А. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. А. Акимов, Ю. Л. Воробьев, М. И. Фалеев. – М. : Абрис, 2012. – 599 с.
2. Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учеб. для бакалавров : рек. НМС / С. В. Белов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт : ИД Юрайт, 2013. – 683 с.
3. Булгаков А. Б. Учебно-методический комплекс по дисциплине «Безопасность труда» для студентов очной и заочной сокращенной форм обучения специальности 280101 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере». – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2012. – 276 с.

УДК 656.075

*В. А. Бояркина (Россия, г. Владивосток, ДВФУ, студент)*

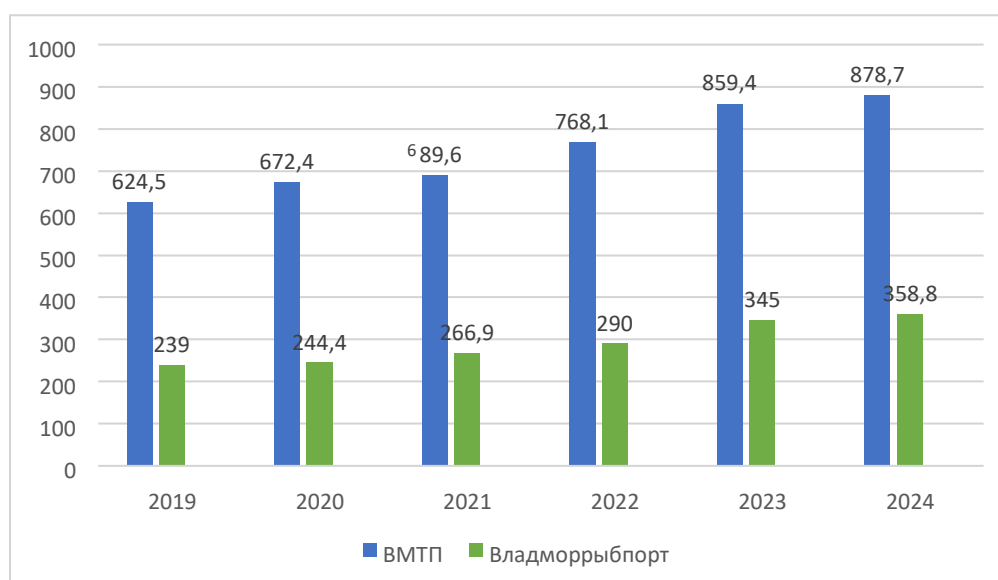
*Научный руководитель: О. А. Широкопад (Россия, г. Владивосток, ДВФУ)*

### **ВНЕДРЕНИЕ СТРУННОГО ТРАНСПОРТА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В Г. ВЛАДИВОСТОКЕ**

**Аннотация.** В данной статье рассматривается возможность применения струнного транспорта при перевозке контейнеров с целью обеспечения безопасности на дорогах города Владивосток. Были выведены основные проблемы города. Проведен анализ объема контейнерных перевозок в портах, пропускная способность дорог.

**Ключевые слова.** Струнный транспорт, безопасность, ДТП, контейнерооборот, перевозки, порт, пропускная способность.

Владивосток является самым автомобилизированным городом страны. По данным Автостат [2] в 2024 году на 1000 жителей города Владивостока приходится 580 легковых автомобилей, что на 38,2 процента выше, чем показатель обеспеченности легковыми автомобилями в среднем по России на 1000 жителей, а грузовых автомобилей 118. Этот показатель выше среднего по стране. С большим количеством автомобилей в городе увеличивается и процент ДТП. Так же растет количество большегрузного транспорта, это связано с развитием отношений Азиатско-тихоокеанского региона, что влечет за собой увеличение контейнерооборота 2 главных портов Дальнего Востока, которые расположены в центральной части города.



**Рис. 1. Контейнерооборот ВМТП и Владморрыбпорта (ед./1000 TEU)**

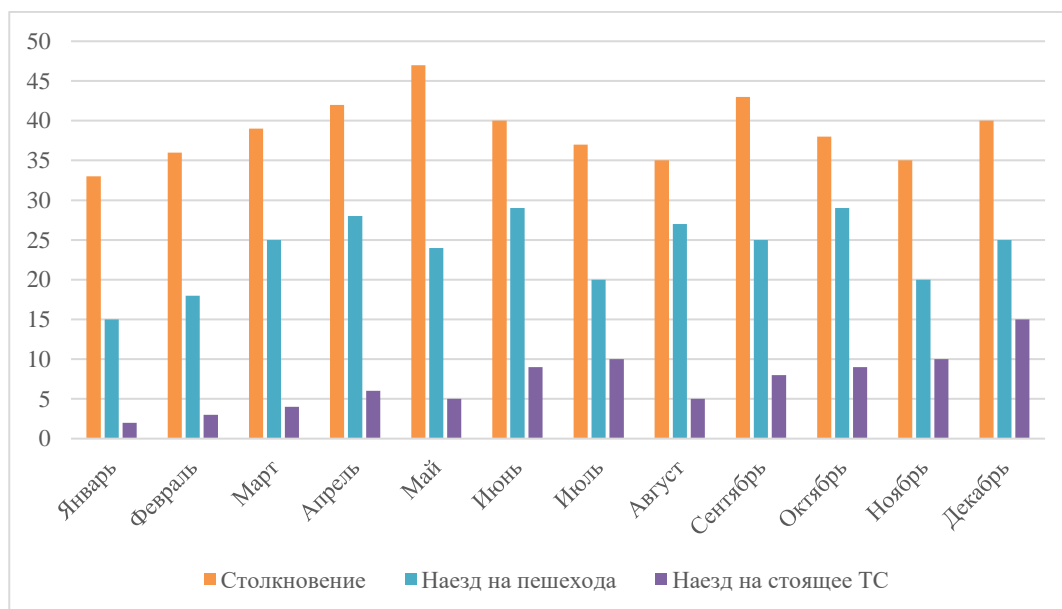
По данным ВМТП [1], порт удерживает лидерство, среди всех портов в России, уже 5 лет. На рис. 2 представлена статистика контейнерооборота ВМТП и Владморрыбпорта в течение 6 лет.

Автопоезда ежедневно следуют в порты по единственному доступному маршруту. В рамках исследования Политехнического Института ДВФУ, была выявлена средняя пропускная способность от общего количества проезжающих автомобилей, которая составила 31 702 авто в сутки. Процент грузовых автомобилей составил 34,55%, что является большим числом для города.

Большое количество большегрузного транспорта влечет за собой увеличение дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с его участием. По данным ГИБДД, в г. Владивосток в 2023 году с участием большегрузного транспорта произошло 27% от общего количества аварий, а в 2024 году этот показатель увеличился до 30,8%, что составило 994 аварии из 3227. Во время ДТП с участием большегрузов происходит особая ситуация: грузовой транспорт перекрывает как часть дороги, так и полностью движение, за счет чего значительно ухудшается дорожная ситуация.

Каждое ДТП влечет за собой различные виды последствий, которые так же несут за собой не только материальный ущерб, но и вред здоровью, летальный исход. Это проявляется в связи с тем, что транспортные средства занимают определенную часть дороги.

По тяжести ДТП делят на 3 группы: со смертельным исходом, с телесными повреждениями людей и с материальным ущербом. По виду ДТП их делят на столкновение транспортных средств, опрокидывание транспортных средств, наезд на препятствие, наезд на пешехода, наезд на велосипедиста, наезд на стоящее транспортное средство, наезд на грузовой транспорт, наезд на животных и прочие. На рисунке 2 представлена статистика ДТП виду [3].



**Рис. 2. Статистика ДТП по видам с участием большегрузов (ед./шт.)**

ДТП с большегрузами происходят по всему городу, но особенно в районах дорог, по которым идёт основной маршрут в порты. Водители, в ожидании погрузки/разгрузки, вынуждены парковать транспортные средства не только в отдалённых районах города, но и на центральных магистралях. Это доставляет как весомые неудобства, так и подвергает опасности жителей города.

Для разрешения данной проблемы предпринимаются различные меры, такие как: увеличение проезжих частей, строительство новых объездных дорог, увеличение парковок. Но дороги города уже максимально расширены и больше некуда, в связи со сложностью рельефа.

Для решения данных проблем, предлагается строительство Сухого Порта на острове Русский, с целью улучшения пропускной способности дорог и снижения уровня ДТП.

Струнный транспорт – это надземная транспортная система, движение в которой организовано при помощи «струнных» рельс, натянутых между опорами. Это позволяет проложить трассу по любому рельефу. Предложение – объединить о. Русский и порты: ВМТП и Владморрыбпорт. Объединение произойдет с помощью установки опор вдоль берега и по морю. Оно совершится с целью разгрузить город от автопоездов. На о. Русском расположится Сухой порт, в который контейнеры будут поставляться струнным транспортом, а большегрузы будут вести движение по объездной города напрямиком на остров. Пример реализации предложения показан на рис. 3.



**Рис. 3. Реализация предложения:**  
**1 – Владивостокский морской торговый порт;**  
**2 – Владивостокский рыбный порт**

Благодаря внедрению струнного транспорта в грузовые перевозки в городе Владивосток, на дорогах уменьшится количество большегрузов, т.к. они будут следовать по маршруту через объездную города. Жизнь местных жителей облегчится, в связи с сокращением количества большегрузного транспорта на дорогах города. Водители данных транспортных средств станут значительно меньше их парковать в различных районах города, что послужит обеспечением безопасности для пешеходов и городских водителей.

#### Список использованных источников

1. Данные компании // Годовой отчёт 2023 // Данные компании // *FESCO* : URL: [//strategic-report\\_operational-overview.pdf](https://strategic-report_operational-overview.pdf)
2. Официальный сайт Автостат: офиц. сайт. – URL: <https://www.autostat.ru/>
3. Статистика ДТП по Приморскому краю // *RUSDTP.ru* – URL: <https://rusdtp.ru/stat-dtp/primorskij-kraj/>

УДК 656.05, 656.021

**В. Е. Бондаренко** (Россия, г. Москва, Московский политехнический университет, аспирант)

Научный руководитель: **В. И. Сарбаев** (Россия, г. Москва, Московский политехнический университет)

### **РОЛЬ ТЕХНОЛОГИИ V2X В ПОВЫШЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫСОКОАВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТРАНСПОРТА: ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ РЕШЕНИЙ И ПЕРСПЕКТИВ**

Современные высокоавтоматизированные транспортные средства (ВАТС) всё чаще полагаются не только на бортовые сенсоры (камеры, радары, лидары), но и на внешние источники информации для принятия решений в реальном времени. Одной из ключевых технологий, обеспечивающих такую внешнюю осведомлённость, является V2X (*Vehicle-to-Everything*) – система беспроводной связи между транспортным средством и всеми элементами транспортной экосистемы: другими автомобилями (V2V), инфраструктурой (V2I), пешеходами (V2P), сетью (V2N) и даже дорожным покрытием или светофорами (V2X в широком смысле). В условиях стремительного

развития беспилотного транспорта V2X становится не просто вспомогательным инструментом, а фундаментальной основой для достижения высоких уровней безопасности, пропускной способности и энергоэффективности городской мобильности. Настоящий тезис посвящён обзору современных решений в области V2X, анализу их вклада в повышение безопасности и эффективности ВАТС, а также обсуждению технологических, нормативных и инфраструктурных перспектив их дальнейшего внедрения.

Существуют два основных стандарта беспроводной связи, лежащих в основе V2X:

1. *DSRC (Dedicated Short-Range Communications)* – основан на стандарте *IEEE 802.11p*, разработан специально для транспортных приложений, обеспечивает низкую задержку (менее 100 мс) и работает в выделенном диапазоне 5.9 ГГц;

2. *C-V2X (Cellular V2X)* – использует сотовые сети (*LTE-V2X* и *5G NR-V2X*), поддерживает как прямую связь, так и взаимодействие через базовые станции, обеспечивая более высокую надёжность, дальность и масштабируемость, особенно в условиях плотной городской застройки.

Оба подхода позволяют передавать критически важные сообщения: о скорости и траектории движения, аварийном торможении, наличии препятствий за поворотом, состоянии светофорных объектов, дорожных работах и т.д. Эти данные дополняют информацию от бортовых сенсоров, расширяя «зону видимости» ВАТС до сотен метров и даже за пределы прямой видимости.

Основной вклад V2X в безопасность заключается в раннем предупреждении о потенциальных угрозах, которые невозможно обнаружить локальными средствами. Примеры таких сценариев:

1. Перекрёстки без прямой видимости: ВАТС получает сигнал от другого автомобиля, приближающегося к перекрёстку с другой стороны, и корректирует скорость;

2. Экстренное торможение впереди идущего транспорта: сообщение о резком снижении скорости передаётся по цепочке, предотвращая «эффект домино»;

3. Появление пешехода или велосипедиста за препятствием: *V2P*-устройства (например, смартфоны с поддержкой V2X) передают данные о местоположении уязвимых участников движения;

4. Дорожные инциденты в зоне ограниченной видимости: гололёд, ДТП, обломки на проезжей части – информация от инфраструктуры позволяет ВАТС заранее адаптировать поведение.

Исследования (например, *NHTSA*, 2016) показывают, что интеграция V2X может предотвратить до 80 % столкновений, связанных с человеческим фактором, и значительно снизить риски даже в условиях частичной автоматизации (уровни автоматизации *SAE* 3–4).

Помимо безопасности, V2X способствует оптимизации транспортных потоков. Кооперативное взаимодействие позволяет:

1. Синхронизировать движение на перекрёстках без остановки («зелёная волна» в реальном времени);
2. Реализовывать платонирование (сближение ВАТС в колонну с минимальными интервалами), что снижает аэродинамическое сопротивление и расход энергии;
3. Динамически перераспределять потоки в случае заторов или ЧС на основе данных от инфраструктуры и других транспортных средств;
4. Сокращать время ожидания на светофорах за счёт обмена данными со светофорными объектами (V2I).

Моделирование в средах типа *SUMO* и *VISSIM* демонстрирует, что даже при доле V2X-оснащённых ВАТС в 30–40 % можно достичь снижения среднего времени в пути на 15–20 % и уменьшения выбросов  $CO_2$  на 10–15 %.

В мире активно развиваются пилотные зоны V2X. В США проекты реализуются в рамках *Connected Vehicle Pilot Program* (в штатах Вайоминг, Нью-Йорк, Тампа). В Европе – проекты *C-ITS Corridors* (Германия–Австрия–Нидерланды), а также национальные инициативы в Швеции и Финляндии. В Китае масштабное развёртывание C-V2X идёт в рамках стратегии «умных автомагистралей». В России технологии V2X тестируются в Иннополисе, Сколково, Москве, Санкт-Петербурге и на отдельных участках М-11 «Нева», в том числе в связке с беспилотными грузовиками и такси.

Ключевые игроки – *Qualcomm*, *Huawei*, *Bosch*, *Continental*, а также автопроизводители (*Mercedes-Benz*, *BMW*, *Volvo*) — уже сертифицируют свои транспортные средства с поддержкой C-V2X.

Несмотря на потенциал, массовое внедрение V2X сталкивается с рядом вызовов:

1. Инфраструктурные затраты: необходимость установки *RSU* (дорожных блоков связи) и модернизации светофорных объектов;
2. Стандартизация и интероперабельность: конкуренция между *DSRC* и C-V2X, отсутствие единых глобальных протоколов;
3. Кибербезопасность: необходимость защиты от подделки сообщений, *DoS*-атак и несанкционированного доступа;



4. Правовое регулирование: вопросы ответственности при сбоях в V2X-системе, сертификация оборудования.

Тем не менее, с развитием 5G, edge-вычислений и ИИ V2X будет всё глубже интегрироваться в архитектуру высокоавтоматизированного транспорта. Перспективным направлением является кооперативная автономия – когда ВАТС не просто «видят» окружение, а коллективно «понимают» и «предсказывают» его, принимая согласованные решения.

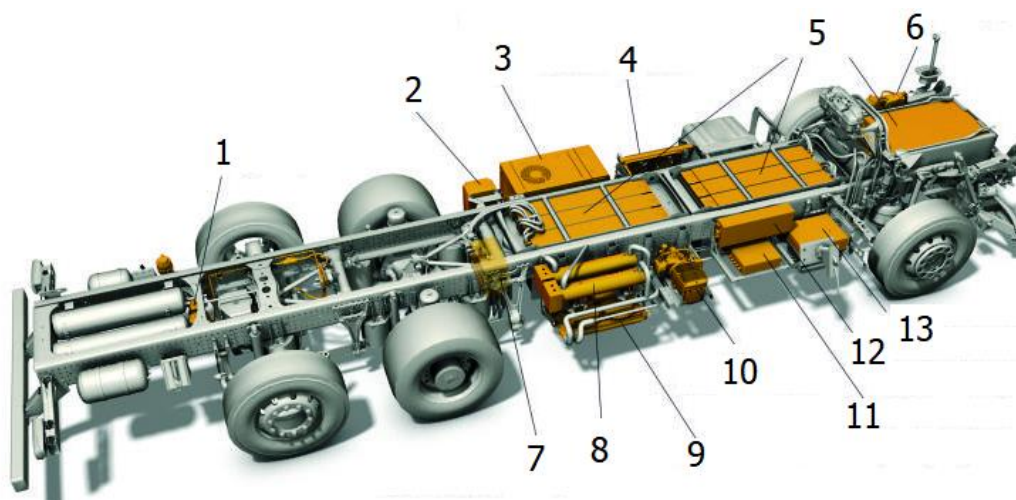
Технология V2X играет системообразующую роль в переходе от изолированных автопилотов к интеллектуальной, взаимосвязанной транспортной экосистеме. Она кардинально повышает как безопасность, так и эффективность высокоавтоматизированного и беспилотного транспорта, особенно в сложных городских условиях. Для успешного масштабирования требуются совместные усилия государства, бизнеса и научного сообщества по созданию нормативной базы, унификации стандартов и поэтапной модернизации инфраструктуры. В ближайшие 5–10 лет V2X станет неотъемлемой частью «умной» мобильности, заложив основу для полностью автономных и устойчивых транспортных систем будущего.

#### Список используемых источников

1. *National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). Automated Vehicles Comprehensive Plan* [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety> (дата обращения: 10.10.2025).
2. *U.S. Department of Transportation. Connected Vehicle Pilot Deployment Program 2024 Update* [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.itskrs.its.dot.gov/briefings/executive-briefing/connected-vehicle-pilot-deployment-program-2024-update?spm=a2ty\\_o01.29997173.0.0.6cec5171i9f7wB](https://www.itskrs.its.dot.gov/briefings/executive-briefing/connected-vehicle-pilot-deployment-program-2024-update?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.6cec5171i9f7wB) (дата обращения: 11.10.2025).
3. Бондаренко В. Е. Актуальность беспилотного автомобиля / В. Е. Бондаренко // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств: материалы XXV Международной научно-практической конференции, посвящённой памяти профессора Игоря Николаевича Арина (Владимир, 23–24 ноября 2023 г.). – Владимир: ИМИАТ ВлГУ, 2023. – С. 19-21.

## **АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГРУЗОВИКОВ**

Случаи возгорания электромобилей показали, что выделяется значительное количество тепловой энергии. Наличие более емких аккумуляторов позволяет предположить, что пожары электрических большегрузных автомобилей могут быть более серьезными. Вероятность пожара для электрических грузовиков в 4 раза ниже по сравнению с грузовиками на нефтяных топливах. Вероятность возникновения пожара электрогрузовика составляет 1 к 3500, на что влияет небольшое количество этих транспортных средств. Также отмечено, что электрогрузовики перевозящие тяжелые грузы более подвержены пожарам. Общая энергетическая схема электрогрузовика представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Энергетическая система магистрального электрогрузовика:**  
1 – задний насос рулевого управления; 2 – низковольтная распределительная система; 3 – вентилятор радиатора охлаждения высоковольтной батареи; 4 – низкотемпературный радиатор охлаждения; 5 – Высоковольтная батарея; 6 – передний насос рулевого управления; 7 – высоковольтный инвертер; 8 – высоковольтный резистор тормозной системы; 9 – высокотемпературный радиатор системы охлаждения; 10 – высоковольтный воздушный компрессор; 11 – высоковольтный разделительный трансформатор; 12 – распределить высокого напряжения; 13 – высоковольтный блок контроля зарядки

Большинство зарегистрированных пожаров произошло, когда транспортные средства были припаркованы (47%) или находились в режиме зарядки зарядка (21,3%). Также отмечаются возгорания в течении одного часа после зарядки. Электрогрузовики отличаются от прочих электромобилей наличием необычайно больших литиевых батарей. ёмкость этих батарей достигает 900 кВт·ч. С запасом хода до 800 км для дальних грузоперевозок. Для сравнения ёмкость батареи пассажирского электромобиля около 85 кВт·ч. Описанные случаи тушения электрогрузовиков отмечают расход воды до 200000 литров, необходимость обеспечения нераспространения пламени по природному ландшафту, постоянный мониторинг концентрации отравляющих газов в воздухе и температуры аккумулятора с помощью тепловизора. При этом время тушения пожара составляет до 15 часов, в течении которых полностью прекращается движение по автомагистрали. Большой вес грузового транспортного средства приводит к большой вероятности повреждения аккумуляторов при столкновении электрогрузовика с препятствием на дороге. Что отличает его от пассажирских электромобилей, где отмечается низкая вероятность повреждения батареи при аварийной ситуации на дороге. Возникает необходимость постоянного контроля температуры аккумулятора при проведении эвакуации сгоревшего электрогрузовика. По итогам эвакуации сгоревшие электромобили доставляют на открытый полигон и в течении суток контролируют наличие самовозгорания.

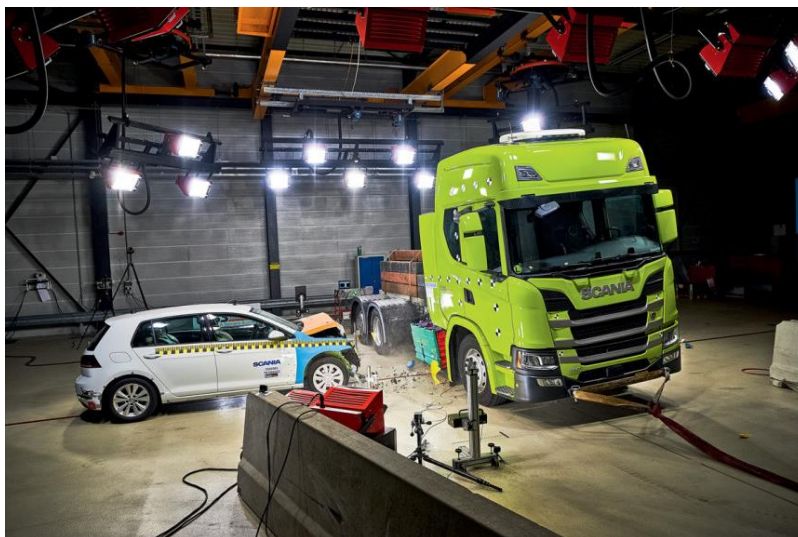
Как уже отмечалось наибольшая вероятность возгорания электрогрузовиков отмечается во время их зарядки. Поэтому выработаны ряд правил организации их зарядки: увеличенное расстояние между транспортными средствами и элементами инфраструктуры; при наличии ограниченного пространства требуются физические противопожарные барьеры, зоны изоляции, пути доступа аварийно-спасательных служб, а также системы обнаружения и тушения пожаров.

Бортовая сигнализация электрогрузовика работает совместно с системой управления аккумуляторными батареями, способна изолировать аккумуляторную батарею до возникновения возгорания. При подключении бортовой сигнализации по беспроводной связи к системе оповещения объекта (станции зарядки грузовиков), она могла бы обеспечить раннее оповещение о чрезвычайной ситуации.

Батарея электрогрузовиков, в следствии своих размеров очень чувствительна к наличию охлаждения. Описаны случаи возгорания вследствие течи охлаждающей жидкости из контура охлаждения батареи. Особенно это

усугубляется в случае высокой температуры окружающего воздуха. Отмечаются отзывы электрогрузовиков производителями из-за брака производства батарей. Частая причина – неплотно закреплённые элементы батареи, что вызывает их отказ от вибраций во время движения. Грузовики имеют больший годовой пробег, чем легковые электромобили и при производстве батареи является для них серьезным риском возгорания. Необходимо отметить еще одну характерную для магистральных грузовиков неисправность – взрыв колеса во время движения. Такой взрыв приводит к разрушению расположенных между осей грузовика аккумуляторов с их последующим возгоранием и быстрым распространением горения.

Законодательно, вопросы пожарной безопасности электрогрузовиков с точки зрения ДТП рассмотрены слабо. Новые модели должны соответствовать лишь правилам ЕЭК ООН №29 (они же ГОСТ Р 41.29), которые регламентируют прочность кабины (причем необязательно смонтированной на грузовике), так же прочность противоподкатных брусьев. Однако ряд производителей такой техники проводят собственные независимые испытания направленные на сохранение целостности и пожарной безопасности высоковольтного оборудования при ДТП. Проведение таких испытаний представлено на рис. 2. ГОСТ 54811 регламентирует испытания электромобилей категорий *M1* и *N1*.



**Рис 2. Испытание электрогрузовика на удар в высоковольтную систему**

Подводя итоги необходимо сказать следующее: научно-исследовательские работы по обеспечению пожарной безопасности электрогрузови-

ков еще не закончены, о чем говорят частые отзывы грузовиков из эксплуатации их производителями; ряд экспертов рекомендует снизить разрешенную скорость движения электрогрузовиков для снижения вероятности повреждения батареи при ДТП; необходимо применить возможности искусственного интеллекта для ускорения принятия решений при возникновении ситуации пожара; требуется совершенствование законодательной базы.

УДК 343.148.63

*И. А. Редкозубов, М. А. Киселев, О. С. Левкин, Д. С. Елхин, Л. О. Круш (Россия, г. Саранск, ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»);  
Научный руководитель: Д. А. Галин (Россия, г. Саранск, ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»)*

## **АНАЛИЗ ПРИЧИН ОТКАЗОВ СИСТЕМ SRS ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ KIA**

В статье представлен сравнительный анализ отказов систем пассивной безопасности легковых автомобилей марки KIA поступивших на ремонт на станцию технического сервиса машин ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарева», г. Саранск. Автомобили поступали с неисправностями, связанными с работоспособностью системы пассивной безопасности (SRS) [1-4]. Система SRS (*Supplemental Restraint System*) – дополнительная система удерживания, система, которая состоит из нескольких датчиков, датчиков удара, датчиков наклона, положения, ускорения, подушек безопасности, ремней безопасности и электронного блока управления разворачивания подушек безопасности.

**Ключевые слова:** Система пассивной безопасности, диагностика, SRS, датчик удара, преднатяжитель ремня безопасности, блок управления, сканер, код неисправности

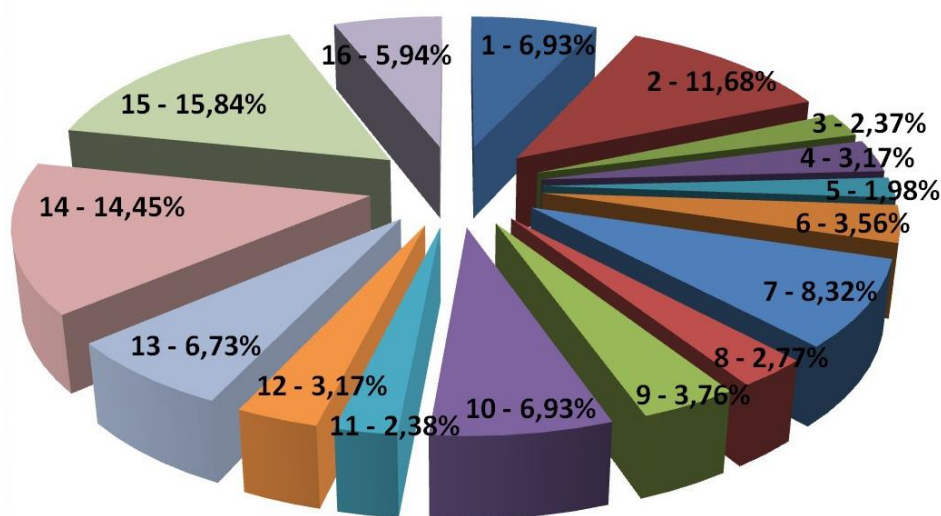
Работа всех элементов системы безопасности автомобиля взаимосвязана и требовательна к условиям эксплуатации. Каждый исполнительный элемент, подушка безопасности или ремень дополняют друг друга во время работы [1-2].

В данной работе нами будет рассмотрен отказ электронного блока управления системы SRS как основного элемента способного проводить ди-



агностическое воздействие с диагностическим сканером. Цель статьи – исследование причин отказов систем управления пассивной безопасности легковых автомобилей (на примере автомобильной марки *KIA*).

На рис. 1 представлена круговая диаграмма и процент распределения отказов систем управления пассивной безопасности по маркам автомобилей посещающим станцию технического сервиса машин ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева» СТСМ в 2020-2025 гг. Всего за весь период было исследовано около 600 единиц легковых автотранспортных средств отечественного и зарубежного производства с различными неисправностями систем пассивной безопасности *SRS*, различного года выпуска.



**Рис. 1. Процент распределения отказов систем управления пассивной безопасности по маркам автомобилей посещающим СТСМ (г. Саранск) в 2020-2025 гг.: 1 – 6,93% VAG группа; 2 – 11,67% Lada; 3 – 2,37% Chevrolet; 4 – 3,17% Ford; 5 – 1,98% MB; 6 – 3,56% Opel; 7 – 8,32% Renault; 8 – 2,77 China Car; 9 – 3,76 – Honda; 10 – 6,93 Mazda; 11 – 2,38% Mitsubishi; 12 – 3,17% Nissan; 13 – 6,73% Toyota; 14 – 14,45% Hyundai; 15 – 15,84% KIA; 16 – 5,94% Прочие марки**

Основным критерием нарушения работоспособности является постоянно светящийся индикатор *SRS* на приборной панели авто. Хотя существует множество случаев срабатывания системы при неисправных подушках безопасности, поврежденных подрулевых шлейфов и преднатяжителей ремней, но для исследования основным критерием неисправности выбрали постоянную индикацию лампы *SRS* на приборной панели [3-4].

Из графика рис. 1 видно, что наиболее часто посещающими автомобилями являются автомобили марки KIA (*Ceed, Cerato, Optima, K5, Picanto, Rio, Sorento, Spectra, Sportage*).

**Распределение отказов системы пассивной безопасности  
SRS автомобилей марки KIA**

<b>№</b>	<b>Марка автомобиля</b>	<b>Общий процент распределения отказа</b>	<b>Модель электронного блока SRS</b>	<b>Отказ, %</b>
1	<i>KIA Ceed</i>	7,5	<i>Mobis 95910-1H200</i>	1,25
2			<i>TRW 95910-A2300</i>	5,00
3			<i>Continental 95910-J7100</i>	1,25
4	<i>KIA Cerato</i>	8,75	<i>Continental 95910-M6350</i>	3,75
5			<i>Mobis 95910-2F100</i>	2,50
6			<i>Mobis 95910-A7120</i>	1,25
7			<i>Mobis 95910-1M300</i>	1,25
8	<i>KIA Optima, K5</i>	2,5	<i>Continental 95910-D4750</i>	1,25
9			<i>Mobis 95910-L2400</i>	1,25
10	<i>KIA Picanto</i>	2,5	<i>Continental 95910-1Y110</i>	2,50
11	<i>KIA Rio</i>	33,75	<i>Mobis 95910-4Y100-4Y400</i>	16,25
12			<i>Continental 95910-H0130-H0230</i>	17,50
13	<i>KIA Sorento</i>	20,00	<i>AUTOLIV 95910-C5750</i>	6,25
14			<i>AUTOLIV 95910-2P580</i>	1,25
15			<i>Mobis 95910-B2300</i>	6,25
16			<i>Continental 5910-B2550</i>	1,25
17			<i>Mobis 95910-K0700</i>	2,50
18			<i>Mobis 95910-2K351</i>	2,50
19	<i>KIA Spectra</i>	2,50	<i>Mobis 0K2DK677F0B</i>	2,50
20	<i>KIA Sportage</i>	22,50	<i>Delphi 95910-3U100</i>	12,50
21			<i>Bosch 95910-1F400</i>	1,25
22			<i>AUTOLIV 95910-F1000</i>	7,50
23			<i>AUTOLIV 95910-D9170</i>	1,25

В таблице представлено распределение отказов системы пассивной безопасности SRS автомобилей марки KIA по моделям с указанием установленного электронного блока управления и процент отказа.

Анализ таблицы 1 показывает, что наиболее высокий процент распределения отказов имеет автомобиль марки KIA Rio – 33,75%, наиболее низкий KIA Picanto – 2,5% и KIA Spectra – 2,5%. Это объясняется так же популярностью данных автомобилей, годом выпуска и количеством автомобилей в эксплуатации в данном регионе [5].

**Выводы.** По итогам проведенных исследований были получены результаты, позволяющие проанализировать причины отказа системы пассивной безопасности SRS легковых автомобилей. Определены основные причины и процент распределения отказов системы пассивной безопасности, выявлены наиболее часто посещающие технический сервис марки автомобилей 11,67% – Lada; 14,45% – Hyundai; 15,84% – KIA и модель автомобиля с наиболее частыми повреждениями системы KIA Rio – 33,75%.

#### Список использованных источников

1. Галин Д. А., Лезин П. П., Демчук Б. С. Диагностика двигателей автомобилей // Сельский механизатор. 2018. С. 36-37;
2. Круш Л. О., Галин Д. А., Давыдкин А. М. РФ Патент 2812549. Устройство для мониторинга технического состояния системы подачи воздуха бензинового двигателя автомобиля, 2024;
3. Смирнов Д. Н. Диагностирование регулятора тормозных сил ВАЗ-2108-351205211 по значению динамического коэффициента преобразования / С. И. Тимофеева, Д. Н. Смирнов // Журнал «Автотранспортное предприятие», № 3, 2015, Издатель – НПП «Транснавигация», Минтранс России, ISSN 2076-3050;
4. Мишина Ю. В. Общая характеристика, причины и условия дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов 53-55) // Евразийский Союз Ученых. – № 10. – 2018;
5. Зузов, В. Н. Анализ влияния конструкции автобуса на пассивную безопасность при опрокидывании на основе метода конечных элементов / В. Н. Зузов, Ю. Ю. Карамышев, И. В. Ким // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2008. С. 145–149.



## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА ОБЪЕКТАХ: АНАЛИЗ РИСКОВ И МЕРЫ ЗАЩИТЫ**

В связи с ростом объемов строительства и количества строительной техники, обеспечение безопасности на стройплощадках становится важной задачей. Безопасность движения техники требует особого внимания к рискам и принятия защитных мер.

Цель этого исследования – изучить факторы, влияющие на безопасность строительной техники, и предложить способы уменьшения аварийности на стройках. Существуют конкретные шаги для повышения безопасности и снижения числа аварий на современных стройплощадках.

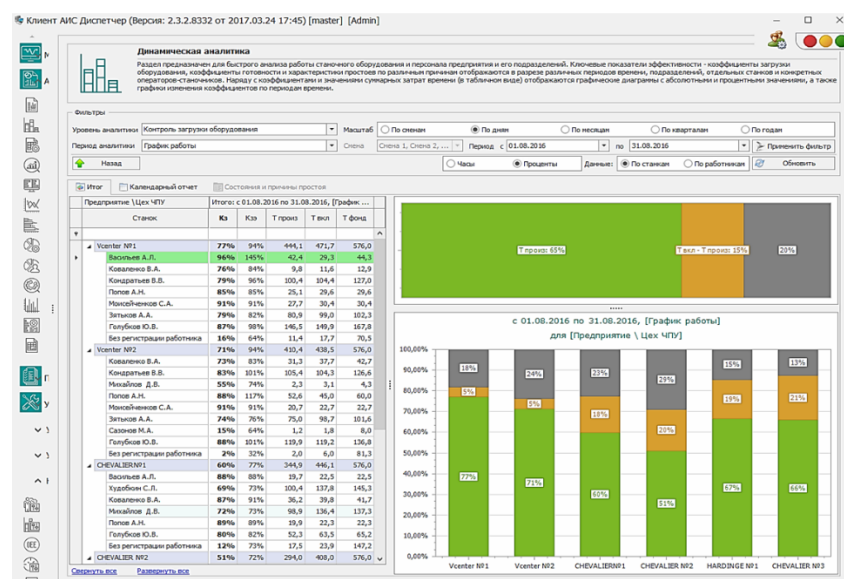
Движение строительной техники является источником значительных рисков. По данным *OSHA*, 25% несчастных случаев на стройках приходится на передвижение техники, при этом:

- 35% – столкновения с рабочими;
- 25% – опрокидывания;
- 15% – сбои оборудования.

Международная организация труда (МОТ) утверждает, что 70% инцидентов можно избежать путем строгого соблюдения правил безопасности и использования современных технологий. Соблюдение всех требований и стандартов, касающихся обеспечения безопасности труда на рабочих местах, может значительно снизить количество несчастных случаев в строительной отрасли [3, 2 с.]. Использование современных технологий для контроля состояния операторов строительной техники также играет важную роль в повышении безопасности (рис. 1). Благодаря комплексу «АИС Диспетчер» можно непрерывно наблюдать за промышленным оборудованием по локальной сети в реальном времени. К системе может подключаться любое промышленное оборудование вне зависимости от производителя и года выпуска, а также присутствует мониторинг эффективности для операторов.

Соблюдение безопасности движения строительной техники помогает уменьшить количество аварий на стройках. Стандарт ГОСТ 12.3.009-99 «Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности» имеет

определённые правила и ограничения в погрузочно-разгрузочных работ на стройках.



**Рис. 1. Показатели эффективности и длительности работы для операторов-станочников в клиенте АИС Диспетчер**

Современные системы должны обеспечивать безопасность и эффективность работы строительной техники. Тем не менее, по данным Международной ассоциации по безопасности труда (*IOSH*), около 60% аварий на стройках происходит из-за недостатков в этих системах. Статистика в строительстве является важнейшим инструментом анализа и прогнозирования динамики отрасли, обеспечивая основу для формирования государственной политики, инвестиционного планирования и оценки эффективности реализуемых проектов [3, 1 с.]. Соответственно для решения этих проблем необходимо не только улучшение таких систем, но и качественный подход к обучению персонала.

Современные технологии наблюдения и управления строительной техникой, такие как *GPS*-системы, играют важную роль в безопасности на объектах, в России спросом пользуется такая платформа как *Sarex* (рис. 2). Программное решение позволяет объединить офис и строительную площадку для эффективной координации процессов и контроля сроков выполнения работ.

Организационные меры также играют важную роль в обеспечении безопасности движения строительной техники на объектах. За 2019 год в

России было более 1500 ситуаций с участием строительной техники, из которых 45% могли быть предотвращены за счет повышения качества инструктажа и контроля за ситуацией. Соответственно нужно постоянно и качественно подходить к организации безопасности. Международные стандарты, такие как *ISO 45001*, рекомендуют регулярное проведение тренингов для персонала как одну из ключевых мер по снижению рисков. Эти стандарты могут помочь в разработке и внедрении мер на стройках.



**Рис. 2. Цифровой мониторинг на платформе Sarex**

По данным Международной организации труда, ежегодно на строительных площадках происходит около 60,000 смертельных случаев, значительная часть которых связана с движением строительной техники. В 2021 году в России было зафиксировано более 1,200 инцидентов, связанных с нарушением безопасности при использовании строительной техники, что подчеркивает необходимость пересмотра и обновления стандартов. Соответственно необходимо разрабатывать новые документы и переделывать старые.

Автоматизированные системы управления строительной техникой, включая *GPS*-навигацию и системы предотвращения столкновений, уже успешно реализуются в практике. В последнее время, выпуская *GPS* приемники для строительной отрасли и для проведения геодезических измерений, компании-производители добавляют в них большое количество дополни-

тельных приборов, чем превращают обыкновенный приемник в целый мобильный комплекс, который может решать огромное количество поставленных перед ним задач. *GPS* становится неотъемлемым инструментом в современной строительной индустрии.

Исследование показало, что основные риски связаны с движением строительной техники, а также: человеческим фактором, недостатками в системах управления движением и недоработанными нормативами, и стандартами. Также стало ясно, что современные технологии, такие как *GPS*-мониторинг и автоматизированные системы управления, помогают снизить аварийность, соответственно внедрение *GPS*-технологий в строительстве дорог способствует повышению эффективности, уменьшению затрат и улучшению качества конечного продукта.

#### Список использованных источников

1. Батяновская И. А., Вершеня Е. Г. Обеспечение безопасных условий труда при организации рабочих мест, участков работ в условиях строительной площадки
2. Захаров С. В. Основы рискологии в организации строительства // Вестник ИГЭУ. – 2006. – Вып. 1. – С. 1–2.
3. Ковалёнок И. А. Статистика строительства // Белорусский национальный технический университет.
4. Николаева Р. В. Влияние человеческого фактора на безопасность дорожного движения // Техника и технология транспорта: научный
5. Научное исследование. Причины дорожно-транспортных происшествий с участием грузовых автомобилей в Европе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iru.org/sites/default/files/2016-01/ru-etac-summary.pdf> (дата обращения: 12.10.25)

УДК 656.13

*У. А. Давыдова (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: Ш. Ш. Амирсейидов (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПЕРЕВОЗОК РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ТРАНСПОРТА

**Аннотация:** в статье рассматривается методика выбора оптимального вида транспорта для перевозки речного гравия на основе комплексного анализа транспортно-логистических параметров. Представлены расчеты для автомобильного и железнодорожного транспорта с учетом протяженности маршрутов, объемов перевозок и эксплуатационных характеристик.

**Ключевые слова:** транспортно-логистический комплекс, оптимизация перевозок, себестоимость перевозок, грузопоток, речной гравий.

Актуальность выбора оптимального вида транспорта для перевозки нерудных материалов, в частности речного гравия, обусловлена необходимостью минимизации логистических издержек при обеспечении требуемого качества транспортного обслуживания. Эффективное планирование грузопотоков особенно важно в условиях развития инфраструктуры и увеличения объемов строительства, когда рациональный выбор транспортно-технологического комплекса напрямую влияет на конечную стоимость строительных проектов.

Рассматривается перевозка речного гравия годовым объемом 280 тыс. т. Анализируются три альтернативных маршрута доставки груза до пункта назначения В. Протяженность маршрута А – В составляет 280 км, маршрута А1 – В – 9 км, маршрута А2 – В – 320 км. Дополнительно учитываются расстояния от исходного пункта А до промежуточных пунктов: А – А1 – 320 и А – А2 – 11 км. Стоимость перевозки одной тонны груза установлена в размере 11 тыс. руб., время нахождения транспорта под погрузочно-разгрузочными работами – 14 ч, количество рабочих дней в году – 253.

**1. Для начала необходимо рассчитать расстояние трех вариантов перевозок в зависимости от использования разных видов транспорта.**

1-й вариант (ж/д транспорт + автомобильный):  $11 + 300 = 311$  км

2-й вариант (автомобильный): 280 км

3-й вариант (водный + автомобильный):  $320 + 9 = 329$  км

Таким образом, самые большие расстояния перевозок при использовании водного и автомобильного транспорта.

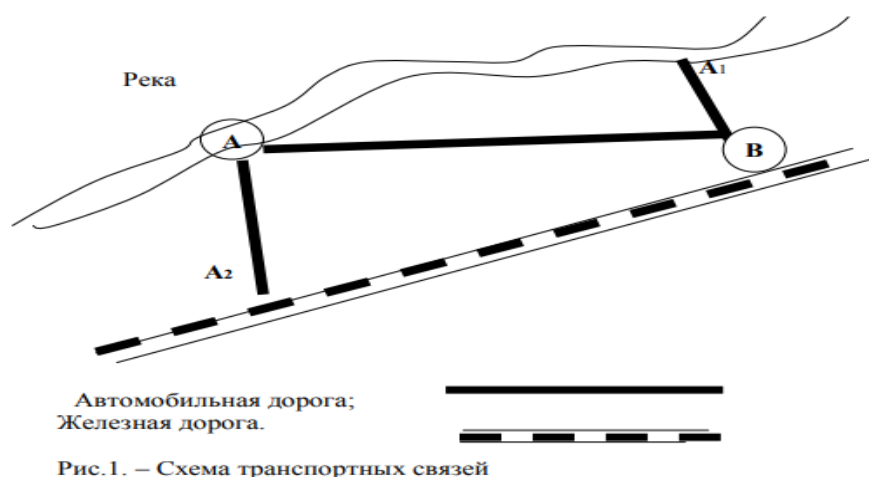


Рис. 1. Схема транспортных маршрутов доставки речного гравия

## 2. Находим среднее время доставки груза:

– для 1-го варианта доставки

$$t1 = t_{\text{подв}} + t_{\text{ож}} + t_{\text{погр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{разгр}},$$

где  $t_{\text{подв}}$  – время подвоза груза автомобильным транспортом к железнодорожной станции;  $t_{\text{ож}}$  – время ожидания погрузки на железнодорожной станции;  $t_{\text{погр}}$  – время погрузки;  $t_{\text{пер}}$  – время перевозки железнодорожным транспортом;  $t_{\text{разгр}}$  – время разгрузки в пункте назначения:  $t1 = 5,268$  д;

– для второго варианта доставки

$$T = ln / VAT,$$

где  $l$  – расстояние перевозки автомобильным транспортом, км;  $V_{\text{AT}}$  – скорость перевозки автомобильным транспортом, км/ч:  $t2 = 4,67$  ч или 0,195 д;

– для третьего варианта доставки

$$t3 = t_{\text{ож}} + t_{\text{погр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{разгр}} + t_{\text{вывоза}},$$

где  $t_{\text{разгр}}$  – время разгрузки речного судна и перегрузки на автомобильный транспорт;  $t_{\text{вывоза}}$  – время вывоза груза автомобильным транспортом с речного порта в пункт назначения:  $t3 = 5,685$  д.

Таким образом, самый продолжительный маршрут перевозки при использовании водного и автомобильного транспорта.

### 3. Эксплуатационные затраты для каждого вида перевозок:

– для автомобильного транспорта

$$S_T^a = S_{M/a} \cdot l_M \cdot Q^r$$

$$S_T^a = 5,5 \cdot 280 \cdot 280000 = 431200\,000 \text{ руб./ткм (в год)}$$

– для железнодорожного и водного транспорта:

$$S_T^{жд(р)} = Q^r \cdot S_{\Pi} \cdot l_{\Pi} + S_M \cdot l_M + S_B \cdot l_B$$

где  $S^{жд} = 375760000 \text{ руб./ткм}$

$S^p = 381360000 \text{ руб./ткм}$

$Q^r$  – годовой объем перевозок, т;

$S_{\Pi}$ ,  $S_B$  – себестоимость 1 ткм соответственно при подвозе груза автомобильным транспортом к магистральному транспорту и вывозу его с первоначального пункта, руб./ткм;

$S_M$  – себестоимость перевозки груза магистральным транспортом, руб./ткм;

$l_M$ ,  $l_{\Pi}$ ,  $l_B$  – расстояния перевозки соответственно магистральным транспортом подвоза, вывоза, км.

Таким образом, самый дорогой вид перевозок получается с использованием автомобильного транспорта.

### 4. Определяем материальные средства в обороте

$$\Phi = Q_r \cdot C_r \cdot t / 365,$$

где  $C_r$  – средняя цена 1 т перевозимых грузов, руб.;

$t$  – среднее время доставки груза, сут.

- для первого варианта доставки  $(280000 \cdot 11000 \cdot 5,268) / 365 = 44453260,27 \text{ руб.};$

- для второго варианта доставки  $(280000 \cdot 11000 \cdot 0,195) / 365 = 1645479,45 \text{ руб.};$

- для третьего варианта доставки  $(280000 \cdot 11000 \cdot 5,685)/365 = 47972054,79$  руб.

5. Общие затраты по каждому варианту доставки

$$З = ST + E_n \cdot \Phi$$

для первого варианта доставки  $375\,760\,000 + 0,15 \cdot 44\,453\,260,27 = 382\,427\,989,0405$  руб.

- для второго варианта доставки  $431\,200\,000 + 0,15 \cdot 1\,645\,479,45 = 431\,446\,821,9175$  руб.

- для третьего варианта доставки  $381\,360\,000 + 0,15 \cdot 47\,972\,054,79 = 388\,555\,808,2185$  руб.

6. Полученные результаты сведены в табл.2.

Показатель расчета	Вид транспорта		
	ж/д	автомобильный	водный
Общее расстояние перевозки, км	311	280	329
Общее время перевозки, сут.	5,268	0,195	5,685
Годовой объем перевозок, т	280000	280000	280000
Затраты перевозок, тыс. руб.	375 760	431 200	381 360
- подвоз	6160000	—	5040000
- средства в обороте, руб.	44 453 260,27	1 645 479,45	47 972 054,79
Общие затраты, руб.	382 427 989,0405	431 446 821,9175	388 555 808,2185

**Вывод:** согласно полученным результатам в нашем случае самым оптимальным является выбор перевозки груза железнодорожным транспортом, так как при выборе этого вида транспорта минимизируются логистические издержки, обеспечивается требуемое качество транспортного обслуживания.



По общим затратам самым дорогая перевозка груза будет при выборе автомобильного транспорта, который доставит груз быстрее, но его использовать невыгодно.

#### Список использованных источников

1. Основы логистики : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности «Организация перевозок и управление на транспорте» / под ред. В. А. Гудкова. – М. : Горячая линия-Телеком, 2010. – 351 с.
2. Основы логистики : учеб. пособие / под ред. проф. Л. Б. Миротина и проф. В. И. Сергеева. – М. : ИНФРА-М, 2000. – 170 с.
3. Гудков, В. А. Логистика : учеб. пособие / В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, С. А. Ширяев. – Волгоград : РПК Политехник, 2002. – 306 с.
4. Чудаков, А. Д. Логистика : учеб.-практ. пособие / А. Д. Чудаков. – М. : Альфа-Пресс, 2008. – 352 с.

УДК 331.456

*Д. Д. Крюков (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: Е. О. Худякова (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

### **СРАВНЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА В РОССИИ И КИТАЕ: ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДЯЩИХСЯ**

На сегодняшний день идет стремительное развитие экономических отношений дружественных стран, России и Китая. В связи с чем происходит миграция трудящихся наших стран. Условия труда являются ключевым критерием оценки уровня социально-экономической жизни каждого государства, формируя высокий уровень эффективности труда, его комфорта, гарантии социальной защиты. Россия и Китай добились значимого экономического развития, но совершенно разными методами регулирования труда. Какие аспекты системы регулирования трудовых отношений и условий труда в России и Китае являются ключевыми и в чем их различие? Какие перспективы развития трудовой сферы жизнедеятельности трудящихся России и Китая.

#### **Правовое регулирование трудовых отношений.**

В России трудовые отношения регулируются Трудовым Кодексом, в котором определены меры охраны труда, права и обязанности трудящихся

и работодателя, такие как нормы рабочего времени, минимальный размер оплаты труда, срок отпуска.

Существуют добровольные общественные объединения работников – профсоюзы – представительства рабочих одного рода деятельности, осуществляющих также защиту социально-трудовых прав и интересов трудящихся. Однако влияние профсоюзов снижается в последние годы.

В Китае отношения работника и работодателя регулируют, заключаемый между ними трудовой договор и трудовой закон. Коммунистическая партия Китая (КПК) определяет основное направление трудовой политики страны. В Китае также есть профсоюзные организации, которые объединены в Всекитайскую федерацию профсоюзов, которая находится под управлением Компартии Китая. Независимые профсоюзы запрещены.

### **Условия труда и безопасность.**

Законодательство России направленно на создание безопасных условий труда. Работодатели обязаны соблюдать нормы охраны труда, обучению технике безопасности и обеспечение необходимых условий. Тем не менее, на практике часто встречаются случаи нарушения социальных гарантий и норм, особенно в малом бизнесе и отдельных отраслях.

В Китае условия труда зависят от региона и отрасли. Стремительное экономическое развитие зачастую сопровождалось игнорированием стандартов безопасности. Работники в отраслях легкой промышленности или строительстве, подвергаются высоким рискам, и статистика травматизма на производстве остается на значительно высоких уровнях.

### **Заработная плата и социальные гарантии.**

Неотъемлемой частью трудовых отношений является – **заработная плата**. В России на Федеральном уровне установлен размер минимальной суммы оплаты труда (МРОТ). Эта сумма является гарантией для работника, которую работодатель обязан выплатить за полный рабочий месяц. Реальный же размер заработной платы зависит от отрасли, региона, квалификации работника.

В Китае размер заработной платы в провинциях и городах различна и определяется правительством. Неравенство размеров оплаты труда в деревнях и городах Китая остается на значительном уровне.

### **Предоставление отпусков трудящимся.**

Согласно трудовому кодексу РФ работнику, с которым заключен трудовой договор, положен ежегодный основной оплачиваемый отпуск. Продолжительность этого отпуска 28 календарных дней (ч. 1 ст. 115 ТК РФ), который начинается с даты приема работника в штат сотрудников. Право на использование отпуска в первый год работы предоставляется сотруднику по истечению 6 месяцев непрерывной работы. Работники младше 18 лет предусмотрен удлиненный отпуск, длительностью 31 календарный день (ст. 267 ТК РФ), а инвалиды – 30 дней, согласно ч. 3 ст. 115 ТК РФ.

### **Что наблюдается в этой сфере социальной жизни в Китае?**

Согласно трудовому кодексу КНР, работники имеют право на оплачиваемый отпуск продолжительностью, зависящей от стажа и вида отпуска. Ежегодный отпуск работников в Китае рассчитывается так, 5 дней отпуска в год за 10 лет стажа, но не более 15 дней в год. В обеих странах стаж включает в себя время работы у всех работодателей, также включается срок службы в армии.

### **Предоставление декретного отпуска по беременности и уходу за ребенком.**

Национальное право Китая закрепляет право женщины на 98-дневный отпуск для родов, начинающийся не ранее 15 дней до дня родов. Отпуск может быть продлен на 15 дней в случае осложнений при родах или многоплодной беременности. Продолжительность также может изменяться в зависимости от провинции. Так в Шанхае и Пекине длительность декретного отпуска 158 календарных дней, в него включается 98 дней, предоставляемых национальным законодательством и 60 дней, согласно местным нормативным актам. Срок плавающий и определяется возрастом женщины: чем старше мать, тем длиннее отпуск.

После рождения ребенка и выхода из декрета женщина может рассчитывать на два дополнительных тридцатиминутных перерыва для кормления ребёнка. Во время декретного отпуска беременная женщина получает ежемесячные выплаты из средств фонда социального страхования. Размер пособия определяется исходя из среднемесячного дохода за последние 12 месяцев. Размер социальной выплаты составляет не более трехкратного среднего показателя уровня заработной платы в провинции. Гражданам, не зарегистрированным в системе социального страхования Китая, вместо пособия выплачивается сумма эквивалентная их заработной плате.

В России отпуск по беременности может оформить беременная женщина, за которую поступали налоговые отчисления в Социальный фонд России, на основании листка нетрудоспособности при наступлении 30 недели беременности, открываемого гинекологом. Продолжительность декретного отпуска по беременности 140 дней, который делится на два равных периода до и после родов. При многоплодной беременности предоставляется отпуск 84 дня до родов и 110 дней после. Второй декретный отпуск, согласно статье 256 Трудового кодекса РФ – отпуск по уходу за ребёнком может продолжаться до трёх лет. Открыть такой отпуск может любой член семьи, фактически осуществляющий уход за ребёнком. При этом пособие выплачивается только до достижения ребёнком 1,5 лет, а после этого срока (с 1,5 до 3 лет) уход за малышом уже не оплачивается.

Для мужчин в Китае нет единого национального законодательства об отпуске по уходу за ребёнком. Продолжительность такого отпуска регулируется только местными нормативными актами на муниципальном или провинциальном уровне и обычно она составляет 7–15 дней. С июля 2025 года в Китае введена ежегодная субсидия на уход за детьми в размере 3 600 юаней (около \$500) для детей до трёх лет.

#### **Социальное страхование.**

Другим важным аспектом является регулирование такого важного вопроса, как страхование работника. В данном случае, разные провинции могут иметь разные базы и ставки выплат по социальному страхованию. Это связано с различиями в экономическом развитии и размере среднего дохода провинций. В России для обеспечения безопасности работников существует инспекция специальной оценки условий труда, которая проводится на основе Федерального закона №426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013.

- Включает в себя оценку всех производственных и офисных рабочих мест.
- Проводится безусловно раз в 5 лет
- Предусматривает выплаты льгот и компенсаций за вредные и опасные условия труда.
- Осуществляется аккредитованными органами.

Аналогичной специальной оценки или аттестации рабочих мест в Китае не существует из-за отсутствия каких-либо законодательных актов о государственной инспекции условий труда на рабочих местах. Вследствие этого безопасность труда в КНР остается одной из самых низких в мире.

Так в Китае работодатель может продлевать рабочее время по согласованию с профсоюзной организацией, для которой важнее выполнение плана партии, чем физическое и ментальное состояние работников. Однако существуют положения о возможном времени продления рабочего дня, так работодатель может продлить рабочее время на 1 час, но не более чем на 3 часа в день и не более 36 часов сверхурочной работы в месяц. Плата за продленный трудовой день составляет не ниже 150% от заработной платы по договору, за работу в выходные – 200%, в дни отпуска – 300%.

В России сверхурочная работа возможна только с письменного согласия работника, без такого лишь в отдельных случаях. Продление рабочего дня не может превышать 4 часов на протяжении двух дней подряд. Оплата сверхурочной работы за первые два часа составляет 1,5 стоимости заработной часовой платы работника, за последующие часы в двухкратном размере. Оплата в выходные и праздничные дни осуществляется в двойном объеме или предоставление за работу в выходной день отпускного дня в любой другой рабочий день. Также в России существует реестр из 456 запрещенных для женщин профессий. Данный список был принят еще в СССР. В КНР запрещено женщинам изучать горную промышленность, ведь после обучения сразу дают рабочее место в этой области, что тоже ограничено по половому признаку. В Китае, тем временем, работают над уменьшением случаев дискриминации по половому признаку. Нельзя задавать вопросы о семье и узнавать про беременность. Если работодатель будет замечен за дискриминацией по половому признаку, получит штраф.

### **Перспективы**

В заключение сравнительного анализа условий труда в Российской Федерации и Китайской Народной Республике можно сказать о наличии сходства и еще больших различий, обусловленных особенностями социально-экономических и политических моделей стран. Обе страны стремятся к улучшению трудовых условий, прав и безопасности рабочих, однако сталкиваются с неравенством условий работников одной сферы в разных регионах и несоблюдением законодательства. Эффективным решением проблемы станет лишь комплексный подход к совершенствованию законодательства, ужесточению мер по контролю за его исполнением, а также повышение осведомленности работников о их правах. В этом случае Россия и Китай будут способны обеспечить достойные условия труда, справедливость экономики для повышения благосостояния работников.

#### Список использованных источников

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 29.09.2025) // Глава 19. «Отпуск», статьи 114-128
2. Россия в цифрах 2023: Статистический сборник / Росстат. – М., 2023, 231 стр.
3. Интернет-ресурс *National Bureau of Statistics of China*. Статья «*The Average Annual Wage of Persons Employed in Urban Non-Private Units in 2022*»  
[https://www.stats.gov.cn/english/PressRelease/202305/t20230517\\_1939617.html](https://www.stats.gov.cn/english/PressRelease/202305/t20230517_1939617.html)

УДК 519.245:53.08

*А. А. Мартынов (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: Е. О. Худякова (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

### **НЕВЫХЛОПНЫЕ ВЫБРОСЫ АВТОТРАНСПОРТА: МАСШТАБЫ, РИСКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ**

**Аннотация.** Статья посвящена невыхлопным выбросам: пыли от износа шин, тормозных колодок и дорожного покрытия, а также повторному поднятию пыли. Цель показать масштабы проблемы в городах России, оценить риски для здоровья и отметить пробелы в правилах. Проведён обзор российских норм и научных публикаций. Описан состав частиц и их размеры. Построен графический прогноз до 2040 года. Показано, что без целевых мер выбросы могут стать доминирующим вредным фактором для здоровья, в городском воздухе. Предложено ввести нормы на невыхлопные выбросы, применять материалы без меди и цинка, а также вести регулярный мониторинг.

**Ключевые слова:** выбросы, износ шин и тормозов; дорожная пыль.

#### **Введение**

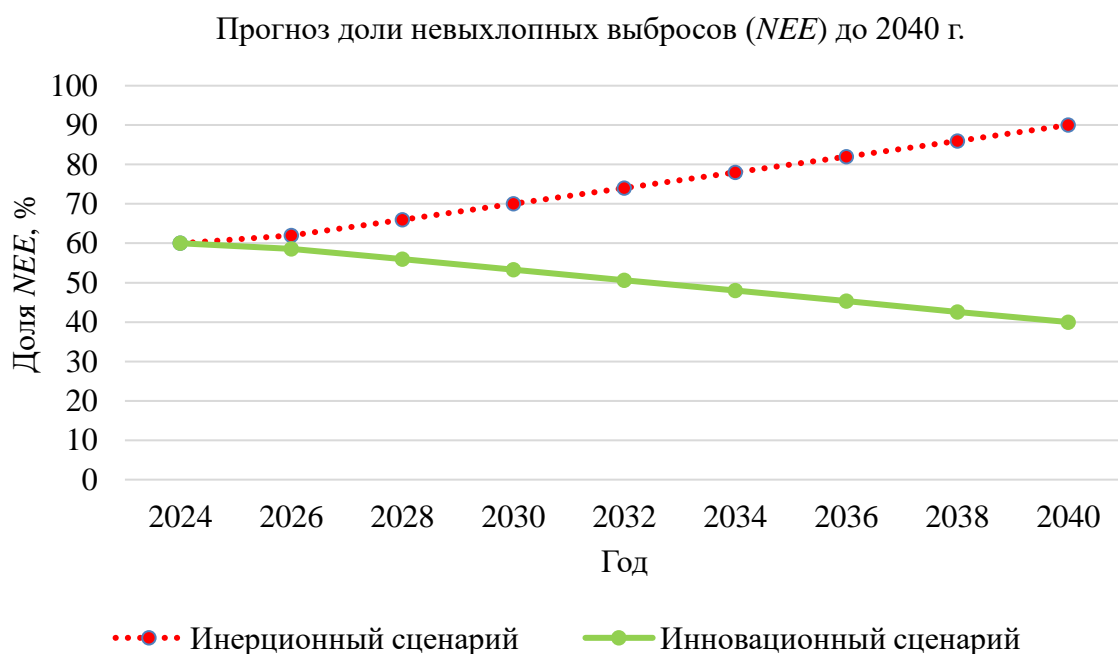
Долгое время усилия шли в одну точку – выхлоп. Евростандарты, ТР ТС 018/2011, катализаторы и сажевые фильтры заметно снизили оксиды азота, угарный газ и сажу. Но на дороге осталась другая, менее заметная: пыль от износа шин и тормозов, плюс частицы покрытия, которую поток от колёс снова поднимает в воздух. Это касается и электромобилей – источник

здесь не двигатель, а трение. В учебных материалах экология транспорта описана подробно [2, с. 11], однако про невыхлопные выбросы информации всё ещё мало.

### Масштабы проблемы

Колёсная пыль появляется прежде всего при торможении и разгоне, а на неровном покрытии её подъём усиливается. К мелким фракциям относят частицы до 2,5 мкм (PM<sub>2,5</sub>) – они легче проникают в дыхательные пути. Более крупные – до 10 мкм (PM<sub>10</sub>) – чаще оседают на дороге и затем снова поднимаются колёсами, особенно в сухую погоду. [2, с. 95]

На рис. 1 показана тенденция развития проблемы. На рис. 2 доли источников (шины, тормоза, покрытие) в общей пылевой нагрузке.



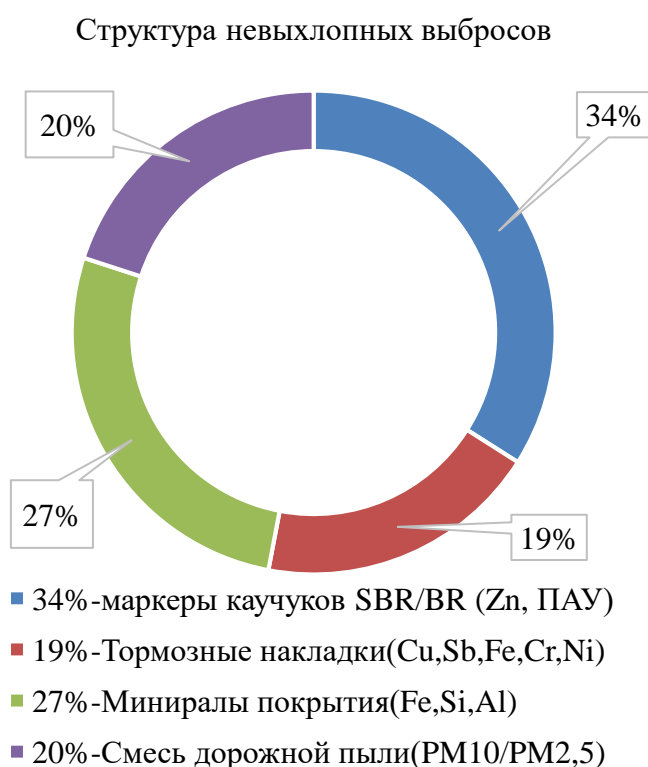
**Рис. 1. Прогноз изменения доли выбросов износа до 2040 г. (инерционный и инновационный сценарии). [2, с. 134].**

### Нормативное обеспечение и пробелы

Графики показали масштаб проблемы. А что есть в правилах? В России действует ГОСТ Р 70888-2023, идентичен *ISO/TS 20593:2017* [1, с. 1]. Стандарт описывает отбор проб на кварцевые фильтры во фракциях PM<sub>2,5</sub> и PM<sub>10</sub> [1, с. 4]. Прописан метод измерений и расчёт доли TRWP (частицы износа шин и дорожного покрытия). Предельно допустимых значений для невыхлопных частиц не рассматривают. Поэтому контроль оценивает процедуру, а не результат воздуха.

## Прогноз

Если и дальше внимание останется только на выхлопе, к 2040 году невыхлопные источники выйдут на первое место (см. рис. 1). Снизить их долю помогают простые шаги: рецептуры без меди, меньше цинка в материалах, локальные фильтры тормозной пыли, регламенты мойки и очистки дорог и постоянный мониторинг.



**Рис. 2. Структура источников пылевой фракции транспорта (шины, тормоза, износ покрытия, повторное поднятие пыли) – круговая диаграмма (нормирована по средним значениям)**

## Экономический и социальный аспект

У роста пыли есть цена. Дорога изнашивается быстрее: появляются трещины, выбоины, участки с отслаиванием. Ремонт требуется чаще. Растут расходы на содержание улично-дорожной сети. Видимость, как и комфорт падает для водителей и пешеходов. В сухую погоду пыль поднимается сильнее, в туман добавляется эффект «мутного» воздуха. Снижение концентраций связано с качеством воздуха и нагрузкой на здоровье граждан.



## Перспективы

Нужны предельные значения для таких выбросов и лимиты на токсичные элементы. Требуются более стойкие к истиранию рецептуры: меньше цинка в резинах и материалы без меди. Полезны локальные фильтры тормозной пыли. Мониторинг лучше вести по комбинированному методу анализа химического состава с учётом трафика и погоды. [2, с. 136].

## Выводы

Невыхлопные выбросы уже заметно влияют на качество городского воздуха. Их основные источники: износ шин, тормозных колодок и дорожного покрытия. Методическая база для *TRWP* собрана национальным стандартом. Следующим шагом является установление предельных значений, обновление требований к материалам и внедрение локальных систем улавливания при обязательном регулярном мониторинге. Такой комплекс мер доказанно снижает пылевую нагрузку и связанные с ней риски для здоровья.

Важно не оставаться в стороне и совершать совместные действия: органам власти запускать пилотные проекты и закреплять нормативы, производителям переходить на составы без меди и с пониженным содержанием цинка, дорожным службам стоит обеспечить уборку дорог по регулярному графику, научные центры должны расширять мониторинг и открыто публиковать данные, жителям остается поддерживать эти решения. Совместные действия дадут быстрый эффект: воздух становится чище, а города – безопаснее.

## Список использованных источников

1. ГОСТ Р 70888-2023 / *ISO/TS 20593:2017*. Атмосферный воздух. Определение массовой концентрации частиц износа шин и дорожного покрытия (*TRWP*). Метод газовой хроматографии-масс-спектрометрии (ГХ-МС) с предварительным пиролизом: – Введ. 2024-01-01. – М. : Российский институт стандартизации, 2023. – 28 с.
2. Никишин, В. Н.; Барыльникова, Е. П. Обеспечение экологической безопасности автотранспортного комплекса: учебное пособие / В. Н. Никишин, Е. П. Барыльникова. – Набережные Челны: Набережночелнин. ин-т (филиал) К(П)ФУ, 2019. – 232 с.
3. Егорова, О. С.; Буркеева, Д. Р.; Гоголь, Э. В.; Тунакова, Ю. А. Оценка вклада автотранспортных потоков в загрязнение атмосферного воздуха г. Казани // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 16. – С. 141–142.

УДК 656

*А. Г. Махрамов (Россия, Московский политехнический университет, аспирант)*

Научный руководитель: *В. И. Сарбаев (Россия, Московский политехнический университет)*

## **АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙНОСТИ НА ДОРОГАХ ТАДЖИКИСТАНА**

Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) в Республике Таджикистан остаются одной из острых социальных и экономических проблем, приводя к значительным человеческим жертвам и материальному ущербу.

В 2024 году в стране было зарегистрировано 539 аварий, в которых погибли 236 человек и 570 получили ранения.

**Причины аварийности.** Анализ аварийности показывает, что основными причинами аварий являются человеческий фактор, несоблюдение правил дорожного движения (ПДД), превышение скорости, а также недостаточная культура вождения и пешеходного поведения, в том числе:

- Превышение скорости, которое составляет до 50% всех аварийных случаев;
- Несоблюдение правил обгона (около 25%);
- Усталость водителей, особенно на международных трассах (примерно 5%);
- Техническое состояние транспортных средств (до 10%);
- Состояние дорожного покрытия (5%);
- Низкая культура поведения водителей и пешеходов, незнание базовых правил дорожного движения, и др. (5%).

Основными факторами, способствующими ДТП, являются:

- Вождение в нетрезвом состоянии: употребление алкоголя или наркотических веществ перед управлением транспортным средством.
- Несоблюдение правил дорожного движения: превышение скорости, нарушение правил проезда перекрёстков, выезд на полосу встречного движения.
- Использование мобильных устройств за рулём: разговоры по телефону или использование других гаджетов во время движения.

- Состояние дорожного покрытия: плохое качество дорог, наличие ям, трещин и других дефектов, ухудшающих сцепление шин с дорогой и повышающих риск аварий.
- Незнание или игнорирование правил дорожного движения: недостаточный уровень образования водителей о правилах дорожного движения, что приводит к ошибкам и нарушению правил.
- Коррупция при выдаче водительских прав, а также при фиксации, оформлении и расследовании нарушений ПДД и аварий, что порождает у водителей чувство безнаказанности и приводит к повторным многократным систематическим нарушениям.
- Интенсивный рост числа транспортных средств (более 600 тысяч зарегистрированных автомобилей), что повышает риск аварий [1].

Человеческий фактор, включая игнорирование правил безопасности, таких, как не пристёгнутый ремень безопасности и отсутствие использования детских удерживающих устройств, существенно увеличивает вероятность серьезных травм и смертельных исходов.

### **Конкретные меры по предотвращению ДТП.**

В Республике Таджикистан действует государственная программа по обеспечению безопасности дорожного движения (БДД), реализуемая МВД и другими государственными органами [2].

#### **Цели программы:**

Основные цели программы БДД – снижение числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП), профилактика нарушений ПДД, а также минимизация тяжести последствий аварий. Правительство Таджикистана утверждает нормативные акты, проводит государственную политику в сфере безопасности дорожного движения и координирует деятельность различных министерств и ведомств.

#### **Основные направления деятельности МВД:**

Пропаганда использования ремней безопасности и проведение совместных рейдов;

Формирование и реализация профилактических и просветительских мероприятий (включая обучение ПДД с дошкольного возраста);

Контроль за соблюдением скоростного режима, состоянием транспортных средств и наличием необходимых средств защиты (ремни, детские удерживающие устройства, шлемы);

Организация специальных операций (например, «Ремень безопасности») и постоянный мониторинг нарушений;

Учёт ДТП, разработка нормативных актов и внедрение статистической отчётности;

Создание рабочих групп и проведение обучающих курсов для водителей и работников транспортных организаций.

Все эти меры реализуются для обеспечения комплексного подхода и повышения дисциплины участников дорожного движения.

В республике разработан и внедрен комплекс мероприятий, направленных на снижение аварийности:

- Усиление контроля за соблюдением правил дорожного движения силами ГАИ, проведение круглосуточных рейдов и целевых операций (например, операции «Ремень безопасности»);
- Внедрение и повышение эффективности инфраструктурных решений, таких, как ограничение скоростных режимов (60 км/ч в городах, до 100 км/ч на автомагистралях), дорожной разметки и знаков, обеспечивающих логичное и понятное движение транспорта;
- Законодательные инициативы: приняты законы «О дорожном движении», «О транспортной безопасности», введены стандарты по безопасности транспортных средств, ремней безопасности, детских удерживающих систем и мотоциклетных шлемов;
- Работа по повышению культуры вождения через агитацию и пропаганду, трансляция информационных роликов о последствиях нарушения ПДД;
- обучение и просветительская деятельность;
- Внедрение автоматических устройств фиксации скорости и нарушения ПДД, а также ужесточение штрафов и наказаний вплоть до дисквалификации и долгосрочного лишения водительских прав;
- Борьба с коррупцией, как одним из факторов безнаказанности, обеспечение прозрачности выдачи водительских удостоверений и расследования ДТП;
- Повышение качества и оперативности оказания медицинской помощи пострадавшим в ДТП, чтобы снизить смертность и тяжелые последствия аварий.

### **Перспективы и рекомендации**

Предотвращение дорожно-транспортных происшествий в Таджикистане требует комплексного подхода с равным акцентом на законодательные, инфраструктурные, образовательные и правоохранительные меры. Следует продолжать установку и контроль работы камер видеонаблюдения

и систем фиксации нарушений для снижения человеческого фактора и коррупции [2].

Повышение культуры безопасности на дорогах возможно также через массовые просветительские кампании и изменения в системе обучения водителей. Кроме того, важно уделять внимание безопасности пешеходов и повышению их ответственности на дорогах.

Несмотря на принимаемые меры, остаются значительные вызовы, требующие комплексного подхода. Рекомендуются продолжить установку и контроль работы камер видеонаблюдения и систем фиксации нарушений для снижения человеческого фактора и коррупции. Также необходимо усилить просветительские кампании, направленные на повышение культуры безопасности на дорогах, и уделять внимание безопасности пешеходов. Только последовательное и согласованное выполнение этих мероприятий способно привести к значительному снижению аварийности и укреплению безопасности дорожного движения в республике [3].

В последние годы Республика Таджикистан сталкивается с серьезными проблемами в области дорожной безопасности, что находит свое отражение в высоком уровне дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Несмотря на предпринятые меры, такие, как усиление контроля за соблюдением правил дорожного движения, внедрение новых законодательных инициатив и проведение просветительских кампаний, остаются значительные вызовы, требующие комплексного подхода и системного решения.

Кроме того, важно обратить внимание на человеческий фактор, который остается одной из основных причин ДТП. Для этого необходимо продолжить и расширить просветительские кампании, направленные на повышение культуры безопасности на дорогах. Такие кампании должны быть ориентированы не только на водителей, но и на пешеходов, а также на детей, которые являются наиболее уязвимой категорией участников дорожного движения. Образовательные программы должны включать в себя не только теоретические знания о правилах дорожного движения, но и практические занятия, которые помогут закрепить полученные знания.

Уделение внимания безопасности пешеходов также является важным аспектом в борьбе с аварийностью. Необходимо создавать безопасные условия для передвижения пешеходов, включая обустройство тротуаров, пешеходных переходов и зон отдыха. Важно также проводить регулярные проверки состояния дорожной инфраструктуры, чтобы выявлять и устранять

потенциальные опасности, такие как ямы, трещины и другие дефекты, которые могут привести к авариям [3].

#### Список использованных источников

1. Присич А. В. Типичные аварийно-опасные ситуации на дороге. Автомобиль. ПДД. Вождение. М: Транспорт 2023. – 62 с.
2. Информационно-аналитическая справка о состоянии аварийности на дорогах Республики Таджикистан за 2025 год.
3. Транспортная инфраструктура Таджикистана: современное состояние и перспективы развития// Вестник транспортной науки. № 4, 2022. – С. 45–52.

УДК 656.13

*А. П. Полунина (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: Ш. Ш. Амирсейидов (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

### ОПТИМИЗАЦИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ОСНОВЕ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

**Аннотация:** включает методику расчета, необходимую для успешного решения сложных проблем, принятия правильных решений по повышению эффективности и производительности автомобильных перевозок, обеспечению конкурентоспособности доставляемой на рынок продукции автотранспортными предприятиями, обслуживающими фирмы-производители продукции.

**Ключевые слова:** мультимодальные, производительность, надежность.

Современная мировая экономика характеризуется высокой степенью интеграции и глобализации, что предъявляет свои требования к транспортировке в отношении качества, скорости, надежности и стоимости. В современных условиях мультимодальные виды перевозок очень важны, поскольку сочетают в себе преимущества различных видов транспорта. Основная сложность заключается в правильном обосновании выбора между доступными вариантами, так как неправильный выбор может привести к финансовым и временным потерям.

Цель исследования – демонстрация комплексного подхода к оценке и оптимизации перевозок на конкретном примере.

В качестве объекта исследования был выбран груз – керамзит, с годовым объемом перевозок  $Q = 180\,000$  т и стоимостью одной тонны  $\Pi = 16\,000$  руб. Для анализа были выбраны три варианта перевозок:

1. **При помощи железнодорожного и автомобильного видов транспорта**, предполагающий подвоз груза автомобильным транспортом из пункта А к железнодорожной станции А2 ( $l_{\Pi} = 18$  км) с последующей перевозкой по железной дороге от А2 до В ( $l_{\text{М}} = 200$  км). Общее расстояние – 218 км.

2. **Автомобильным видом транспорта**. Прямая перевозка груза от А до В. Общее расстояние –  $l_{\text{М}} = 180$  км.

3. При помощи водного и автомобильного видов транспорта. Магистральная перевозка водным транспорт из А в А1 ( $l_{\text{М}} = 220$  км), а после вывоз груза автомобильным транспорт до В ( $l_{\text{В}} = 10$ ). Общее расстояние – 230 км.

Методика расчета включала определение следующих показателей для каждого вида перевозок:

1. Общее время доставки ( $t$ , сут.): суммируется из времени всех технологических операций, таких как (подвоз, ожидание, погрузка, магистральная перевозка, разгрузка и вывоз). Для автомобильного транспорта время рассчитывалось путем деления расстояния на среднюю скорость (60 км/ч).

2. Эксплуатационные затраты на перевозку ( $S_{\text{т}}$ , руб.):

- для мультимодальных перевозок:

$$S_{\text{т}}^{\text{ЖД (В)}} = Q_{\Gamma} (S_{\Pi} \cdot l_{\Pi} + S_{\text{М}} \cdot l_{\text{М}} + S_{\text{В}} \cdot l_{\text{В}}),$$

где  $Q$  – годовой объем перевозок, т;  $S_{\Pi}$ ,  $S_{\text{В}}$  – себестоимость 1 ткм соответственно при подвозе груза автомобильным транспортом к магистральному транспорту и вывозу его с первоначального пункта, руб./ткм;  $S_{\text{М}}$  – себестоимость перевозки груза магистральным транспортом, руб./ткм;  $l_{\text{М}}$ ,  $l_{\Pi}$ ,  $l_{\text{В}}$  – расстояния перевозки соответственно магистральным транспортом, подвоза, вывоза, км;

- для перевозки автомобильным транспортом

$$S_{\text{т}}^{\text{а}} = S_{\text{а}}^{\text{М}} \cdot l_{\text{М}} \cdot Q_{\Gamma}.$$

3. Материальные средства в обороте (Ф, руб.) рассчитывали по формуле

$$\Phi = \frac{Q_{\Gamma} \cdot \Pi_{\Gamma} \cdot t}{365},$$

расчет показывает, сколько денежных средств находится в грузе в процессе перевозки.

4. Общие затраты на перевозку (З, руб.) рассчитываются как сумма эксплуатационных затрат и доли средств в обороте, вычисляемой с помощью коэффициента эффективности  $E_n = 0,15$ .

Полученные результаты для сравнения представлены в табл. 1.

**Таблица 1. Сравнительная характеристика вариантов перевозок**

Показатель расчета	Вид транспорта		
	ж/д	автомобильный	водный
Общее расстояние перевозки, км.	218	180	230
Общее время перевозки, сут.	5,2	0,125	5,5
Годовой объем перевозок, т	180 000	180 000	180 000
Затраты перевозок, тыс. руб.:	159 264	142 560	1560
- подвоз	11 664	-	3 600
- средства в обороте, руб.	41 030 136,99	986 301, 37	43 397 260,27
Общие затраты, руб.	165 418 520,55	142 707 945,21	162 569 589,04

Согласно полученным результатам можно сделать вывод об экономической эффективности использования автомобильного вида транспорта. Несмотря на достаточно высокую себестоимость, решающую роль сыграло минимальное время доставки, что привело к максимальному сокращению объема средств в обороте.

Для заданных условий перевозки с привлечением нескольких видов транспорта неэффективны. Однако выбор в пользу железнодорожного транспорта может быть обусловлен рядом факторов: отсутствием автомобильных дорог, экологическими ограничениями или загрузкой автотранс-



портных мощностей в регионе. В связи с этим оптимизация именно железнодорожно-автомобильного варианта представляет собой практический интерес.

Были смоделированы два взаимодополняющих мероприятия: использование для перевозки автомобилей с наибольшей производительностью и организация процесса «погрузки-разгрузки с колес».

В первую очередь был проведен сравнительный анализ двух моделей автомобилей-самосвалов: МАЗ-5551 (грузоподъемность 10 т) и КамАЗ-6517 (грузоподъемность 14,5 т). Расчет производительности ( $W$ , т/ч) выполняли по формуле

$$W_Q = \frac{q_n \cdot \gamma_{ст} \cdot V_T \cdot \beta}{l_{ге} + t_{пр} \cdot V_T \cdot \beta},$$

где  $q_n$  – грузоподъемность автомобиля,

$\gamma_{ст}$  – коэффициент статического использования грузоподъемности (0,6),

$V_T$  – скорость транспорта (25 км/ч),

$l_{ге}$  – расстояние, пройденное автомобилем (18 км).

Результаты расчета ключевых показателей сведены в табл. 2.

**Таблица 2. Сравнительная характеристика автомобилей-самосвалов**

Критерий	МАЗ-5551	КамАЗ-6517
Время погрузки, мин	9,4	13,63
Время простоя, ч	0,43	0,59
Производительность, т/ч	3,21	4,28

Рост производительности при использовании КамАЗ-6517 составил 33,3 %. Было принято возможным снижение затрат при подвозе на 80 % от роста, то есть 0,266 руб./ткм. Таким образом, новая себестоимость подвоза 3,334 руб./ткм.

Скорректированные затраты на подвоз составили 10 802 160 руб., в то время как экономия на подвозе – 861 480 рублей.

Технология процесса «погрузки-разгрузки с колес» предполагает, что перевозка массовых навалочных грузов обычно осуществляется автомобилями-самосвалами, а их погрузка – одноковшовыми экскаваторами. Разгрузка автомобилей осуществляется на железнодорожной станции прямо в

вагоны. Выбираем автомобиль, обеспечивающий наибольшую производительность (КамАЗ-6517).

Расчеты параметров следующие:

1. Время оборота автомобиля при работе, ч.,

$$t_{об} = t_{общ.п} + \frac{2 \cdot l_{re}}{v_T} + t_p = 2,025 \text{ ч.}$$

2. Количество необходимых автомобилей, ед.,

$$A = \frac{t_{об}}{t_{общ.п}} = 6$$

3. Временной интервал между прибытием автомобилей, ч.,

$$I_a = \frac{t_{об}}{A} = 0,34$$

4. Продолжительность загрузки всего железнодорожного состава, ч.,

$$T_z = t_{об} \cdot Z_{об} = 37,24$$

Ключевым результатом является сокращение общего времени доставки до 2,59 сут. Результаты до и после оптимизации сведены в табл. 3.

**Таблица 3. Сравнительная эффективность железнодорожно-автомобильного варианта**

Критерий	До оптимизации	После оптимизации	Относительное изменение (%)
Общее время перевозки, сут.	5,2	2,59	-50,2
Затраты на перевозку, руб.	159 264 000	158 402 160	-0,5
Средства в обороте, руб.	41 030 137	20 436 164	-50,2
Общие затраты, руб.	165 418 521	161 467 585	-2,4

Проведенное исследование показывает двухэтапный подход к принятию решений в организации мультимодальных перевозок. На первом этапе был выявлен оптимальный вариант – автомобильная перевозка – для коротких и средних расстояний перевозка автомобильным транспортом может быть эффективнее, чем выбор мультимодальных схем с использованием магистральных видов транспорта.

На втором этапе была доказана возможность повышения эффективности изначально невыгодного варианта. Разработанный комплекс мероприятий показал, что технологическое перевооружение автопарка (использование КамАЗ-6517) позволило увеличить производительность на 33,3 %. Ор-

ганизация «погрузки-разгрузки с колес» – оптимальный вариант для сокращения времени доставки почти в два раза. Суммарное снижение затрат на 2,4 % делает железнодорожно-автомобильный тип перевозки конкурентоспособным по отношению к другим, а иногда и единственно возможным.

#### Список использованных источников

1. Основы логистики : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности «Организация перевозок и управление на транспорте» / под ред. В. А. Гудкова. – М. : Горячая линия-Телеком, 2010. – 351 с.
2. Основы логистики : учеб. пособие / под ред. проф. Л. Б. Миротина и проф. В. И. Сергеева. – М. : ИНФРА-М, 2000. – 170 с.
3. Гудков, В. А. Логистика : учеб. пособие / В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, С. А. Ширяев. – Волгоград : РПК «Политехник», 2002. – 306 с.
4. Чудаков, А. Д. Логистика: учеб.-практ. пособие / А. Д. Чудаков. – М. : Альфа-Пресс, 2008. – 352 с.

УДК 632.151

*А. А. Патенко (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: Ю. К. Кокурина (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

### ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ

«Автомобиль не роскошь, а средство передвижения» – ироническое утверждение Ильфа и Петрова давно стало реальностью.

Автомобили интенсивно поглощают кислород, взамен «обогащая» атмосферный воздух токсичными компонентами выхлопов, опасными для живого и неживого.

Масштаб экологической проблемы в России, связанной с транспортной отраслью, довольно велик: десятая часть всех выбросов приходится на средства передвижения.

Большой вклад в усиление парникового эффекта вносит именно транспорт.

По данным российского национального кадастра выбросов парниковых газов, который предоставляет страна в соответствии с рамочной кон-

венцией ООН об изменении климата, в России на долю транспорта ежегодно приходится 11 % всех выбросов. Это около 225 млн т в эквиваленте  $CO_2$ . Всего в стране фиксируется около 2 млрд т выбросов в год.

Парниковый эффект от выбросов автомобилей заключается в том, что компоненты отработанных выхлопных газов проникают в атмосферу, повышают её плотность в нижних слоях и создают эффект парника. В итоге солнечные лучи попадают на поверхность Земли и нагревают её, но тепло не может уходить обратно в космос.

Некоторые парниковые газы, которые содержатся в выхлопных газах автомобилей:

- Углекислый газ ( $CO_2$ ). Один из основных парниковых газов, который вызывает парниковый эффект. Его накопление в атмосфере усиливает глобальное потепление, что приводит к таянию ледников, увеличению уровня моря и аномальным погодным явлениям. Средняя глобальная температура неумолимо растет, и Всемирная метеорологическая организация сообщила, что 2024 год стал самым теплым в истории наблюдений. По данным исследований, автомобили с двигателями внутреннего сгорания производят около 1,2 – 1,6 раза больше  $CO_2$ , чем электромобили.

- Метан ( $CH_4$ ). Газ, который в 25 раз сильнее  $CO_2$  в плане воздействия на парниковый эффект.

- Закись азота ( $N_2O$ ). Газ, который в 300 раз сильнее  $CO_2$  в плане воздействия на парниковый эффект.

У газов разное время жизни, например, у метана оно составляет около 12 лет, у  $N_2O$  – 114 лет. Часть антропогенных выбросов углекислого газа удаляются из атмосферы в течении нескольких десятилетий, но значительная часть остается в атмосфере вплоть до нескольких тысячелетий.

Пока существует легковой и грузовой автотранспорт на дизеле или бензине, то будут и выбросы газов, даже несмотря на их значительное снижение в результате регулярного ужесточения требований к качеству моторного топлива.

Дизельные двигатели работают при более высокой температуре и давлении, что способствует более полному сгоранию топлива. В результате это приводит к меньшему образованию продуктов неполного сгорания по сравнению с бензиновыми моторами. Выхлопы бензиновых двигателей содержат больше углеводородов и угарного газа, в то время как дизельные выбрасывают оксиды азота и твердые частицы (сажу).

Со временем двигатель изнашивается и уже не может полностью сжигать топливо. Это приводит к выбросу токсичных веществ: опасного «коктейля» из оксидов углерода и азота, соединений, вызывающих заболевания органов дыхания.

Последствия парникового эффекта от выбросов автомобилей:

- повышение уровня мирового океана;
- глобальное потепление;
- таяние ледников.

Влияние транспорта на атмосферу можно уменьшить, если повысить экологичность машин. Наиболее опасными загрязнителями воздуха ВОЗ признала твердые взвешенные частицы. Автомобили выбрасывают их при сжигании топлива, трении шин об асфальт, разрушении дорожного покрытия. Ученые выделяют частицы диаметрами меньше 0,01 миллиметра ( $PM_{10}$ ) и меньше 0,0025 миллиметра ( $PM_{2,5}$ ), что в 40 раз тоньше человеческого волоса.  $PM_{2,5}$  переносятся на большие расстояния, проникают в легкие, вызывают респираторные заболевания и аллергию.

Парниковые газы (ПГ) играют ключевую роль в изменении климата. Повышение их концентрации в атмосфере приводит к усилению парникового эффекта, что, в свою очередь, вызывает глобальное потепление, изменение погодных условий и увеличение числа природных катастроф. В связи с этим задача мониторинга и количественной оценки выбросов ПГ становится не только научной, но и стратегической задачей для бизнеса, государства и общества.

Для эффективного управления выбросами необходим точный расчет парниковых газов, с учетом действующего законодательства и международных стандартов. В 2025 году расчеты производятся с использованием *GHG Protocol*, *ISO 14064* и Приказа Минприроды РФ №371, а результаты выражаются в углекислом эквиваленте ( $CO_2$ -экв.). Это позволяет сравнивать выбросы различных газов и формировать единую систему учета и отчетности.

С 2025 года в ЕС планируют ввести новые целевые показатели выбросов  $CO_2$  для легковых автомобилей. Цель – 93,6 грамма  $CO_2$  на километр. Автопроизводители, которые не достигнут этих показателей, должны будут платить штрафы.

Чтобы снизить выбросы, автопроизводителям придется продавать больше автомобилей с нулевым и низким уровнем выбросов (*ZLEV*). К ним относятся как полностью электрические автомобили, так и подключаемые гибриды, которые выбрасывают менее 50 г/км  $CO_2$ .

#### Список использованных источников

1. Амбарцумян, В. В. Экологическая безопасность автомобильного транспорта / В. В. Амбарцумян, В. Б. Носов, В. И. Тагасов. – М. : Гарант, 2019. – 228 с.
2. Ененкова, В. Г. Защита окружающей среды при транспортных процессах / В. Г. Ененкова. – М. : Транспорт, 2019. – 254 с.
3. Терентьев, В. В. Применение интеллектуальных систем для снижения расхода топлива на автомобильном транспорте / В. В. Терентьев, А. В. Шемякин // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии : материалы I Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Рязань, 2021. – С. 460 – 465.
4. Успенский, И. А. Снижение загрязнений окружающей среды выбросами ДВС / И. А. Успенский, И. А. Юхин, А. С. Колотов, А. И. Ушанев // Сельский механизатор. – 2018. – № 2. – С. 4 – 5.

УДК 632.151

*А. А. Патенко (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: Ю. К. Кокурина (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

### **ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЕДЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

«Спасается тот, кто спасается сам» – эта народная мудрость как никогда актуальна в условиях внезапно возникшей угрозы. Однако важно понимать, что эта способность не появляется сама собой, она требует специальной подготовки и знаний.

Чрезвычайные ситуации (ЧС) интенсивно воздействуют на психику человека, вызывая широкий спектр реакций – от адекватных и спасительных до деструктивных и опасных для самого человека и окружающих. Это воздействие может быть кратковременным, а может иметь долгосрочные негативные последствия для психического здоровья.

Масштаб проблемы обеспечения психологической безопасности в условиях ЧС в России крайне велик: ежегодно тысячи людей сталкиваются с последствиями природных и техногенных катастроф, и их поведение

напрямую влияет на эффективность спасательных работ. Эта проблема касается не только тех, кто непосредственно пострадал, но и спасателей, добровольцев и всех причастных к ликвидации последствий.

Большой вклад в усугубление обстановки вносят именно панические и нерациональные реакции населения. Эти реакции часто возникают из-за отсутствия простых и понятных инструкций, а также из-за недостатка элементарных знаний.

По данным исследований МЧС России и профильных психологических служб, в первые минуты чрезвычайной ситуации лишь около 25 % людей способны сохранять самообладание и действовать рационально. Около 70 % находятся в состоянии ошеломления и психологического ступора, а до 5 % могут демонстрировать истерические и панические реакции, которые дезорганизуют остальных. Эти цифры показывают, насколько важно работать с подавляющим большинством, находящимся в ступоре, чтобы вывести их из этого состояния.

Психологический эффект от внезапной угрозы заключается в том, что мощный выброс стрессовых гормонов (адреналина, кортизола) «отключает» логическое мышление и запускает древние, инстинктивные модели поведения – «бей», «беги» или «замри». В итоге человек либо действует необдуманно, либо впадает в бездействие, что в обоих случаях может привести к трагическим последствиям. Бездействие часто оказывается даже более опасным, чем паника.

Некоторые ключевые психологические состояния и реакции в ЧС:

- Острая стрессовая реакция (ОСР). Кратковременное расстройство, проявляющееся в виде тремора, плача, истерики или апатии. Является нормальной реакцией на ненормальные обстоятельства, но требует коррекции. Коррекция заключается в простых методах: дать человеку воды, увести в безопасное место, говорить спокойным и уверенным голосом.
- Паника. Массовое, заразительное явление, характеризующееся чувством неуправляемого страха и потребностью немедленно спастись. Паника распространяется по принципу «психического заражения» и в разы увеличивает количество жертв. Остановить панику можно только быстрыми и решительными действиями профессионалов.
- Когнитивные нарушения. Сужение сознания, снижение способности адекватно воспринимать информацию и принимать решения. Человек может не слышать команд спасателей или не узнавать знакомые места. В

таком состоянии инструкции нужно повторять много раз, короткими и простыми фразами.

Со временем, если ЧС носит затяжной характер, у пострадавших может развиваться посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР) – тяжелое состояние, вызывающее длительные нарушения психики, флешбэки, бессонницу и социальную дезадаптацию. С ПТСР очень сложно бороться без помощи специалистов, и оно может длиться годами.

Последствия неподготовленности населения к психологическим трудностям в ЧС:

- повышение количества жертв из-за неадекватного поведения, люди травмируют себя и других, даже когда прямой угрозы уже нет;
- затруднение работы спасательных служб, спасателям приходится тратить время не только на спасение, но и на успокоение людей;
- долгосрочные социальные и психические проблемы у выживших, семьи распадаются, люди теряют работу и не могут вернуться к нормальной жизни.

Влияние человеческого фактора на последствия катастроф можно уменьшить, если повысить психологическую грамотность и готовность населения. Наиболее опасными, по данным экспертов, являются именно панические и депрессивные реакции, ведущие к недееспособности. Этому способствует недостаток информации, слухи и незнание алгоритмов действий.

Ученые выделяют несколько типов поведения в толпе во время ЧС: паническое, героическое, апатичное и адекватное. Задача психологов и спасателей – быстро идентифицировать паникеров и изолировать их, опереться на «героев» и вывести из ступора максимальное число людей. «Герои» часто действуют интуитивно правильно, но их также нужно направлять, чтобы их действия были эффективными.

Психологическая подготовка играет ключевую роль в снижении ущерба от ЧС.

Повышение уровня знаний и отработка навыков поведения в условиях стресса приводит к росту числа людей, способных действовать рационально, что, в свою очередь, спасает жизни и уменьшает материальный ущерб. Даже одна проведенная тренировка может значительно повысить шансы на выживание. В связи с этим задача обучения населения основам психологической безопасности становится не только педагогической, но и стратегической задачей государства. Без этого все технические средства спасения будут неэффективны.



Для эффективного управления поведением толпы необходим точный расчет рисков и понимание групповой динамики. Подготовка проводится в соответствии с Приказом МЧС РФ от 20.09.2011 №525 «Об утверждении Порядка оказания экстренной психологической помощи пострадавшему населению в зонах чрезвычайных ситуаций и при пожарах». Это позволяет формировать единую систему обучения и адекватного реагирования. Этот документ определяет, какую именно помощь и в каком объеме необходимо оказывать.

В рамках реализации государственной политики в области гражданской обороны в России планируется расширение программ психологического просвещения населения. Цель – повысить процент людей, сохраняющих самообладание в ЧС. Эти программы должны быть рассчитаны на все возрастные группы и социальные слои.

Чтобы снизить психологические потери, органам власти и спасательным службам придётся активнее внедрять тренинги и информационные кампании, направленные на выработку алгоритмов правильного поведения. К ним относятся как массовые учения, так и точечная работа с использованием современных технологий для моделирования стрессовых сценариев. Особое внимание нужно уделять работе в школах и вузах.

Важным аспектом является также работа со средствами массовой информации. Журналисты должны знать основы психологии ЧС, чтобы не усугублять панику своими репортажами, а помогать спасательным службам информировать население. Правильно поданная информация может спасти сотни жизней.

Еще одним направлением работы является помощь спасателям и добровольцам. Эти люди сами работают в условиях крайнего стресса и нуждаются в психологической поддержке. Без этого они могут получить профессиональное выгорание и сами стать жертвами ПТСР. Забота о тех, кто спасает других, является важной частью общей системы.

Таким образом, проблема психологического поведения в ЧС является комплексной. Она требует усилий не только со стороны государства, но и со стороны каждого человека. Изучение простых алгоритмов поведения, участие в учениях и знание основ первой психологической помощи может сделать каждого человека не просто потенциальной жертвой, но и активным участником спасения. Как своей жизни, так и жизней окружающих людей. Это тот самый случай, когда знания действительно превращаются в силу.

#### Список использованных источников

1. Орлова, Л. Н. Психологическая защита и поведение людей в чрезвычайных ситуациях : учеб. пособие / Л. Н. Орлова, Д. И. Омарова. – Омск : Изд-во ОмГПУ, 2018. – 357 с.
2. Рогачева, Т. В. Психология экстремальных ситуаций и состояний : учеб. пособие / Т. В. Рогачева, Г. В. Залевский, Т. Е. Левицкая. – Томск : Изд. Дом ТГУ, 2015. – 276 с.
3. Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях = *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations* // учредитель ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова» МЧС России. – 2025. – № 1. – С. 5 – 42 – ISSN 1995-4441 (*print*), ISSN 2541-7487 (*online*).

УДК 35.088.2

**У. В. Прокопьева** (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)

Научный руководитель: **Е. А. Киндеев** (Россия, г. Владимир, ВлГУ)

### **РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕР ПО СНИЖЕНИЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ СВАРЩИКА**

Сварщики подвержены влиянию магнитных полей, а также инфракрасного, ультрафиолетового излучения и яркого света дуги, что может вызывать профзаболевания.

Исследования, проведенные в вагонном депо ОАО «РЖД», зафиксировали превышение предельно допустимых уровней неионизирующих излучений при выполнении ручной электродуговой сварки. В частности, магнитная индукция достигает 74,2 мТл при норме 10 мТл (класс вредности 3.2).

В целях уменьшения электромагнитных и иных видов излучения на рабочих местах предлагается внедрение современных инверторных сварочных аппаратов (Сварог *REAL ARC 200* (КНР), РЕСАНТА САИ-250ПН (Россия), *AuroraPRO OVERMAN 200* (Россия–Китай)), которые характеризуются существенно меньшими уровнями электромагнитного излучения по сравне-

нию с устаревшими трансформаторными моделями, снижая величину магнитной индукции до диапазона 15–25 мТл. Дополнительно рекомендуется установка локальных экранирующих конструкций на рабочих местах, выполненных из специальных материалов с высокой магнитной проницаемостью, обеспечивающих задержку до 80% мощности магнитного поля.

Для повышения автоматизации и дистанцирования сварщика от источников излучения возможно применение отечественных или китайских автоматизированных сварочных манипуляторов колонного и портального типа (системы «Кедр», «Интех», либо *Shenyang Haitai*, КНР), что позволяет увеличить расстояние между рабочим и аппаратом до одного метра, снижая воздействие на персонал на 35–45%.

Средства индивидуальной защиты от неионизирующих излучений должны быть эффективными, удобными, долговечными и соответствовать предъявляемым к ним требованиям, обеспечивая надежную защиту от неионизирующих излучений при выполнении ручной электродуговой сварки (табл. 1).

**Табл. 1. Сравнение эффективности средств индивидуальной защиты от неионизирующих излучений**

Вид СИЗ	Защита от УФ-излучения	Защита от ИК-излучения	Защита от видимого света	Эргономичность
Щиток сварщика «Сварог AS-4001F» (КНР/РФ)	99,98%	99,1%	Автоматическое затемнение 5-13 DIN	Высокая
Щиток сварщика «РЕСАНТА МС-2» (РФ)	99,95%	98,5%	Автоматическое затемнение 5-13 DIN	Высокая
Щиток сварщика <i>Aurora Sun 9</i> (КНР/РФ)	99,96%	97,7%	Автоматическое затемнение 5-13 DIN	Средняя
Костюм сварщика алюминизированный «Восток-Сервис»	98,5%	95%	Не применимо	Средняя
Костюм сварщика «Техноавиа»	97,2%	92%	Не применимо	Высокая
Перчатки «Зеленый остров» АП-Алюминизированные	99%	94%	Не применимо	Средняя
Перчатки «Восток-Сервис» П14	98%	90%	Не применимо	Высокая

Щиток «Сварог AS-4001F» обеспечивает затемнение 5–13 *DIN*, быстрое срабатывание фильтра – менее 1/25000 сек, постоянную защиту от УФ и ИК-излучения (13 *DIN*), до 5000 часов работы от литиевой батареи, а также регулируемые параметры и эргономичное оголовье.

Альтернативой является щиток «*RESANTA* Маска хамелеон» с надежной электроникой, адаптацией к российским условиям и автоматическим затемнением 5–13 *DIN*. Он защищает от УФ- и ИК-излучения (до 99,95% и 98,5% соответственно) и позволяет вручную регулировать настройки фильтра.

Щиток «*Aurora Sun 9*» совместного российско-китайского производства характеризуется сбалансированным соотношением цены и качества, обеспечивая защиту от ультрафиолета на уровне 99,96% и от инфракрасного излучения на 97,7%. Особенностью данной модели является увеличенная зона обзора и улучшенная система вентиляции, что повышает комфорт при длительной работе.

Для защиты от теплового воздействия инфракрасного излучения рекомендуется использовать специализированные костюмы с алюминизированным покрытием, отражающим до 95% тепла.

Для защиты рук используются специализированные перчатки с алюминизированным покрытием. Модель АП-Алюминизированные (ООО «Зеленый остров») изготовлена из кожи специальной выделки, обеспечивает до 99% защиты от УФ-излучения и до 94% – от инфракрасного, имеет усиления в зонах износа, эргономичную форму и надежную фиксацию. Перчатки П14 («Восток-Сервис») сочетают высокую тактильную чувствительность и эффективную защиту благодаря многослойному покрытию с градиентом свойств.

Для мониторинга уровня воздействия электромагнитных полей рекомендуется применение отечественных индивидуальных дозиметров магнитного поля серии ИДМ производства АО «НПФ «Доза». Данные устройства обеспечивают непрерывный контроль параметров магнитного поля в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц с точностью измерения  $\pm 15\%$  и возможностью установки пороговых значений для звуковой и световой сигнализации при превышении допустимых уровней воздействия.

Для дополнительного снижения воздействия магнитных полей при особо сложных и длительных сварочных операциях рекомендуется внедрение отечественных экранирующих комплектов серии «ЭП-4(0)», представ-

ляющих собой систему защитной одежды с интегрированными экранирующими элементами. Комплект включает куртку, брюки, перчатки и специальную обувь с вплетенными металлическими нитями на основе серебра и меди, обеспечивающих коэффициент экранирования магнитного поля до 32 дБ в диапазоне частот от 50 Гц до 1 МГц.

Необходима централизованная система учета и контроля СИЗ с использованием *RFID*-меток или *QR*-кодов для мониторинга срока службы и состояния изделий. Перспективным направлением является внедрение интеллектуальных СИЗ со встроенными датчиками для мониторинга окружающей среды и состояния работника в реальном времени.

С учетом изложенного выше был составлен рекомендуемый комплект СИЗ для сварщика при повышенном уровне неионизирующих излучений (табл. 2).

**Табл. 2. Рекомендуемый комплект СИЗ для сварщика при повышенном уровне неионизирующих излучений**

Наименование	Модель/ производитель	Назначение/ защищаемые факторы	Основные по- казатели эф- фективности	Особенности использования
Сварочный щиток	Сварог AS-4001F (КНР/РФ)	Защита лица/глаз от УФ-, ИК-излучения, света дуги	УФ – 99,98%, ИК – 99,1%, авто затемнение 5–13 <i>DIN</i>	Высокая эргономика, автоматический светофильтр
Костюм сварщика	«Восток-Сервис», алюминизированный	Защита тела от ИК-излучения, тепловых и механических воздействий	ИК – до 95%, УФ – 98,5%	Модульная конструкция, вентиляция
Перчатки защитные	«Зеленый остров» АП-Алюминизированные	Защита рук от УФ, ИК, тепла	УФ – 99%, ИК – 94%	Усиленные зоны износа, фиксация на запястье
Обувь специальная	«Техноавиа», с экранирующими элементами	Защита стоп от тепла, искр, статического электричества	Защита от тепла/искр, антистатик	Огнестойкая подошва, экранирующие нити
Дозиметр индивидуальный	ИДМ («НПФ Доза», Россия)	Оповещение об опасном уровне магнитного поля	Диапазон 5 Гц – 2 кГц, точность $\pm 15\%$	Звуко- и светосигнализация

Экран защитный	Экранирование рабочего места	Снижение уровня магнит- ного поля	Задержка до 80% поля	Установка возле зоны сварки
-------------------	---------------------------------	---	-------------------------	-----------------------------------

Внедрение современных инверторных сварочных аппаратов, эффективных экранов, автоматизированных манипуляторов и правильно подобранного комплекса СИЗ значительно снижает уровень воздействия неионизирующих излучений на сварщиков.

Комплексный подход к защите, включающий технические, организационные и индивидуальные меры, позволяет минимизировать профессиональные риски и повысить безопасность рабочих мест в вагонном депо.

УДК 519.245:53.08

*М. Н. Сизов (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: Д. А. Колов (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

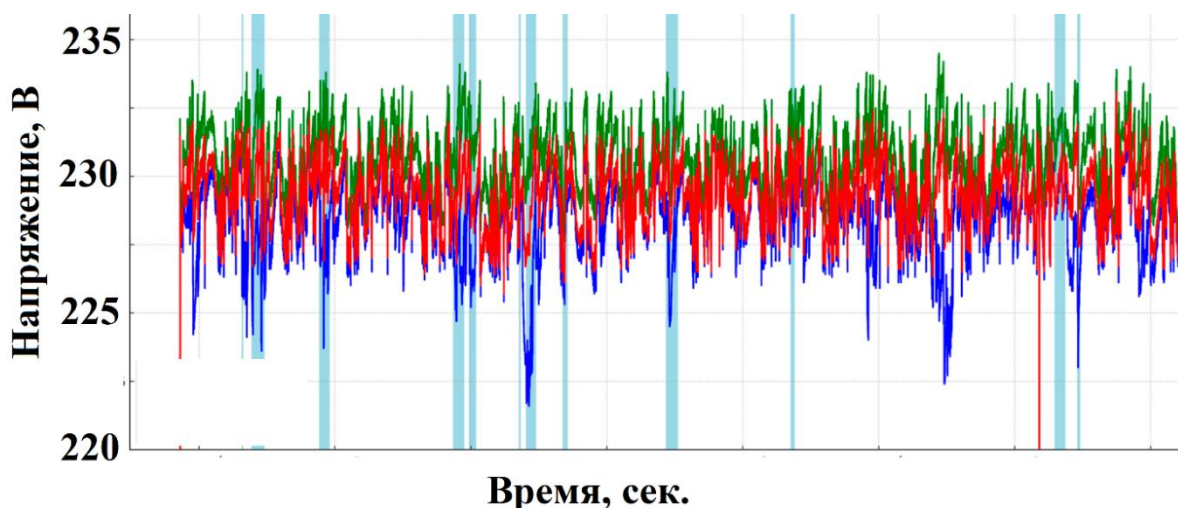
## **ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ**

В статье будут рассмотрены вопросы измерения напряженности электрического поля ( $E$ ) и плотности магнитного потока ( $B$ ) электромобилей во время движения и зарядки. Параметры  $E$  и  $B$  рассматриваются в стандартах Международной комиссии по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP) и Института инженеров электротехники и электроники (IEEE) данные стандарты широко используются в России. рассмотрим данные стандарты с точки зрения внешнего воздействия на тело человека. Параметры  $E$  и  $B$  необходимо замерять и сравнивать с нормативными значениями как внутри, так и вблизи электромобиля.

Электромобиль рассматривается как прогрессивный подход к улучшению экологической обстановки в мире посредством борьбы с глобальным потеплением через декарбонизацию. Однако такой аспект существования электромобилей как длительное воздействие неионизирующих магнитных полей остается малоизученным. Для анализа этих полей предлагается провести замеры  $E$  и  $B$  в следующих локациях: вблизи водительского сидения во время движения, вблизи пассажирских сидений во время движения,

вблизи проводной (кондуктивной) станции зарядки электромобилей постоянного тока (*DC*) во время процесса зарядки электромобиля, вблизи проводной (кондуктивной) станции зарядки электромобилей переменного тока (*AC*) во время процесса зарядки электромобиля, вблизи беспроводной станции (индуктивной) зарядки электромобилей во время зарядки.

Электромобили отличаются высоким энергопотреблением, поэтому уровень электромагнитного излучения высок. Уровень магнитного поля нормируется чтобы избежать его влияния на электротехнические и микроэлектронные устройства, также для избегания влияния на окружающую среду. Зарядные станции и инвертеры электромобилей формируют переменный ток с высокочастотными гармониками (гармоники 3, 5 и 11 порядков) см. рис. 1.



**Рис. 1. Высокочастотные гармоники в электросети электромобиля**

Эти гармоники формируют высокочастотные электромагнитные поля, воздействующие на пассажиров. Частота этих полей достигает в среднем 550 Гц. Нахождение человека в зоне действия таких полей имеет зарегистрированные симптомы: нагревание тканей тела, головные боли, беспокойство, депрессия. Всемирная организация здравоохранения ВОЗ 2007*a* и *b* дает руководство по возможным вредным эффектам воздействия электромагнитного поля. Нахождение человека в поле частотой от 1 до 100 кГц приводит к нарушению зрения и нервным расстройствам. *ICNIRP* - делает выводы о связи таких излучений с раком у детей, что было предметом большого количества исследований. Нормативные значения *E* и *B* представлены на рис. 2.



Биологические эффекты серьезны для головы, ног и туловища. Поэтому предлагается провести замеры в зоне головы, рук, туловища, ног водителя, а также заднего сидения и ног пассажира см. рис. 3. Результаты измерений представлены в табл. 1. Анализ показывает, что измеренные параметры не превышают пороговые значения, представленные на рис. 2.

Табл. 1. Результаты измерений  $E$  и  $B$

№ позиции по рис. 3	1	2	3	4	5	6
Значение $E$ , В/м	50	80	80	130	70	120
Значение $B$ , мкТл	0,25	0,81	0,67	1,92	1,1	1

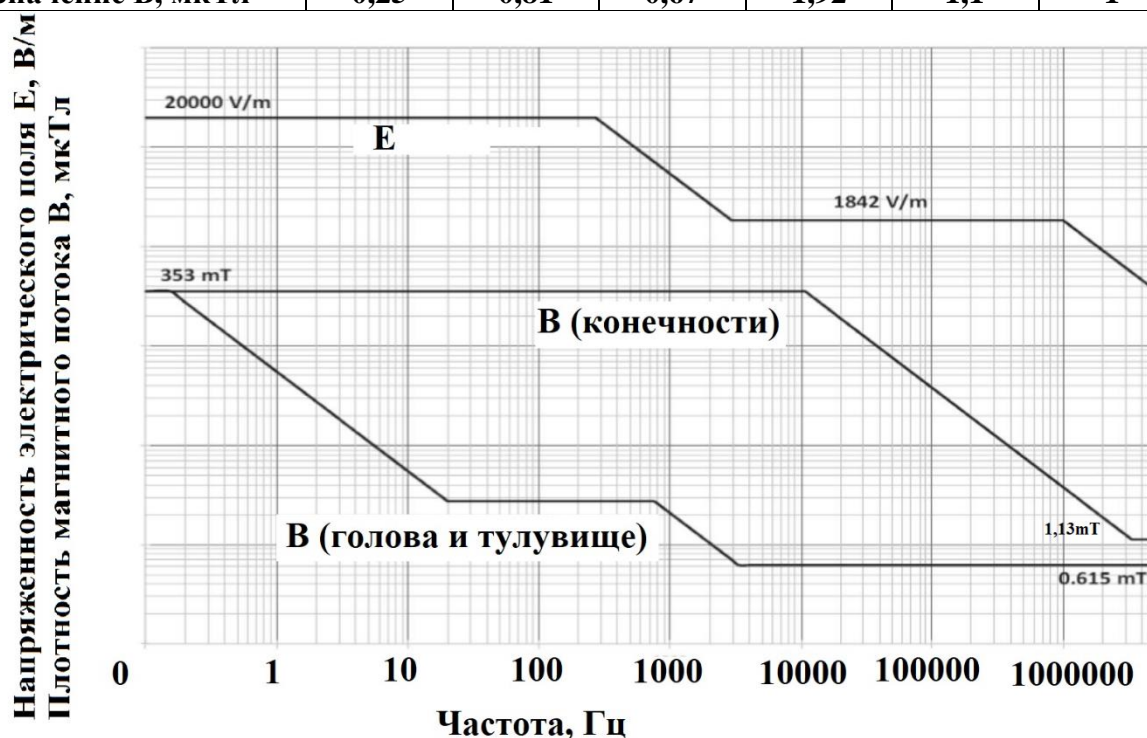


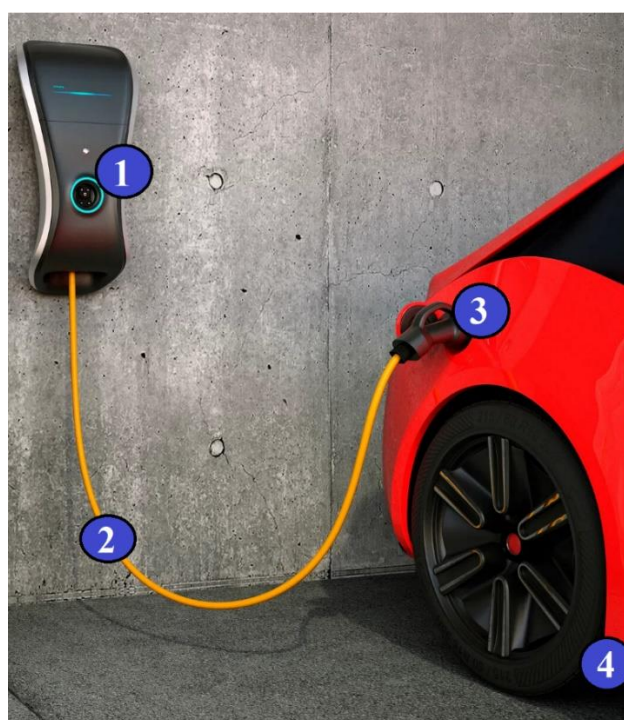
Рис. 2. Графическое представление нормативных значений  $E$  и  $B$  согласно *IEEE*





**Рис. 3. Места проведения замеров  $E$  и  $B$  внутри электромобиля**

Далее следует провести исследование по параметрам  $E$  и  $B$  зарядное устройство. Схема исследования представлена на рис. 4. Замеры необходимо сделать около батареи, коннектора подключения, зарядного кабеля и самой зарядной станции. Результаты замеров приведены в табл. 2. анализ показывает превышение порогового значения плотности магнитного потока  $B$  при зарядке автомобиля. превышения зарегистрированы возле зарядной станции и коннектора. данные нарушения предположительно вызваны слабым экранированием данных устройств.



**Рис. 4. Места проведения замеров  $E$  и  $B$  зарядной станции**

**Табл. 2. Результаты замеров  $E$  и  $B$  зарядной станции**

№ позиции по рис. 4	1	2	3	4
Значение $E$ , В/м	50	800	250	100
Значение $B$ , мкТл	650	150	450	1,86

Полученные результаты не являются конечными. Анализируя различные источники, можно сделать вывод, что параметры, приведённые в табл. 1 и табл. 2 сильно отличаются у моделей разных производителей.

Метод смягчения воздействия электромагнитного поля включают в себя повышение ответственности производителей электромобилей и зарядных станций, улучшение экранирования высоковольтных токоведущих частей, оптимизация прокладки высоковольтных элементов и расположения силовой электроники. также необходимо учесть расположение зарядных станций с учетом влияния электромагнитных полей.

УДК 519.245:54.08

*П. Ю. Степенев (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

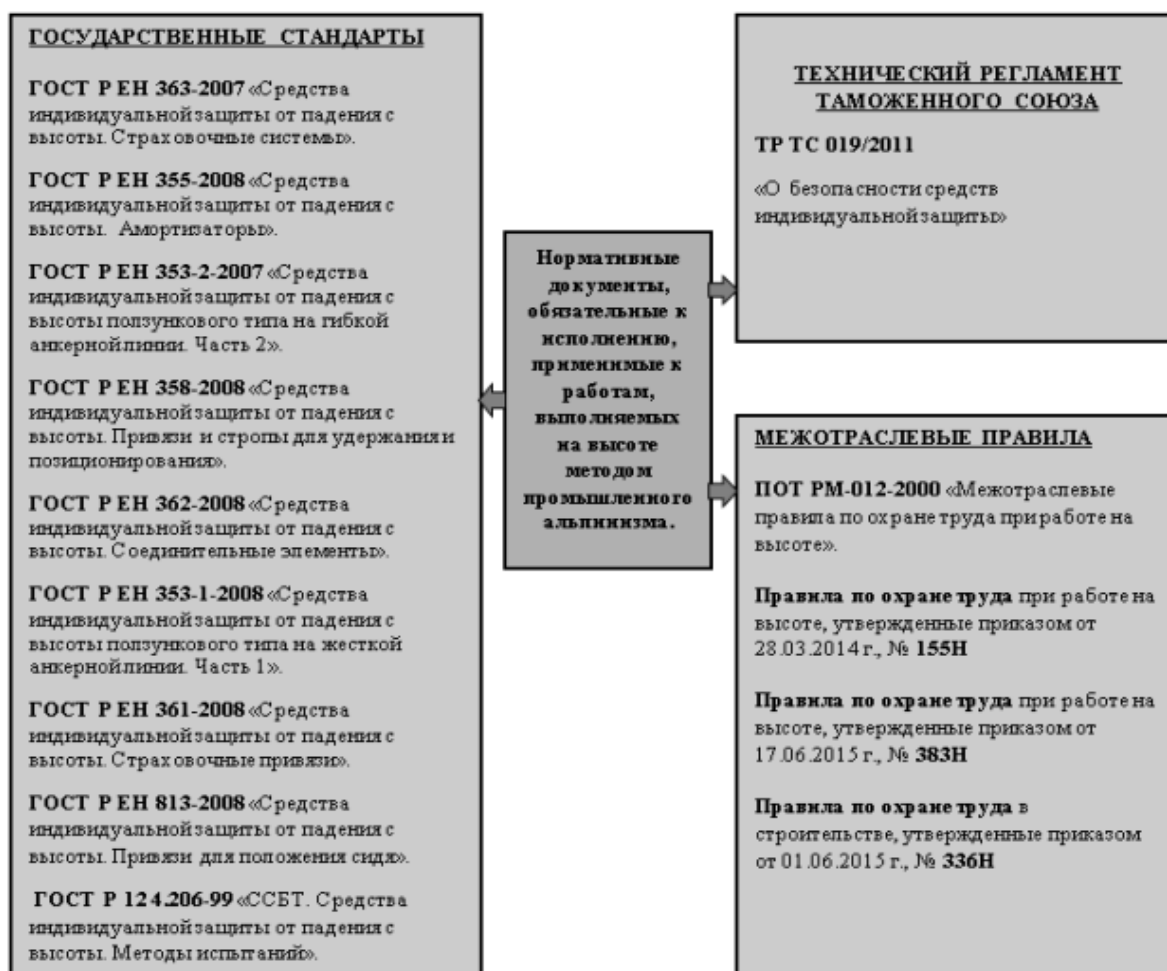
*Научный руководитель: Е. О. Худякова (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## **ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ В ПРОМЫШЛЕННОМ АЛЬПИНИЗМЕ**

Безопасность жизнедеятельности в промышленном альпинизме является одним из важнейших требований к организации труда.

Рассмотрим существующую нормативно-правовую базу в данной сфере (рис. 1):

Рисунок 1: Нормативные документы, обязательные к исполнению, применимые к работам, выполняемым на высоте методом промышленного альпинизма.



**Рис. 1. Нормативно-правовые документы обязательные для соблюдения при работе на высоте**

Можно прийти к выводу, что сфера регулируется недостаточно. Не существует единого федерального закона, а государственные стандарты давно не обновлялись. К примеру, Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих включает в себя упоминание «Промышленный альпинист» лишь с 5 по 7 разряд, минуя требования для младшего персонала.

Высокий уровень текучести кадров практически всегда является следствием присутствия серьезных недостатков в управлении персоналом и организации безопасности жизнедеятельности в целом, его можно назвать своеобразным индикатором неблагополучия. Конкретно в промышленном альпинизме высокий уровень текучести кадров связан со спецификой производства (например, в зимний период - большой объем сезонных работ).

**Табл. 1. Уровень текучести кадров на предприятиях**

**связанных с промышленным альпинизмом**

	Среднесписочная численность за 2022 год	Количество уволен- ных, чел.	Коэффициент текуче- сти, %
1	2	3	5
ООО «Альп-Сити»	21835	1049	4,74%
ООО «Альпинисты»	16370	687	4,2%
ООО «Вертикаль»	8767	448	5,1%
ООО «Евроальп»	4756	233	4,8%

Для выбора компаний с целью проведения анализа системой управления персоналом и безопасности труда, в частности, необходимо определить несколько организаций, текучесть кадров в которых стремиться к естественному. Это будет показателем удовлетворенности персонала существующей системой охраны труда.

К сожалению, важность мероприятий по обеспечению безопасности работников в нашей стране недостаточно серьезно воспринимается кадровыми службами на протяжении долгого периода. До сих пор нет федерального закона, определяющего положение промышленных альпинистов, отчего многие предприятия и компании не имеют даже базовых программ адаптации. Возможно, это связано с непониманием руководства организации всей значимости процесса адаптации новых работников, а также бытующим мнением о сложности внедрения большинства процессов управления безопасностью персонала организации.

На текущий момент есть достаточно примеров различных процедур, которые позволяют достичь поставленных целей организации безопасности труда. К таким процедурам относятся: определение рабочего места, составление программы наставничества, ознакомление с локальными НПА, закрепляющими требования к собственной безопасности работника и многое другое. Огромную роль в успехе всех проводимых мероприятий играют инструменты адаптации. Спектр этих инструментов в современных компаниях различается, но есть инструменты, которые, как правило, присутствуют во всех крупных компаниях: инструктаж, адаптационный лист, анкета по завершению периода адаптации.

Для анализа существующих практик по имеющимся эффективным мероприятиям направленных на безопасность сотрудников предприятий, связанных с промышленным альпинизмом, форм их проведения и назначения ответственных за проведение мероприятий выбраны следующие предприятия. Анализ имеющихся мероприятий по адаптации персонала представлен в таблице 2.

**Табл. 2. Мероприятия по инструктажу безопасности на предприятиях связанных с промышленным альпинизмом**

Мероприятие	ООО «Альпинисты»	ООО «Альп-Сити»	ООО «Вертикаль»	ООО «Евроальп»
1	2	3	4	5
Проведение вводного инструктажа на рабочем месте	Руководитель подразделения	Руководитель подразделения	Ответственный работник подразделения	Руководитель подразделения
Представление сотрудника персоналу подразделения ответственного за безопасность	Руководитель/наставник	Руководитель подразделения	Руководитель подразделения/непосредственный руководитель работника	Руководитель подразделения
Знакомство с нормативными документами	Руководитель/наставник	Руководитель подразделения	Руководитель подразделения	Руководитель подразделения
Инструктаж по технике безопасности	Специалист по охране труда и промышленной безопасности	Специалист по охране труда и промышленной безопасности	Специалист по охране труда и промышленной безопасности	Специалист по охране труда и промышленной безопасности

Проводя анализ используемых мероприятий по инструктажу безопасности персонала, следует обратить внимание на используемые при этом инструменты. Выбор инструмента, как и выбор мероприятий по инструктажу, имеет свои особенности. Применимые в одной организации и успешно используемые инструменты могут не найти своего применения в другой организации. Это зависит и от степени разработанности самой системы безопасности персонала, и от возраста и размера организации. Сравнительный анализ инструментов, используемых в период адаптации работников, представлен в таблице 3.

Из представленных данных можно сделать вывод, что всё больше современных организаций стараются в максимально полном объеме использовать существующие инструменты, чтобы обезопасить работников. Но существуют и те, которые используют небольшое количество инструментов по безопасности труда сотрудников, что допустимо ввиду отсутствия жестких требований по охране труда со стороны регулятора.

**Табл. 3. Инструменты, используемые в период адаптации работников**

Инструменты адаптации	ООО «Альпинисты»	ООО «Альп-Сити»	ООО «Вертикаль»	ООО «Евроальп»
1	2	3	4	5
Положение об адаптации	да	да	да	да
Книга сотрудника	да	да	нет	нет
Инструктаж техники безопасности	да	да	да	да
Экзаменационный лист, подтверждающий квалификацию	да	нет	да	да
Наставничество	да	да	да	да
Обучение безопасности в компании	стажировка	стажировка	согласно инструкции по рабочему месту	стажировка

Исходя из проведенного анализа процесса управления безопасностью работников на предприятиях, связанных с промышленным альпинизмом, можно сделать следующие выводы:

1Проведенный анализ нормативно-правовой базы источников показал, что современным компаниям необходимо проводить все возможные мероприятия, которые будут способствовать предельно быстрому и максимально комфортному обучению сотрудников безопасности труда для того чтобы уменьшить личные временные и экономические затраты, вследствие чего компания обретает квалифицированного работника.

Анализ практик показал, что охрана труда персонала в организациях, связанных с промышленным альпинизмом, должна быть закреплена в локально-нормативном акте – Инструктаже о безопасности. В инструктаже о безопасности персонала должны быть четко прописан механизм, ответственные сотрудники на каждом этапе процесса, формы проведения мероприятий по обучению личной безопасности и инструменты, которые при этом используются.

#### Список использованных источников

1. Трудовой кодекс Российской Федерации (Федеральный закон № 197-ФЗ от 30 декабря 2001 года (ред. от 05.02.2023))
2. Сопоев, С. А. Адаптация молодых специалистов в современных российских организациях: дис. кандидата социологических наук: 22.00.04 / С. А. Сопоев. – Москва, 2019. – 133 с.
3. Сульдина, Г. А. Управление персоналом в системе государственного важно и муниципального управления/ – Казань: Казанский государственный результатов университет им. В. И. Ульянова – Ленина, 2021 – 131 с.
4. Сысоева, Ю. А. Удовлетворенность аспектами трудовой деятельности как фактор мотивации и интеграции молодых работников промышленных предприятий // Инновационный потенциал молодежи: глобализация, политика, интеграция : сб. ст. участников Междунар. молодежн.науч.-исслед. конф. (Екатеринбург, 25–26 октября 2019 года). – 2019. – С. 446-454.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОЙ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ВИДАМИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ И ДОРОЖНЫМИ УСЛОВИЯМИ

**Аннотация:** целью данной работы является исследование корреляционных зависимостей между видами дорожно-транспортных происшествий и дорожными условиями. В качестве объекта исследования выбрана совокупность данных о дорожно-транспортных происшествиях в городе Владимир. Для достижения поставленной цели использовался метод аналитических исследований, основанный на теории корреляции. В качестве функции уравнения регрессии были выбраны виды дорожно-транспортных происшествий, а в качестве аргументов уравнения регрессии – дорожные условия.

**Ключевые слова:** виды дорожно-транспортных происшествий, дорожные условия, корреляционная связь, аварийность, безопасность движения.

### Материалы и методы

Теория корреляции достаточно подробно рассмотрена в литературе [1, 2, 3]. Корреляционная связь выражается в виде математической зависимости между двумя статистическими случайными величинами  $x$  и  $y$ . В качестве значений  $y$  были выбраны виды дорожно-транспортных происшествий, а в качестве значений  $x$  – дорожные условия, способствующие ДТП. Нумерация видов ДТП, а также дорожных условий, выполнена согласно литературе [4]. В качестве примера, были проанализированы ДТП, произошедшие в городе Владимир за 2009 – 2012 года.

### Результаты и обсуждение

Вычислим коэффициент корреляции и корреляционное отношение между видами дорожно-транспортных происшествий ( $y$ ) и дорожными условиями, способствующими ДТП ( $x$ ), сведенных в корреляционную табл. 1, и составим уравнение регрессии  $y$  на  $x$ .

Пользуясь данными табл. 1, легко вычислить статистические характеристики распределений  $x$  и  $y$ , а также значения ковариации  $C_{xy}$  и коэффициента корреляции  $r_{xy}$ :

$$\bar{X} = \frac{\sum n_x \cdot x}{\sum n_x} = \frac{1935}{165} = 11,727;$$



$$\bar{y} = \frac{\sum m_y \cdot y}{\sum m_y} = \frac{639}{165} = 3,873;$$

**Табл. 1. Корреляционная таблица с данными  
для расчета коэффициента корреляции**

Значения y (Вид ДТП)	Значения x (Классификация дорожных условий)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1		2							11			25	
2												1	
3									1			4	
4									1			4	
5		2							54			20	
6									2			8	
7													
8									1			4	
9									1				
$n_x$	0	4	0	0	0	0	0	0	71	0	0	66	0
$n_x \cdot x$	0	8	0	0	0	0	0	0	639	0	0	792	0
$n_x \cdot x^2$	0	16	0	0	0	0	0	0	5751	0	0	9504	0
$\sum n_{xy} \cdot y$	0	12	0	0	0	0	0	0	317	0	0	235	0
$x \sum n_{xy} \cdot y$	0	24	0	0	0	0	0	0	2853	0	0	2820	0
$\bar{y}_x$	0	3	0	0	0	0	0	0	4,4648	0	0	3,561	0

Продолжение табл. 1

Значения y (Вид ДТП)	Значения x (Классификация дорожных условий)												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1		2		1				2					6
2													
3		1											
4													
5	1		1				5	2	2				
6							1						
7													
8													
9													
$n_x$	1	3	1	1	0	0	6	4	2	0	0	0	6
$n_x \cdot x$	14	45	16	17	0	0	120	84	44	0	0	0	156
$n_x \cdot x^2$	196	675	256	289	0	0	2400	1764	968	0	0	0	4056
$\sum n_{xy} \cdot y$	5	5	5	1	0	0	31	12	10	0	0	0	6
$x \sum n_{xy} \cdot y$	70	75	80	17	0	0	620	252	220	0	0	0	156
$\bar{y}_x$	5	1,667	5	1	0	0	5,167	3	5	0	0	0	1

Окончание табл. 1

Значения у (Вид ДТП)	Значения х (Классификация дорожных условий)			$m_y$	$m_y \cdot y$	$m_y \cdot y^2$
	27	28	29			
1				49	49	49
2				1	2	4
3				6	18	54
4				5	20	80
5				87	435	2175
6				11	66	396
7				0	0	0
8				5	40	320
9				1	9	81
$n_x$	0	0	0	<b>165</b>	<b>639</b>	<b>3159</b>
$n_x \cdot x$	0	0	0	<b>1935</b>		
$n_x \cdot x^2$	0	0	0	<b>25875</b>		
$\sum n_{xy} \cdot y$	0	0	0	<b>639</b>		
$x \sum n_{xy} \cdot y$	0	0	0	<b>7187</b>		
$\bar{y}_x$	0	0	0			

$$C_{xy} = \frac{\sum (x \sum n_{xy} \cdot y)}{\sum n_x} - \bar{X}\bar{Y} = \frac{7187}{165} - 11,727 \cdot 3,873 = -1,861;$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum n_x \cdot x^2}{\sum n_x} - \bar{X}^2} = \sqrt{\frac{25875}{165} - 11,727^2} = 4,393;$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum m_y \cdot y^2}{\sum m_y} - \bar{Y}^2} = \sqrt{\frac{3159}{165} - 3,873^2} = 2,036;$$

$$r_{xy} = \frac{C_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} = \frac{-1,861}{4,393 \cdot 2,036} = -0,208.$$

Для вычисления корреляционного отношения  $\eta_y$  необходимо сначала вычислить среднее квадратическое отклонение значений частной средней  $\bar{y}_x$  от общей средней  $\bar{Y}$  ( $\sigma_{\bar{y}_x}$ ). Для удобства вычисления  $\sigma_{\bar{y}_x}$  составим табл. 2.

Пользуясь данными табл. 2, вычислим  $\sigma_{\bar{y}_x}$ :  $\sigma_{\bar{y}_x} = \sqrt{\frac{152,362}{165}} = 0,961$ .

Корреляционное отношение:  $\eta_y = \frac{0,961}{2,036} = 0,472$

Составим уравнение линейной регрессии у на х:

$$\bar{y}_x - 3,873 = -0,208 \frac{2,036}{4,393} (x - 11,727);$$

$$\bar{y}_x = -0,096x + 1,126 + 3,873;$$

$$\bar{y}_x = -0,096x + 4,999.$$

**Табл. 2. Исходные данные для вычисления  $\sigma_{\bar{y}_x}$**

$x$	$n_x$	$\bar{y}_x$	$\bar{y}_x - \bar{Y}$	$(\bar{y}_x - \bar{Y})^2$	$n_x(\bar{y}_x - \bar{Y})^2$
1	0	0	0	0	0
2	4	3,000	-0,873	0,762	3,047
3	0	0	-3,873	14,998	0
4	0	0	-3,873	14,998	0
5	0	0	-3,873	14,998	0
6	0	0	-3,873	14,998	0
7	0	0	-3,873	14,998	0
8	0	0	-3,873	14,998	0
9	71	4,465	0,592	0,351	24,888
10	0	0	-3,873	14,998	0
11	0	0	-3,873	14,998	0
12	66	3,561	-0,312	0,097	6,430
13	0	0	-3,873	14,998	0
14	1	5,000	1,127	1,271	1,271
15	3	1,667	-2,206	4,867	14,600
16	1	5,000	1,127	1,271	1,271
17	1	1,000	-2,873	8,253	8,253
18	0	0	-3,873	14,998	0
19	0	0	-3,873	14,998	0
20	6	5,167	1,294	1,674	10,046
21	4	3,000	-0,873	0,762	3,047
22	2	5,000	-3,873	14,998	29,996
23	0	0	-3,873	14,998	0
24	0	0	-3,873	14,998	0
25	0	0	-3,873	14,998	0
26	6	1,000	-2,873	8,253	49,515
27	0	0	-3,873	14,998	0
28	0	0	-3,873	14,998	0
29	0	0	-3,873	14,998	0
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>165</b>			<b><math>\Sigma</math></b>	<b>152,362</b>

Вычислим по этому уравнению теоретические значения  $\bar{y}'_x$  для значений  $x$  и сопоставим их с наблюдаемыми значениями  $\bar{y}_x$  из табл. 1. Также определим отклонение  $\bar{y}_x$  от  $\bar{y}'_x$  при каждом значении  $x$ , которое обозначено  $|\Delta x|$ . Результаты сопоставления представлены в табл. 3.

**Табл. 3. Сопоставление  $\bar{y}_x$  с  $\bar{y}'_x$**

$x$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\bar{y}_x$	0	3,000	0	0	0	0	0	0	4,465	0	0
$\bar{y}'_x$	4,903	4,807	4,711	4,615	4,519	4,423	4,327	4,231	4,135	4,039	3,943
$ \Delta x $	4,903	1,807	4,711	4,615	4,519	4,423	4,327	4,231	0,33	4,039	3,943
$x$	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
$\bar{y}_x$	3,561	0	5,000	1,667	5,000	1,000	0	0	5,167	3,000	5,000
$\bar{y}'_x$	3,847	3,751	3,655	3,559	3,463	3,367	3,271	3,175	3,079	2,983	2,887
$ \Delta x $	0,286	3,751	1,345	1,892	1,537	2,367	3,271	3,175	2,088	0,017	2,113
$x$	23	24	25	26	27	28	29				
$\bar{y}_x$	0	0	0	1,000	0	0	0				
$\bar{y}'_x$	2,791	2,700	2,600	2,500	2,41	2,311	2,215				
$ \Delta x $	2,791	2,700	2,600	1,5	2,41	2,311	2,215				

Проверим, не случайно ли значение  $r_{xy}$  отличается от нуля [1]:

$$|r_{xy}|\sqrt{n-1} = 0,208\sqrt{165-1} = 2,66 < 3.$$

Следовательно, прямолинейная связь не доказана. Но, криволинейная связь возможна.

### **Заключение**

Исследования корреляционной связи между видами ДТП и дорожными условиями, способствующими ДТП, не доказали наличие прямолинейной связи.

### **Список использованных источников**

1. Солонин И. С. Математическая статистика в технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 1972. – 216 с.
2. Кацев П. Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. – 2-е, перераб. и доп. изд. – М.: Машиностроение, 1974. – 231 с.
3. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных. – Перевод с английского. Под редакцией канд. техн. наук Э.К. Лецкого – М.: Мир, 1980. – 610 с.
4. Приказ МВД РФ от 18.06.1996 № 328 (ред. от 16.02.2009) «О мерах по реализации Постановления Правительства Российской Федерации от 29 июня 1995 г. № 647». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=267554#09231310455196962> (дата обращения: 10.09.2025).

5. Печатнова, Е. В. Влияние времени суток на дорожно-транспортную аварийность / Е. В. Печатнова // Мир транспорта. – 2016. – Т. 14, № 2(63). – С. 194-200. – *EDN XVAMHV*.
6. Учаева, А. А. Дорожные условия и безопасность движения / А. А. Учаева, М. Х. Гатиятуллин // Техника и технология транспорта. – 2020. – № 2 (17). – С. 9. [Электронный ресурс]. URL: <https://transport-kgasu.ru/files/N17-09BDD220.pdf> (дата обращения 10.09.2025).

УДК 656.1

*А. В. Толков, О. А. Толков (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КРИВОЛИНЕЙНОЙ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ВИДАМИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ И ДОРОЖНЫМИ УСЛОВИЯМИ**

**Аннотация:** Целью данной работы является исследование корреляционных зависимостей между видами дорожно-транспортных происшествий и дорожными условиями. В качестве объекта исследования выбрана совокупность данных о дорожно-транспортных происшествиях в городе Владимир. Для достижения поставленной цели использовался метод аналитических исследований, основанный на теории корреляции. В качестве функции уравнения регрессии были выбраны виды дорожно-транспортных происшествий, а в качестве аргументов уравнения регрессии – дорожные условия.

**Ключевые слова:** виды дорожно-транспортных происшествий, дорожные условия, корреляционная связь, аварийность, безопасность движения.

### **Материалы и методы**

Теория корреляции достаточно подробно рассмотрена в литературе [1, 2, 3]. Корреляционная связь выражается в виде математической зависимости между двумя статистическими случайными величинами  $x$  и  $y$ . В качестве значений  $y$  были выбраны виды дорожно-транспортных происшествий, а в качестве значений  $x$  – дорожные условия, способствующие ДТП. Нумерация видов ДТП, а также дорожных условий, выполнена согласно литературе [4]. В качестве примера, были

проанализированы ДТП, произошедшие в городе Владимир за 2009 – 2012 года.

### Результаты и обсуждение

Вычислим параболическую регрессию  $y$  на  $x$ , для этого представим данные в виде табл. 1.

**Табл. 1. Корреляционная таблица**

Значения $y$ (Вид ДТП)	Значения $x$ (Классификация дорожных условий)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1		2							11			25	
2												1	
3									1			4	
4									1			4	
5		2							54			20	
6									2			8	
7													
8									1			4	
9									1				
$n_x$	0	4	0	0	0	0	0	0	71	0	0	66	0
$\sum n_{xy} \cdot y$	0	12	0	0	0	0	0	0	317	0	0	235	0
$\bar{y}_x$	0	3	0	0	0	0	0	0	4,4648	0	0	3,561	0

Продолжение табл. 1

Значения у (Вид ДТП)	Значения х (Классификация дорожных условий)													
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
1		2		1				2					6	
2														
3		1												
4														
5	1		1				5	2	2					
6							1							
7														
8														
9														
$n_x$	1	3	1	1	0	0	6	4	2	0	0	0	6	
$\sum n_{xy} \cdot y$	5	5	5	1	0	0	31	12	10	0	0	0	6	
$\bar{y}_x$	5	1,667	5	1	0	0	5,167	3	5	0	0	0	1	

Окончание табл. 1

Значения $y$ (Вид ДТП)	Значения $x$ (Классификация дорожных условий)			$m_y$
	27	28	29	
1				49
2				1
3				6
4				5
5				87
6				11
7				0
8				5
9				1
$n_x$	0	0	0	<b>165</b>
$\sum n_{xy} \cdot y$	0	0	0	
$\bar{y}_x$	0	0	0	

Для вычисления коэффициентов  $a$ ,  $b$ ,  $c$  составим вспомогательную табл. 2.

Тогда, система уравнений будет иметь вид:

$$\left. \begin{aligned} 165a + 1935b + 25875c &= 639; \\ 1935a + 25875b + 399513c &= 7187; \\ 25875a + 399513b + 7122111c &= 89827 \end{aligned} \right\}$$

Для решения этих уравнений, разделим числовые коэффициенты каждого из них на коэффициент при  $a$ :

$$a + 11,727b + 156,818c = 3,873; \quad (a)$$

$$a + 13,372b + 206,467c = 3,714; \quad (б)$$

$$a + 15,44b + 275,251c = 3,472. \quad (в)$$

Вычтем из уравнения (б) уравнение (а) и из уравнения (в) уравнение (б):

$$1,645b + 49,649c = -0,159;$$

$$2,068b + 68,784c = -0,242.$$

Разделим эти уравнения на коэффициенты при  $b$ :

$$b + 30,182c = -0,097; \quad (г)$$

$$b + 33,261c = -0,117. \quad (д)$$

**Табл. 2. К расчету коэффициентов  $a, b, c$  уравнения параболы**

$n_x$	$x$	$n_x x$	$n_x x^2$	$n_x x^3$	$n_x x^4$	$\bar{y}_x$	$n_x \bar{y}_x$	$n_x \bar{y}_x x$	$n_x \bar{y}_x x^2$
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	2	8	16	32	64	3	12	24	48
0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
71	9	639	5751	51759	465831	4,465	317	2853	25677
0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
0	11	0	0	0	0	0	0	0	0
66	12	792	9504	114048	1368576	3,561	235	2820	33840
0	13	0	0	0	0	0	0	0	0
1	14	14	196	2744	38416	5	5	70	980
3	15	45	675	10125	151875	1,667	5	75	1125
1	16	16	256	4096	65536	5	5	80	1280
1	17	17	289	4913	83521	1	1	17	289
0	18	0	0	0	0	0	0	0	0
0	19	0	0	0	0	0	0	0	0
6	20	120	2400	48000	960000	5,167	31	620	12400
4	21	84	1764	37044	777924	3	12	252	5292
2	22	44	968	21296	468512	5	10	220	4840
0	23	0	0	0	0	0	0	0	0
0	24	0	0	0	0	0	0	0	0
0	25	0	0	0	0	0	0	0	0
6	26	156	4056	105456	2741856	1	6	156	4056
0	27	0	0	0	0	0	0	0	0
0	28	0	0	0	0	0	0	0	0
0	29	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>165</b>		<b>1935</b>	<b>25875</b>	<b>399513</b>	<b>7122111</b>		<b>639</b>	<b>7187</b>	<b>89827</b>

Вычтя из уравнения (д) уравнение (г), получим

$$3,079c = -0,02,$$

откуда

$$c = -0,006.$$

Подставляя значение  $c$  в уравнение (г), найдем

$$b + 30,182 \cdot (-0,006) = -0,097;$$

$$b - 0,181 = -0,097;$$

$$b = 0,084.$$

Подставляя  $b$  и  $c$  в уравнение (а), получим

$$a + 11,727 \cdot 0,084 + 156,818(-0,006) = 3,873;$$



$$a + 0,985 - 0,941 = 3,873;$$

$$a = 3,873 - 0,985 + 0,941 = 3,829.$$

Таким образом, уравнение параболической регрессии  $y$  на  $x$ , по данным табл. 1, примет следующий вид:

$$\bar{y}_x = 3,829 + 0,084x - 0,006x^2.$$

Подставляя в это уравнение значения  $x$ , получим теоретические значения частных средних  $\bar{y}'_x$ . Результаты расчетов представлены в табл. 3.

**Табл. 3. Сопоставление  $\bar{y}_x$  с  $\bar{y}'_x$**

$x$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\bar{y}_x$	0	3,000	0	0	0	0	0	0	4,465	0	0
$\bar{y}'_x$	3,907	3,973	4,027	4,069	4,099	4,117	4,123	4,117	4,099	4,069	4,027
$ \Delta x $	3,907	0,973	4,027	4,069	4,099	4,117	4,123	4,117	0,366	4,069	4,027
$x$	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
$\bar{y}_x$	3,561	0	5,000	1,667	5,000	1,000	0	0	5,167	3,000	5,000
$\bar{y}'_x$	3,973	3,907	3,829	3,739	3,637	3,523	3,397	3,259	3,109	2,947	2,773
$ \Delta x $	0,412	3,907	1,171	2,072	1,363	2,523	3,397	3,259	2,058	0,053	2,227
$x$	23	24	25	26	27	28	29				
$\bar{y}_x$	0	0	0	1,000	0	0	0				
$\bar{y}'_x$	2,587	2,389	2,179	1,957	1,723	1,477	1,219				
$ \Delta x $	2,587	2,389	2,179	0,957	1,723	1,477	1,219				

### Заключение

Исследования корреляционной связи между видами ДТП и дорожными условиями, способствующими ДТП, доказали, что криволинейная (параболическая второго порядка) корреляционная связь достаточно тесная.

### Список использованных источников

1. Солонин И. С. Математическая статистика в технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 1972. – 216 с.
2. Кацев П. Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. – 2-е, перераб. и доп. изд. – М.: Машиностроение, 1974. – 231 с.
3. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных. – Перевод с английского. Под редакцией канд. техн. наук Э.К. Лецкого – М.: Мир, 1980. – 610 с.
4. Приказ МВД РФ от 18.06.1996 № 328 (ред. от 16.02.2009) «О мерах по реализации Постановления Правительства Российской Федерации от 29

- июня 1995 г. № 647». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=267554#09231310455196962> (дата обращения: 10.09.2025).
5. Печатнова, Е. В. Влияние времени суток на дорожно-транспортную аварийность / Е. В. Печатнова // Мир транспорта. – 2016. – Т. 14, № 2(63). – С. 194-200. – EDN XVAMHV.
6. Учаева, А. А. Дорожные условия и безопасность движения / А. А. Учаева, М. Х. Гатиятуллин // Техника и технология транспорта. – 2020. – № 2 (17). – С. 9. [Электронный ресурс]. URL: <https://transportkgasu.ru/files/N17-09BDD220.pdf> (дата обращения 10.09.2025).

УДК 656.1

*А. В. Толков, О. А. Толков (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ВИДАМИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ И СОСТОЯНИЯМИ ПОГОДЫ**

**Аннотация:** целью данной работы является исследование корреляционных зависимостей между видами дорожно-транспортных происшествий и состояниями погоды. В качестве объекта исследования выбрана совокупность данных о дорожно-транспортных происшествиях в городе Владимир. Для достижения поставленной цели использовался метод аналитических исследований, основанный на теории корреляции. В качестве функции уравнения регрессии были выбраны виды дорожно-транспортных происшествий, а в качестве аргументов уравнения регрессии – состояния погоды.

**Ключевые слова:** виды дорожно-транспортных происшествий, состояния погоды, корреляционная связь, аварийность, безопасность движения.

### **Материалы и методы**

Теория корреляции достаточно подробно рассмотрена в литературе [1, 2, 3]. Корреляционная связь выражается в виде математической зависимости между двумя статистическими случайными величинами  $x$  и  $y$ . В качестве значений  $y$  были выбраны виды ДТП, а в качестве значений  $x$  – состояния погоды. Нумерация видов ДТП, а также состояний погоды, при

которых оно произошло, выполнена согласно литературе [4]. В качестве примера, были проанализированы ДТП, произошедшие в городе Владимир за 2009 – 2012 года.

### Результаты и обсуждение

Вычислим коэффициент корреляции и корреляционное отношение между видами дорожно-транспортных происшествий ( $y$ ) и состояниями погоды ( $x$ ), сведенных в корреляционную табл. 1, и составим уравнение регрессии  $y$  на  $x$ .

**Табл. 1. Корреляционная таблица с данными для расчета коэффициента корреляции**

Значения $y$ (Вид ДТП)	Значения $x$ (Классификация состояний погоды)					$m_y$	$m_y \cdot y$	$m_y \cdot y^2$
	1	2	3	4	5			
1	535	255	5	87	48	930	930	930
2	33	13			1	47	94	188
3	74	40	2	9	12	137	411	1233
4	48	22		9	5	84	336	1344
5	515	272	5	120	53	965	4825	24125
6	46	7		1		54	324	1944
7						0	0	0
8	100	26	1	6	2	135	1080	8640
9	6	1				7	63	567
$n_x$	1357	636	13	232	121	<b>2359</b>	<b>8063</b>	<b>38971</b>
$n_x \cdot x$	1357	1272	39	928	605	<b>4201</b>		
$n_x \cdot x^2$	1357	2544	117	3712	3025	<b>10755</b>		
$\sum n_{xy} \cdot y$	4720	2108	44	804	387	<b>8063</b>		
$x \sum n_{xy} \cdot y$	4720	4216	132	3216	1935	<b>14219</b>		
$\bar{y}_x$	3,478	3,315	3,385	3,466	3,198			

Пользуясь данными табл. 1, легко вычислить статистические характеристики распределений  $x$  и  $y$ , а также значения ковариации  $C_{xy}$  и коэффициента корреляции  $r_{xy}$ :

$$\bar{X} = \frac{\sum n_x \cdot x}{\sum n_x} = \frac{4201}{2359} = 1,781;$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum m_y \cdot y}{\sum m_y} = \frac{8063}{2359} = 3,418;$$

$$C_{xy} = \frac{\sum (x \sum n_{xy} \cdot y)}{\sum n_x} - \bar{X}\bar{Y} = \frac{14219}{2359} - 1,781 \cdot 3,418 = -0,06;$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum n_x \cdot x^2}{\sum n_x} - \bar{X}^2} = \sqrt{\frac{10755}{2359} - 1,781^2} = 1,178;$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum m_y \cdot y^2}{\sum m_y} - \bar{Y}^2} = \sqrt{\frac{38971}{2359} - 3,418^2} = 2,199;$$

$$r_{xy} = \frac{C_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} = \frac{-0,06}{1,178 \cdot 2,199} = -0,023.$$

Для вычисления корреляционного отношения  $\eta_y$  необходимо сначала вычислить среднее квадратическое отклонение значений частной средней  $\bar{y}_x$  от общей средней  $\bar{Y}$  ( $\sigma_{\bar{y}_x}$ ). Для удобства вычисления  $\sigma_{\bar{y}_x}$  составим табл. 2.

**Табл. 2. Исходные данные для вычисления  $\sigma_{\bar{y}_x}$**

$x$	$n_x$	$\bar{y}_x$	$\bar{y}_x - \bar{Y}$	$(\bar{y}_x - \bar{Y})^2$	$n_x(\bar{y}_x - \bar{Y})^2$
1	1357	3,478	0,060	0,004	5,428
2	636	3,315	-0,103	0,011	6,996
3	13	3,385	-0,033	0,001	0,013
4	232	3,466	0,048	0,002	0,464
5	121	3,198	-0,220	0,048	5,808
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>2359</b>			<b><math>\Sigma</math></b>	<b>18,709</b>

Пользуясь данными табл. 2, вычислим  $\sigma_{\bar{y}_x}$ :

$$\sigma_{\bar{y}_x} = \sqrt{\frac{18,709}{2359}} = 0,089.$$

Корреляционное отношение:

$$\eta_y = \frac{0,089}{2,199} = 0,04$$

Составим уравнение линейной регрессии  $y$  на  $x$ :

$$\bar{y}_x - 3,418 = -0,023 \frac{2,199}{1,178} (x - 1,781);$$

$$\bar{y}_x = -0,043x + 0,076 + 3,418;$$

$$\boxed{\bar{y}_x = -0,043x + 3,494.}$$

Вычислим по этому уравнению теоретические значения  $\bar{y}_x'$  для значений  $x$  и сопоставим их с наблюдаемыми значениями  $\bar{y}_x$  из табл. 1. Также

определим отклонение  $\bar{y}_x$  от  $\bar{y}'_x$  при каждом значении  $x$ , которое обозначено  $|\Delta x|$ . Результаты сопоставления представлены в табл. 3.

**Табл. 3. Сопоставление  $\bar{y}_x$  с  $\bar{y}'_x$**

$x$	1	2	3	4	5
$\bar{y}_x$	3,478	3,315	3,385	3,466	3,198
$\bar{y}'_x$	3,451	3,408	3,365	3,322	3,279
$ \Delta x $	0,027	0,093	0,020	0,144	0,081

Проверим, не случайно ли значение  $r_{xy}$  отличается от нуля [1]:

$$|r_{xy}|\sqrt{n-1} = 0,023\sqrt{2359-1} = 1,12 < 3.$$

Следовательно, прямолинейная связь не доказана. Но, криволинейная связь возможна.

Вычислим параболическую регрессию  $y$  на  $x$  для данных табл. 1, но упростим ее и представим в виде табл. 4.

**Табл. 4. Корреляционная таблица**

Значения $y$ (Вид ДТП)	Значения $x$ (Классификация состояний погоды)					$m_y$
	1	2	3	4	5	
1	535	255	5	87	48	930
2	33	13			1	47
3	74	40	2	9	12	137
4	48	22		9	5	84
5	515	272	5	120	53	965
6	46	7		1		54
7						0
8	100	26	1	6	2	135
9	6	1				7
$n_x$	1357	636	13	232	121	<b>2359</b>
$\sum n_{xy} \cdot y$	4720	2108	44	804	387	
$\bar{y}_x$	3,478	3,315	3,385	3,466	3,198	

Для вычисления коэффициентов  $a$ ,  $b$ ,  $c$  составим вспомогательную табл. 5.

**Табл. 5. К расчету коэффициентов  $a, b, c$  уравнения параболы**

$n_x$	$x$	$n_x x$	$n_x x^2$	$n_x x^3$	$n_x x^4$	$\bar{y}_x$	$n_x \bar{y}_x$	$n_x \bar{y}_x x$	$n_x \bar{y}_x x^2$
1357	1	1357	1357	1357	1357	3,478	4720	4720	4720
636	2	1272	2544	5088	10176	3,315	2108	4216	8432
13	3	39	117	351	1053	3,385	44	132	396
232	4	928	3712	14848	59392	3,466	804	3216	12864
121	5	605	3025	15125	75625	3,198	387	1935	9675
<b>2359</b>		<b>4201</b>	<b>10755</b>	<b>36769</b>	<b>147603</b>		<b>8063</b>	<b>14219</b>	<b>36087</b>

Тогда, система уравнений будет иметь вид:

$$\left. \begin{aligned} 2359a + 4201b + 10755c &= 8063; \\ 4201a + 10755b + 36769c &= 14219; \\ 10755a + 36769b + 147603c &= 36087 \end{aligned} \right\}$$

Для решения этих уравнений, разделим числовые коэффициенты каждого из них на коэффициент при  $a$ :

$$a + 1,781b + 4,559c = 3,418; \quad (a)$$

$$a + 2,560b + 8,752c = 3,385; \quad (б)$$

$$a + 3,419b + 13,724c = 3,355. \quad (в)$$

Вычтем из уравнения (б) уравнение (а) и из уравнения (в) уравнение (б):

$$0,779b + 4,193c = -0,033;$$

$$0,859b + 4,972c = -0,03.$$

Разделим эти уравнения на коэффициенты при  $b$ :

$$b + 5,383c = -0,042; \quad (г)$$

$$b + 5,788c = -0,035. \quad (д)$$

Вычтя из уравнения (д) уравнение (г), получим

$$0,405c = 0,007,$$

откуда

$$c = 0,017.$$

Подставляя значение  $c$  в уравнение (г), найдем

$$b + 5,788 \cdot 0,017 = -0,035;$$

$$b + 0,098 = -0,035;$$

$$b = -0,133.$$

Подставляя  $b$  и  $c$  в уравнение (а), получим

$$a + 1,781(-0,133) + 4,559 \cdot 0,017 = 3,418;$$

$$a - 0,237 + 0,076 = 3,418;$$

$$a = 3,418 + 0,237 - 0,076 = 3,579.$$

Таким образом, уравнение параболической регрессии  $y$  на  $x$ , по данным табл. 4, примет следующий вид:

$$\bar{y}_x = 3,579 - 0,133x + 0,017x^2.$$

Подставляя в это уравнение значения  $x$ , получим теоретические значения частных средних  $\bar{y}'_x$ . Результаты расчетов представлены в табл. 6.

Табл. 6. Сопоставление  $\bar{y}_x$  с  $\bar{y}'_x$

$x$	1	2	3	4	5
$\bar{y}_x$	3,478	3,315	3,385	3,466	3,198
$\bar{y}'_x$	3,463	3,381	3,333	3,319	3,339
$ \Delta x $	0,015	0,066	0,052	0,147	0,141

### Заключение

Исследования корреляционной связи между видами дорожно-транспортных происшествий и состояниями погоды не доказали наличие прямой линейной связи, а криволинейная (параболическая второго порядка) корреляционная связь слабая.

### Список использованных источников

1. Солонин И. С. Математическая статистика в технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 1972. – 216 с.
2. Кацев П. Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. – 2-е, перераб. и доп. изд. – М.: Машиностроение, 1974. – 231 с.
3. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных. – Перевод с английского. Под редакцией канд. техн. наук Э.К. Лецкого – М.: Мир, 1980. – 610 с.
4. Приказ МВД РФ от 18.06.1996 № 328 (ред. от 16.02.2009) «О мерах по реализации Постановления Правительства Российской Федерации от 29 июня 1995 г. № 647». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=267554#09231310455196962> (дата обращения: 10.09.2025).

5. Печатнова, Е. В. Влияние времени суток на дорожно-транспортную аварийность / Е. В. Печатнова // Мир транспорта. – 2016. – Т. 14, № 2(63). – С. 194-200. – *EDN XVAMHV*.
6. Учаева, А. А. Дорожные условия и безопасность движения / А. А. Учаева, М. Х. Гатиятуллин // Техника и технология транспорта. – 2020. – № 2 (17). – С. 9. [Электронный ресурс]. URL: <https://transport-kgasu.ru/files/N17-09BDD220.pdf> (дата обращения 10.09.2025).

УДК 35.088.2

**А. А. Федотов** (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)

Научный руководитель: **Е. А. Киндеев** (Россия, г. Владимир, ВлГУ)

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ НА УЧАСТКЕ ЭЛЕКТРОСВАРКИ ООО «КОВРОВЛЕСПРОМ»**

Для улучшения качества воздушной среды на участке электросварки ООО «КовровЛесПром» рекомендуется следующие технические мероприятия:

1. установка общеобменной приточно-вытяжной вентиляции, обеспечивающей нормативный воздухообмен в рабочей зоне (рис. 1).
2. применение локальных отсосов непосредственно в зоне образования аэрозолей (в местах сварки), что позволяет улавливать вредные вещества на этапе их выделения и предотвращать распространение по цеху.



**Рис. 1. Приточно-вытяжная вентиляционная  
установка Systemair SAVE VTR 300/B R**

3. регулярное обслуживание и очистка вентиляционного оборудования, контроль эффективности работы систем вентиляции.



В настоящее время участок электросварки оборудован (см. рис. 2) стандартной одноканальной вытяжной системой, где загрязнённый воздух отводится с помощью вытяжного вентилятора через один канал.

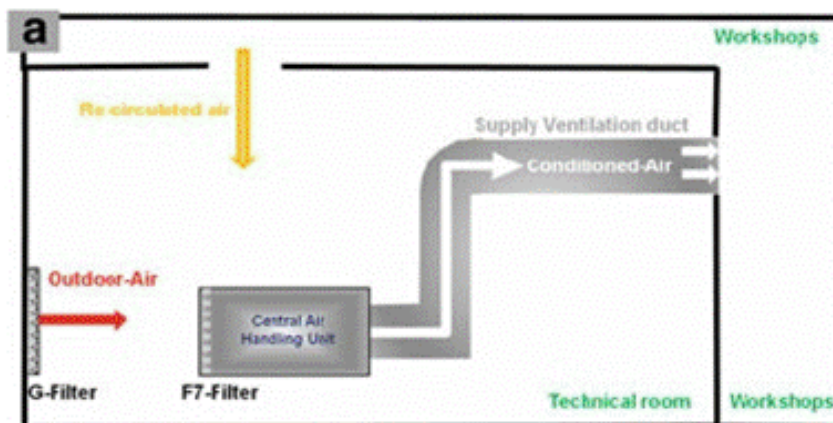


Рис. 2. Схема вентиляции «до» модернизации

Предлагается заменить ее более эффективной системой с приточно-вытяжной вентиляцией (см. рис. 3), где:

- Есть вытяжной вентилятор в зоне сварки (локальный отсос),
- Приточный воздух подаётся отдельными каналами,
- Создаётся сбалансированный воздухообмен.

Такая система, дополненная локальными вытяжными капюшонами в зоне сварки позволит привести показатели воздушной среды на участке электросварки к допустимым значениям.

На рисунке 4 представлено сравнение показателей вентиляции до и после модернизации:

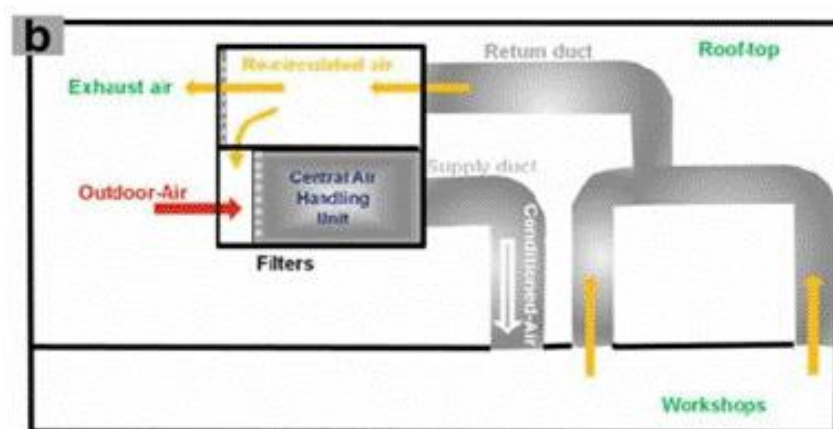
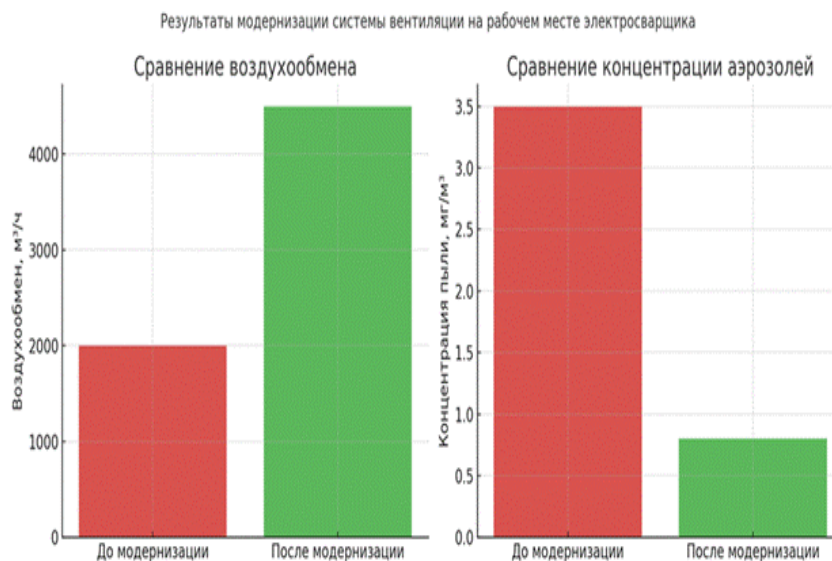


Рис. 3. Схема вентиляции «После» модернизации



**Рис. 4. Результаты модернизации системы вентиляции**

— **Снижение пылеобразования за счет выбора сварочных материалов**

1. Применение сварочных электродов и проволок с минимальным содержанием шлакообразующих компонентов.
2. Использование сварочных материалов с пониженной способностью к образованию аэрозолей.

— **Организация и проведение инструктажей и обучения персонала**

1. Регулярные инструктажи по охране труда, включая вопросы безопасной работы с учетом риска воздействия аэрозолей фиброгенного действия.
2. Ознакомление работников с результатами специальной оценки условий труда и мерами по снижению вредных факторов.

— **Организация производственного контроля**

1. Регулярный контроль концентраций аэрозолей в воздухе рабочей зоны с использованием приборов и методов, соответствующих требованиям санитарно-гигиенических норм.
2. Разработка мероприятий по корректировке технологических процессов при превышении допустимых концентраций.

— **Медицинское обеспечение и профилактика заболеваний**

1. Проведение обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров с целью раннего выявления профессиональных заболеваний органов дыхания.

2. Организация профилактических мероприятий, включая проведение дыхательной гимнастики, направленной на поддержание здоровья работников.

**Табл. 1. Мероприятия по минимизированию опасных и вредных факторов**

Показатель / Проблема	До внедрения мер	После внедрения мер	Решения / мероприятия / оборудование
Концентрация аэрозолей	8,0 мг/м <sup>3</sup>	1,2 мг/м <sup>3</sup>	Локальные отсосы <i>Kemper MiniFil</i> , вентиляция <i>Plymovent MDB</i>
Класс условий труда	3.3-вредный	2-допустимый	Комплексная вентиляция, контроль
Жалобы на кашель	70% работников	10% работников	Респираторы 3M 7500, <i>Adflo</i>
Замена СИЗ	1 раз в 3 дня	1 раз в 7–10 дней	Фильтрующие респираторы
Нетрудоспособность	12 дней в год	4 дня в год	Снижение пылевой нагрузки

Реализация комплекса указанных мероприятий позволит снизить класс условий труда по фактору «Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия» на рабочем месте электросварщика труб на стане, минимизировать профессиональные риски и сохранить здоровье работников.

## Секция «УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ»

УДК 621.74

*М. А. Акимова (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: З. В. Мищенко (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

### ОПТИМИЗАЦИЯ ДОПУСКОВ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПО МЕТОДУ *RTD*

При разработке автомобильных компонентов и технологических процессов производства необходимо решить задачи определения значений управляемых параметров и их допусков. Одним из известных способов решения задачи является метод Тагучи, который включает три этапа:

1. системный анализа структуры изделия и/или процесса производства,
2. определение оптимальных значений управляемых параметров изделия и/или процесса производства (*RPD*),
3. определение оптимальных допусков управляемых параметров изделия и/или процесса производства (*RTD*).

В РФ метод *RTD* регламентирован в ГОСТ Р ИСО 16337-2023 «Применение к новым технологиям и процессу разработки продукции. Робастное проектирование допусков (*RTD*)». ГОСТ Р ИСО 16337-2023 регламентирует методику применения робастного проектирования допусков (*RTD*), базирующуюся на использовании методов Тагучи, и применяемую на завершающем этапе проектирования продукции или процессов ее жизненного цикла. Под робастным проектированием допусков по Тагучи понимается метод или способ установления оптимальных значений допусков управляемых параметров продукции или процесса с точки зрения минимизации чувствительности выходной характеристики к случайным отклонениям указанных параметров, сложности изготовления и стоимости.

Цель работы состоит в оптимизации допусков параметров автомобильных компонентов и операций процесса производства на основе положений ГОСТ Р ИСО 16337-2023. Методика оптимизации *RTD* по указанному стандарту приведена на рис. 1. Методика включает определение уровней факторов по методу *RPD*, последующей корректировкой полученных

допусков, проведение пассивного эксперимента, дисперсионного анализа полученных статистических данных и оптимизации по критерию минимума дисперсии целевой функции. В работе выполнена апробация методики *RTD* при определении допусков параметров операции экструзии изоляции электрического кабеля типа КуВВнг(А)-LS 3х0,75.

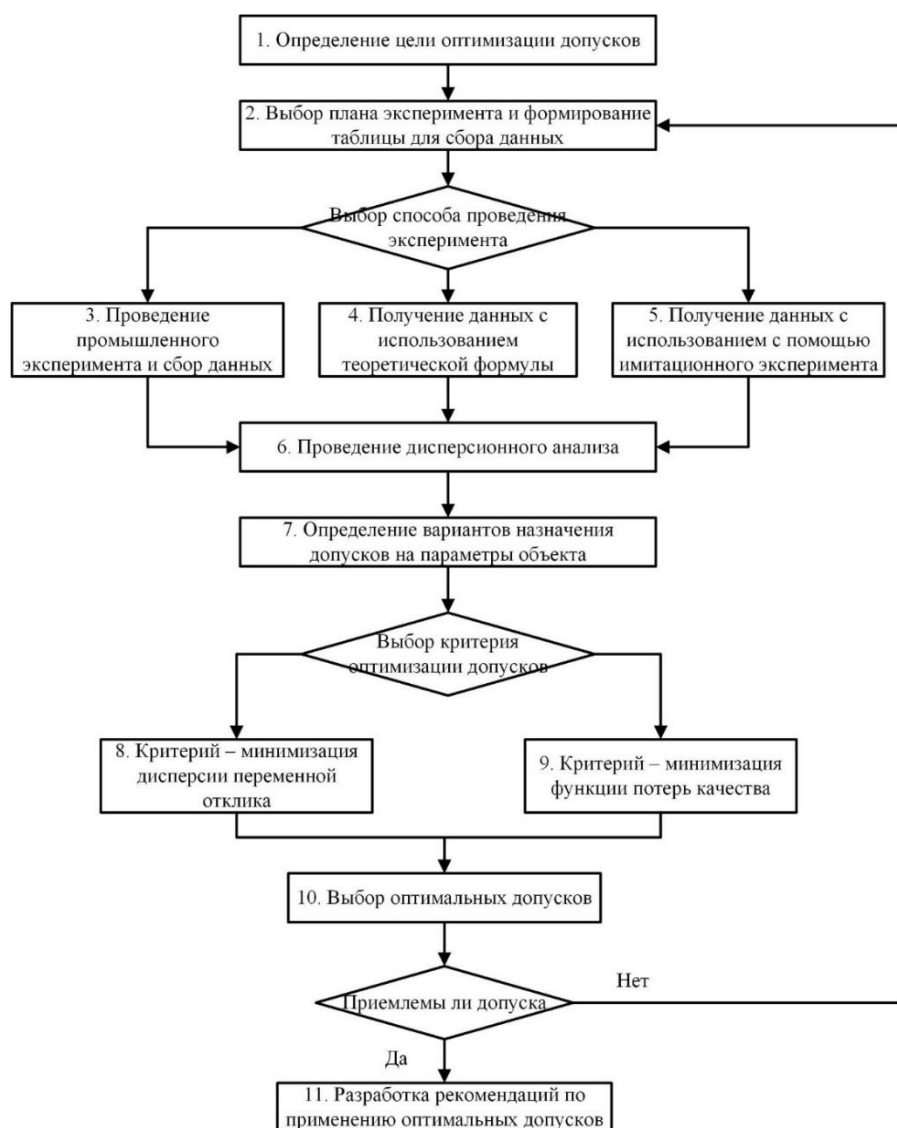


Рис. 1. Этапы *RTD* согласно ГОСТ Р ИСО 16337-2023

В первом приближении оптимальные номинальные значения параметров и допусков на них могут быть найдены на основе робастного параметрического проектирования (*RPD*). По методу Тагучи рекомендуется использовать *RPD* до применения *RTD*. Метод *RPD* позволяет найти оптимальный значения параметров продукции или процесса за счет оптимизации номи-

нальных значений управляемых параметров посредством снижения дисперсии выходных данных без увеличения затрат. Если метод *RPD* не позволяет достичь целевой дисперсии, то *RTD* применяют для поиска допусков, соответствующих заданной изменчивости. Более жесткие допуски приводят к меньшей дисперсии параметров продукции, при этом как правило это потребует замены элементов изделия, что потенциально может привести к ее существенному удорожанию. В случаях, когда *RPD* обеспечивает целевую дисперсию выходного показателя качества, *RTD* используют для поиска допусков, больших чем в *RPD*. Менее жесткие допуски приводят к большей вариабельности, и к уменьшению затрат на производство. В таблице 1 указаны значения управляемых параметров операции экструдирования изоляции токопроводящей жилы кабеля до применения *RPD* («текущие значения») и оптимальные значения после *RPD*.

**Табл. 1. Результаты оптимизации по *RPD* и текущие значения**

Управляемые факторы		Оптимальный уровень	Текущий уровень
A	Шаг нарезки шнека экструдера, мм	140	70
B	Подача токопроводящей жилы, м/мин	40	30
C	Частота вращения шнека экструдера, об/мин	150	100
D	Температура головы экструдера, °C	170	170
E	Температура 1-й зоны шнека экструдера, °C	120	100
F	Температура 2-й зоны шнека экструдера, °C	150	150
G	Отношение длины к диаметру формирующей части фильеры экструдера, мм/мм	1/15	1/15
H	Температура токопроводящей жилы на входе экструдера, °C	150	115

Факторы для оптимизации для *RTD* взяты из управляемых параметров *RPD*. Уровни факторов для метода *RTD* определяют в предположении симметричного двустороннего поля допуска относительно номинала. Значения уровней факторов *RTD* приведены в таблице 2.

**Табл. 2. Уровни факторов *RTD* для оптимальных значений**

Управляемый фактор		Уровень		
		1	2	3
B	Подача токопроводящей жилы, м/мин	38	40	42
C	Частота вращения шнека экструдера, об/мин	145	150	155
D	Температура головы экструдера, °C	163	170	177
E	Температура 1-й зоны шнека экструдера, °C	112	120	128
F	Температура 2-й зоны шнека экструдера, °C	144	150	156
H	Температура токопроводящей жилы на входе экструдера, °C	145	150	155

На следующем этапе проводится дисперсионный анализ по статистическим данным, полученным при проведении пассивного промышленного эксперимента. Результаты дисперсионного анализа показаны в таблице 3.

**Табл. 3. Таблица дисперсионного анализа для оптимального уровня**

Эффект фактора	Число степеней свободы ( $f$ )	Сумма квадратов отклонений ( $SS$ ) $\times 10^{-2}$ , мм <sup>2</sup>	Дисперсия ( $V$ ) $\times 10^{-2}$ , мм <sup>2</sup>
A <sub>L</sub> (шум)	1	0,000117	0,000117
B <sub>L</sub>	1	0,007176	0,007176
B <sub>Q</sub>	1	0,000143	0,000143
C <sub>L</sub>	1	0,435903	0,435903
C <sub>Q</sub>	1	0,000039	0,000039
D <sub>L</sub>	1	0,52143	0,559143
D <sub>Q</sub>	1	0,000429	0,000429
E <sub>L</sub>	1	0,002691	0,002691
E <sub>Q</sub>	1	0,000013	0,000013
F <sub>L</sub>	1	0,645879	0,645879
F <sub>Q</sub>	1	0,000026	0,000026
G <sub>L</sub> (шум)	1	0,000065	0,000065
G <sub>Q</sub> (шум)	1	0,000013	0,000013
H <sub>L</sub>	1	0,000533	0,000533
H <sub>Q</sub>	1	0,000026	0,000026
e (шум)	2	0,000442	0,000221
T (сумма факторов)	17	1,652638	0,097214

Примечание:  $L$ ,  $Q$  – линейный и квадратический эффект фактора

На следующем этапе проводится определение допусков управляемых факторов операции экструдирования изоляции токопроводящей жилы. Если результаты оптимизации, полученные по методу  $RPD$ , являются неудовлетворительными, то для обеспечения заданной дисперсии целевой функции используют метод  $RTD$  на основе уменьшения допусков управляемых параметров. Если результаты оптимизации, полученные по методу  $RPD$ , являются удовлетворительными т.е. обеспечивающие заданную величину дисперсии целевой функции, то метод  $RTD$  может быть использован для определения возможностей уменьшения производственных затрат посредством расширения допусков.

Для определения новых допусков предлагается рассмотреть три конкурирующих варианта. Вариант допусков № 1 – для повышения уровня качества по целевой функции допустимые величины ширины уровней факторов  $C$ ,  $D$  и  $F$  сокращены в два раза. Вариант допусков № 2 – для снижения

производственных затрат допустимые величины ширины уровней факторов  $B$ ,  $E$  и  $H$  увеличены в два раза. Вариант допусков № 3 – для повышения уровня качества по целевой функции и снижения производственных затрат изменения вариантов № 1 и № 2 используются совместно. Сводные результаты расчетов указаны в таблице 4.

**Табл. 4. Сводные результаты расчетов общих дисперсий, стандартных отклонений и индекса воспроизводимости для рассматриваемых вариантов**

Параметр	Оптимальное вариант ( $RPD$ )	Вариант		
		№1	№2	№3
Допуск толщины изоляции, мм		0,2		
Общая дисперсия целевой функции, $V_T \times 10^{-2}$ , мм <sup>2</sup>	0,0972	0,0311	0,1200	0,0405
Индекс $C_p$	1,01	1,96	0,98	1,66

Результаты, показанные в таблице 4 свидетельствуют, что применение метода  $RTD$  обеспечивает значение индекса воспроизводимости  $C_p$  на уровне 1,01, т.е. критическое значение достигнуто, но запаса по точности нет. В 1 варианте оптимизации допусков значение  $C_p$  составляет 1,96, что свидетельствует о значительном запасе по точности операции экструдирования в статистически управляемом состоянии. Во 2 варианте оптимизации допусков значение  $C_p$  составляет 0,98, что свидетельствует об ухудшении свойств операции экструдирования и не обеспечении критического значения  $C_p = 1$ . В 3 варианте оптимизации допусков значение  $C_p$  составляет 1,66, что свидетельствует о значительном запасе по точности операции экструдирования в статистически управляемом состоянии и соответствии требованиям к точности технологического процесса в автомобильной промышленности. Учитывая все вышесказанное можно сделать вывод о том, что целесообразно выбрать допуски на управляемые параметры операции экструдирования изоляции кабеля по 3 варианту оптимизации по методу  $RTD$  согласно ГОСТ Р ИСО 16337-2023.

#### Список использованных источников

1. Кане М. М., Иванов Б. В., Корешков В. Н. Системы и методы менеджмента качества – СПб.: Питер, 2008. – 560 с.: ил. ISBN 978-5-9180-707-8.
2. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. М. : Наука, 1971. – 282 с.



## **QR-КОДЫ И ТРЕКИНГ: СИСТЕМА ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ КАЖДОЙ ДЕТАЛИ ОТ ЗАГОТОВКИ ДО ГОТОВОГО ИЗДЕЛИЯ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ И ДРУГИХ ОТРАСЛЯХ**

В современном высококонкурентном промышленном мире эффективность, качество и прозрачность являются ключевыми факторами успеха. Одной из самых больших проблем производственных предприятий всегда было отсутствие полной видимости цепочки создания стоимости. Где именно находится конкретная заготовка? Кто оператор, работавший с деталью на третьей операции? Какая партия сырья была использована? Ответы на эти вопросы раньше требовали часов бумажной работы.

Сегодня эти проблемы решаются с помощью технологии, знакомой каждому по телефону – QR-кода, который стал цифровым паспортом для каждой детали, создавая сквозную систему прослеживаемости.

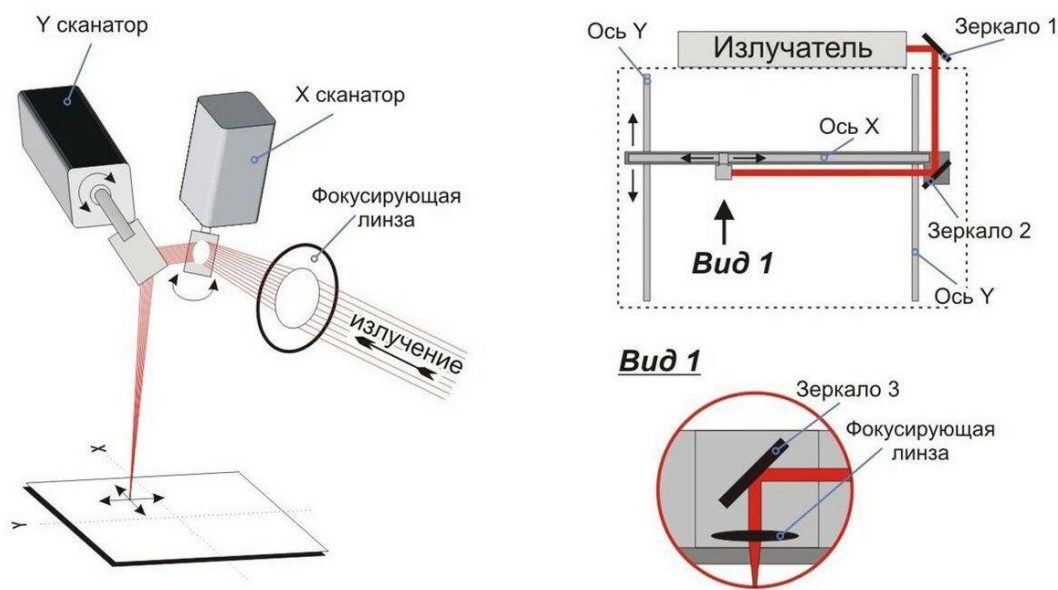
Прослеживаемость – это способность проследить историю, применение или местонахождение объекта с помощью записанных идентификационных данных. В производстве этим объектом является деталь, узел или конечное изделие. [1, с. 203]

Ключевые данные, которые фиксируются:

- **Идентификатор детали/партии;**
- **Материал** (марка стали, тип пластика, партия сырья);
- **Техпроцесс** (последовательность операций, через которые прошла деталь);
- **Оборудование** (на каком станке или рабочем центре производилась обработка);
- **Персонал** (Какой оператор или бригада выполняли работу);
- **Время** (дата и время начала/окончания каждой операции);
- **Контроль качества** (результаты замеров, дефекты);
- **Логистика** (перемещение между цехами, отгрузка);
- **Условия труда** (температура, влажность и др.).

Процесс можно разбить на несколько ключевых этапов:

**1. Маркировка заготовки.** В самом начале производственного цикла на заготовку наносится *QR*-код. Это может быть сделано различными способами в зависимости от материала и условий эксплуатации: лазерная гравировка (рисунок 1), ударно-точечная маркировка, устойчивая к высоким температурам и маслам. В систему вносится исходная информация: тип материала, номер партии, поставщик, дата поступления, результаты входного контроля (например, химический состав, прочность). [2, с. 34]



**Рис. 1. Схема установки для лазерной маркировки деталей**

- 2. Сканирование на каждой операции.** При переходе на новую операцию (токарная, фрезерная, термообработка, контроль) работник сканирует код с помощью стационарного или мобильного сканера (планшета, смартфона). Система автоматически фиксирует факт начала работы, идентифицирует станок и оператора.
- 3. Ввод и привязка данных.** К цифровой записи детали автоматически или вручную привязываются все подходящие данные: параметры обработки со станка (через систему *IoT*), результаты измерений контролером, фото дефектов.
- 4. Финальный контроль и отгрузка.** На выходе специалист ОТК сканирует код, видит всю историю и вносит итоговое решение о браке или приемке. При упаковке код сканируется еще раз, фиксируя отгрузку конкретного изделия конкретному клиенту. [3, с. 10]

Ниже в таблице 1 приведены преимущества внедрения системы *QR*-кодов, в таблице 2 недостатки внедрения данной системы.

**Табл. 1. Ключевые преимущества системы трекинга на основе *QR*-кодов**

Преимущество	Описание
Полная прослеживаемость	Возможность за 30 секунд узнать полную историю любой детали на складе или изделия у клиента.
Снижение брака	Быстрое выявление причины источника дефекта. Возможность точечного изъять бракованную партию, а не всю продукцию.
Повышение эффективности	Автоматизация учета рабочего времени и простоя оборудования.
Ускорение процессов	Исключение бумажного документооборота и ручного ввода данных, что снижает риск ошибок и экономит время.
Повышение лояльности клиентов	Предоставление клиенту полной информации о происхождении и качестве продукта, что является мощным конкурентным преимуществом.

**Табл. 2. Ключевые недостатки системы трекинга на основе *QR*-кодов**

Недостаток	Описание
Высокие первоначальные затраты	Затраты на оборудование для маркировки, сканеры, серверное оборудование, лицензии на ПО и др.
Соппротивление персонала	Консерватизм сотрудников, нежелание менять привычные процессы, страх цифровизации и повышенного контроля.
Технические проблемы маркировки	Не все материалы поддаются качественной и читаемой маркировке. Код может испортиться в процессе обработки (термообработка, покраска, пескоструйная очистка).
Зависимость от исправности оборудования	Поломка сканера или сбой в сети парализует работу на участке, так как учет операций останавливается.
Время на внедрение и окупаемость	Процесс внедрения может занять месяцы, а возврат инвестиций станет заметен только через 1-2 года.

Одним из самых ярких примеров внедрения системы сквозной прослеживаемости является концерн *Volkswagen Group*. На данных заводах при

производстве двигателей, каждая критически важная деталь (блок цилиндров, коленвал, шатуны) маркируются индивидуальным *QR*-кодом методом лазерной гравировки.

Внедрение системы прослеживаемости на основе *QR*-кодов – это не просто технологический тренд, а стратегическая необходимость для любого современного производства. Она трансформирует вслепую работающий конвейер в умную, прозрачную и полностью управляемую экосистему.

#### Список использованных источников

1. Акимова М. А., Орлов Ю. А. Научная статья: Цифровая трансформация менеджмента качества: новые инструменты и тенденции. Дни науки студентов Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых [Электронный ресурс] : сб. материалов науч.-практ. конф., 17 марта – 4 апр. 2025 г., г. Владимир / Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2025. – 3482 с.
2. Герасимов Б. И., Герасимова Е. Б., Злобина Н. В. Цифровизация производства: технологии и управление // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – Т. 82. – № 1. – С. 305
3. Дударева О. В., Крымов В. В. Применение технологии *RFID* и *QR*-кодов для организации сквозной прослеживаемости в логистических системах // Логистика и управление цепями поставок. – 2019. – № 4 (93). – С. 62.
4. Станкевич Л. П., Коваленко П. С. Системы *MES*: практическая реализация и эффекты от внедрения на промышленном предприятии // Автоматизация и современные технологии. – 2018. – № 5. – С. 33.
5. Староверова К. О. Бережливое производство : учебник для вузов / К. О. Староверова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 74 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-18348-1. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/568888> (дата обращения: 9.09.2025).

УДК 658.562

*М. А. Акимова (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: Ю. А. Орлов (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## **УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРИ ВНЕДРЕНИИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ (КОМПОЗИТЫ, АДДИТИВНЫЕ СПЛАВЫ) В СЕРИЙНОЕ АВТОМОБИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО**

Современное машиностроение сталкивается с противоречивыми вызовами: необходимостью снижения массы изделий, повышения их прочности, долговечности и экологичности при одновременном сокращении сроков вывода на рынок и издержек производства. Ответом на эти вызовы стали новые материалы: полимерные композиционные материалы (ПКМ) и металлические сплавы, адаптированные для аддитивного производства.

Однако их уникальные свойства – анизотропия ПКМ, зависимость свойств аддитивных сплавов от параметров печати – требуют кардинального пересмотра традиционных систем управления качеством.

Композит – это искусственный материал, состоящий из двух или более компонентов с четкой границей между ними. Основные виды композитов, используемых в машиностроении:

- Углепластик (углеродные волокна + полимерная смола). Очень легкий и невероятно прочный. Используется в аэрокосмической отрасли, высококласном спортивном оборудовании, премиальном автомобилестроении;
- Стеклопластик (стеклянные волокна + полимерная смола). Дешевле углепластика, но и менее прочный. Широко используется в судостроении (корпуса лодок), автомобильных деталях (бампера), строительстве;
- Органопластики (ткани из натуральных или синтетических волокон).

Аддитивные сплавы – это не какой-то один конкретный материал, а целый класс специальных металлических порошков, разработанных и оптимизированных для использования в технологиях 3D-печати металлом. Вместо того чтобы вырезать деталь из цельного куска металла, 3D-принтер создает деталь послойно, «спекая» частички металлического порошка с помощью мощного лазера или электронного луча. Популярные аддитивные сплавы:

- Алюминиевые сплавы. Используются для изготовления кронштейнов, теплообменников.
- Жаропрочные никелевые суперсплавы. Идут на изготовление лопаток турбин, камер сгорания и других критических деталей.
- Нержавеющие и инструментальные стали. Используются для печати функциональных прототипов, инструментальной оснастки и деталей с высокой износостойкостью.

Внедрение новых материалов порождает новые классы рисков, представленных в таблице 1.

Табл. 1. Риски для использования композитов и аддитивных сплавов

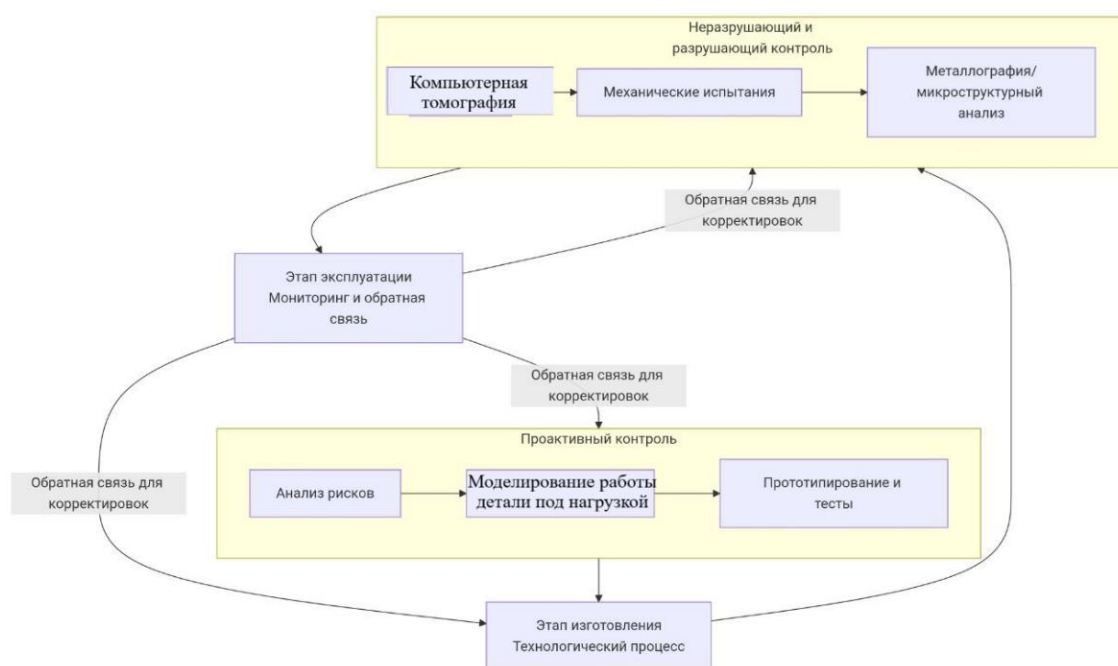
Композиты	Аддитивные сплавы
<b>Анизотропия механических свойств</b> (прочность и жесткость зависят от направления усилия)	<b>Пористость и микродефекты</b> (возникают из-за неоптимальных параметров лазера (мощность, скорость сканирования))
<b>Чувствительность к технологическому процессу</b> (свойства зависят от температуры, давления, времени отверждения, качества оснастки)	<b>Остаточные напряжения</b> (приводят к короблению изделия и необходимости термической обработки)
<b>Сложность неразрушающего контроля</b> (обнаружение внутренних дефектов (расслоений, пор) требует сложного оборудования)	<b>Неоднородность микроструктуры</b> (влияет на усталостные характеристики и долговечность)
<b>Влажностная и температурная чувствительность</b> (необходимость контроля условий хранения)	<b>Воспроизводимость</b> (обеспечение идентичности свойств от партии к партии и между установками)

Эффективное управление качеством должно быть встроено в каждый этап жизненного цикла изделия. Схематично это процесс представлен на рисунке 1.

- 1) Этап проектирования. Качество закладывается на этапе проектирования. Для этого применяются: *DFM (Design for Manufacturability)* – принципы проектирования, учитывающие особенности производства, *FEA-анализ (Finite Element Analysis)* – компьютерное моделирование работы детали под нагрузкой с учетом анизотропии композита или структуры аддитивного сплава, прототипирование и испытания – изготовление опытных образцов для подтверждения расчетных характеристик.
- 2) Этап производства. Ключевой принцип – контроль не только выходных параметров, но и всего технологического процесса.

**Табл. 2. Критические контрольные точки (ККТ)  
в производстве новых материалов**

Материал	Технологический процесс	Критические параметры контроля	Методы контроля и инструменты
Композиты	Автоклавное формирование	Температура, давление, вакуум, время цикла	Датчики в автоклаве, система регистрации данных
	Механическая обработка	Скорость резания, подача, стойкость инструмента	Система ЧПУ, контрольно-измерительный инструмент
Аддитивные сплавы	3D-печать	Мощность лазера, скорость сканирования, толщина слоя, температура платформы	Встроенные сенсоры мониторинга, ПО принтера
	Термообработка	Температура, время выдержки, скорость нагрева/охлаждения	Программируемые печи, пирометры



**Рис. 1. Схема интеграции управления качеством в ЖЦ изделия**

- 3) Этап контроля (неразрушающий контроль, разрушающий контроль и выборочное тестирование).
- Неразрушающий контроль для композитов: ультразвуковой контроль, термография, компьютерная томография для выявления расслоений, пор.
  - Неразрушающий контроль для аддитивных сплавов: компьютерная томография.

Разрушающий контроль и выборочное тестирование: изготовление свидетельских образцов вместе с основной партией; проведение механических испытаний (растяжение, сжатие, сдвиг) для подтверждения соответствия паспортным данным; металлографический анализ для оценки микроструктуры.

Для грамотного построения системы менеджмента качества можно выделить следующие рекомендации:

- Разработать отраслевые стандарты (создание детальных регламентов для каждого материала и процесса, где прописаны все параметры, точки контроля и методы измерений);
- Цифровизация и прослеживаемость (внедрение систем, которые отслеживают всю историю каждой детали – от номера партии сырья до полной работы установки);
- Квалификация персонала (инженеры и технологи должны глубоко понимать физико-химические основы процессов, происходящих с новыми материалами, а операторы – владеть навыками работы на сложном оборудовании);
- Квалификация технологического процесса (перед запуском в серийное производство необходимо не только сертифицировать материал, но и доказать, что конкретный технологический процесс на конкретном оборудовании стабильно производит деталь с требуемыми свойствами).

Одним из ярких примеров применения композитов является использование углепластиков в конструкции автомобилей *Tesla Model S* и *Model X*. Применяются углепластики для создания элементов кузова, что позволяет значительно снизить вес автомобиля без потери прочности. Это не только улучшает динамические характеристики и топливную эффективность, но и повышает безопасность за счет перераспределения массы.

Внедрение композитов и аддитивных сплавов в серийное производство – это не просто замена материала в чертеже. Это системная трансформация подхода к управлению качеством. Фокус смещается с контроля выходных параметров на тотальный контроль и обеспечение стабильности всех этапов технологического процесса. Инвестиции в современное оборудование для контроля, во внедрение цифровых систем и в подготовку персонала являются не статьей расходов, а обязательным условием для создания конкурентоспособной, высокотехнологичной продукции будущего.



#### Список использованных источников

1. Акимова М. А., Орлов Ю. А. Научная статья: Динамика развития измерений качества. Дни науки студентов Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых [Электронный ресурс] : сб. материалов науч.-практ. конф., 18 марта – 5 апр. 2024 г., г. Владимир / Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2024. – 3214 с.
2. Валетов В. А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы). Учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2015, – 63с.
3. Иванов Д. А. Композиционные материалы : учебник для вузов / Д. А. Иванов, А. И. Ситников, С. Д. Шляпин ; под редакцией А. А. Ильина. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 253 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-11618-2. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/566396> (дата обращения: 10.09.2025).
4. Шитова И. Ю. Современные композиционные строительные материалы: учеб. пособие / И. Ю. Шитова, Е. Н. Самошина, С. Н. Кислицына, С. А. Болтышев. – Пенза: ПГУАС, 2015 – 136 с.

УДК 658.562

*М. А. Акимова (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: Ю. А. Орлов (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

#### **КЛЮЧЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ (KPI) ДЛЯ ОТДЕЛА КАЧЕСТВА В МАШИНОСТРОЕНИИ**

В современном машиностроении, где высока конкуренция, а стоимость брака и репутационные риски чрезвычайно велики, роль отдела качества трансформировалась из контролирующей в стратегическую. Ключевые показатели эффективности (KPI) для отдела качества – это не просто цифры в отчете, это компас, который показывает, насколько верен выбранный курс, и помогает принимать обоснованные управленческие решения. [1]

Зачем нужны KPI в отделе качества? KPI необходимы для того чтобы:

1. объективно оценивать работу (KPI заменяют субъективные мнения («у нас вроде бы хорошее качество») на объективные данные);

2. выявлять проблемные зоны (показатели помогают точно определить, на каком этапе (проектирование, закупки, производство, сборка) возникают основные дефекты);

3. мотивировать персонал (измеримые цели, привязанные к *KPI*, мотивируют команду на непрерывное улучшение процессов);

4. обосновать инвестиции (цифры позволяют отделу качества аргументировать необходимость внедрения новых технологий, ПО или обучения сотрудников);

5. повысить удовлетворенность клиентов (снижение количества рекламаций и брака напрямую влияет на лояльность заказчиков).

*KPI* можно разделить на несколько ключевых категорий, охватывающих все аспекты работы отдела. [3]

Первая группа «*KPI* по качеству продукции». Эти показатели отражают непосредственное соответствие выпускаемой продукции установленным требованиям.

**Табл. 1. *KPI* по качеству продукции**

<i>KPI</i>	Формула расчета	Что показывает	Целевое значение
Процент брака ( <i>Defect Rate</i> )	(Кол-во забракованных единиц/общее кол-во произведенных единиц) *100%	Уровень несоответствующей продукции в общем объеме	Стремиться к <0,5-1% (зависит от сложности продукции)
Выход годного ( <i>FPY</i> )	(кол-во единиц, прошедших контроль с первого раза/общее кол-во единиц, поступивших на контроль) *100%	Эффективность производственного процесса без переделок	>98-99%
PPM	(кол-во дефектных единиц/общее кол-во произведенных единиц) *100%	Более точный показатель для высокоточных производств	<500-1000 PPM
Степень соответствия спецификациям ( <i>Cpk</i> , <i>Cp</i> )	Статистический расчет на основе данных измерений и допусков	Способность процесса производить продукцию в рамках заданных допусков	$Cpk \geq 1,33$ (минимально допустимый), $Cpk \geq 1,67$ (желательный)

Вторая группа «*KPI* по эффективности процессов контроля». Эти метрики показывают, насколько эффективно и продуктивно работает сам отдел качества. [5]

**Табл. 2. KPI по эффективности процессов контроля**

<i>KPI</i>	Формула расчета	Что показывает	Целевое значение
Эффективность контроля на входе ( <i>IQC</i> )	(кол-во забракованных партий/общее кол-во проверенных партий)*100%	Насколько хорошо отсеиваются некачественные материалы и комплектующие	Зависит от надежности поставщиков
Среднее время на контроль одной единицы	Общее время, затраченное на контроль/кол-во проверенных единиц	Производительность труда контролеров	Снижение на определенный процент в квартал
Процент пропущенного брака ( <i>ER</i> )	(кол-во рекламаций по браку/общее кол-во отгруженной продукции)*100%	Самый критичный показатель, отражающий ошибки ОТК	Стремиться к 0%

Третья группа «*KPI* по удовлетворенности клиентов и рекламациям». Прямая связь между качеством продукции и реакцией рынка.

**Табл. 3. KPI по удовлетворенности клиентов и рекламациям**

<i>KPI</i>	Формула расчета	Что показывает	Целевое значение
Количество рекламаций	Абсолютное количество поступивших рекламаций за период	Уровень неудовлетворенности клиентов	Снижение на определенный процент в год
Время реакции на рекламацию	Время от получения рекламации до выхода на связь с клиентом и начала расследования	Оперативность работы с несоответствиями	<24 часов
Время устранения рекламации ( <i>COPQ</i> )	Время от получения рекламации до ее полного закрытия	Общая эффективность системы реагирования	Снижение на определенный процент в квартал
Индекс удовлетворенности клиентов ( <i>CSI</i> )	Результаты опросов клиентов по шкале (например, от 1 до 10)	Прямая оценка клиентом качества продукции и/или услуги	>8,5/10

Четвертая группа «*KPI* по затратам на качество». Качество – это не только про предотвращение потерь, но и про деньги. [4]

Для того чтобы успешно внедрить и использовать *KPI* необходимо:

- Привязаться к целям бизнеса. Каждый *KPI* должен быть связан со стратегической целью компании (например, «снизить затраты на 5%» или «увеличить долю рынка»);

- Применять принцип *SMART*. Показатели должны быть конкретными, измеримыми, достижимыми, релевантными и ограниченными во времени;
- Использовать информационные панели, чтобы в реальном времени отображать *KPI* для руководителей и сотрудников;

**Табл. 4. *KPI* по затратам на качество**

<i>KPI</i>	Формула расчета	Что показывает	Целевое значение
Затраты на несоответствие	Затраты на брак, переделки, гарантийные обязательства, утилизацию, работу с рекламациями	Прямые финансовые потери от низкого качества	Снижение на определенный процент от оборота
Затраты на оценку качества	Зарплата контролеров, амортизация измерительного оборудования, затраты на испытания	Инвестиции в проверку качества	Оптимизировать, не снижая эффективности
Затраты на предупредительные мероприятия	Обучение персонала, аудиты системы, профилактическое обслуживание оснастки	Инвестиции в предотвращение проблем	Постепенное увеличение доли в общих затратах на качество

- Не просто собирать данные, а анализировать их, выявляя коренные причины проблем (методология 5 *Why*, диаграмма Исикавы) и предпринимая корректирующие действия;
- Не перегружать систему. 10-15 правильно выбранных *KPI* лучше, чем 50 непонятных и неконтролируемых метрик. [2]

В машиностроении система *KPI* для отдела качества – это не опция, а необходимость. Она переводит язык качества на язык бизнеса, понятный топ-менеджерам и финансовым директорам. Грамотно выстроенная система показателей позволяет не только фиксировать проблемы, но и предотвращать их, превращая отдел качества из затратного центра в ключевой актив, генерирующий прибыль за счет снижения потерь и укрепления репутации компании на рынке.

#### Список использованных источников

1. Вишнякова, М. В. *KPI* (ключевые показатели эффективности). Как внедрить систему *KPI* в компании. – Текст: электронный // URL: <http://www.gd.ru/articles/3584-kpi>
2. Молвинский, А. А. Как разработать систему ключевых показателей деятельности. – Текст: электронный // 69

[http://www.gaap.ru/articles/kak\\_razrabotat\\_sistemu\\_klyuchevykh\\_pokazatel\\_ye\\_deyatelnosti](http://www.gaap.ru/articles/kak_razrabotat_sistemu_klyuchevykh_pokazatel_ye_deyatelnosti)

3. Сафина Д. М. Управление ключевыми показателями эффективности: учебное пособие / Д. М. Сафина. – Казань: Казан. ун-т, 2018. – 123 с.
4. Разработка системы ключевых показателей (*KPI*) для производственного предприятия. – Текст: электронный // URL: <http://www.comtec.ru/products/crm/mat/Comtec%20CRM%20KPI.pdf>
5. Т. Элэрс мотивация к успеху – методика диагностики мотивации к успеху. – Текст: электронный // URL: <https://advance.tips/т-элэрс-мотивацияк-успеху/>

УДК 621.74

*М. С. Бункин (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: З. В. Мищенко (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## **ПРОЦЕСС СТАТИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ**

Управление качеством автомобильных компонентов определяется точностью и воспроизводимостью технологического процесса. Статистические методы управления качеством при производстве автомобильных компонентов направлены на достижение состояния статистической управляемости и заданной точности технологического процесса. Вследствие этого использование статистических методов управления качеством процессов является эффективным методом предупреждения возникновения несоответствий или отказов автомобильных компонентов [1, с. 122].

Внедрение статистических методов целесообразно выполнять в рамках системы статистического управления качеством (*SPC*) процессов согласно требованиям ГОСТ Р ИСО 11462-1-2007 и ГОСТ Р ИСО 11462-2-2012 в соответствии с парадигмой цикла Деминга (*PDCA*). Систему *SPC* желательно рассматривать как часть СМК, направленную на предупреждение и сокращение количества несоответствий автомобильных компонентов на основе сбора, обработки и анализа статистических данных [2, с. 45].

При разработке системы *SPC* необходимо учитывать структуру управляемого процесса, существующие операции контроля параметров, задокументированные требования потребителей и заинтересованных сторон, законодательные ограничения, а также объем выпускаемой продукции и возможность получения измерительной информации о ходе процесса.

Исходя из вышесказанного следует актуальность рассматриваемой задачи – разработка процесса статистического управления качеством производства автомобильных компонентов на примере электрического силового кабеля КуВВнг(А)-LS 3х0,75. Учитывая требования ГОСТ Р ИСО 11462-1-2007 и ГОСТ Р ИСО 11462-2-2012 в работе разработана модель технологического процесса производства кабеля типа ВВнг(А)-LS с введенными в нее операциями *SPC* (см. рис. 1). *BPMN* модель учитывает имеющиеся в технологическом процессе операций технического контроля качества. Применение операций *SPC* увязано с реализацией контуров управления основных технологических операций, формирующих элементы изделия, измерительной информацией, получаемой от операций контроля.

При проектировании процесса статистического управления качеством производства автомобильных компонентов должен учитываться охват контуром управления основных технологических операций, формирующих параметры изделия или оказываемой услуги. Разработанный проект процесса статистического управления включает 4 операции на этапах: 1. волочение катанки, 2. подготовка ПВХ пластиката, 3. экструдирования изоляции, 4. экструдирования оболочки кабеля. Далее необходимо определить статистические методы и параметры плана контроля по основным показателям качества процесса (табл. 1).

Анализ стабильности процесса проводился с использованием программного комплекса *MATLAB*. Статистическая управляемость и стабильность технологического процесса производства электрического силового кабеля КуВВнг(А)-LS 3х0,75 проведена по карте среднего и среднего квадратического отклонения ( $\bar{X}$  карта) для параметра качества – толщина изоляции токопроводящей жилы (рис. 2).

Для оценки индексов воспроизводимости рассматриваемого технологического процесса по указанному параметру качества, построения контрольных карт и графиков была разработана программа в *MATLAB* с применением *Statistics Toolbox*, текст которой для параметра толщина изоляции токопроводящей жилы приведен ниже:

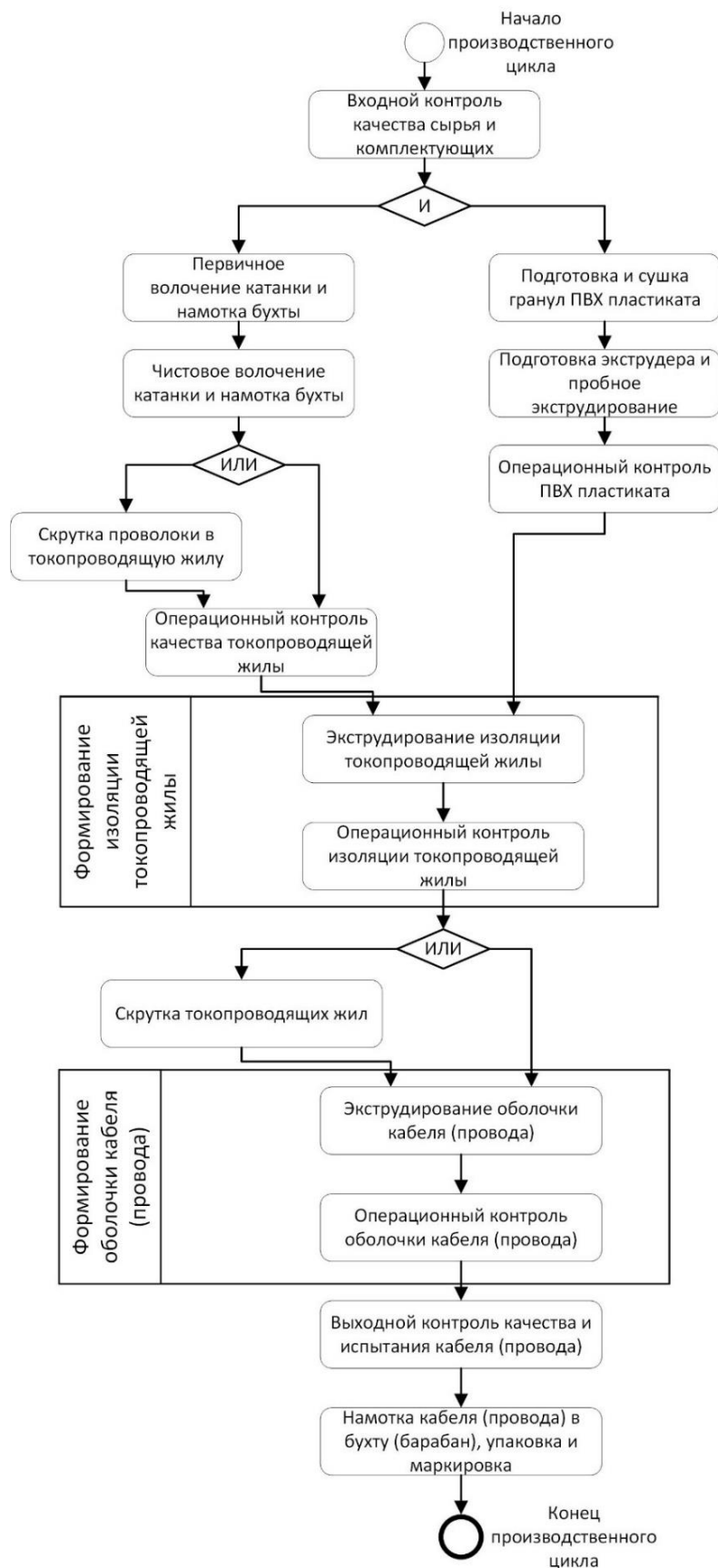


Рис. 1. BPMN модель процесса производства ВВнг(А)-LS

**Табл. 1. Статистические методы системы SPC и параметры плана контроля**

№	Параметр	Вид статистического анализа	Объем выборки, шт.
1	Толщина изоляции токопроводящей жилы	Xs-контрольная карта Шухарта и анализ воспроизводимости и пригодности	10
2	Толщина оболочки кабеля		
3	Сопротивление изоляции токопроводящей жилы при 20°C		
4	Сопротивление изоляции токопроводящей жилы при 90°C		
5	Площадь сечения токопроводящей жилы		
6	Напряжение пробоя изоляции кабеля	XR-контрольная карта Шухарта и анализ воспроизводимости и пригодности	4
7	Удлинение до старения при разрыве изоляции		
8	Удлинение до старения при разрыве оболочки		
9	Прочность при разрыве изоляции до старения		
10	Прочность при разрыве оболочки до старения		
11	Удлинение разрыва после старения изоляции		
12	Удлинение разрыва после старения оболочки		
13	Прочность при разрыве изоляции после старения		
14	Прочность при разрыве оболочки после старения		
15	Число дефектов оболочки кабеля	np – контрольная карта Шухарта	10
16	Число дефектов стойкости к внешним воздействиям (высокой и низкой температуре, повышенной влажности)		
17	Количество несоответствий цветовой маркировки жил кабеля	c – контрольная карта Шухарта	5

```

Xnominal=0.8;
T=0.2;
st1 = controlchart(x_1,'chart',{'xbar' 's'});
x = st1.mean;
cl = st1.mu;
se = st1.sigma./sqrt(st1.n);
cs = st1.sigma;
R1 = controlrules({'we', 'n'},x,cl,se);
I1 = find(R1);
x1=reshape(x_1,[],1);
histfit(x1);
legend('Эксп. данные','Норм. закон')
p = normspec([Xnominal-T/2,Xnominal+T/2],cl,cs,'outside')
S = capability(x1,[Xnominal-T/2,Xnominal+T/2])
capaplot(x1,[Xnominal-T/2,Xnominal+T/2]);
probplot(x1)

```



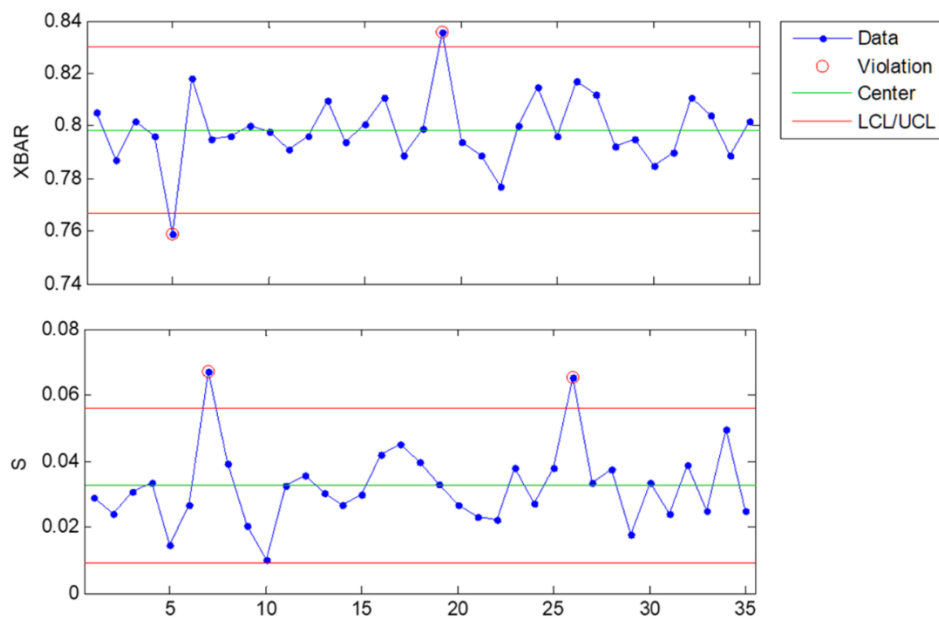


Рис. 2.  $\bar{X}$  карта по параметру толщина изоляции кабеля

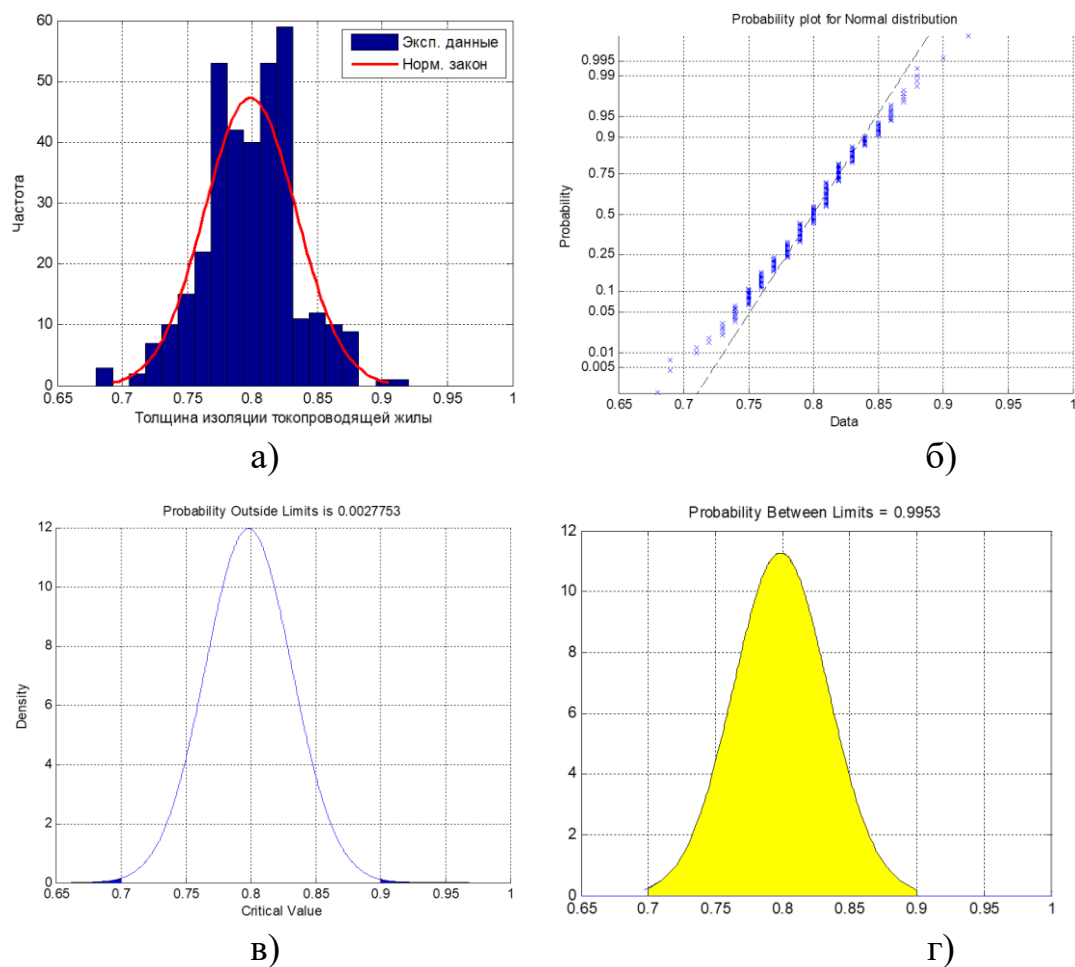


Рис. 3. Гистограмма (а), график «вероятность-вероятность» (б), график вероятности брака (в), воспроизводимости (г) технологического процесса по параметру толщина изоляции токопроводящей жилы

Разработанный проект процесса статистического управления качеством производства кабеля типа ВВнг(А)-LS охватывает основные операции, влияющие на формирование параметров изделия. Выбранные для указанного процесса статистические методы определены в национальных стандартах РФ. Применение программных систем позволяет автоматизировать расчет статистических характеристики и повысить эффективность управления качеством производства автомобильных компонентов.

#### Список использованных источников

1. Менеджмент систем качества. Учеб. пособие / М. Г. Круглов, С. К. Сергеев, В. А. Такташов и др. – М.: Издательство стандартов, 1997. – 368 с.
2. Кане М. М., Иванов Б. В., Корешков В. Н., Схиртладзе А. Г. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: Учебное пособие. – СПб.: Питер, 2008. – 560 с.: ил. ISBN 978-5-91180-707-8.

УДК 621.74

*Т. А. Гуськов (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: З. В. Мищенко (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПО МЕТОДУ ТАГУЧИ**

При определении оптимальных значений параметров изделий и операций технологического процесса необходимо учитывать условия эксплуатации транспортного средства. Согласно требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015 решение указанной задачи выполняется при реализации процесса проектирования и разработки изделий и процессов (п. 8.3). Решение указанной задачи основано на использовании методов моделирования и оптимизации, а также планирования эксперимента, регрессионного анализа. Одним из часто используемых подходов для решения указанной задачи является метод предложенный Г. Тагучи [1, с. 223]. Этот метод предполагает при оптимизации параметров применение целевой функции на основе отношения «сигнал–шум» по показателю качества изделия или технологического процесса. В РФ метод регламентирован в ГОСТ Р ИСО 16336-2020.

Последовательность действий при оптимизации параметров изделий и операций технологического процесса согласно методике, приведенной в ГОСТ Р ИСО 16336-2020 показана на рис. 1. Методика основана на использовании пассивного эксперимента при определении значений показателя качества изделия или процесса и оптимизации для поиска значений управляемых параметров. В работе приведены результаты оптимизации параметров технологической операции экструзии изоляции процесса производства электрического силового кабеля КуВВнг(А)-LS 3х0,75. Для функции установлен выходной сигнал, обеспечивающий требуемую толщину изоляции токопроводящей жилы, т.е. целесообразно применить целевую функцию в виде – «номинал наилучший отклик». Для решения рассматриваемой задачи выбраны 3 фактора шума (табл. 1).

**Табл. 1. Факторы шума и их уровни (внешний план)**

Фактор шума	Уровень фактора	
	1	2
Средний размер гранул полимера, мм	от 1 до 3	от 2 до 4
Начальная температура полимера, °С	от 5 до 25	от 25 до 45
Влажность полимера, %	до 2	от 2 до 5

В таблице 2 показана внешняя таблица, представляющая уровни факторов шума, при которых проводятся измерения функции отклика на каждом из уровней управляемых факторов. Уровни факторов шума  $N$  являются сочетанием возможных значений каждого из отдельных факторов.

**Табл. 2. Факторы шума во внешней таблице**

Фактор шума	Уровень фактора шума							
	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	N <sub>5</sub>	N <sub>6</sub>	N <sub>7</sub>	N <sub>8</sub>
Средний размер гранул полимера	1	1	1	1	2	2	2	2
Начальная температура полимера	1	1	2	2	1	1	2	2
Влажность полимера	1	2	1	2	1	2	1	2

Учитывая особенности операции экструдирования и нанесения изоляции на токопроводящую жилу электрокабеля КуВВнг(А)-LS 3х0,75 были выбраны 8 факторов управляемых факторов технологической операции экструдирования и их уровни, показанные в таблице 3. Фактор А является двухуровневым, остальные факторы трёхуровневыми.

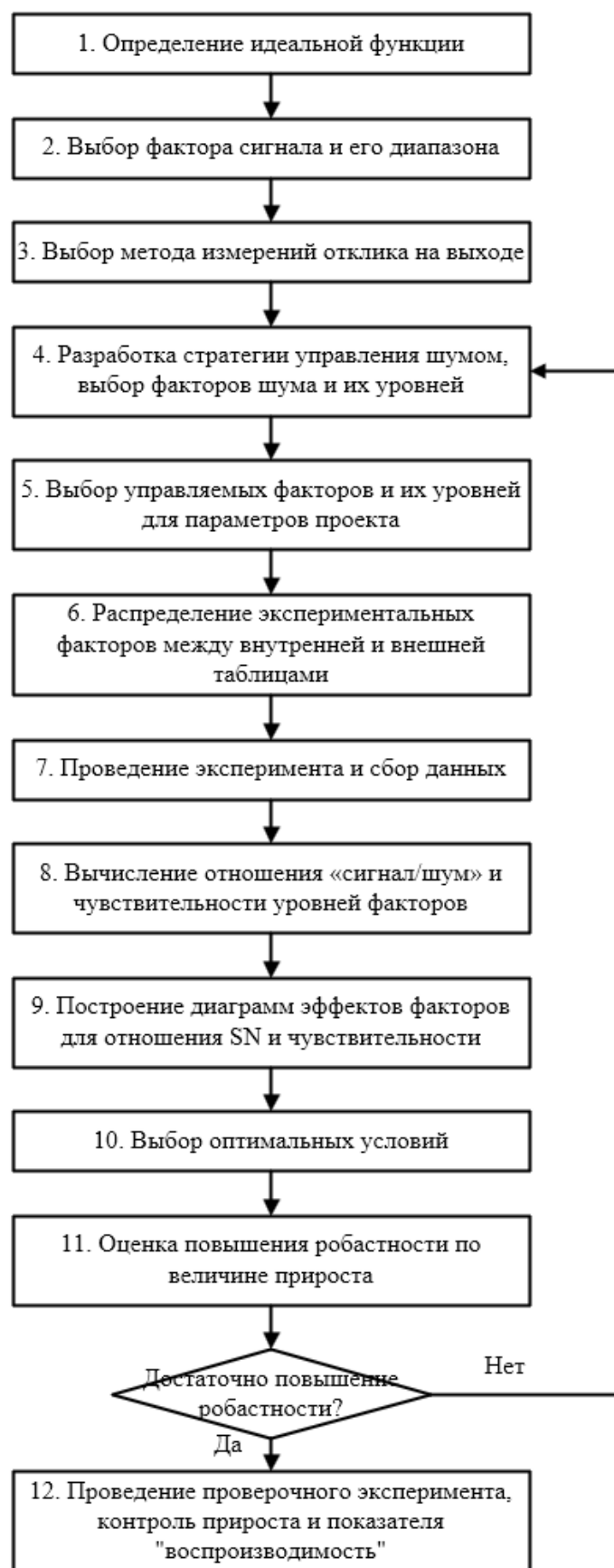


Рис. 1. Этапы *RPD* согласно ГОСТ Р ИСО 16336-2020

**Табл. 3. Управляемые факторы операции экструдирования  
и их уровни (внутренний ортогональный план)**

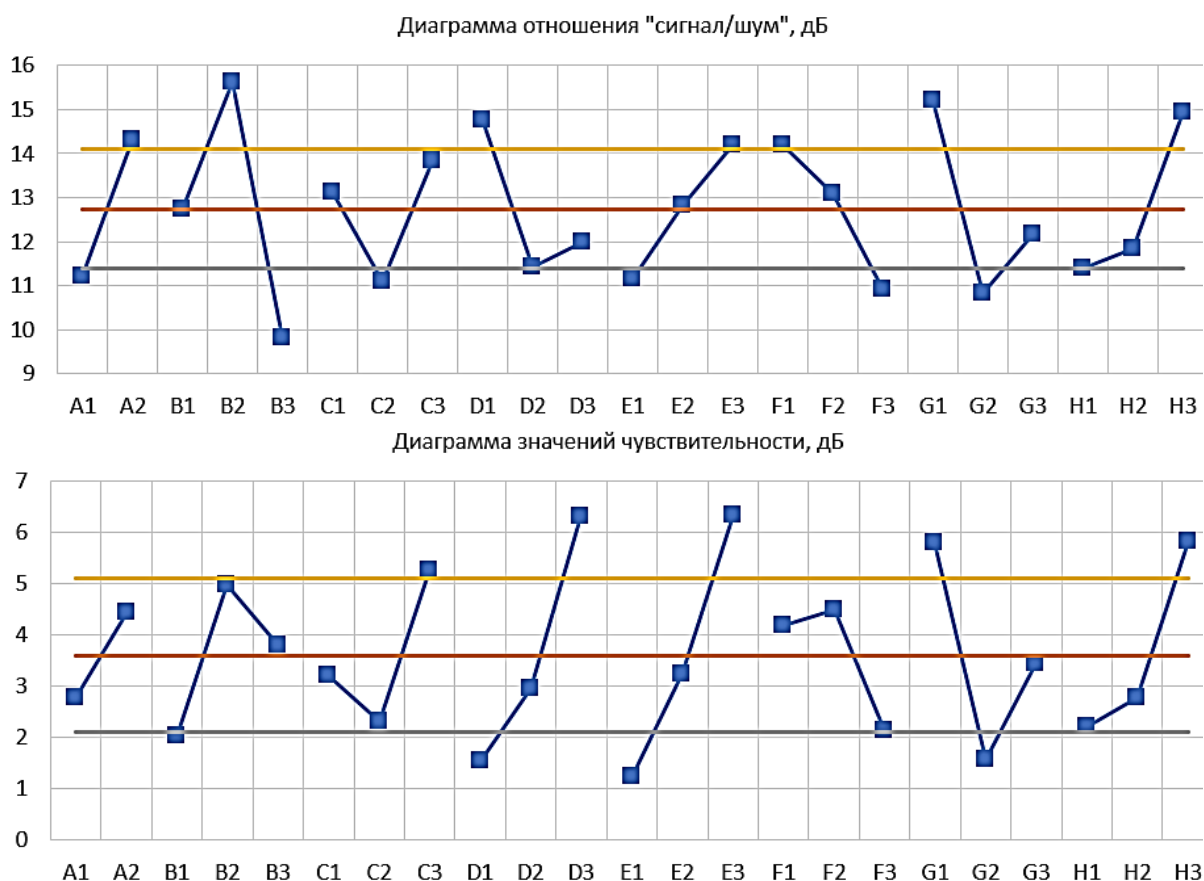
Управляемые факторы		Уровень		
		1	2	3
A	Шаг нарезки шнека экструдера, мм	1d	2d	–
B	Подача токопроводящей жилы, м/мин	30	40	50
C	Частота вращения шнека экструдера, об/мин	100	120	150
D	Температура головы экструдера, °C	170	175	180
E	Температура 1-й зоны шнека экструдера, °C	100	110	120
F	Температура 2-й зоны шнека экструдера, °C	150	160	170
G	Отношение длины к диаметру формирующей части фильеры экструдера, мм/мм	1/15	1/25	1/35
H	Температура токопроводящей жилы на входе экструдера, °C	115	130	150

Примечание: d – диаметр шнека экструдера, d=70мм.

Для решения задачи оптимизации выбран ортогональный план эксперимента L18 согласно рекомендациям Тагучи и ГОСТ Р ИСО 16336-2020, включающий 18 опытов для выбранных технологических факторов. В таблице 4 показаны результаты расчета целевых функций: средних арифметических отношения «сигнал/шум» и чувствительностей для заданных уровней факторов. На рисунке 2 показана диаграмма эффектов факторов операции экструдирования изоляции кабеля электрического с границами доверительного интервала для отношения «сигнал/шум» и чувствительности. Точки, выходящие за границы доверительных интервалов, соответствуют статистически значимому отклонению отношения «сигнал/шум» и чувствительности рассматриваемого показателя качества технологической операции относительно общего среднего арифметического.

**Табл. 4. Отношение «сигнал/шум» и чувствительность  
для различных уровней факторов, дБ**

Управляемые факторы	Отношение «сигнал/шум»			Чувствительность		
	Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3
A	11,21	14,31	–	2,77	4,44	–
B	12,74	15,63	9,82	2,03	4,98	3,81
C	13,13	11,11	13,82	3,22	2,32	5,27
D	14,77	11,42	12,00	1,55	2,96	6,31
E	11,15	12,83	14,20	1,24	3,25	6,33
F	14,19	13,10	10,90	4,18	4,50	2,14
G	15,20	10,82	12,17	5,80	1,58	3,44
H	11,40	11,85	14,93	2,20	2,78	5,83



**Рис. 2. Диаграмма эффектов факторов операции экструдирования изоляции кабеля с границами доверительного интервала**

Определение оптимальных уровней рассматриваемых факторов основано на 2-х этапной процедура. Так как метод Тагучи предполагает оптимизацию по увеличению робастности, то основными будут уровни факторов с максимальными величинами отношения «сигнал/шум». На первом этапе анализируются график эффектов факторов для отношения «сигнал/шум» и выбираются оптимальные уровни каждого фактора, со средними значениями отношения «сигнал/шум», имеющими максимальную величину. Затем проводится анализ графика эффектов факторов по чувствительности и выбираются уровни, по наибольшему значению.

Максимальное значение целевой функции соответствует множеству уровней факторов: A2–B2–C3–D1–E3–F1–G1–H3. Анализ диаграммы эффектов факторов (рис. 2) позволяет сделать вывод о том, что для фактора D имеется противоположная зависимость между отношением «сигнал/шум» и чувствительностью. Максимальное значение 2-го параметра соответствует 3-му уровню. Несмотря на это был выбран уровень №1 по D, обладающий

максимальным отношением «сигнал/шум», так как этот критерий приоритетный для рассматриваемой технологической операции.

Рассмотренная в работе методика оптимизации по ГОСТ Р ИСО 16336-2020 позволяет выбрать критерии оптимизации, условия проведения и параметры пассивного эксперимента. При оптимизации учитывается влияние управляемых параметров технологического процесса, требований к параметрам изделия на значение целевой функции. В качестве целевых функций выступают отношение «сигнал/шум» и чувствительность к изменению управляемых факторов технологического процесса. Согласно подходу Тагути периодическое систематическое определение требований потребителя к выпускаемой продукции и далее выбором оптимальных значений параметров изделия и процесса ее производства, является одним из наиболее эффективных методов снижения несоответствий автомобильных компонентов, выявляемых при их эксплуатации. Таким образом применение метода робастного проектирования позволяет существенно повысить экономическую эффективность предприятия и снизить затраты на несоответствия в рамках действующей системы менеджмента качества.

#### Список использованных источников

1. Кане М. М., Иванов Б. В., Корешков В. Н., Схиртладзе А. Г. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: Учебное пособие. – СПб.: Питер, 2008. – 560 с.: ил. ISBN 978-5-91180-707-8.
2. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. М. : Наука, 1971. – 282 с.

УДК 621.74

*А. А. Грамотова (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: З. В. Мищенко (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

### **МЕТОДИКА СТАТИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ТРИПЛЕКСА АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Согласно ГОСТ Р ИСО 9000-2015 качество изделий определяется как соответствие требованиям потребителей, заинтересованных сторон и законодательных ограничений. Целесообразно определять и рассматривать задокументированные требования потребителей и заинтересованных сторон

на этапе маркетинга и разработки изделий и процессов их жизненного цикла [1, с. 89]. Использование статистических методов управления качеством в рамках системы менеджмента качества предприятия позволят системно и на основе процессного подхода подходить к их выбору, определению их параметров, что позволит уменьшить появление несоответствий при производстве автомобильных компонентов, выявленных у потребителя в процессе эксплуатации.

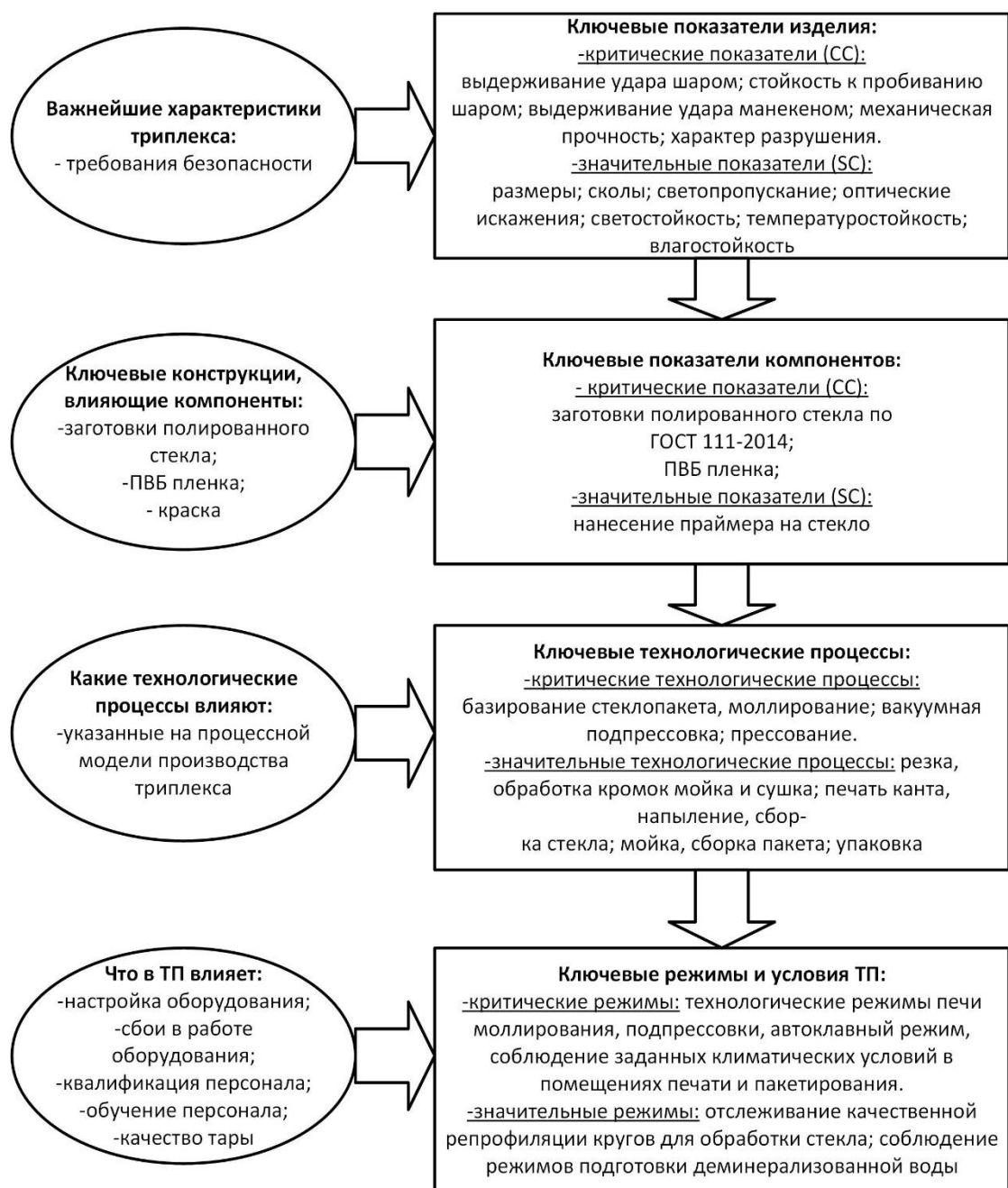
Законодательные ограничения на автомобильные компоненты в большинстве случаев приводятся в технических регламентах и, в частности, в ТР ТС - 018 – 2011 «О безопасности колесных транспортных средств». Значения параметров безопасности и обязательные требования к методам испытаний приводятся в ссылочных нормативных документах к техническому регламенту. Применительно к триплексу автотранспортных средств обязательные требования приведены в Правилах ЕЭК ООН 43 (*UN Regulation No. 43 – Rev.4*) «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения безопасных стекловых материалов и их установки на транспортном средстве».

При разработке методики статистического управления качеством процесса производства триплекса автотранспортного средства с целью рационального определения состава статистических методов необходимо провести моделирование технологического процесса [2, с. 122]. По результатам моделирования определяются ключевые показатели качества как изделия, так и технологического процесса. Исходя из особенностей конкретного технологического процесса, объема и типоразмерного ряда выпускаемой продукции определяются параметры плана контроля выбранных методов управления.

Согласно требованиям указанных выше нормативных документов и [2, с. 131] в работе разработана модель ключевых показателей качества триплекса автотранспортного средства и технологического процесса его производства (рис. 1).

Согласно выбранным ключевым показателями качества триплекса и технологического процесса его производства (рис 1), а также требованиям ГОСТ 32565-2013, ГОСТ 32568-2013, ГОСТ 30826-2014 были определены статистические методы управления качеством и параметры плана контроля, которые показаны в таблице 2.





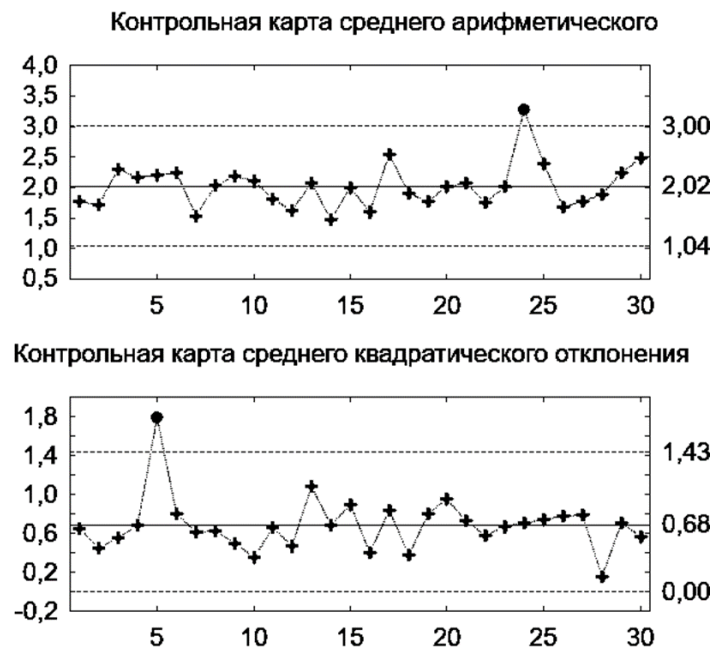
**Рис. 1. Ключевые показатели качества триплекса и технологического процесса производства**

Анализ стабильности процесса проводился с использованием программного статистического комплекса *Statistica*. Статистическая управляемость и стабильность технологического процесса производства триплекса оценивалась с использованием контрольной карты среднего арифметического и среднего квадратического отклонения ( $\bar{X}$ -контрольной карты) для параметра провиса стекла при моллировании. Контрольные карты по указанному параметру приведены на рис. 2.

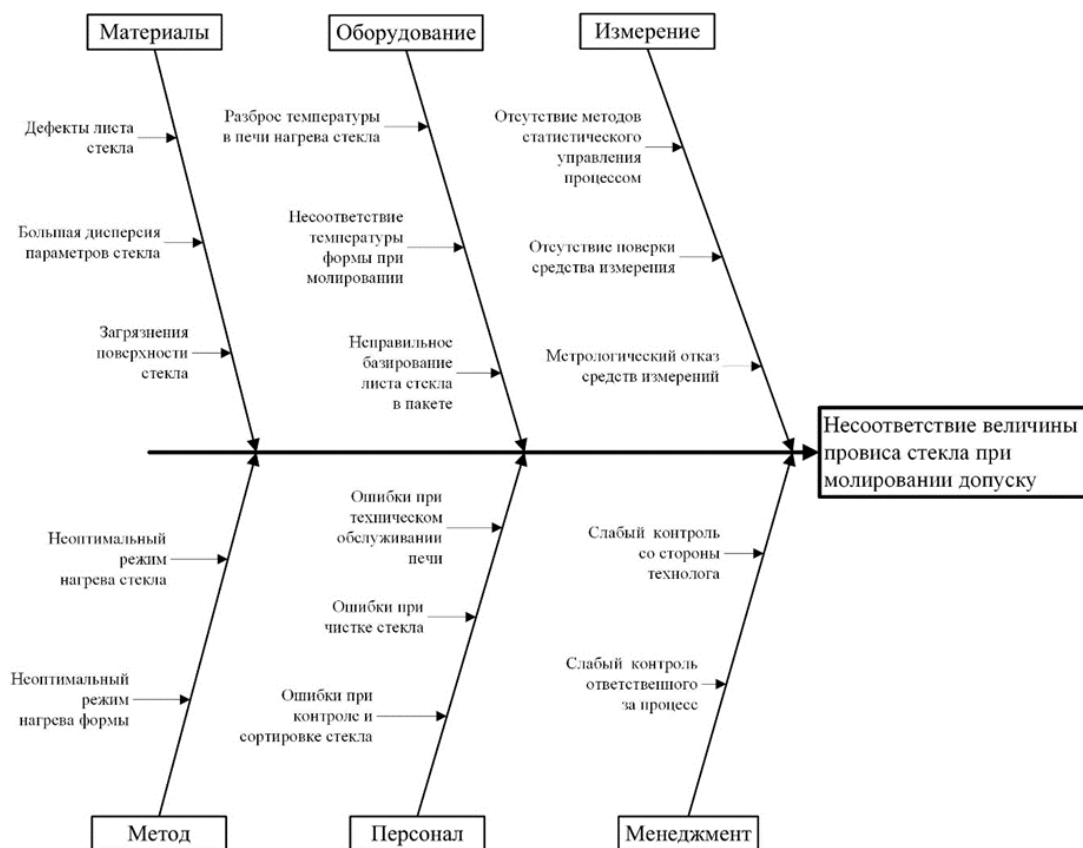
**Табл. 2. Параметры качества триплекса согласно ГОСТ 32565-2013,  
их виды и методы статистического анализа процесса**

Ключевой параметр	Метод оценки точности и стабильности	Объем / Количество выборок	Методика анализа
Технологический процесс			
Отклонения геометрических размеров при резке	Xs-контроль- ная карта, анализ вос- производи- мости и пригод- ности	10/30	ГОСТ Р ИСО 7870-2- 2015, ГОСТ Р ИСО 22514-2- 2015
Величина провиса стекла при моллиро- вании		5/30	
Температура печи при моллировании		5/30	
Температура в автоклаве при прессова- нии			
Давление в автоклаве при прессовании			
Количество дефектов стекла при резке	np – кон- трольная карта	10/30	ГОСТ Р ИСО 7870-2- 2015
Число дефектов ПВБ пленки		15/30	
Изделие (триплекс)			
Максимальное значение оптического искажения	Xs-контроль- ная карта, анализ вос- производи- мости и при- годности	10/30	ГОСТ Р ИСО 7870-2- 2015, ГОСТ Р ИСО 22514-2- 2015
Масса осколков, отделившихся со сто- роны, противоположной удару		5/30	
Общая площадь поверхности осколков при дроблении			
Отклонение от номинальной толщины триплекса		10/30	
Отклонение формы триплекса		5/30	
Количество дефектов геометрических размеров	np – кон- трольная карта	10/30	ГОСТ Р ИСО 7870-2- 2015
Количество дефектов поверхности три- плекса			
Количество дефектов упаковки и марки- ровки		5/30	

Анализ Xs-контрольной карты по параметру – величина провиса стекла при моллировании (рис. 2), позволяет сделать вывод о наличии 2-х выбросов (один на карте среднего арифметического и один на карте среднего квадратического отклонения) и отсутствии нарушений в случайности распределения указанных статистик. Это указывает на то, что технологический процесс производства триплекса не является статистически управляемым. Анализ значений индексов пригодности позволяет делать вывод о достаточно высоком проценте брака вследствие разброса значений контролируемого параметра ( $P_p=0,97$ ) и наличия отклонения процесса по среднему арифметическому от номинального значения ( $P_{pk}=0,94$ ).



**Рис. 2.  $\bar{X}$ -контрольная карта по параметру величина провиса стекла при моллировании**



**Рис. 3. Причинно-следственная диаграмма возникновения дефектов по несоответствию величины провиса стекла при моллировании**

Результаты определения причин вариаций по параметру величина провиса стекла при моллировании представлены на причинно-следственной диаграмме (рис. 3). Значимыми причинами выбросов на контрольной карте по указанному параметру являются: разброс температуры в печи нагрева стекла, отсутствие методов статистического управления процессом, неоптимальный режим нагрева стекла. Это неслучайные причины дисперсии статистик на контрольной карте и после корректирующих действий эти статистики можно исключить из расчетов карты Шухарта.

Предложенная методика статистического управления качеством процесса производства триплекса автотранспортного средства включает параметры качества изделия и технологического процесса его производства, статистические методы и их параметры. Используемые статистические методы относятся к семи методам статистического контроля и управления качеством и реализованы в большинстве известных программных статистических комплексах, что позволяет автоматизировать применение разработанной методике

#### Список использованных источников

1. Менеджмент систем качества. Учеб. пособие / М. Г. Круглов, С. К. Сергеев, В. А. Такташов и др. – М.: Издательство стандартов, 1997. – 368 с.
2. Макаров Р. И. Анализ и синтез информационных систем: учебное пособие / Р. И. Макаров, Е. Р. Хорошева. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2019. – 250 с.: ил., табл. : 21 см.; ISBN 978-5-9984-1001-7.

УДК 656.075

**В. А. Журавлева** (Россия, г. Владивосток, ДВФУ, студент)

Научный руководитель: **О. А. Широкопад** (Россия, г. Владивосток, ДВФУ)

## **УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ В Г. ВЛАДИВОСТОКЕ**

Владивосток – быстроразвивающийся город на дальнем востоке. Расположен город не только на материковой части, но и на островных территориях таких как остров Попова, Рейнеке, Рикорда, Путятин, Русский. Остров Русский является крупнейшим и является частью муниципального образования Владивостокский городской округ.

Не смотря на небольшой процент использования земель (30 %), пассажиропоток на остров растет с каждым годом. В первую рост пассажиропотока обеспечивает большое количество студентов Дальневосточного федерального университета. Всего в университете обучается более 20 000 человек, а также 2100 преподавателей и около 3000 работников других сфер. Помимо этого, на острове расположены жилые поселки, где проживает 6 883 человек.

Количество автомобилей, передвигающихся по магистралям города гораздо больше, чем позволяет пропускная способность улиц. Следствие высокого спроса на улично-дорожную сеть – возникновение заторов.

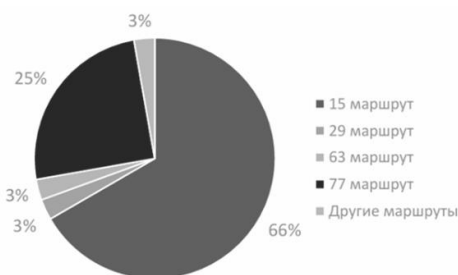
Нами с помощью Гугл карт были проведены исследования загруженности автомобильных дорог, соединяющих материковую часть города с островной. Мы выявили, что ежедневно балл «пробок» составляет от 5-7 баллов, однако в «час пик» с 8.00-9.30 и с 17.30-19.00 балл составляет 9, что является максимальным. Автобусам также приходится стоять в общем потоке с другими транспортными средствами, что влияет на среднюю скорость доставки пассажиров.

В настоящее время между о. Русским и материковой частью г. Владивостока курсирует 8 автобусных маршрутов. Однако в администрацию города Владивостока поступает много жалоб от жителей на плохое качество обслуживания на маршрутах, соединяющих материковую часть города с островной, а именно: переполненные автобусы, большой интервал движения, малое количество автобусов на линии.

Для выявления проблемы было решено провести исследование качества перевозок пассажиров на маршрутах, соединяющих островную часть с материковой.

Для исследования качества обслуживания пассажиров на городском общественном автомобильном транспорте, обслуживающем о. Русский, была выбрана методика исследования в виде анкетирования. В опросе приняло участие 3750 жителей г. Владивостока, достигшие совершеннолетнего возраста. Анкетирование заключалось в заполнении онлайн-анкеты в основном студентами и сотрудниками ДВФУ, т.к. они чаще всего совершают поездки на о. Русский и с о. Русский в город.

По результатам анкетирования 66% опрошенных пользуются услугами 15 маршрута для поездок на о. Русский и с о. Русский в город (рисунок 1).



**Рис. 1. Доля пользования услугами различных маршрутов, соединяющих о. Русский с г. Владивостоком**

Из этого следует, что маршрут №15 «Приморский океанариум – Кампус ДВФУ – Т/Ц "Изумруд" – 1-я Речка – Кампус ДВФУ – Приморский океанариум» является наиболее популярным и загруженным для поездок на о. Русский.

В таблице 1 (Приложение А) представлены различные показатели качества, а также уровень их оценки по мнению опрошенных горожан.

Результаты анкеты свидетельствует о ненадлежащем качестве обслуживания пассажиров.

Мы в своей работе предлагаем, для повышения популярности общественного транспорта и улучшения качества перевозки пассажиров внедрение в транспортную систему г. Владивосток струнного пассажирского транспорта *Unitsky String Technologies Inc (uST)*.

Комплексы *Unitsky String Technologies Inc.* основаны на технологии создания предварительно напряжённых транспортных эстакад нового поколения, ключевым элементом которых выступает струнный рельс.

Опрос показал, что наиболее приоритетным для населения являются маршрут №15, то следует провести обследование пассажиропотока на нем. В таблицах 3 представлены результаты обследования пассажиропотока на маршруте 15.

По итогу исследования можно отметить, что наибольшее количество пассажиров на остановках: «ВВГУ», «Студенческая», «Театр оперы и балета» и «Окатовая». Данные остановочными пункты расположены вблизи общежитий ДВФУ, и центра города.

На основании анализа результатов обследования пассажиропотока и качества обслуживания пассажиров, предлагаем внедрить инновационную транспортную систему *uST*, по маршруту, проходящему через критические остановочные пункты.

Для улучшения транспортной доступности на о. Русский, что приведет к развитию островной территории, следует запустить систему *иST* по маршруту «Фуникулер – ЖД Вокзал – Театр оперы и балета – Площадь «Окатовая» – Русский остров». Схема маршрута указана на рисунке 15.

Маршрут состоит из 5 остановочных пунктов протяженность маршрута составляет 10,8 км. Остановочные пункты и расстояния между ними на предлагаемом маршруте указаны в таблице 2. Расстояние между опорами над водной поверхностью 2,26 км.

Реализация проекта струнного транспорта (*иST*) на маршруте Владивосток – о. Русский протяженностью 10,8 км (включая сложный участок над водой длиной 2,26 км) представляет собой технически осуществимое и потенциально эффективное решение для транспортных проблем города и связи с островом. Расчеты, основанные на текущем пассажиропотоке и его прогнозируемом росте до 87 000 пассажиров в сутки к 2032 году, показывают экономическую жизнеспособность проекта при выполнении ключевого условия.

Перспектива для Владивостока. Проект струнного транспорта на данном маршруте не просто решает текущие транспортные задачи, но и является инфраструктурным драйвером будущего развития. Он создает основу для освоения о. Русский, повышает инвестиционную привлекательность территории и соответствует логике развития города как крупного транспортного и инновационного центра Дальнего Востока.

#### Список использованных источников

1. Транспорт Владивостока [Электронный ресурс] // Официальный сайт администрации г. Владивостока. – Режим доступа: <https://www.vlc.ru/city-environment/transport> (дата обращения 14.09.2025 г).
2. Спирин, И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками / И. В. Спирин. – 12-е изд., испр. – Москва : Академия, 2020. – 398 с.
3. Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом: Распоряжение Минтранса России №НА-19-р от 31.01.2017 г. [Электронный ресурс] // Сайт КонсультантПлюс. – Режим доступа:

- [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_212674](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_212674) (дата обращения 16.10.2025 г).
4. ГОСТ 51825-2001. Услуги пассажирского транспорта. Общие требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 15с.
  5. Чеботарев А. В. Методика организации работы систем городского транспорта общего пользования в соответствии с изменением спроса: автор. дис....канд. технич. Наук / А. В. Чеботарев. – Санкт- Петербург, 2013.
  6. Юницкий А. Э., Кривицкий А. И., Артюшевский С. В., Сокур М. В., Цырлин М. И. Высокоскоростной струнный транспорт *uST* для перевозки пассажиров: преимущества и перспективы развития. Инновационный транспорт. 2022;(2(44)):3–7. [Электронный ресурс] URL: [https://unitsky.engineer/storage/files/shares/UST\\_high\\_speed\\_string\\_transport\\_for\\_passenger.pdf](https://unitsky.engineer/storage/files/shares/UST_high_speed_string_transport_for_passenger.pdf)
  7. Транспортно-инфраструктурные решения *Unitsky String Technologies Inc.* – [сайт] – <https://ust.inc/> (дата обращения: 16.09.2025). – Текст: электронный.
  8. Восточный экономический форум – Новости – [сайт] – URL: <https://forumvostok.ru/news/investproekty-na-3639-mlrd-rublej-obeschajut-izmenit-ostrov-russkij-do-neuznavaemosti-1/> (дата обращения: 21.09.2025). – Текст: электронный.

## Приложение А

**Табл. 1. Оценка качества обслуживания пассажиров**

Но- мер п/п	Показатель качества	Оценка опрошенных по 10–баль- ной шкале	Примечание
1	2	3	4
1	Возможность проезда сидя	4	где 1 – проехать сидя невозможно, 10 – всегда езжу сидя
2	Количество пассажиров в автобусах	3	где 1 – автобус переполнен, 10 – автобус пустой
3	Чистота в салоне автобусов	7	где 1 – в салоне очень грязно, 10 – в салоне чисто
4	Внешний вид и общее состояние автобусов	7	где 1 – совсем не удовлетворяет, 10 – удовлетворяет полностью
5	Температурный режим в салоне автобусов	6	где 1 – совсем не устраивает, 10 – устраивает полностью



Окончание табл. 1

1	2	3	4
6	Наличие шума от работы технических систем в салонах автобусов	5	где 1 – в салоне очень шумно, 10 – в салоне шума нет
7	Удаленность остановочных пунктов	6	где 1 – совсем не устраивает, 10 – устраивает полностью
8	Поездка без пересадок	6	где 1 – требуется 2 и более пересадки, 10 – пересадка не требуется
9	Соблюдение расписания движения автобусов	6	где 1 – автобусы всегда приходят не по расписанию, 10 – автобусы всегда приходят по расписанию
10	Интервал движения автобусов	4	где 1 – совсем не удовлетворяет, 10 – удовлетворяет полностью
11	Среднее время ожидания нужного автобуса	20-25 минут	
12	Вежливость и внешний вид водителей автобусов	7	где 1 – водитель не опрятный и грубый, 10 – водитель выглядит опрятно и ведет себя вежливо
13	Нарушения водителями ПДД	7	где 1 – водитель очень часто нарушает ПДД, 10 – водитель не нарушает ПДД
14	Наличие в салонах автобусов информации о маршрутах, исполнителях, спасательных средствах и пр.	8	где 1 – ничего из вышеперечисленного в салоне нет, 10 – всё вышеперечисленное есть в салоне
15	Доступность для МГН	7	где 1 – совсем не соблюдаются, 10 – соблюдаются полностью

**Табл. 2. Распределение пассажиропотока на маршруте №15  
в прямом направлении**

№ п/п	Наименование остановочных пунктов	Количество пассажиров		Наполнение	Пассажирооборот, пасс.-км
		вошло	сошло		
1	2	3	4	5	6
1	<b>ТЦ Изумруд (Центр)</b>	<b>1597</b>	<b>0</b>	<b>1597</b>	<b>1650</b>
2	<b>Прапорщика Комарова</b>	<b>630</b>	<b>85</b>	<b>2142</b>	<b>1318</b>
3	Покровский парк	521	146	2517	1920
4	Дальпресс	365	144	2738	1492
5	Первая Речка	406	152	2992	2266

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6
6	Некрасовская	385	285	3092	1143
7	Некрасовская	499	200	3391	2343
8	<b>ВГУЭС Студенческая</b>	<b>738</b>	<b>389</b>	<b>3740</b>	<b>13310</b>
9	<b>Театр оперы и балета</b>	<b>830</b>	<b>822</b>	<b>3748</b>	<b>10293</b>
10	Надибаидзе	606	683	3671	10410
11	<b>Окатовая</b>	<b>785</b>	<b>863</b>	<b>3593</b>	<b>3554</b>
12	Радиоприбор	483	710	3366	6803
13	Катерная	365	225	3506	1858
14	<b>Мини-ТЭЦ – Центральная</b>	<b>25</b>	<b>250</b>	<b>3281</b>	<b>5176</b>
15	<b>Вертодром</b>	<b>24</b>	<b>371</b>	<b>2934</b>	<b>3147</b>
16	<b>Аякс</b>	<b>50</b>	<b>601</b>	<b>2383</b>	<b>4689</b>
17	<b>Кампус ДВФУ</b>	<b>42</b>	<b>849</b>	<b>1576</b>	<b>1971</b>
18	<b>ДВФУ: Южные ворота</b>	<b>42</b>	<b>960</b>	<b>658</b>	<b>632</b>
19	Пожарная академия	8	246	420	535
20	Приморский океанариум	0	420	0	0
	<b>Итого</b>	<b>8401</b>	<b>8401</b>		<b>100652</b>

Табл. 3. Распределение пассажиропотока на маршруте № 15  
в обратном направлении

№ п/п	Наименование остановоч- ных пунктов	Количество пассажиров		Наполне- ние	Пассажирооборот, пасс.км.
		вошло	сошло		
1	2	3	4	5	6
1	Приморский океанариум	820	0	820	1215
2	Пожарная академия	451	0	1271	3502
3	<b>ДВФУ: Южные ворота</b>	<b>1002</b>	<b>0</b>	<b>2273</b>	<b>10537</b>
4	<b>Кампус ДВФУ</b>	<b>1589</b>	<b>0</b>	<b>3862</b>	<b>6465</b>
5	<b>Аякс</b>	<b>995</b>	<b>59</b>	<b>4798</b>	<b>9798</b>
6	<b>Вертодром</b>	<b>689</b>	<b>35</b>	<b>5452</b>	<b>3470</b>
7	<b>Мини-ТЭЦ – Центральная</b>	<b>1006</b>	<b>40</b>	<b>6418</b>	<b>11945</b>
8	Катерная	165	145	6438	5380
	<b>Окатовая</b>	<b>310</b>	<b>1002</b>	<b>5746</b>	<b>9019</b>
9	Радиоприбор	238	484	5500	12355
10	Надибаидзе	205	411	5294	13766
11	<b>Театр оперы и балета</b>	<b>410</b>	<b>765</b>	<b>4939</b>	<b>2636</b>
12	<b>Фуникулер</b>	<b>496</b>	<b>1801</b>	<b>3634</b>	<b>3335</b>
13	Некрасовская	265	715	3184	4248
14	ТЦ Тихоокеанский	215	535	2864	1792
15	Инструментальный завод	213	520	2557	2152
16	Картинная галерея	160	646	2071	769

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6
17	Покровский парк	145	1069	1147	1366
18	Краевая больница	123	406	864	511
19	ТЦ Изумруд	135	999	0	0
	<b>Итого</b>	<b>9632</b>	<b>9632</b>		<b>104262</b>

УДК 621.74

*М. Д. Кожушная (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: З. В. Мищенко (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

### **МЕТОДИКА МНОГОМЕРНОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРИТОВЫХ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ**

В случае если технологический процесс контролируется по нескольким показателям качества с наличием корреляционных взаимосвязей между ними, то для снижения вероятности ошибки первого рода при контроле статистической управляемости технологического процесса необходимо использовать методы многомерного анализа качества [1. с. 201]. Перед их применением необходимо провести оценку величины корреляционной взаимосвязи между контролируемыми параметрами. Степень корреляционной взаимосвязи определяется по диаграмме рассеяния и коэффициенту корреляции. Расчет и оценка статистической значимости коэффициента корреляции в системе из нескольких контролируемых параметров производится попарно. По диаграмме рассеяния можно визуальное оценить наличие связи между двумя показателями, характер этой связи (положительная или отрицательная), степень ее тесноты [2. с. 192].

Анализ методов статистического управления качеством технологического процесса производства ферритовых магнитных систем показал, что основными причинами появления несоответствий являются высокая вероятность ошибки 1-го рода при статистическом контроле и управлении качеством технологического процесса. Устранение указанной причины появления несоответствий можно осуществить посредством использования многомерных методов управления качеством на основе контрольных карт  $T^2$  Хотелинга [1. с. 242]. Также после проведения анализа требований НТД к фер-

ритовой магнитной системе (ГОСТ Р 58885-2020), технологического процесса производства и методов их контроля качества следует что изделие характеризуется 3-мя группами показателей качества: магнитными параметрами, геометрическими параметрами, альтернативными показателями, которые могут иметь существенную корреляции между параметрами внутри каждой группы указанных характеристик.

Исходя из вышесказанного, с учетом требований ГОСТ Р ИСО 7870-7-2023 «Многомерные контрольные карты», ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015 «Контрольные карты Шухарта» и ГОСТ Р ИСО 22514-2-2015 «Оценка пригодности и воспроизводимости процесса на основе модели его изменения во времени» разработана методика применения многомерного статистического контроля и управления качеством при производстве ферритовых магнитных систем. Последовательность этапов предложенной методике показана на рис. 1, 2.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}},$$

где  $x_i, y_i$  – двумерная выборка объема  $n$  случайных величин  $X$  и  $Y$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ),  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  – выборочные средние случайных величин  $X$  и  $Y$ .

Оценка статистической значимости коэффициента корреляции выполняется на основе статистики Стьюдента:

$$t = r \cdot \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}.$$

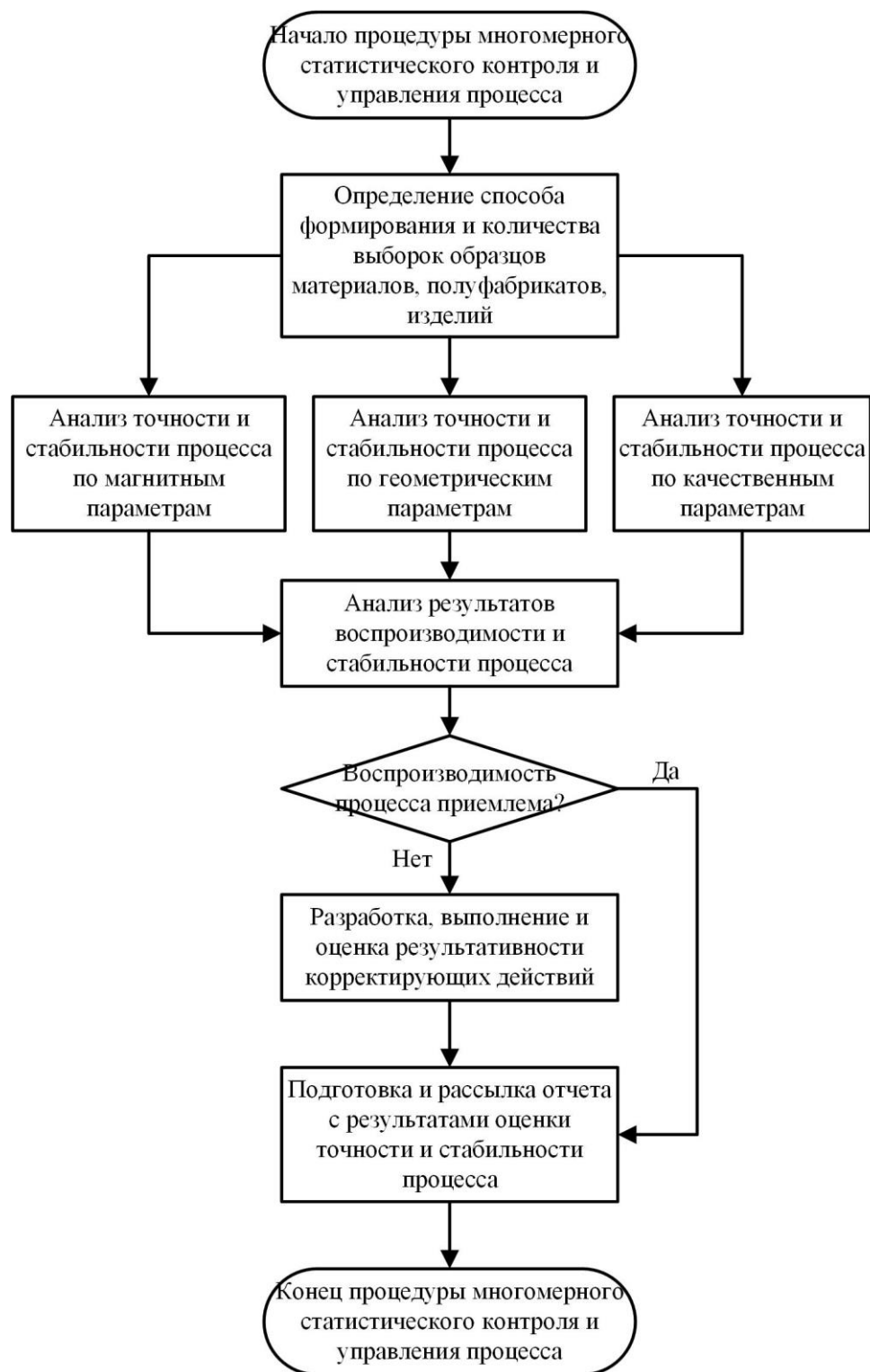
Условие статистической значимости коэффициента корреляции:

$$|t| \leq t_{KP}.$$

Критическое значение  $t_{KP}$  определяется из таблицы распределения Стьюдента для уровня значимости  $\alpha$  и числа степеней свободы  $df=n-2$ .

В случае если технологический процесс контролируются по  $p$  показателям качества  $X = (X_1 X_2 \dots X_p)$ , имеющих многомерное нормальное распределение с наличием корреляционных взаимосвязей, то целесообразно в этом случае использовать контрольную карту  $T^2$  Хотелинга. Применение контрольной карты  $T^2$  Хотелинга позволяет при наличии корреляции между контролируемыми параметрами существенно снизить вероятность ошибки первого рода при контроле статистической управляемости. Многомерная

контрольная карта  $T^2$  Хотелинга – это вариант контрольной карты Шухарта, в которой в качестве статистики используется статистика Хотелинга. Карта  $T^2$  Хотелинга имеет только верхнюю контрольную границу.



**Рис. 1. Основные этапы методики многомерного контроля и управления качеством технологического процесса производства ферритовых магнитных систем**

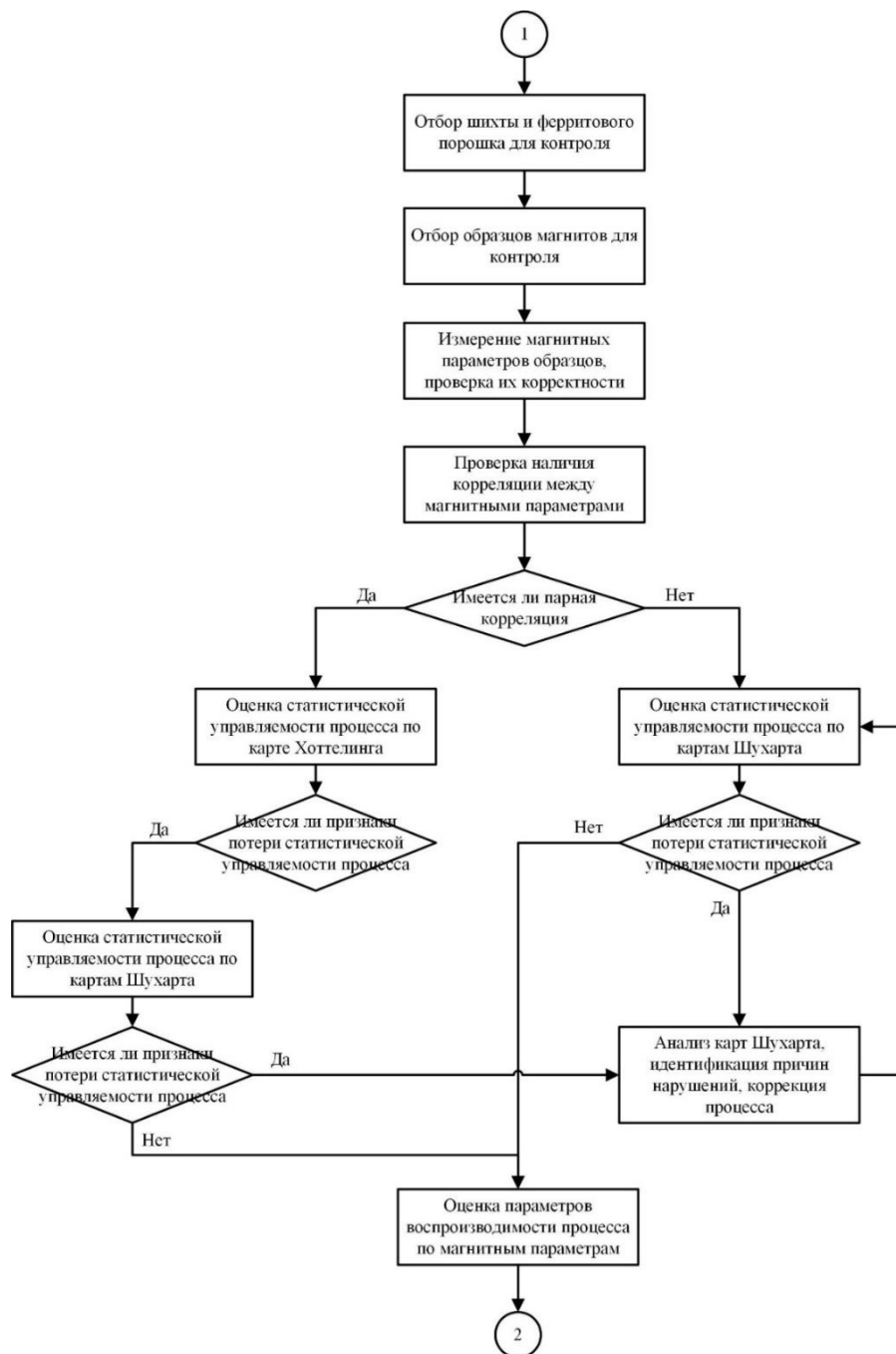


Рис. 2. Декомпозиция функции контроля по магнитным параметрам

Выборочный коэффициент корреляции  $r$  рассчитывается как:

При построении контрольной карты  $T^2$  Хотеллинга выполняется расчет для каждой  $t$ -й выборки ( $t = 1, \dots, m$ ) статистики:

$$T_t^2 = n \cdot (\bar{X}_t - \mu_0)^T \cdot S^{-1} \cdot (\bar{X}_t - \mu_0),$$

где  $n$  – объем выборки,  $S$  – ковариационная матрица,  $\bar{X}_t$  – вектор средних в выборках,  $\bar{X}_t = (\bar{x}_{t1}, \bar{x}_{t1}, \dots, \bar{x}_{tp})^T$ ,  $\bar{x}_{ij}$  – среднее арифметическое значений в

$t$ -й выборке по  $j$ -му контролируемому параметру, ( $j=1,...,p$ );  $\mu_0$  – вектор целевых значений средних арифметических,  $\mu_0 = (\mu_1, \mu_2, ..., \mu_p)^T$ .

При нормальном ходе процесса должно выполняться условие:

$$T_t^2 = T_{KP}^2,$$

где  $T_{KP}^2$  – граница критической области.

Далее необходимо определить статистические методы и параметры плана контроля по основным показателям качества процесса, которые на примере сегментного ферритового магнита приведены в табл. 1.

**Табл. 1. Параметры качества сегментного магнита (феррит марки ФМ 18/220) по ГОСТ Р 58885-2020, методы статистического анализа процесса**

№	Параметр	Вид многомерного статистического анализа	Вид статистического анализа по отдельному параметру	Объем вы-борки, ед.	Количе-ство выбо-рок, ед.
Магнитные параметры					
1	Остаточная индукция	Корреляцион-ный анализ, кон-трольная карта $T^2$ Хотелинга	Хs-контрольная карта Шухарта и анализ воспроиз-водимости и при-годности	10	30
2	Коэрцитивная сила по намагниченности				
3	Энергетическое произведе-ние				
4	Максимальная рабочая температура				
Геометрические параметры					
5	Длина хорды, $A$	Корреляцион-ный анализ, кон-трольная карта $T^2$ Хотелинга	Хs-контрольная карта Шухарта и анализ воспроиз-водимости и при-годности	10	30
6	Высота призмы, $h$				
7	Высота магнита, $H$				
8	Радиус скругления, $R$				
9	Толщина магнита, $b$				
Альтернативные (качественные) параметры					
10	Количество трещин на поверхности или в объ-еме магнита	—	np – контрольная карта Шухарта	10	30
11	Количество царапин и сколов на поверхности магнита	—	c – контрольная карта Шухарта	5	30

Разработанная методика многомерного управления качеством производства ферритовых магнитных систем основа на определении статистической управляемости по картам Хотелинга с последующим переходом на одномерные карты Шухарта. Такой подход позволяет существенно снизить

потери от ошибок 1-го рода при наличии корреляционных связей между параметрами магнитной системы автомобильного компонента.

#### Список использованных источников

1. Клячкин, В. Н. Статистические методы в управлении качеством – М.: Финансы и Статистика, 2021. – 306 с. – ISBN 978-5-00184-056-5
2. Кане М. М., Иванов Б. В., Корешков В. Н., Схиртладзе А. Г. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: Учебное пособие. – СПб.: Питер, 2008. – 560 с.: ил. ISBN 978-5-91180-707-8.

УДК 006 (075.8)

*Л. С. Пантелеев (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*научный руководитель: Ю. А. Орлов (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

### **ВЛИЯНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА НА УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ БИЗНЕСА**

**Аннотация:** В статье рассматривается влияние интегрированной системы менеджмента на устойчивое развитие бизнеса. Анализируются ключевые элементы системы, способствующие повышению эффективности управления и оптимизации бизнес-процессов.

**Ключевые слова:** интегрированная система менеджмента, бизнес-процессы, устойчивое развитие, управление, эффективность.

Интегрированная система менеджмента (*IMS*) объединяет все бизнес-процессы и системы компании в единое целое. Таким образом, можно координировать и контролировать все действия, сокращая дублирование задач и экономя ресурсы. В результате компания становится более гибкой и быстро реагирует на изменения внешней среды.

Основная идея интегрированной системы менеджмента заключается в управлении информационным потоком и налаживании взаимодействия между подразделениями. Основным фактором является непрерывный обмен и эффективное использование информации и данных, создаваемых различными подразделениями. Этот метод управления может повысить общую эффективность компании.



В сегодняшней бизнес-среде успех зависит от работы всех отделов в рамках единой системы, а не изолированно друг от друга. Благодаря координации и взаимодействию каждый отдел поддерживает и дополняет работу других отделов. Такая система позволяет одновременно улучшить качество обслуживания клиентов и оптимизировать затраты.

В итоге интегрированное управление стало ключевым фактором конкурентоспособности и роста компании на рынке. Только благодаря скоординированной работе всех бизнес-компонентов организация может достичь своих целей.

В быстро меняющемся бизнесе очень важна скоординированная работа различных подразделений. Если отделы и системы не смогут работать эффективно, производительность всей компании снизится. Неорганизованное интегрированное управление приводит к дублированию информации и задержкам в принятии важных решений.

Управление на основе процессного подхода необходимо для успешного развития компании. Он объединяет все подразделения, обеспечивает централизованный доступ к данным и позволяет мгновенно получать информацию о ходе процесса во времени. Это помогает экономить ресурсы и принимать более быстрые и обоснованные решения.

В контексте современных тенденций глобализации и компьютеризации, организации сталкиваются с необходимостью удовлетворения потребностей различных рынков. В этой связи эффективное комплексное управление превратилось из необязательного подхода в необходимый. Это позволяет ему быстро реагировать на запросы клиентов и гибко адаптироваться к динамически меняющейся внешней среде.

Интегрированная стратегия управления необходима для повышения эффективности бизнеса и более эффективного использования ресурсов. Внедрение такой системы объединяет все отделы и процессы и обеспечивает свободный обмен данными.

Первым этапом является анализ текущих бизнес-процессов. Нам необходимо тщательно изучить как в настоящее время работает подразделение, чтобы выявить слабые места и понять, где можно внести улучшения, обозначить контрольные точки в ходе процесса. Это поможет устранить ненужные действия и наладить более скоординированную работу между командами.

На втором этапе, очень важно внедрять современные технологические решения. Система обеспечивает доступ к данным в режиме реального времени, что позволяет всем подразделениям принимать решения на основе актуальной и согласованной информации.

Кроме того, следует обратить внимание на улучшение коммуникации. Регулярные встречи и обмен мнениями способствуют эффективному взаимодействию между сотрудниками и оперативному решению возникающих вопросов. Учет мнений сотрудников в этом процессе помогает создать более гибкую и открытую рабочую среду.

Заключительный этап – проанализировать результаты и получить обратную связь. Интегрированная система управления должна постоянно отслеживать ключевые показатели эффективности (*KPI*) для оценки прогресса. Анализ данных и обратная связь являются основой для постоянного совершенствования процессов и создания более эффективной рабочей среды.

Внедрение единой системы управления сопряжено с трудностями. Во-первых, это требует значительных затрат времени и денег, которые могут оказаться непосильными для малого и среднего бизнеса. Кроме того, сотрудники часто неохотно принимают инновации и не проявляют особого интереса или формального отношения к новым правилам. Интеграция различных ИТ-решений также является сложной задачей: несоответствующие форматы данных и несовместимое программное обеспечение могут замедлить процесс. Наконец, избыток собранных данных может привести к информационной перегрузке и затруднить принятие управленческих решений.

Внедрение современных технологий является ключевым фактором успешного достижения оптимизации бизнеса в рамках интегрированного управления. Технические решения позволяют значительно повысить операционную эффективность и принимать управленческие решения на основе данных.

Чтобы улучшить бизнес, важно оценивать и анализировать результаты. Данные, собранные в результате скоординированной работы, позволяют нам оценить общую эффективность деятельности компании. Точные и значимые показатели необходимы для быстрой адаптации к изменениям.

Процесс оценки начинается с определения целей. Четкая цель по принципу *SMART* (метод постановки целей) служит ориентиром для оценки

эффективности. Они должны быть конкретными, измеримыми, достижимыми, актуальными и ограниченными по времени. Только при наличии таких целей процесс оценки приобретает смысл.

Следующим шагом является выбор подходящего индикатора. Существует множество показателей, таких как прибыль компании, объем продаж, затраты на привлечение клиентов или эксплуатационные расходы. Выбор зависит от ваших целей. Вовлечение сотрудников в этот процесс может повысить точность анализа.

Полученные данные – это не просто цифры и факты. Основным этапом является его углубленный анализ. Мы должны использовать различные методы и инструменты, чтобы понять значение этих данных и извлечь из них полезную информацию. Это поможет нам определить, что работает хорошо, а что нуждается в улучшении.

Регулярный анализ результатов является движущей силой прогресса команды и всей компании. Открытое обсуждение показателей может улучшить общение между сотрудниками и создать позитивную рабочую среду.

Чтобы лучше понять важность надлежащего управления, следует рассмотреть несколько практических примеров.

Из-за разногласий между подразделениями развитие бизнеса компании *A* замедлилось. Чтобы исправить эту ситуацию, была внедрена единая система управления на основе принципов, изложенных в ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества». Это сделало сотрудничество между различными подразделениями более эффективным и удвоило скорость выполнения проектов и удовлетворенность потребителей.

Управление данными в компании *B* неэффективно, поскольку использует множество различных систем. Это приводит к дублированию информации и пустой трате ресурсов. С переходом на единую платформу для администрирования и интеграции всех баз данных анализ информации стал намного проще, а затраты сократились. Это позволило сотрудникам сосредоточиться на более важных задачах.

Компания *C* сталкивается с серьезными проблемами в обслуживании клиентов. Отсутствие единой системы поддержки затрудняет обмен информацией между группами. Внедрение интегрированной системы управления позволяет нам видеть полную историю взаимодействия с каждым клиентом. Это сокращает время, необходимое для решений проблем, и улучшает качество обслуживания.

Другой пример, компания *D* внедрила комплексную систему оптимизации логистики. Благодаря сбору и анализу информации о грузопотоках в режиме реального времени затраты на логистику сократились. Это позволяет компании укрепить свои позиции на рынке и увеличить долю рынка.

Эффективность интегрированной системы в значительной степени зависит от уровня подготовки и вовлеченности персонала. Современные технологии не могут гарантировать ожидаемый результат; их успех требует активного участия сотрудников. Это требует систематического обучения, профессиональной подготовки и повышения осведомленности при одновременном формировании системы менеджмента качества (СМК). Корпоративная культура, основанная на открытом общении и командном духе, способствует восприятию изменений и повышает моральный дух сотрудников.

В дальнейшем развитии общества возможно, будут разработаны интегрированные системы управления с использованием искусственного интеллекта и автоматизации. Эта технология могут стать очень значимым дополнительным элементом повышения эффективности работы компании.

В заключении следует отметить еще один важный элемент в деятельности компаний – развития облачных сервисов. Переход к облаку ускоряет и упрощает интегрированное управление. Это обеспечивает постоянный доступ к данным, делая бизнес-процессы более гибкими и эффективными.

Наконец, всё большее внимание уделяется устойчивым моделям управления. С ростом числа компаний, внедряющих экологически ориентированные подходы, экологические факторы становятся неотъемлемой частью интегрированного управления.

#### Список использованных источников

1. Пантелеев Л. С. Экологические аспекты в управлении качеством продукции / Л. С. Пантелеев, Ю. А. Орлов // Материалы XXVI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств» посвященной памяти Юрия Васильевича Баженова. 21-22 ноября 2024 года. – Владимир: Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2024. – С. 283-287.
2. Голубецкая, Н. П. Трансформация инновационной деятельности в современном менеджменте организаций / Н. П. Голубецкая, О. Г. Смешко, Т. В. Чиркова // Экономика и управление. – 2022. – Т. 28, № 2. – С. 147-158. – DOI 10.35854/1998-1627-2022-2-147-158. – EDN ULEPON.
3. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества».

## Секция «АВТОМАТИЗАЦИЯ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА В АВТОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ»

УДК 62-529.4

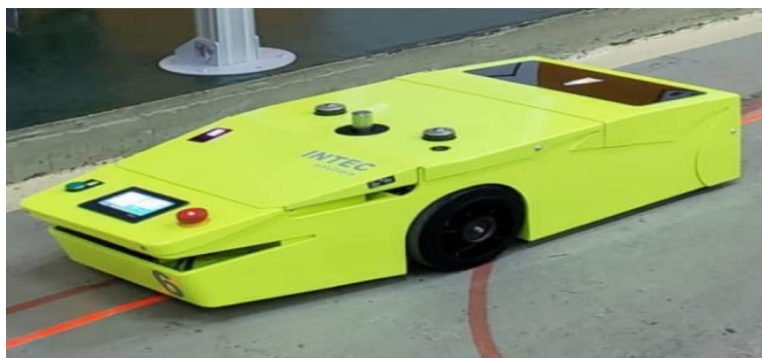
*П. О. Анисимов (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель А. А. Кобзев (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

### ЗАРУБЕЖНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ РОБОТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЛОГИСТИКЕ

В условиях кадрового дефицита и замедления темпов развития мировой экономики автоматизация становится критически важным фактором обеспечения устойчивого экономического роста. Ведущие мировые экономики рассматривают роботизацию как ключевой элемент повышения эффективности и конкурентоспособности промышленного сектора [1]. Рассмотрим тенденции развития и характерные представители зарубежных транспортных логистических систем в машиностроении. Следует отметить, что при описании и рассмотрении зарубежных логистических транспортных систем в терминологии в равной мере используются определения: робот-тележка и мобильный робот.

Примером современных решений в этой области служат автономные транспортные платформы итальянского производства *AGV SK-INTEC*. Базовая платформа при размерах 800×500×300 мм и весе 250 кг обладает грузоподъемностью 1200 кг, рисунок 1. Система оснащена оборудованием *SICK*, включающим лазерный сканер безопасности, светодиодную сигнализацию и кнопку аварийной остановки, а навигация осуществляется по магнитной или контрастной полосе с *RFID*-метками при точности позиционирования 5 мм. Регулируемая скорость 0,08-1 м/с с возможностью разворота на месте, поддержка *Wi-Fi* стандартов 802.11g/n/ac в диапазоне 5 ГГц. Энергетическая система на аккумуляторах *LiFePO4* (24В, 90А\*ч) обеспечивает работу до 16 часов при полной нагрузке с возможностью быстрой зарядки до 80 % за 2 часа. Для непрерывной работы предлагаются два варианта зарядки: ручная смена аккумуляторов и автоматическая подзарядка через программный комплекс *INTEC AGV Power Manager*. Оснащение их манипулятором позволяет использовать как мобильные роботизированные платформы, что повышает универсальность транспортных систем [2].



**Рис. 1. Автоматизированная логистическая тележка SK-INTEC-AGV**

Для повышения эффективности логистики склады по всему миру внедряют передовые решения, среди которых особое место занимают роботы датской компании *MiR (Mobile Industrial Robots)*.

Робот *MiRHook200* с крюковым модулем предназначен для автоматизации грузоперевозок на производстве и оснащен комплексной системой сканирования, включающей лазерные сканеры безопасности *SICK S300*, 3D-камеры *Intel RealSense* и ультразвуковые датчики, рисунок 2. Транспортная система размером 1180×580×550 мм и весом 96 кг обладает грузоподъемностью 500 кг (при наклоне до 1 %) и 300 кг (при наклоне 5 %), развивая максимальную скорость 1,1 м/с. Электропитание осуществляется от аккумулятора *Li-NMC 24В 40А\*ч*, с временем зарядки 4,5 часа от кабеля или 3 часа от станции. Поддерживаются интерфейсы *WiFi*, *Bluetooth 4.0 LE* и *USB* для связи и управления.



**Рис. 2. Автоматический буксировщик *MiRHook200***

Робот-тележка *MiR200* с модулем захвата и транспортировки обладает модульной конструкцией, позволяющей оснащать его различными сменными модулями для выполнения широкого спектра задач. Он обеспечивает безопасную навигацию в людных пространствах и может взаимодействовать

вать с дверьми и лифтами, а его настройка осуществляется интуитивно через веб-интерфейс без программирования, встроенные датчики обеспечивают оптимальную маршрутизацию, избегая столкновений с препятствиями [3].

Робот-тележка *MiR1000* предназначен для транспортировки тяжелых грузов до 1000 кг и является первой моделью в линейке *MiR* с навигацией на основе искусственного интеллекта, рисунок 3. Робот оснащен комплексной системой сканирования, включающей лазерные сканеры безопасности *SICK S300*, 3D-камеры *Intel RealSense* и ультразвуковые датчики. При размерах 1350×920×320 мм и весе 231 кг он развивает скорость до 1,19 м/с, работает от аккумулятора 48В и поддерживает беспроводные интерфейсы *WiFi* и *Bluetooth*.



Рис. 3. Робот-тележка *MiR1000*

Управление осуществляется через простой веб-интерфейс или систему *MiRFleet* для централизованного контроля всего парка с любого устройства. Робот совместим с другими моделями *MiR* для совместной работы и может быть оснащен специализированными модулями (подъемниками, конвейерами, манипуляторами) [4].

Японский мобильный робот *Omron HD-1500* с размерами 1696×1195×370 мм и весом 585 кг может развивать скорость до 1,81 м/с, имеет грузоподъемность 1500 кг, оснащен системой кругового мониторинга безопасности и способен координировать работу до 100 единиц в составе автопарка, рисунок 4. Управление осуществляется благодаря ОС *Windows 10* с беспроводной связью по стандарту *IEEE 802.11 a/b/g*, при этом его эксплуатация возможна в закрытых помещениях без сильной запыленности и коррозионных газов [5].



Рис. 4. Мобильный робот *Omron HD-1500*

Китайский логистический робот *P800 Geek+* предназначен для автоматизации складской логистики и обеспечивает производительность до 600 операций отбора в час на сотрудника, рисунок 5. Робот оснащен комбинированной системой навигации на основе 2D штрих-кодов и датчиками лазерного радара с ультразвуковыми сенсорами, обеспечивающими точность позиционирования менее 20 мм. При размерах 1040×820×280 мм и весе 180 кг он обладает полезной нагрузкой 800 кг, развивает скорость 1,5 м/с и работает от литий-ионного аккумулятора 24Ah с поддержкой связи *WiFi/IEEE 802.11 b/g*.

*P800 Geek+*, представляет семейство роботов-перевозчиков, централизованной системы управления, станций сборки и автоматических зарядных доков, рисунок 5. Система обладает масштабируемой архитектурой с возможностью гибкого расширения парка роботов и открытым интерфейсом для интеграции с существующими *WMS*-решениями, что обеспечивает быстрый ввод в эксплуатацию.

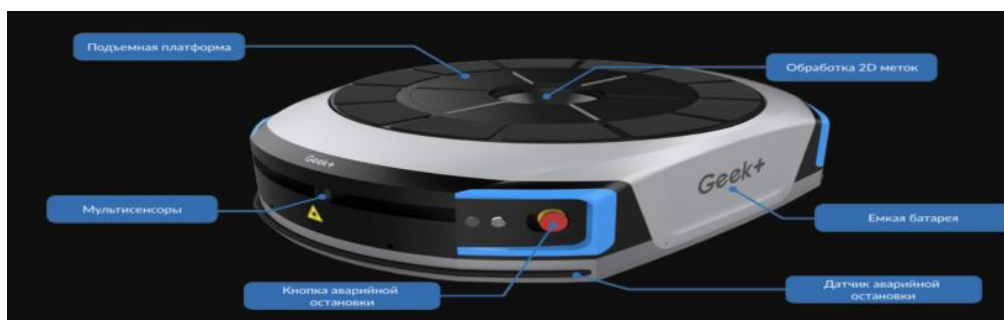


Рис. 5. Логистический робот *P800 Geek+*

Для удобства сравнения зарубежных мобильных роботов представим их характеристики в таблице 1.



**Табл. 1. Характеристики рассмотренных моделей роботов**

Модель	Страна	Грузоподъемность	Точность	Макс. скорость
<i>SK-INTEC-AGV</i>	Италия	1200 кг	±3 мм	1 м/с
<i>MiRHook200</i>	Дания	500 кг	±5 мм	1,1 м/с
<i>MiR1000</i>	Дания	1000 кг	±5 мм	1,19 м/с
<i>Omron HD-1500</i>	Япония	1500 кг	±10 мм	1,81 м/с
<i>P800 Geek+</i>	Китай	800 кг	±20 мм	1,5 м/с

**Список использованных источников**

1. Рынок промышленной робототехники / [Электронный ресурс] // *Kept.ru* : [сайт]. – URL: <https://assets.kept.ru/upload/pdf/2025/03/ru-industrial-robotics-market-kept-research.pdf>.
2. *DigitalAutosystems* Роботизированные AGV-тележки / *Digital Autosystems* [Электронный ресурс] // *dasystems.io* : [сайт]. – URL: [https:// dasystems.io/agv?ysclid=mhddq77qzp268587516](https://dasystems.io/agv?ysclid=mhddq77qzp268587516).
3. *Technored* Мобильный промышленный робот *MiRHook200* / *Technored* [Электронный ресурс] // *technored.ru* : [сайт]. – URL: <https://technored.ru/upload/iblock/0f5/0f51c25e90f30366f0e78cd6a7d0e25f.pdf?ysclid=mhddtmusk0706738956>.
4. *Technored* Мобильный промышленный робот *MiR1000* / *Technored* [Электронный ресурс] // *technored.ru* : [сайт]. – URL: [https:// technored.ru/upload/iblock/5da/5dad71427563d21ca04a4691f43dfc1e.pdf?ysclid=mhddj02lsl38006815](https://technored.ru/upload/iblock/5da/5dad71427563d21ca04a4691f43dfc1e.pdf?ysclid=mhddj02lsl38006815).
5. *In-Position Technologies MiRFleet* / *In-Position Technologies* [Электронный ресурс] // *iptech1.com* : [сайт]. – URL: <https://iptech1.com/product/mirfleet/>.

## **ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ РОБОТЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

На текущий момент роботизация в России составляет 19 роботов на 10 тысяч работников при среднем мировом уровне в 162 робота на такое же количество людей, что говорит об огромном потенциале для повышения уровня автоматизации производств. Российский рынок промышленных роботов в современных условиях активизируется и демонстрирует активный рост. Появляются отечественные компании, способные обеспечить полный цикл автоматизации для различных отраслей промышленности. При этом сектор продолжает динамично развиваться, адаптируясь к потребностям импортозамещения и государственной стратегии технологического суверенитета. Одно из направлений применения роботов в машиностроении – автоматизация транспортных операций: межстаночные перемещения и складские операции. Выделим две группы транспортных роботов: 1) только транспортные операции; 2) транспортные и погрузочно-разгрузочные операции. Рассмотрим производство роботов первого вида и некоторые характерные представители.

Согласно данным Минпромторга, в России сегодня работают 13 основных производителей промышленных роботов. Среди них особенно выделяются два предприятия, демонстрирующие наиболее значительные производственные мощности и перспективы развития [1].

Челябинское предприятие «Завод роботов», созданное на базе местного кузнечно-прессового завода, специализируется на серийном выпуске автоматизированных манипуляторов. Эта продукция находит широкое применение в механообрабатывающих цехах и на сборочных конвейерах различных предприятий. На данный момент производственные мощности первой очереди завода позволяют выпускать до 600 роботов в год, при этом уже разработаны планы по увеличению этого показателя до 1 000 единиц ежегодно.

Татарстанская компания «Эйдос Робототехника», являющаяся резидентом инновационного центра «Сколково» и участником Камского инно-

вационного территориально-производственного кластера. Предприятие сосредоточилось на производстве легких роботов для сварочных работ, а также на разработке комплексных интеграционных решений. Текущий объем производства составляет около 70 роботов в год с перспективой увеличения до 200 единиц [2].

Согласно исследованию *Kept*, в России лишь два производителя выпускают свыше 200 промышленных роботов в год, тогда как остальные производят от 26 до 100 единиц. При этом компании заявляют о готовности нарастить выпуск до 1500-3000 роботов ежегодно при наличии гарантированного спроса, свидетельствуя о значительном потенциале отрасли для достижения целей по роботизации промышленности к 2030 году [3].

Минпромторг на «Русском экономическом форуме – 2024» представил перечень основных производителей роботизированных решений в России, которые представлены в таблице 1 [4].

**Табл. 1. Производители роботов и их показатели**

Производитель	Год основания	Выручка 2023, млн руб.	Производительность роботов в год	Основные индустрии применения	Типы производимых роботов
СМТ	2020	690	-	Сварка	Роботы малой грузоподъемности
«Тесвел»	2019	451	-	Сварка, перемещение	Роботы малой грузоподъемности
«Роботех»	2019	266	-	Сварка	Роботы малой грузоподъемности
«Промобот»	2015	220	До 350	Реклама, образование	Сервисная робототехника
«Андроидная техника»	2009	213	До 120	Образование, медицина	Сервисная робототехника
«Эйдос Робототехника»	2013	211	До 70	Сварка, перемещение	Роботы малой грузоподъемности
«Технорэд»	2018	154	До 530	Сварка, перемещение	Роботы малой грузоподъемности
«Завод роботов»	2020	114	До 600	Перемещение	Роботы средней грузоподъемности
«Невлабс»	2008	13	-	Перемещение	Дельта-роботы
«РобоПро»	2019	10	До 120	Перемещение	Коботы
«Арипикс Роботикс»	2018	4	-	Перемещение	Роботы малой грузоподъемности
«Валдай роботы»	2023	-	-	Перемещение	Роботы малой грузоподъемности, логистические роботы
«Уникальные роботы»	2022	-	-	Перемещение	Роботы малой грузоподъемности

В России полномасштабная автоматизация складов пока остается долгосрочной перспективой, но компании активно внедряют точечные решения

для частичной автоматизации логистических процессов. Вместо глобальных преобразований бизнес делает ставку на локальные технологические улучшения: автоматические погрузчики и роботизированные тележки постепенно заменяют ручной труд на отдельных участках работы.

Для примера реализации автоматизации складов в России возьмём две новые отечественные компании, основанные за последние три года – «Валдай роботы» и «Уникальные роботы» [5].

Компания «Валдай роботы» создала систему Гора для разработки индивидуальных роботизированных решений. Основные продукты включают AGV роботы для транспортировки грузов и промышленные манипуляторы для производственных задач. В настоящее время данная компания спроектировала два экземпляра мобильных роботов – модель РС230ЛТ, именуемый «Гранитом», и робот «Графит».

В виде примера реализации можно представить модель РС230ЛТ с подъемной платформой точностью  $\pm 2$  мм, всенаправленными колесами и системой автоматического выравнивания груза, рисунок 1. Преимущества решений: быстрое внедрение (на 30-40 % быстрее аналогов), возможность поэтапной модернизации, снижение эксплуатационных затрат благодаря модульности и совместимости с промышленными стандартами. Модель РС230ЛТ обладает грузоподъемностью 3000 кгс механическим типом колёс и возможностью разворота на месте, временем работы до 9 часов и максимальной скоростью 6 км/ч. Данный робот массой 600 кг имеет габариты: 1500x800x415 мм, пространственное позиционирование реализовано с помощью машинного зрения и 2D-лидарами, управляется благодаря *Wi-Fi*, имеется вычислительное ядро *LattePanda*.

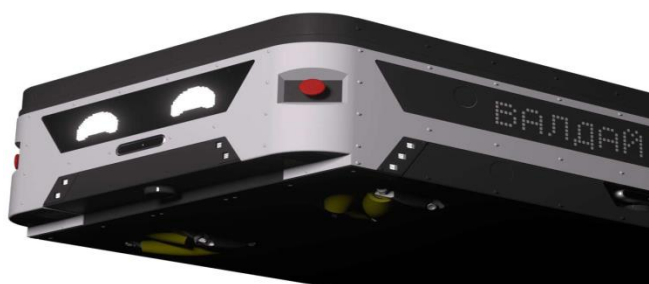


Рис. 1. Мобильный робот модели РС230ЛТ

Мобильный робот «Графит» предназначен для перевозки складских тележек и небольших грузов, рисунок 2. В отличие от модели «Гранит», в этой версии применена стандартная двухколесная приводная система, что

обеспечивает схожую функциональность при работе с более легкими грузами. Конструкция робота специально адаптирована для задач, где не требуется транспортировка тяжелых грузов, сохраняя при этом все основные транспортные функции. Это решение оптимально подходит для стандартных складских операций с малыми и средними нагрузками.



**Рис. 2. Мобильный робот «Графит»**

Робот «Графит» имеет габариты 600х600х140 мм, грузоподъемность 450 кг, время работы до 12 часов с максимальной скоростью 12 км/ч. Пространственное позиционирование, управление и вычислительное ядро аналогично предыдущей модели данной компании.

Компания «Уникальные роботы», в свою очередь, для перевозки заготовок между различными производственными этапами и внутренней складской логистики спроектировали платформу *WMR-100*, рисунок 3.



**Рис. 3. Логистическая платформа *WMR-100***

Логистическая платформа *WMR-100* имеет грузоподъемность 50 кг, скорость 0,4 м/с, пробег на одном заряде 20 км, время работы на одном заряде более 8 часов. Данная платформа обладает высокими динамическими характеристиками с максимальной скоростью 4 м/с и ускорением разгона/торможения 2 м/с, возможностью работы по *AMR*-лидарам и камерам или по точкам, обеспечивая производительность до 1000 км за смену против 20 км у человека-оператора. Система технического обслуживания позволяет осуществлять постоянный мониторинг состояния моторов и аккумуляторов с заменой изнашиваемых узлов до их выхода из строя, что гарантирует срок эксплуатации до 10 лет. Применение *LTO*-аккумуляторов позволяет работу

на одном заряде более 8 часов, что даёт возможность роботу проехать около 20 км, а также обеспечивает быструю зарядку за 40 минут и увеличенный ресурс в 20000 циклов заряд-разряд против 2000 у традиционных *Li-Ion* батарей. Важным достоинством является высокая ремонтпригодность платформы с возможностью замены любого узла менее чем за 30 минут, что минимизирует простой оборудования.

#### Список использованных источников

1. Компания Максиома. Рынок промышленных роботов в России / Компания Максиома [Электронный ресурс] // *maksioma.ru*: [сайт]. — URL: [https://maksioma.ru/shop/mashinostroenie/rynok\\_promyshlennyh\\_robotov\\_v\\_rossii/?yclid=4642977739491508223](https://maksioma.ru/shop/mashinostroenie/rynok_promyshlennyh_robotov_v_rossii/?yclid=4642977739491508223).
2. *Tadviser* Эйдос-Робототехника (*Eidos Robotics*) / *Tadviser* [Электронный ресурс] // *www.tadviser.ru* : [сайт]. — URL: <https://www.tadviser.ru/index.php>.
3. Рынок промышленной робототехники / [Электронный ресурс] // *Kept.ru*: [сайт]. — URL: <https://assets.kept.ru/upload/pdf/2025/03/ru-industrial-robotics-market-kept-research.pdf>.
4. Деловая программа русского экономического форума / [Электронный ресурс] // русский форум.рф: [сайт]. — URL: <https://xn--h1acbkjiedashj.xn-p1ai/?ysclid=mhdf6zq3ra575548732>.
5. Валдай Роботы Гранит / Валдай Роботы [Электронный ресурс] // *vald.ai*: [сайт]. — URL: <https://vald.ai/granit#characteristics>.

УДК 620.179.17

**И. С. Бухарестов** (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)

Научный руководитель: **А. А. Назаров** (Россия, г. Владимир, ВлГУ)

### АНАЛИЗ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЙ

**Аннотация.** В статье рассмотрен ряд методов оценки толщины покрытий с их преимуществами и недостатками. Анализ осуществлён с целью выявления наиболее универсального и перспективного метода, для проведения дальнейших исследований. Исследования будут способствовать улучшениям и внедрению в различные области машиностроения.

**Ключевые слова:** металлические покрытия, методы контроля, толщина, датчик.

В современной промышленности и при эксплуатации высокотехнологичных объектов особую роль играют функциональные покрытия, получившие широкое распространение. Ввиду большого спектра применения покрытий, высокое значение имеет контроль качества. Одним из основных критериев оценки качества покрытия, является толщина – параметр, напрямую влияющий на защитные свойства покрытия, износостойкость, функциональные характеристики и экономические показатели процесса нанесения покрытия. Недостаточный контроль толщины покрытий или недостоверность измерений могут приводить к серьёзным последствиям.

Неразрушающий контроль (НК) толщины покрытий представляет собой совокупность методов, позволяющих оценивать данный параметр без нарушения целостности изделия. Его применение особенно актуально для дорогостоящих изделий, изделий, где недопустимо механическое воздействие, оценки толщины покрытия на объектах, находящихся в эксплуатации, также неразрушающий контроль применим в крупносерийном производстве, где требуется оперативный контроль качества. Приведём ряд методов оценки толщины покрытий, выполняемых без нарушения их целостности [1].

Первый – магнитный метод. Магнитные методы основаны на анализе взаимодействия магнитного поля с контролируемым объектом. Благодаря своей простоте они получили широкое применение в практике толщинометрии. Созданные на основе этих методов специализированные толщиномеры предназначены для контроля толщины немагнитных проводящих и диэлектрических покрытий на изделиях из ферромагнитных сплавов. При контроле многослойных покрытий магнитные методы позволяют определять сумму толщин слоев [2]. Преимуществами метода являются:

- Независимость от электрических свойств покрытия;
- Большая глубина проникания;
  - до 12 мм (индукционные толщиномеры);
  - до 200 мм (магнитостатические толщиномеры);
- Безопасность для персонала;
- Высокая точность. Погрешность обычно составляет 3–5 % (в зависимости от типа прибора и условий контроля);
- Экономичность.

Недостатками же, является:

- Ограниченность по материалам
- Необходимость повторной тарировки
- Чувствительность к внешним помехам
- Чувствительность к геометрии и состоянию поверхности

Следующим методом является оптический. Оптический метод контроля основаны на взаимодействии светового излучения с контролируемым изделием. Они предназначены главным образом для контроля толщины прозрачных, а также тонких и сверхтонких покрытий (с помощью интерференционных и эллипсометрических устройств). [3] Преимуществами метода являются:

- Высокая точность для тонких и сверхтонких покрытий
  - Не требует контакта с поверхностью;
  - Возможность контроля прозрачных и полупрозрачных покрытий; Многофункциональность. Метод позволяет дать оценку не только толщины покрытия,
  - но и однородности, степени преломления и определить наличие внутренних дефектов;
  - Возможность автоматизации и интеграции в производственные линии
- Недостатками метода являются:

- Ограниченность по типам материалов. Неприменим для толстых, непрозрачных или рассеивающих покрытий;
- Чувствительность к состоянию поверхности;
- Ограниченный диапазон толщин;
- Высокая стоимость оборудования;
- Сложность контроля многослойных покрытий;

Акустические методы, также применяются при неразрушающем контроле толщины. Принцип действия основан на поглощении звуковых и ультразвуковых волн в материале покрытия. Они используются в тех случаях, когда материалы покрытия и основания существенно отличаются по величине акустического сопротивления или степени поглощения звука. Акустические методы в практике толщинометрии покрытий используются редко, главным образом для решения специальных задач. До настоящего времени толщиномеры для контроля покрытий этими методами не выпускались, и



поэтому для испытаний используются ультразвуковые толщиномеры и другая дефектоскопическая аппаратура [4]. Не смотря на редкое применение на практике, акустические методы имеют ряд преимуществ:

- Односторонний доступ;
- Применимость к разным материалам;
- Высокая точность и разрешающая способность. Погрешность обычно составляет 1–5 %; позволяет выявлять локальные изменения толщины и неоднородности;
- Возможность послойного контроля в многослойных системах;
- Одновременное выявление дефектов;
- Возможность контроля в процессе эксплуатации.

Не смотря на значительные преимущества, метод имеет существенные недостатки:

- Необходимость акустического контакта;
- Чувствительность к состоянию поверхности;
- Зависимость от акустических свойств материалов;
- Влияние структуры материала;
- Ограниченная применимость для мягких/эластичных покрытий;
- Чувствительность к температуре.

Крайним из рассматриваемых методов является радиационный. Радиационные методы основаны на измерении параметров ионизирующего излучения, возникающего в результате взаимодействия первичного ионизирующего излучения с контролируемым материалом. Эти методы можно отнести к числу наиболее универсальных методов контроля толщины покрытий [5]. По ряду преимуществ:

- Контроль без контакта с поверхностью;
- Возможность измерения через покрытия/оболочки;
- Широкий диапазон толщин;
- Высокая точность и чувствительность. Погрешность в оптимальных условиях 1–3 %; способен выявлять локальные изменения толщины и неоднородности.
- Одновременное выявление дефектов;
- Применимость к сложным геометриям;
- Возможность автоматизации и поточного контроля;
- Независимость от электрических и магнитных свойств.

Основными недостатками радиационного метода является:

- Радиационная опасность;
- Высокие затраты на оборудование и эксплуатацию;
- Влияние состава и плотности материалов;
- Длительное время экспозиции (для радиографии);
- Сложность интерпретации для многослойных покрытий.

На основе представленных преимуществ и недостатков по каждому из перечисленных методов, наиболее интересными из них являются акустический и радиационный. Основными преимуществами для обоих методов будут возможность применения к различным материалам, высокая точность и разрешающая способность, возможность обеспечить контроль в многослойных покрытиях, а также выявить дефекты внутри покрытия. Но поскольку основным недостатком радиационного метода является опасность ионного излучения, акустический метод занимает лидирующую позицию.

Таким образом, проанализировав ряд методов неразрушающего контроля толщины покрытий, можно сделать вывод, что наиболее универсальным и перспективным из них является акустический и на него стоит обратить внимание в производственной практике и при проведении исследований.

#### Список использованных источников

1. Жуков Николай Павлович, Майникова Нина Филипповна, Рогов Иван Владимирович Метод неразрушающего определения толщины защитных покрытий // Вестник ТГТУ. 2017. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-nerazrushayuschego-opredeleniya-tolschiny-zaschitnyh-pokrytiy> (дата обращения: 24.10.2025).
2. Гнутенко Е. В., Рудницкий В. А. Определение толщин составляющих двухслойного никель-хромового покрытия магнитным пондеромоторным методом при одностороннем доступе к контролируемой поверхности // Приборы и методы измерений. 2017. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-tolschin-sostavlyayuschih-dvuh-sloynogo-nikel-hromovogo-pokrytiya-magnitnym-ponderomotornym-metodom-pri-odnostoronnem> (дата обращения: 24.10.2025).
3. ГОСТ Р 53696-2009. Контроль неразрушающий. Методы определения. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2009. – IV, 6 с. (дата обращения: 24.10.2025).

4. Никитина Надежда Евгеньевна, Мотова Елена Алексеевна, Тарасенко Юрий Павлович Неразрушающий контроль рабочих компрессорных лопаток авиационного двигателя // Вестник СГАУ. 2012. № 3-1 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nerazrushayuschiy-kontrol-rabochih-kompressornyh-lopatok-aviatsionnogo-dvigatelya> (дата обращения: 24.10.2025).
5. Белкин Денис Сергеевич, Капранов Борис Иванович, Крёнинг Ханс-Михаэль Вильгельм Адольф, Блинов Владимир Михайлович, Чунаев Владимир Юрьевич, Чечулин Евгений Георгиевич Радиоизотопный метод толщинометрии карбидокремниевого покрытия // Векторы благополучия: экономика и социум. 2013. № 1 (7). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/radioizotopnyy-metod-tolschinometrii-karbidokremnievogo-pokrytiya> (дата обращения: 24.10.2025).

УДК 544.032.53

**И. С. Бухарестов** (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)

Научный руководитель: **А. А. Назаров** (Россия, г. Владимир, ВлГУ)

## **АНАЛИЗ СПОСОБОВ АНТИКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ МАГНИТОВ СИСТЕМЫ *ND-FE-B***

**Аннотация.** В статье рассмотрен ряд способов антикоррозионной защиты неодимовых магнитов. Анализ осуществлён на основе их преимуществ и недостатков, а также информации из сторонних источников. В ходе анализа выявлено, что наиболее эффективным является способ холодного газодинамического напыления. Дальнейшие исследования процесса, способствуют нахождению наиболее оптимальных режимов работы, для эффективного нанесения антикоррозионных покрытий.

**Ключевые слова:** способ, напыление, антикоррозионное покрытие, неодимовые магниты.

Неодимовые магниты (*Nd-Fe-B*) являются одними из самых мощных постоянных магнитов. Они широко используются в современной промышленности. С момента их появления они нашли применение в электромоторах, ветрогенераторах, электронике и многих других областях техники. Од-

нако их практическое использование сильно ограничено высокой химической активностью материала. Фазы, богатые неодимом, легко вступают в реакцию с влагой и агрессивными средами. Это приводит к интенсивному коррозионному разрушению. Проблема защиты неодимовых магнитов от коррозии является актуальной задачей современной материаловедения.

Существует ряд традиционных методов для нанесения антикоррозионных покрытий на неодимовые магниты. Гальванический метод является одним из традиционных в нанесение покрытий. его преимуществами является высокая адгезия покрытия к материалу, безпористость слоя, что исключает проникновение коррозионно-активных веществ сквозь покрытие. Также достоинством является возможность регулировать толщину слоя покрытия. Покрытия, нанесённые гальваническим методом, надёжно защищают магниты от влаги, хлорид-ионов, агрессивных сред и механических повреждений. Но у метода существуют и недостатки вызванные сложностью подготовки изделий перед нанесением покрытия, а также различиями в катодном потенциале материалов. Метод ограничен в толщине наносимых покрытий и требует дополнительной обработки эпоксидной смолой после нанесения [1].

Также для нанесения антикоррозионных покрытий на неодимовые магниты применяется катодный электрофорез. Катодный электрофорез – это технология нанесения защитных покрытий на металлические изделия, основанная на электрохимическом процессе. Суть метода заключается в переносе частиц вещества к поверхности металла под действием электрического тока [2]. Метод имеет ряд преимуществ. Он позволяет равномерно наносить покрытия даже на сложные формы поверхности, покрытия обеспечивают высокую антикоррозионную стойкость и высокую экономическую эффективность, порядка 90% материала осаждается на подложке. недостатками метода являются сложность в подготовке поверхности, высокая энергозатратность процесса, высокие требования к оборудованию и квалификации персонала. Также метод требует дополнительной термообработки, что негативно сказывается на магнитных свойствах изделия.

Ещё одним способом защиты неодимовых магнитов от коррозии является холодное газодинамическое напыление (ХГН). Метод заключается в ускорении порошковых частиц потоком подогретого воздуха, после порошково-газовая струя подается на подложку, и кинетическая энергия частиц при соударении переходит в силу адгезии, частицы прочно закрепляются на напыляемой поверхности [3]. Для нанесения антикоррозионных покрытий

применяется порошковый материал А-20-11, содержащий в себе алюминий, цинк и корунд. Преимуществами метода, является высокая адгезия покрытия к поверхности детали, низкая температура реализации процесса, возможность наносить толстые слои покрытий, в том числе многослойных, мобильность оборудования и возможность автоматизации процесса. Недостатками метода является ограниченность по материалам, так как ХГН позволяет напылять только пластичные металлы и необходимость подбора оптимальных режимов напыления.

Анализ преимуществ и недостатков перечисленных методов указывает на то, что наибольшую эффективность при нанесении антикоррозионных покрытий имеет метод холодного газодинамического напыления. Также на эффективность метода указывают данные из статьи «Антикоррозионные покрытия для магнитов системы *Nd-Fe-B*» [4]. В статье сравнивают антикоррозионные покрытия, нанесённые гальваническим методом и методом ХГН. Напыление показало лучший результат.

Таким образом, можно сделать вывод, что холодное газодинамическое напыление является наиболее эффективным способом нанесения покрытий для антикоррозионной защиты магнитов системы *Nd-Fe-B*. Метод уже активно используется владимирским предприятием ООО НПП «Технологии напыления покрытий» для защиты магнитных частей изделий, применяемых в военной сфере.

В дальнейшем планируется проведение дополнительных исследований для выявления наиболее оптимальных режимов напыления антикоррозионных покрытий на неодимовые магниты.

#### Список использованных источников

1. Константинов В. М., Иваницкий Н. И., Астрейко Л. А. Антикоррозионные цинковые покрытия на стальных изделиях: перспективы термодиффузионных покрытий // Литьё и металлургия. 2013. № 4 (73). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/antikorrozionnye-tsinkovye-pokrytiya-na-stalnyh-izdeliyah-perspektivy-termodiffuzionnyh-pokrytiy> (дата обращения: 10.09.2025).
2. Павлов Александр Валерьевич, Лукашина Кристина Вадимовна, Лукьянскова Анастасия Игоревна, Квасников Михаил Юрьевич, Уткина Ирина Федоровна Изучение возможности получения металлополимерных покрытий на основе цинка и полимерного электролита методом катодного электроосаждения // Успехи в химии и химической технологии.

2014. № 3 (152). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-vozmozhnosti-polucheniya-metallopolimernyh-pokrytiy-na-osnove-tsinka-i-polimernogo-elektrolita-metodom-katodnogo> (дата обращения: 10.09.2025).
3. Косарев В. Ф., Алхимов А. П. Газодинамическое напыление. новые технологии и оборудование // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. 2003. № 3 (19). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gazodinamicheskoe-napylenie-novye-tehnologii-i-oborudovanie-1> (дата обращения: 10.09.2025).
4. Журнал «Физика и химия обработки материалов» Беляев И. В., Степнов А. А., Кутепов А. В., Спрыгин Г. С., Григорович К. В., Кольчугина Н. Б., Курса М. Антикоррозионные покрытия для постоянных магнитов типа ND-FE-B. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16517158> (дата обращения: 10.09.2025).

УДК 621.865.8

*Т. А. Дутикова (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: В. А. Немонтов (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## **СТАБИЛИЗАЦИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ШАГАЮЩЕЙ ПЛАТФОРМЫ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО ПЕРЕСЕЧЁННОЙ МЕСТНОСТИ**

Движение по пересеченной неизвестной местности является серьезной проблемой для роботизированных шагающих систем. Шестиногие роботы обладают преимуществом статической стабильности благодаря своей способности сохранять центр тяжести в пределах своего опорного многоугольника.

В работе рассматривается задача непрерывного и плавного передвижения шагающей платформы по пересеченной местности при сохранении статической устойчивости на заранее определенных значениях независимо от профиля местности и наличия препятствий.

Шагающие роботы обладают рядом преимуществ перед колесными. Они могут обеспечивать голономную локализацию в пространстве, могут перемещаться на неструктурированных и неровных участках, сохраняя при

этом стабильность. Они также могут перемещаться по сложным и скалистым поверхностям, которые могут включать в себя песок или скользкие участки. Кроме того, они могут перешагивать препятствия, тогда как колеса требуют гладких и непрерывных поверхностей.

Шестиногие роботы обладают преимуществом в поддержании статической стабильности, поскольку они всегда могут иметь, по крайней мере, три ноги на земле и держать свой центр масс в пределах опорного многоугольника.

Движение робота по пересечённой местности приводит к более низкой устойчивости по сравнению с перемещением по горизонтальной и ровной местности. Ряд алгоритмов используют критерии устойчивости, но не могут добиться плавного и непрерывного движения шагающей платформы. Чтобы преодолеть эти ограничения, в ряде исследований используется предварительное картографирование местности или они получают его с помощью камер или других средств трехмерной реконструкции. Однако не всегда возможно заранее получить эти данные (низкая видимость, требуемое поле зрения), и выходные данные не всегда имеют требуемую точность из-за аппаратных и программных ограничений.

В работе рассматривается алгоритм движения робота без знания карты местности. Генерация походки осуществляется в инерциальной системе координат с использованием *IMU* (системы трёхосевых акселерометров и гироскопов).

Информация о профиле местности поступает от датчиков силы, установленных на ногах робота. Реализация алгоритма включает в себя инерциальную систему измерения (*IMU*), которая обеспечивает ориентацию платформы, позволяющую планировать движение ног независимо от высоты в инерциальной системе координат (рисунок 1) (ось *Z* параллельна гравитационной оси). Все движения формируются в горизонтальной плоскости, а вертикальная координата определяется датчиками силы.

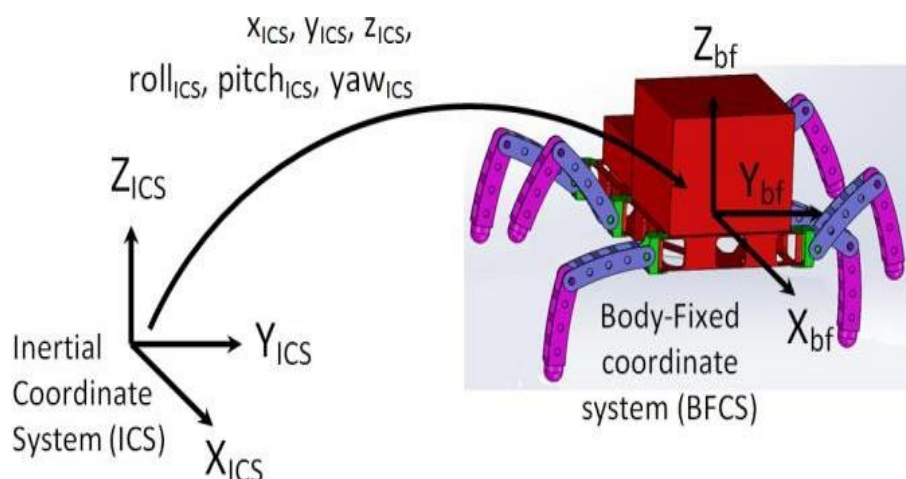


Рис. 1. Система координат ICS

Фактическая реализация предложенного алгоритма стабилизации требует трех типов датчиков на шагающей платформе:

- а) один *IMU*, который установлен на корпусе платформы и обеспечивает её ориентацию относительно системы координат;
- б) шесть датчиков силы, установленных на каждой из шести ног робота, обеспечивающих измерение силы давления опоры на поверхность;
- в) энкодеры, установленные на соединениях ног робота, обеспечивающие измерения углов поворота кинематических пар.

Поскольку формирование движения осуществляется на горизонтальной плоскости ICS ( $XY$ ), статическая устойчивость системы может быть предопределена и не зависеть от изменения рельефа, уклонов или препятствий, на которые будет опираться робот во время его движения, как показано на рисунке 2. Поэтому запас статической устойчивости для горизонтального и наклонного движения будет идентичен.

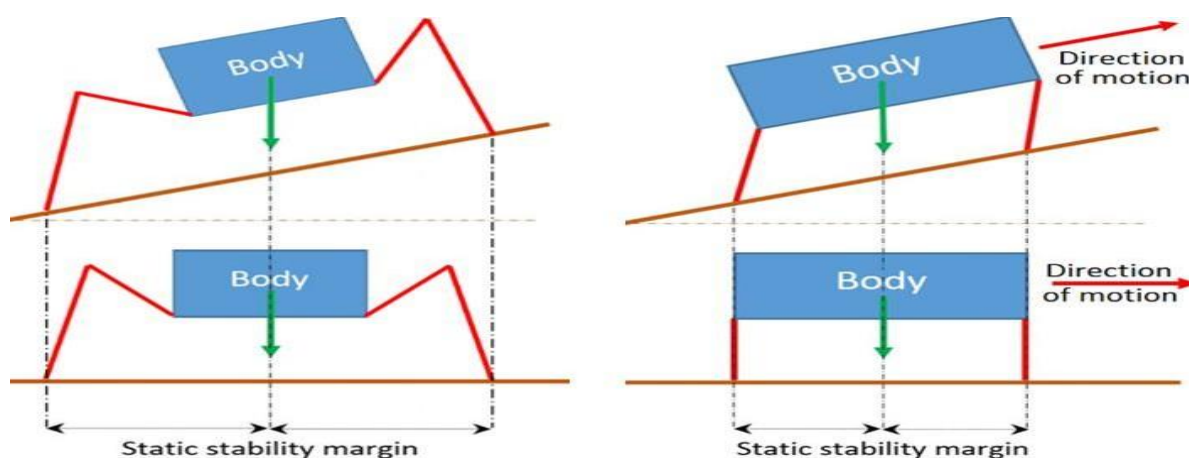
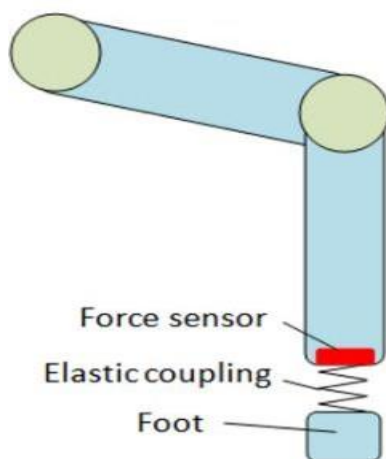


Рис. 2. Запас статической устойчивости



Для реализации алгоритма управления используется специальная конструкция стопы, включающая датчик силы и упругую муфту (пружину с линейной направляющей) между ступней и конечным звеном ноги, как показано на рисунке 3.



**Рис. 3. Конструкция ноги робота с датчиком силы**

Траектория ноги при опускании к земле параллельна вертикальной оси  $Z$ . Поскольку система управления не получает никакой информации об изменении рельефа местности, целевое положение  $Z$  неизвестно при вычислении траектории. Упругая муфта с датчиком усилия служит измерительным устройством. Когда нога касается земли и до того, как вес платформы будет поддерживаться через эту ногу, пружина сжимается, и сила на датчике силы нарастает. Траектория стопы вдоль оси  $Z$  затем рассчитывается как функция измерения силы, обеспечивая плавный контакт. Когда нога полностью сжимает пружину, металлические части ноги соприкасаются, поэтому через пружину не прикладывается опорное усилие.

Использование датчика силы, сопровождаемого упругой связью, обеспечивает преимущества по сравнению с другими датчиками, такими как оптические или ультразвуковые. Тот факт, что необходимо обеспечить определённое усилие, чтобы контроллер снизил скорость стопы, приводит к увеличению вероятности получения жесткой опоры ноги.

Таким образом, небольшие отклонения поверхности или объекты, которые могут создать сигнал «ложной тревоги», игнорируются. Кроме того, датчики силы могут быть использованы в системе управления с моделью, обеспечивающей поддерживающую силу каждой ноги.

Разработанный алгоритм стабилизации платформы шестиногого робота дает преимущество поддержания статической устойчивости на заданных значениях независимо от профиля местности и наличия препятствий. С помощью такого подхода возможно расширение алгоритмов походки, разработанных для горизонтальной и ровной местности.

Дальнейшее исследование предложенных решений будет проводиться имитационным моделированием в средах *Matlab/Simulink* и *CoppeliaSim* для доказательства эффективности предложенного алгоритма при движении на сложной местности.

#### Список использованных источников

1. Д. Белтер и П. Скржыпчински, «Интегрированное планирование движения для робота *Hexapod*, идущего по пересеченной местности», 18-й Всемирный конгресс *IFAC*, Милан, стр. 6918-6923, 2011.
2. А. Ираван и К. Нонами, «Омнинаправленное движение на основе порога силы для ходьбы гексаподобного робота по неровной местности», Четвёртая международная конференция по вычислительному интеллекту, Куантан, Малайзия, 2012.

УДК 629.3.054

*Н. Д. Жаринов (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель А. В. Ифанов (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Повышение надёжности транспортных средств является одной из основных задач современной автомобильной промышленности и эксплуатации. Несмотря на наличие встроенных бортовых систем в современных моделях, значительная часть автомобильного парка России представлена автомобилями ВАЗ и их модификациями, в которых встроенные системы диагностики отсутствуют либо обладают ограниченной функциональностью.

В этой связи актуальной задачей является разработка недорогих, универсальных и простых в эксплуатации систем мониторинга состояния автомобиля. Такие системы должны обеспечивать непрерывный контроль за параметрами работы двигателя и электрического оборудования, регистрацию

и анализ диагностических данных, а также раннее выявление предвестников отказов.

Настоящая работа посвящена разработке и оценке эффективности системы мониторинга состояния автомобилей семейства ВАЗ на базе микроконтроллерной платформы *Arduino* с подключением к диагностическому разъёму (*K-Line/OBD-II*) и дополнительным датчикам.

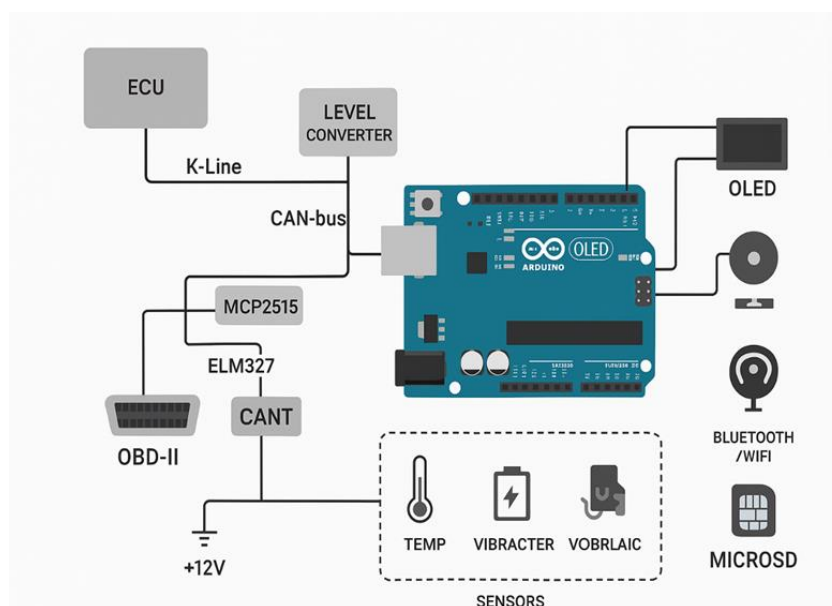


Рис. 1. Схема системы мониторинга автомобиля

Надёжность автомобилей традиционно оценивается по нескольким источникам: расчётные данные, стендовые и дорожные испытания, эксплуатационная статистика и системы мониторинга. Последние становятся всё более важными, так как позволяют собирать данные в реальных условиях эксплуатации, обеспечивая объективность анализа.

Для современных автомобилей распространены системы типа *OBD-II* сканеров и телематических устройств, которые позволяют читать ошибки и некоторые параметры двигателя. Однако многие автомобили ВАЗ старших поколений используют устаревший интерфейс *K-Line*, а функциональность недорогих сканеров ограничена. Поэтому возникает необходимость создания собственной системы мониторинга, совмещающей считывание данных через *K-Line/OBD-II*, подключение дополнительных датчиков (температура, вибрация, напряжение) и передачу данных по *Bluetooth*.

Разрабатываемая система мониторинга состояния автомобиля предназначена для контроля ключевых параметров двигателя и электрического

оборудования в процессе эксплуатации. Основу устройства составляет микроконтроллер *Arduino Uno/Nano*, который обеспечивает сбор и обработку данных, а также обмен информацией с пользователем.

Аппаратная часть системы включает микроконтроллер, адаптер *K-Line* для связи с электронным блоком управления (ЭБУ), модуль *Bluetooth HC-05* для передачи данных, датчики температуры, вибрации и напряжения, а также модуль питания. Все элементы соединены на печатной плате и размещены в компактном корпусе, подключаемом к диагностическому разъёму автомобиля.

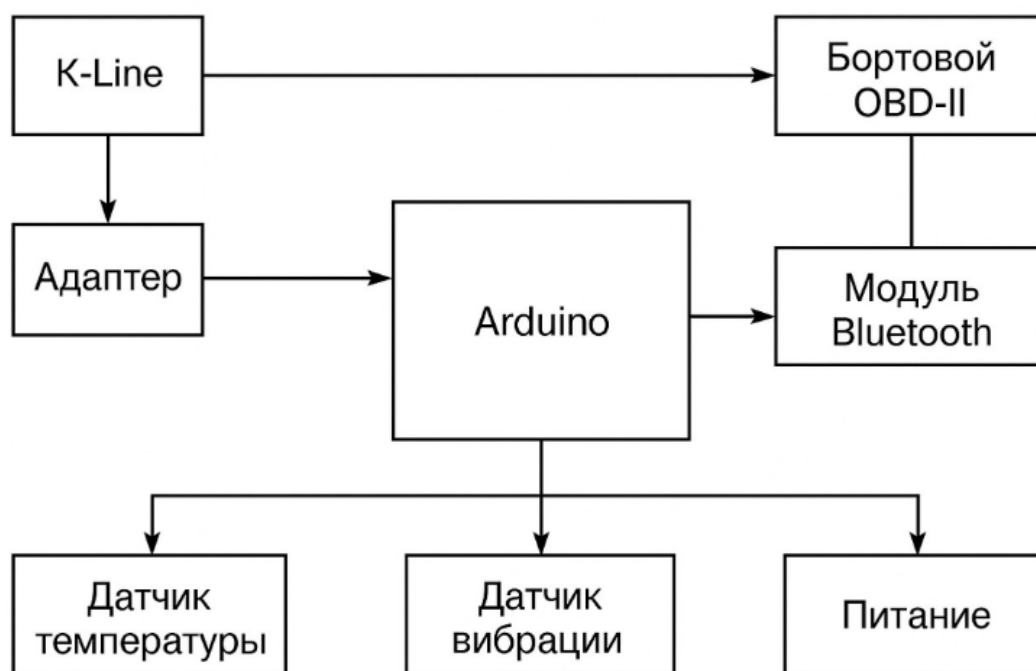


Рис. 2. Структурная схема

Программная часть реализована в среде *Arduino IDE* и выполняет инициализацию связи с ЭБУ по протоколу *K-Line*, периодический опрос подключённых датчиков, фиксацию диагностических кодов ошибок и передачу данных по *Bluetooth* на смартфон или персональный компьютер. При необходимости информация может сохраняться на карту *microSD* для последующего анализа.

С помощью разрабатываемого устройства мониторинга можно собрать и проанализировать данные о состоянии перечисленных узлов. Подключение к датчикам и системам автомобиля позволяет фиксировать изменения температуры, напряжения, оборотов и других параметров в режиме

реального времени. Это даёт возможность своевременно выявлять первые признаки отказов – перегрев двигателя, снижение ёмкости аккумулятора, перебои в зажигании или нестабильную работу дроссельной заслонки.

Таким образом, система мониторинга становится инструментом профилактики, позволяя не только фиксировать факты поломок, но и прогнозировать их появление, что существенно повышает надёжность эксплуатации автомобиля.

Таким образом, система мониторинга состояния автомобиля, основанная на микроконтроллере *Arduino*, позволяет оперативно контролировать параметры двигателя и электрооборудования, фиксировать и анализировать диагностические коды ошибок, выявлять элементы с низкой надёжностью и формировать базу данных по эксплуатационной надёжности. Применение таких систем повышает безопасность эксплуатации, снижает затраты на ремонт и продлевает ресурс автомобиля.

#### Список использованных источников

1. Козлов В. А. Диагностика и техническое обслуживание автомобилей. – М.: Машиностроение, 2018. – 320 с.
2. *Arduino*. Официальная документация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.arduino.cc/>.

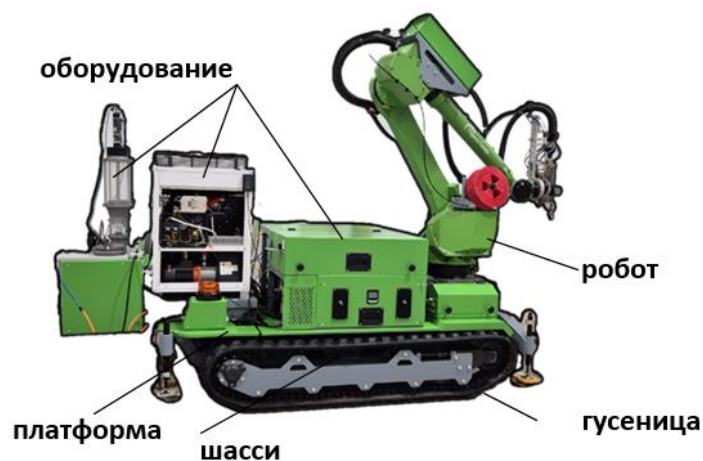
УДК 519.245:53.08

*Д. А. Керов (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: В. П. Умнов (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

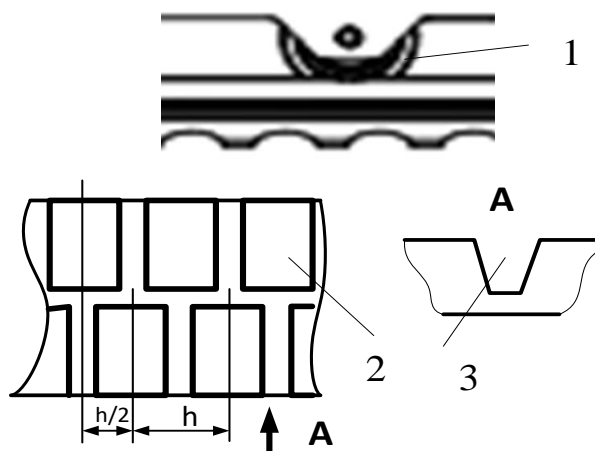
## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГАШЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ ПЛАТФОРМЫ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

В последние годы активно развивается направление робототехники по созданию и внедрению мобильных роботов, способных выполнять широкий спектр транспортных и технологических операций. Для перемещения мобильных роботов используются различные виды движителей: колесные, гусеничные, шагающие, колесно-шагающие. В качестве движителя многофункционального мобильного робота, предназначенного для использования на труднопроходимой местности, выбирают гусеничный движитель как наиболее универсальный. На рис.1 представлен вид мобильного робота с гусеничным движителем.



**Рис. 1. Вид мобильного робота**

Для исключения повреждения поверхности, обеспечения мягкости хода и низкого уровня шума при движении в мобильных роботах с гусеничным двигателем часто используются резиновые гусеницы. На рис. 2 представлен вид такой гусеницы с двухрядным расположением опорных катков *1*. Гусеница имеет два параллельно расположенных ряда опорных пластин *2*, по которым катки перемещаются в процессе движения и технологические промежутки *3* между пластинами, необходимые для осуществления изгиба гусеницы на ведущей задней звездочке и переднем направляющем шкиве. Вследствие такого исполнения жесткость контакта опорного ролика с гусеницей будет переменной и неизбежно возникнут колебания (вибрации) всего мобильного робота. Для снижения уровня колебаний установленного оборудования и робота между шасси и платформой необходимо установить гасители колебаний в виде демпферов.



**Рис. 2. Вид резиновой гусеницы двигателя**

Определим необходимые характеристики указанных демпферов для параметров мобильного робота, необходимых при расчете: масса робота  $m_p = 2500$  кг; масса шасси  $m_{ш} = 1100$  кг; масса платформы с размещенными на ней компонентами  $m_{п} = 1400$  кг; скорость перемещения робота  $V = 1-3$  км/ч; шаг расположения опорных пластин на гусенице  $h = 48$  мм.

Циклическая частота вынужденных колебаний в рассматриваемой системе при обозначенных выше параметрах будет составлять величину  $f_v = 10-30$  Гц и максимальное значение возмущающей силы  $F_v = 1 \cdot 10^4$  Н. Поскольку величина колеблющейся массы значительна можно считать, что колебания происходят по гармоническому закону. На рис. 3 приведен процесс колебаний всего мобильного робота без гасителей колебаний при движении со скоростью 1 км/ч. (Для решения поставленной задачи использована библиотека моделирования *Simulink* пакета *Matlab*).

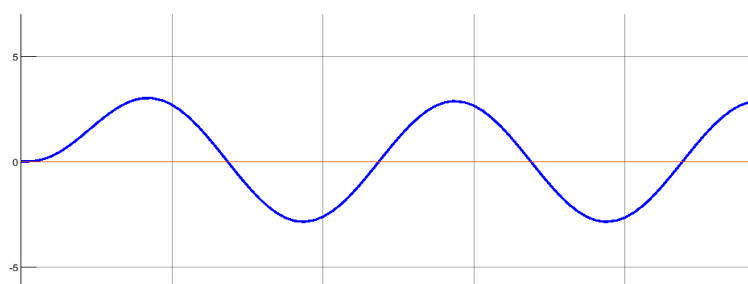
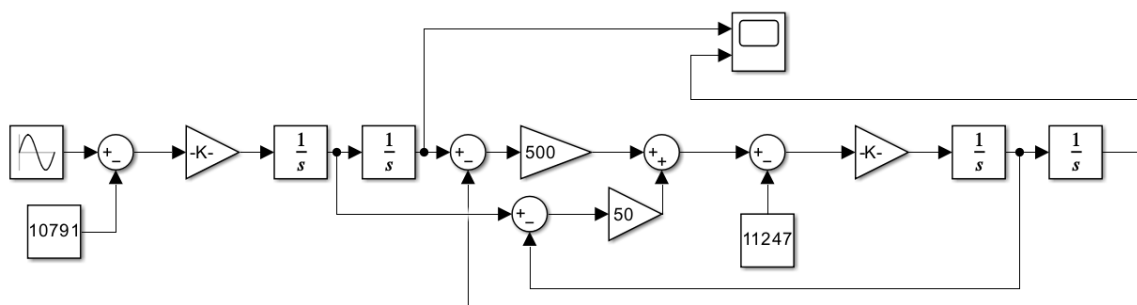


Рис. 3. Колебания робота без гасителей

Круговая частота вынужденных колебаний  $\omega_v = 62,4$  рад/с и амплитуда до 6 мм. Для решения поставленной задачи представим мобильный робот в виде двухмассовой системы, связанной упруго – диссипативной связью. Движения в такой системе можно описать уравнениями:

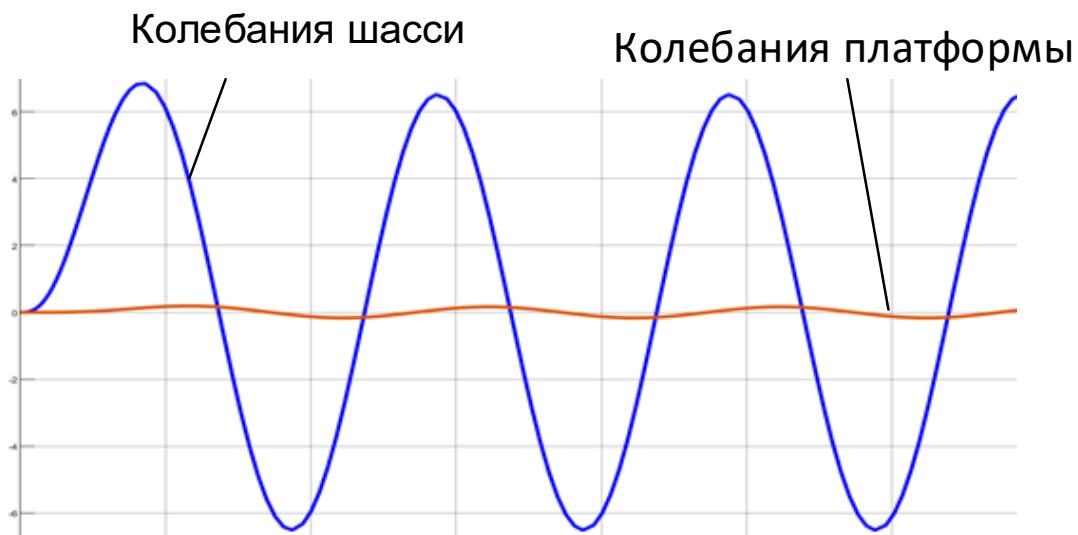
$$\begin{cases} F_v = m_{ш} p^2 s_{ш} + F_y ; \\ F_y = m_{п} p^2 s_{п} + F_T ; \\ F_y = (c + \beta p)(s_{ш} - s_{п}). \end{cases}$$

Здесь обозначено:  $F_v$  – возмущающая сила;  $s_{ш}$  – перемещение шасси;  $F_y$  – упруго демпфирующая сила гасителей колебаний;  $s_{п}$  перемещение платформы;  $F_T$  – вес платформы с размещенными на ней компонентами;  $c$  и  $\beta$  – коэффициенты жесткости и демпфирования гасителей колебаний;  $p$  – оператор дифференцирования. На рис. 4 представлена модель рассматриваемой системы в *Simulink*.



**Рис. 4. Модель перемещений с гасителем колебаний**

В качестве гасителей колебаний платформы выбраны резиновые амортизаторы из резины НО-68-1 в виде втулок с модулем упругости 5 МПа (средний коэффициент жесткости 500 н/мм и показатель демпфирования 50 н·с/м). На рис. 5 представлены результаты моделирования.



**Рис. 5. Результаты моделирования**

Из рассмотрения рис. 5 следует, что колебания платформы не превышают 0,4 мм и, следовательно, колебания шасси, амплитуда которых составляет 12 мм, могут быть погашены резиновыми амортизаторами.



УДК 621.98.043; 62-529.4

*Д. С. Киселев (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель А. А. Кобзев (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## **КОМПОНОВКА РОБОТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ**

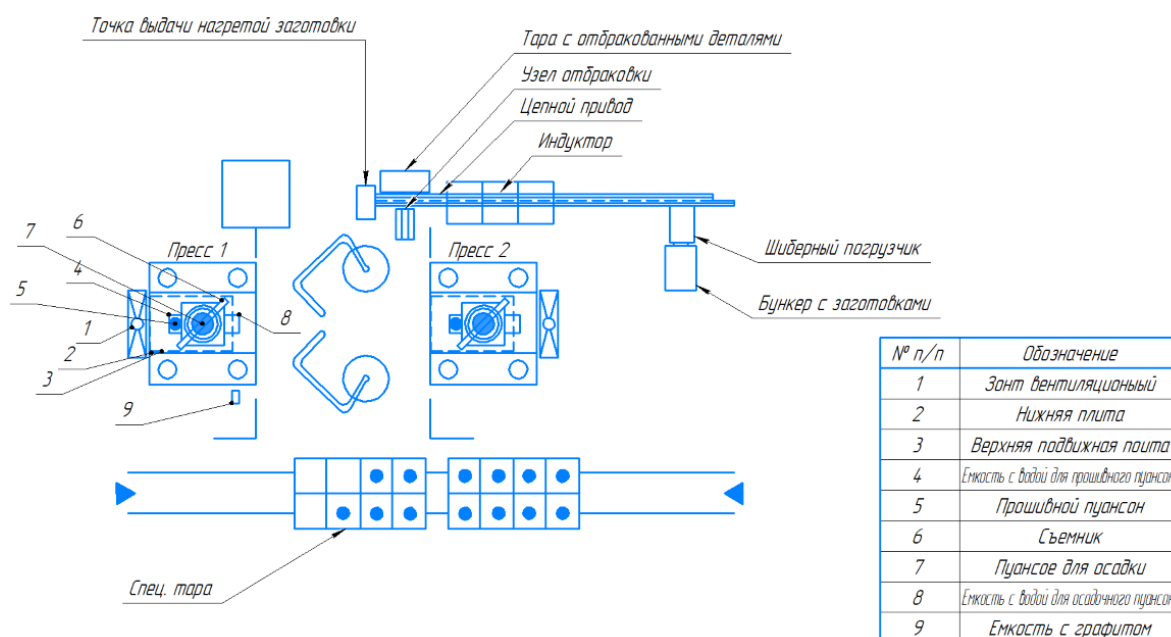
Горячая штамповка – процесс металлообработки, при котором разогретая до температуры пластичности металлическая заготовка приобретает требуемую объёмную форму под воздействием штампопрессового или кузнечнопрессового оборудования.

Горячая штамповка в основном используется для выпуска серийной продукции – такие требования связаны с необходимостью изготовления штампов для обработки металла давлением. При этом качественно изготовленный штамп сохраняет свою точность на протяжении длительного времени (зависит от интенсивности производства и твердости обрабатываемого металла).

Для оптимизации процесса горячей объемной штамповки (ГОШ) необходимо учитывать ряд технологических факторов, включая температуру нагрева заготовки, скорость деформации и конструкцию штамповой оснастки. Исследования, проведенные учеными, показывают, что оптимальный температурный режим для стали 40Х находится в диапазоне 1100-1200 °С, что обеспечивает снижение сопротивления деформации и улучшение пластических свойств материала. Применение термомеханической обработки после ГОШ позволяет дополнительно повысить прочность и износостойкость изделий.

Внедрение современных методов нагрева заготовки, таких как индукционный нагрев, способствует повышению энергоэффективности процесса ГОШ и улучшению качества поверхности изделий [1]. Согласно исследованиям, индукционный нагрев обеспечивает более равномерное распределение температуры по объему заготовки, что снижает вероятность возникновения термических напряжений и деформаций. Схема расположения всех элементов комплекса приводится на рисунке: роботы-манипуляторы изображены между прессами комплекса (без номера).

Важным элементом является работа манипуляторов, отвечающих за погрузку заготовок [2].



**Общая планировка комплекса**

Эти устройства обеспечивают плавный и безопасный процесс перемещения материалов, что критично для поддержания высоких стандартов качества. Важно отметить, что применение современных мехатронных систем позволяет улучшить динамические характеристики оборудования и расширить диапазон возможных задач, включая автоматизированный мониторинг состояния процессов.

Система управления должна будет обеспечивать надежную связь со всеми компонентами комплекса и быстро реагировать на изменения в производственных параметрах. В случае, если используется несколько прессов, управление ими также становится более комплексным и многозадачным.

Вследствие указанных особенностей, при автоматизации горячей штамповки предпочтение отдается промышленным роботам с меньшим количеством степеней свободы, обладающим высокой грузоподъемностью и способностью к быстрым циклическим движениям. Одним из ключевых факторов является также надежность и устойчивость к высоким температурам, вибрациям и загрязнениям, характерным для производственной среды горячей штамповки.

Циклограмма процесса горячей объемной штамповки с использованием двух роботов – манипуляторов приведена в таблице.

**Циклограмма РТК горячей штамповки**

№	Оборудование	Операция	Общее время процесса					
			30	60	90	120	150	180
1	Шибберный погрузчик	Перемещение						
2	Индукторная печь	Нагрев						
3	Робот-манипулятор «Б»	Перемещение до заготовки						
		Схват						
		Перемещение до штампа						
		Разжим						
4	Прессовое оборудование	Штамповка						
5	Робот-манипулятор «А»	Перемещение до заготовки						
		Схват						
		Перемещение до ячейки хранения						
		Разжим						
6	Ячейка хранения	Хранение						
		Транспортировка						

Роботы с цикловым управлением, или цикловые манипуляторы, широко применяются в подобных операциях. Они выполняют заранее запрограммированную последовательность движений, повторяющуюся из цикла в цикл. Здесь применяются однорукие роботы с промежуточной ячейкой приема и хранения деталей или двурукие. В дальнейшем будет рассмотрен вариант с двумя роботами. Это обеспечивает высокую скорость и стабильность производственного процесса. Согласно исследованиям, применение цикловых роботов в горячей штамповке позволяет повысить производительность на 20-30 % по сравнению с ручным трудом.

Выбор конкретной модели робота зависит от ряда параметров, включая вес заготовки, требуемую скорость работы и габариты штамповочного оборудования. Важным аспектом является интеграция робота в автоматизированную систему, включающую печи нагрева, штамповочные прессы и системы охлаждения.

При проектировании автоматизированных линий горячей штамповки необходимо учитывать требования безопасности. Роботы должны быть оборудованы системами защиты, предотвращающими столкновения с операторами и оборудованием. Как правило – это система тактильных или дистанционных оптических, ультразвуковых или емкостных датчиков. Обучение персонала работе с роботизированными системами является обязательным условием безопасной эксплуатации.

Так же не менее важным элементом комплекса является транспортер заготовок [3]. При проектировании конвейерной системы необходимо учитывать требования безопасности, включая установку защитных ограждений, конечных выключателей и систем аварийной остановки. Привод конвейера следует рассматривать как регулятор скорости с релейным управлением. Расчет следует производить с обеспечением требуемых скорости и максимального момента на участках разгон-торможение [4]. Необходима в итоге проверка по эквивалентному моменту. Ключевые параметры, которые необходимо учитывать при выборе цепного пластинчатого конвейера, включают: грузоподъемность, скорость движения цепи, ширину и длину пластин, материал изготовления, тип привода и наличие дополнительных опций, таких как системы смазки и контроля натяжения цепи [5].

Важным аспектом является также выбор оптимального маршрута движения груза, который должен обеспечивать максимальную производительность и минимизировать риск повреждения транспортируемых объектов. Для этого рекомендуется использовать транспортный робот. Транспортный робот должен выполнять транспортные функции и предусматривать перегрузку перевозимых грузов. Погрузка-разгрузка выполняется в двух вариантах. Внешними устройствами обслуживаемого технологического оборудования или дополнительными устройствами с двумя степенями подвижности.

#### Список использованных источников

1. Робототехнические комплексы кузнечно-прессовых операций // *StudFiles*. URL: <https://studfile.net/preview/820824>.
2. Автоматизированный комплекс оборудования для горячей штамповки деталей типа стаканов // *fips*. URL: [https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=1541873&TypeFile=html](https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=1541873&TypeFile=html).
3. Цепные конвейеры // Русский Конвейер. URL: <https://ru-con.ru/cepnyye-konveyeri>.
4. Чиликин М. Г., Ключев В. И., Сандлер А. С. Теория автоматизированного электропривода. – М.: Энергия, 1979. – 616 с.
5. Башарин А. В., Новиков В. А., Соколовский Г. Г. Управление электроприводами. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 392 с.

УДК 629.331.08

*Д. С. Коростин (Россия, г. Владимир, КИТП)*

*Научный руководитель А. В. Ифанов (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## **СТЕНД ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ РОБОТИЗИРОВАННОЙ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ**

Современные автомобили всё чаще оснащаются роботизированными коробками передач (РКПП), включая трансмиссии с двойным сцеплением. Эти агрегаты сочетают эффективность механических КПП и комфорт автоматических, однако их сложная конструкция предъявляет повышенные требования к диагностике. Традиционные методы, применяемые в условиях автосервиса, не всегда позволяют выявить скрытые неисправности, а существующие стенды обладают высокой стоимостью и ограниченной универсальностью [1].

В данной работе рассматривается разработка универсального стенда для диагностики РКПП, который может использоваться как в образовательных целях, так и в сервисных центрах.

Основой является металлическая рама с регулируемыми креплениями, позволяющими фиксировать различные типы коробок передач. Привод стенда реализован на базе асинхронного электродвигателя мощностью до 15 кВт, соединённого с входным валом трансмиссии через эластичную муфту. Такой подход позволяет имитировать работу двигателя автомобиля в различных режимах. Для имитации нагрузки используются электродвигатели (рисунок 1).

Для регистрации параметров работы коробки используются датчики:

- оборотов входного и выходного вала;
- крутящего момента;
- давления масла;
- температуры рабочей жидкости.



**Рис. 2. Структурная схема стенда**

Для регистрации параметров работы коробки используются датчики:

- оборотов входного и выходного вала;
- крутящего момента;
- давления масла;
- температуры рабочей жидкости.

Все данные передаются на компьютер через модуль сбора данных и могут отображаться в реальном времени. Так же можно подключить дополнительные датчики для более точного и глубокого диагностирования. Такие как: Датчики положения синхронизаторов – позволяют понять, правильно ли вступает в работу нужная шестерня. Датчики давление масла в гидроблоке – для диагностики работы актуаторов и гидроцилиндров. Датчики давление в гидроприводе сцепления – особенно важно для роботизированных коробок с мокрым сцеплением. Инфракрасные термодатчики или тепловизор – для выявления локальных перегревов шестерен и сцепления вибродатчики на корпусе коробки – позволяют выявлять механические дефекты шестерен, подшипников и синхронизаторов (рисунок 2) [5].

Блок-схема стенда для диагностики роботизированной КПП

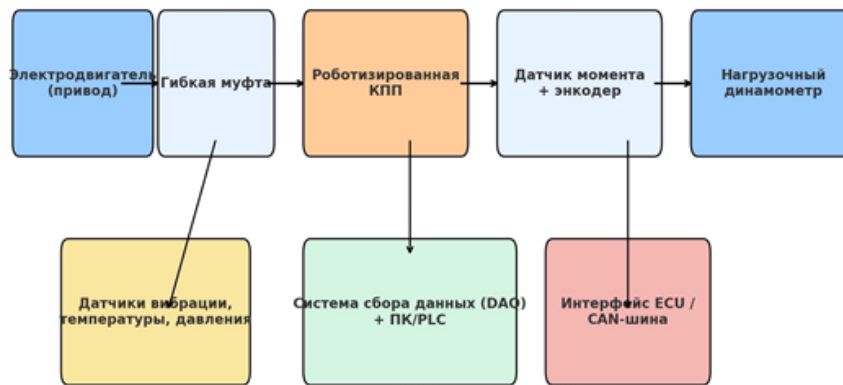


Рис. 3. Блок-схема стенда

Программная часть разработана для отображения параметров в удобном интерфейсе. Основные функции ПО:

- визуализация оборотов и крутящего момента в виде графиков;
- считывание данных с CAN-шины ЭБУ *DSG*;
- регистрация и сохранение данных в файлы формата *CSV/Excel*;
- аварийная индикация при превышении допустимых значений.

Программное обеспечение выполняет следующие задачи: связь с блоком мехатроника, считывает и расшифровывает коды ошибок, тестирует сцепление (измерение зазоров, силы прижима, температуры), проводит проверку вилок переключения передач, проводит адаптацию коробки после замены сцеплений или ремонта мехатроника [4].

Преимущества разработанного стенда:

- универсальность – возможность установки различных типов коробок передач *DSG*;
- безопасность – отсутствие ДВС и выхлопа, контроль оборотов электродвигателя;
- доступность – себестоимость ниже, чем у промышленных стендов;
- наглядность – возможность применения в учебных целях миниатюрных объективов с автоматическим фокусом;

В заключении можно сказать, что разработка стенда для диагностики роботизированных коробок передач является актуальной задачей для сервисного и образовательного сегмента. Он позволяет имитировать работу

трансмиссии вне автомобиля, проводить анализ параметров, выявлять неисправности и обучать студентов практическим навыкам работы с данным типом коробок [6].

#### Список использованных источников

1. Автомобили с автоматизированными коробками передач: устройство, диагностика, ремонт / Под ред. А. В. Баженова. – М.: Машиностроение, 2020.
2. Шульгин, В. Н. Трансмиссии современных автомобилей: учебник для вузов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2019.
3. Григорьев, С. И. Диагностика и техническое обслуживание систем управления трансмиссий. – М.: Академия, 2018.
4. *Bosch. Automotive Handbook*. – 10th ed. – Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 2018.
5. *Isermann, R. Mechatronic Systems: Fundamentals*. – Springer, 2019.
6. *VAG Group. Self-Study Programme 94: The 7-Speed Dual Clutch Gearbox 0AM*. – Wolfsburg: Volkswagen AG, 2015.
7. Иванов, Д. А., Кузнецов, П. В. Мехатронные системы автомобилей: учебное пособие. – М.: Форум, 2021.

УДК 342.951:351.82

**М. А. Кулагин** (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)

Научный руководитель **А. В. Ифанов** (Россия, г. Владимир, ВлГУ)

### **МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ КАМЕР ФИКСАЦИИ ДОРОЖНЫХ НАРУШЕНИЙ**

Рост автомобилизации и повышение интенсивности дорожного движения приводят к необходимости внедрения автоматизированных средств контроля соблюдения правил дорожного движения (ПДД). Традиционные методы надзора с участием сотрудников ГИБДД постепенно уступают место интеллектуальным системам, в основу которых положены камеры фото и видеофиксации нарушений [2].

В статье проводится анализ существующих решений, определяются ключевые направления оптимизации конструкции и алгоритмов обработки



информации. Особое внимание уделяется внедрению технологий искусственного интеллекта, унификации элементной базы и применению энергоэффективных компонентов.

Несмотря на широкое распространение, современные комплексы имеют ряд недостатков: высокая себестоимость производства и обслуживания, значительные габариты, требующие массивных опорных конструкций, а также ограниченная адаптация к различным условиям эксплуатации. Эти факторы сдерживают масштабное внедрение систем, особенно в регионах с ограниченным финансированием [4].

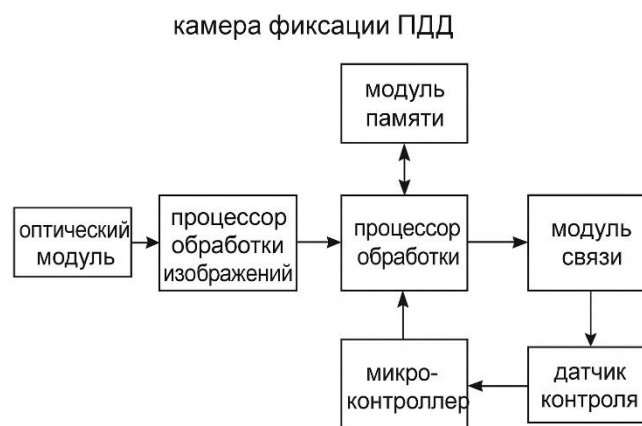
В связи с этим актуальной задачей становится модернизация мехатронных систем фиксации дорожных нарушений с учетом требований по экономичности, компактности и надежности.

На рынке присутствует широкий спектр комплексов фиксации нарушений, различающихся по принципу действия и функционалу (рисунок 1). Основными компонентами являются: оптико-электронный модуль (видеокамера, объектив, подсветка); вычислительный блок для обработки данных и распознавания номеров (рисунок 2); система передачи информации в центр обработки; защитный корпус с климат-контролем [2].



**Рис. 4. Подключение разных типов блоков камер**

Существующие решения, как правило, обеспечивают высокую точность фиксации, но обладают рядом недостатков: 1) высокая стоимость оборудования; 2) большие габариты; 3) сложность эксплуатации [1].



**Рис. 5. Структурная схема камеры**

Нужно заменить некоторые модули, представленные в структурной схеме для модернизации. Оптический модуль переделать с компактной камерой с высоким разрешением, интегрировать алгоритмы компьютерного зрения и машинного обучения в блок микроконтроллера, использовать облачные технологий для хранения и переадресации данных, а также снижение энергопотребления.

И именно для этого ниже расписаны действия и процессы для модернизации фото и видеозаписи камеры ПДД.

#### 1. Снижение себестоимости

Для удешевления систем предлагаю использование *CMOS*-матриц нового поколения, обладающих высокой светочувствительностью и меньшей стоимостью; унификация модулей; внедрение встроенных нейропроцессоров; оптимизация конструкции корпуса с применением современных полимерных материалов.

#### 2. Уменьшение габаритов

Компактность достигается за счет объединения сенсоров, процессора и интерфейсных модулей в едином корпусе; использования миниатюрных объективов с автоматическим фокусом; отказа от массивных систем климат-контроля и замены их на пассивное охлаждение и влагозащиту; разработки модульных комплексов.

#### 3. Повышение эксплуатационной эффективности

Для увеличения надежности и удобства обслуживания необходимо внедрение систем самодиагностики, расширение диапазона рабочих температур, применение устойчивых к вандализму материалов, организация удаленного мониторинга и обновления ПО, использование искусственного интеллекта для фильтрации ложных срабатываний.

Внедрение модернизированных систем позволит снизить себестоимость единицы оборудования примерно на 20–30 %; сократить расходы на монтаж и обслуживание примерно на 15–20 %; увеличить срок службы до 10–12 лет, что в таком случае приведет к окупаемости проекта.

Модернизированные системы могут применяться не только для фиксации нарушений ПДД, но и для мониторинга дорожного трафика, контроля загруженности магистралей, выявления аварийных ситуаций и интеграции с ИТС [3].

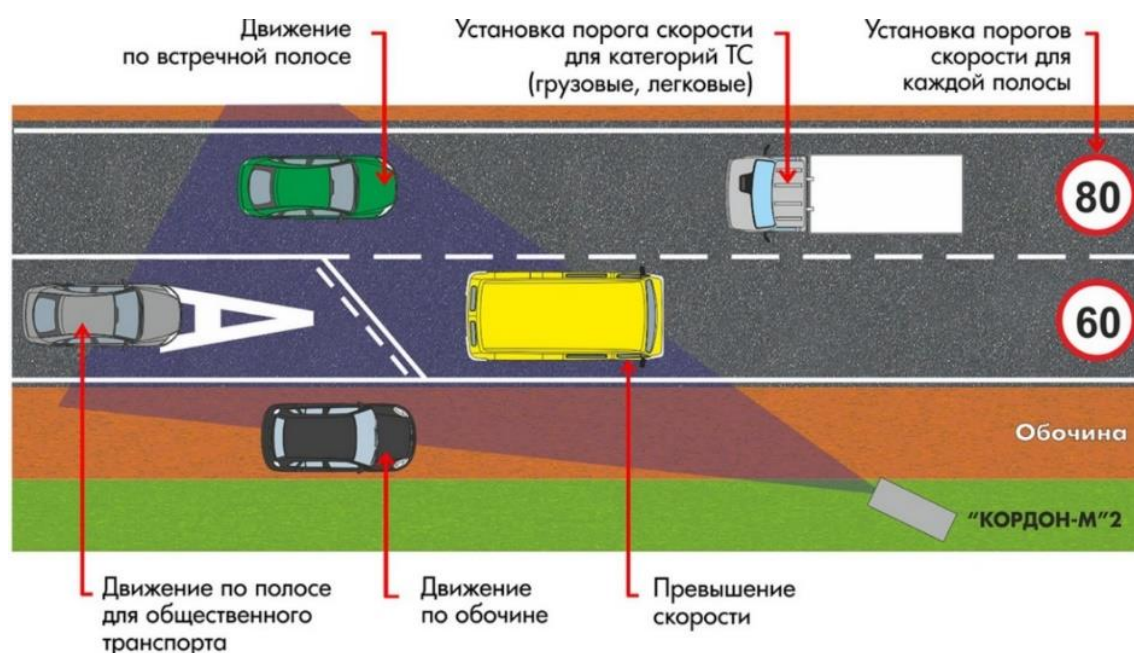


Рис. 6. Применение камеры фото и видео фиксации

В заключении можно сказать, что модернизация мехатронных систем фиксации дорожных нарушений является необходимым условием развития современных транспортных систем. Снижение себестоимости, уменьшение габаритов и повышение эксплуатационной эффективности делают возможным массовое внедрение таких комплексов в городской и сельской инфраструктуре.

#### Список использованных источников

1. Белов С. В., Иванов А. П. Интеллектуальные транспортные системы. – М.: Наука, 2020.
2. *SPEEDCAM.online*. Комплекс измерительный с видеофиксацией «КОРДОН-КРОСС» [Электронный ресурс]. – <https://speedcam.online> (дата обращения: 28.09.2025).

3. *Arkan.io*. Схемы автоматизированных комплексов фотовидеофиксации [Электронный ресурс]. – <https://arkan.io> (дата обращения: 28.09.2025).
4. ГИБДД России. Официальная информация о системах фото- и видеофиксации нарушений ПДД [Электронный ресурс]. – <https://www.gibdd.ru> (дата обращения: 28.09.2025).

УДК 62-519

*Г. А. Малышев (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: В. А. Немонтов (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## **ЭЛЕКТРОННОЕ РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ АВТОНОМНОГО БЕСПИЛОТНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**

Рулевое управление является одним из ключевых элементов любого транспортного средства, отвечая за точность и безопасность движения. Развитие беспилотных систем предусматривает исключение ручного управления, при котором традиционно руль соединён с колесами через механический вал и рулевую рейку, где усилие водителя передаётся напрямую через шестерни и тяги.

С развитием технологий появились электрические усилители руля, которые стали первым шагом к цифровизации управления. Несмотря на это, физическая связь между рулём и колесами сохранялась. Следующим эволюционным этапом стало электронное рулевое управление без механического соединения, или *Steer-by-Wire*, где традиционный вал и рейка полностью отсутствуют. В такой системе движение рулевого колеса фиксируется датчиками угла и усилия, информация поступает в электронный блок управления, который рассчитывает нужный угол поворота колёс и передаёт команды электромеханическим приводам. Обратное усилие на руле формируется отдельным мотором, имитирующим реакцию дороги, что позволяет водителю ощущать естественное сопротивление, несмотря на отсутствие прямой механической связи (рис. 1).

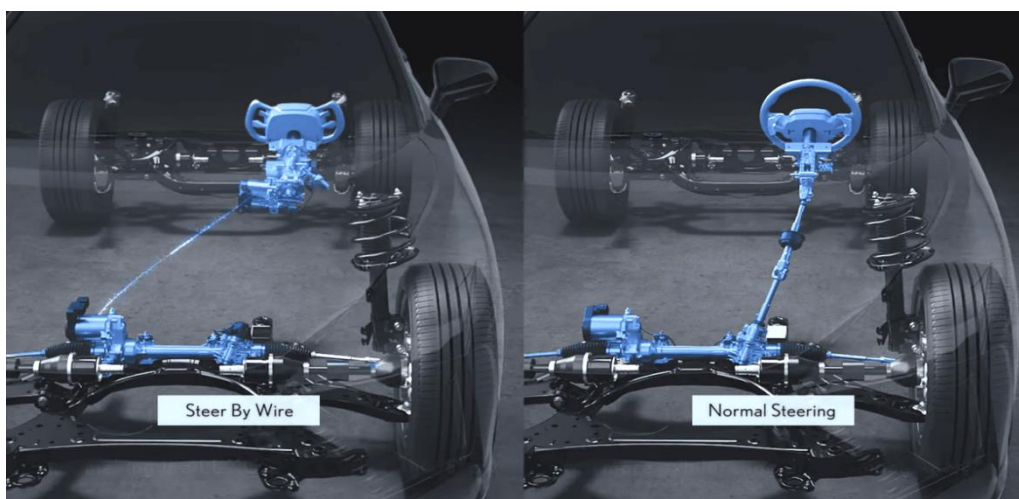


Рис. 1. Рулевое управление: *Steer-by-Wire* и механическое

Такая архитектура открывает новые возможности для построения систем автоматического управления движением, исключаям рулевое колесо как обязательный элемент конструкции автомобиля, что, в свою очередь, облегчает интеграцию с системами автопилота и дистанционного управления. Более того, переход к полностью электронному рулевому управлению рассматривается как важный шаг на пути к автономным транспортным средствам, где движение будет контролироваться исключительно электронными средствами.

Принцип работы системы *Steer-by-Wire* основан на слаженном взаимодействии датчиков, электронного блока управления (ЭБУ) и исполнительных механизмов. Когда водитель поворачивает руль, датчики считывают угол и приложенное усилие, а ЭБУ рассчитывает оптимальный угол поворота колёс с учётом скорости и динамики автомобиля. Электромеханический актуатор перемещает колёса, а датчики подтверждают результат, обеспечивая замкнутый контур управления (рис. 2).

Одновременно мотор рулевого модуля формирует соответствующее сопротивление, имитируя реакцию дороги. Для повышения надёжности система оснащается резервными каналами питания и управления, что позволяет поддерживать работоспособность даже при отказе отдельных элементов.

Интеграция с электронными системами автомобиля даёт возможность объединения с *ADAS*, обеспечивая удержание полосы, парковку и работу автопилота. В автономном режиме колёса управляются электромеханическими приводами без вмешательства человека. Возможность программной

настройки характеристик управления и обновлений «по воздуху» делает систему гибкой и адаптивной к новым требованиям.

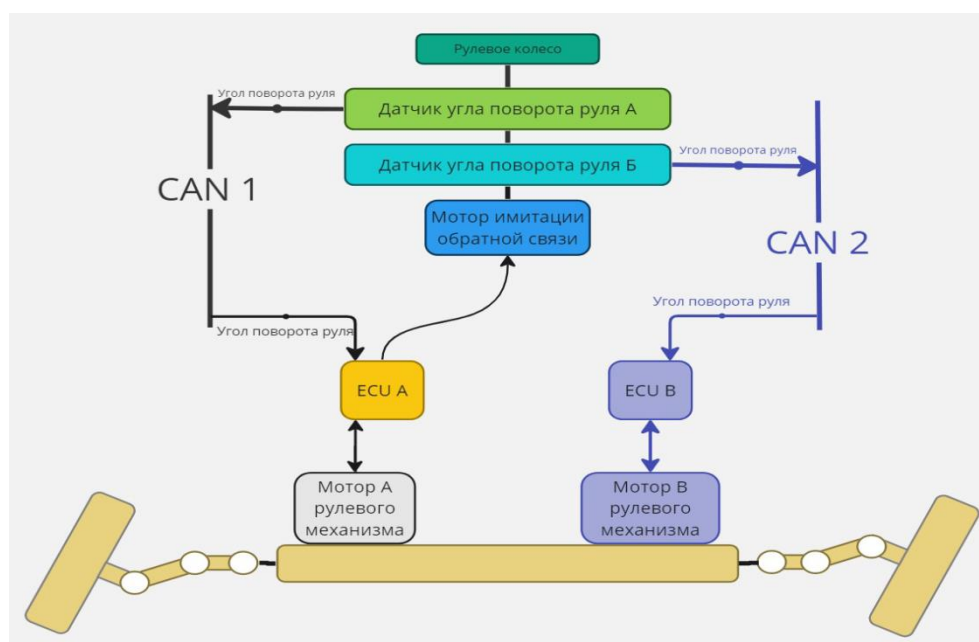


Рис. 2. Схема работы системы *Steer-by-Wire*

Технология *Steer-by-Wire* применима не только в беспилотных транспортных средствах. В коммерческом транспорте и спецтехнике она повышает манёвренность и облегчает управление крупногабаритными машинами, а также открывает возможности дистанционного и дублированного управления. В строительной и сельскохозяйственной технике система интегрируется с автоматическим вождением по маршруту. Для автономных и роботизированных транспортных средств, где отсутствует традиционное рулевое колесо, *Steer-by-Wire* становится естественным выбором для управления ходовой частью.

Однако внедрение полностью электронного рулевого управления сопряжено с рядом вызовов. Надёжность системы требует дублирования каналов питания, резервирования датчиков и независимого контроля процессоров. Поскольку управление осуществляется через электронные сигналы, крайне важна защита от внешнего вмешательства, включающая шифрование, контроль целостности данных и регулярные обновления программного обеспечения. Одним из ключевых аспектов остаётся воссоздание естественного ощущения руления, что требует точного управления электродвигателями и тщательной калибровки алгоритмов.

Нормативные ограничения в разных странах пока налагают требования к наличию механического соединения, что делает обязательными сертификацию и тестирование отказоустойчивости. Высокоточные датчики, электромеханические приводы и резервные системы увеличивают стоимость узла, поэтому экономическая эффективность технологии проявится при массовом производстве и стандартизации компонентов.

Таким образом, *Steer-by-Wire* открывает новые возможности для автомобильной индустрии, сочетая гибкость дизайна, интеграцию с электронными системами, улучшение безопасности и адаптивность управления. Несмотря на технические вызовы, эта технология становится основой будущего транспорта, особенно в сочетании с электрическими и автономными платформами.

УДК 616-085:681.5

*А. А. Ромаданов (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: А. Н. Кирилина (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

## **АЛГОРИТМЫ СКОЛЬЗЯЩЕЙ АППРОКСИМАЦИИ В ОБУЧЕНИИ ТРАЕКТОРИЙ И ПОЗИЦИОННО-СИЛОВОМ УПРАВЛЕНИИ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ**

Рассматриваются алгоритмы скользящей аппроксимации сигналов (*LOESS/LOWESS*, скользящее МНК, фильтр Савицкого–Голея, экспоненциальное сглаживание, Калмановская фильтрация) для задач обучения и воспроизведения траекторий манипуляторов, контактно взаимодействующих с мягкими тканями пациента. Показано, что корректная локальная аппроксимация траекторий и силомоментных сигналов повышает точность позиционно-силового и податливого управления, снижает шум и артефакты датчиков, а также обеспечивает безопасность – ограничение скорости/ускорения и «мягкий» подход к телу пациента. Предложены структурные схемы интеграции скользящих аппроксиматоров в контур управления, приведены рекомендации по выбору параметров окон и регуляризации, по снижению задержек и адаптивной настройке под свойства мягких тканей. Приводятся примеры кода и набор открытых источников и иллюстраций.



В реабилитационной медицине роботы используются для воспроизводимого, дозированного, контактного воздействия на мягкие ткани и суставы, а также для моторной терапии. В отличие от механообработки, взаимодействие «инструмент–мягкая ткань» нелинейно и вариабельно из-за вязко-эластичных свойств тканей, нелинейной жесткости и активных реакций пациента:

1) Сенсоры силы/момента и позиционные датчики дают шумные измерения с выбросами и дрейфом. На этапе обучения демонстрацией (имитации движений оператора) важно извлечь из этих данных «гладкую» опорную траекторию и силовой профиль без фазовых искажений и утраты локальных особенностей.

2) Скользящая аппроксимация – класс локальных методов, которые, используя окно данных, оценивают «текущее состояние» и его производные, корректно фильтруя шум и сохраняя форму сигнала.

Постановим задачи следующими образами:

Многоканальные временные ряды  $q(t)$  (позиции/ориентации),  $f(t)$ ,  $\tau(t)$  (силы/моменты), биомеханические сигналы (ЭМГ, тонус). Требуется:

1) обучить эталонные траектории  $x(t)$ ,  $f(t)$  по демонстрациям человека и/или сенсорной обратной связи;

2) воспроизвести их в составе позиционно-силового/податливого управления при контакте с мягкими тканями;

3) обеспечить безопасность: ограничения на  $|\dot{x}|$ ,  $|\ddot{x}|$ , пик силы, упреждающую остановку.

Из ограничений можно выделить фильтрации, устойчивость контура, чувствительность к выбросам, вычислительные ресурсы на бортовом контроллере.

Перейдем непосредственно к алгоритмам:

1) *LOESS/LOWESS* (локально-взвешенная регрессия)

Предположим, что в окне вокруг текущего времени  $t_0$  подбирается локальный полином (обычно 1–2 степени) с весами, убывающими с расстоянием от  $t_0$  [1].

Из плюсов мы получим хорошую аппроксимацию с малыми искажениями формы; устойчивость к умеренным выбросам при робастных весах.

К минусам отнесем вычислительно тяжелее экспоненциального сглаживания; окно и параметр сглаживания сильно влияют на задержку.

2) Скользящее МНК и фильтр Савицкого–Голея

Скользящий полиномиальный фит по равномерному окну; *SG*-фильтр



даёт аналитические коэффициенты свертки, позволяя оценивать и производные (скорость, ускорение).

```

Command Window

>> % LOESS/LOWESS (локально-взвешенная регрессия) с графиками
clear; close all; clc;

fs = 200; dt = 1/fs; T = 10; t = (0:dt:T)';
x_true = 1.2*sin(2*pi*0.8*t) + 0.2*t;
noise = 0.25*randn(size(t));
x = x_true + noise;
idx_out = randi([1 numel(t)], 12, 1);
x(idx_out) = x(idx_out) + 2.5.*(2*rand(size(idx_out))-1);

span1 = 0.05;
span2 = 0.15
x_lowess1 = smooth(x, span1, 'lowess');
x_lowess2 = smooth(x, span2, 'lowess');
x_rlowess = smooth(x, span2, 'rlowess');

figure('Name','LOESS/LOWESS');
subplot(2,1,1);
plot(t, x, 'Color',[0.6 0.6 0.6]); hold on;
plot(t, x_true, 'k','LineWidth',1.5);
plot(t, x_lowess1, 'b','LineWidth',1.5);
plot(t, x_lowess2, 'r','LineWidth',1.5);
grid on; xlabel('t (s)'); ylabel('x');
legend('Измерения (с шумом)','Истинный','LOWESS span=0.05','LOWESS span=0.15','Location','best');
title('LOWESS: влияние ширины окна на сглаживание/задержку');

subplot(2,1,2);
plot(t, x, 'Color',[0.7 0.7 0.7]); hold on;
plot(t, x_true, 'k','LineWidth',1.5);
plot(t, x_rlowess, 'm','LineWidth',1.5);
grid on; xlabel('t (s)'); ylabel('x');
legend('Измерения','Истинный','Robust LOWESS (rlowess)','Location','best');
title('Robust LOWESS: устойчивость к выбросам');

```

Рис. 1. Алгоритм 1

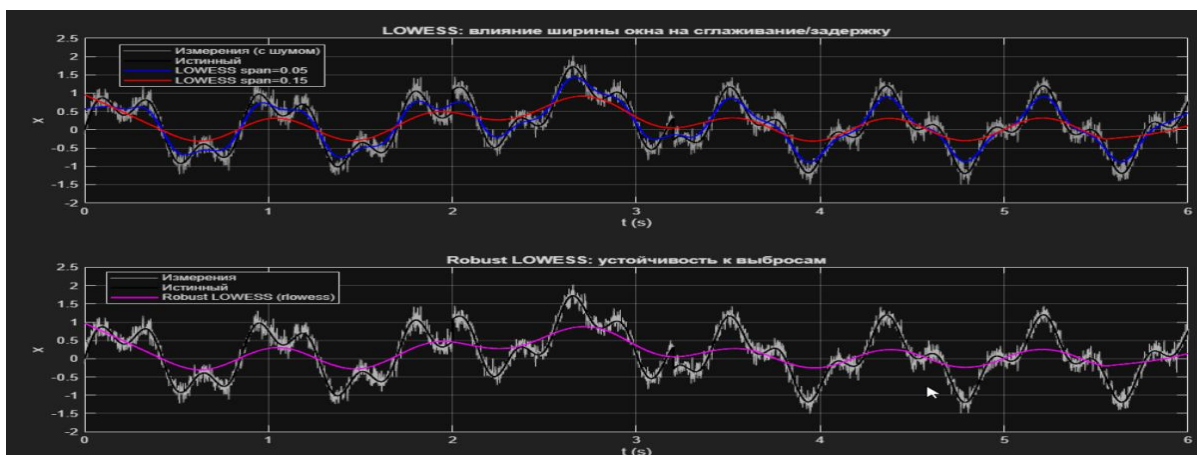


Рис. 2. Данные с осциллографа 1

Низкая фазовая задержка (симметричное окно), хорошее сохранение пиков/плато, одновременная оценка производных, однако требуются дополнительные меры против выбросов; симметричное окно в онлайн создаёт задержку, решается каузальными модификациями. [1]

```
Command Window
% Савицкого-Голея
m = p;
k = win;
[b,g] = sgolay(m, k);
x_sg = sgolayfilt(x, m, k);

xd_sg = conv(x, factorial(1)/dt * g(:,2), 'same');

figure('Name','Скользящее МНК и Савицкого-Голея');
subplot(3,1,1);
plot(t, x, 'Color',[0.7 0.7 0.7]); hold on;
plot(t, x_true, 'k','LineWidth',1.5);
plot(t, x_fit, 'b','LineWidth',1.5);
plot(t, x_sg, 'r','LineWidth',1.5);
grid on; xlabel('t (s)'); ylabel('x');
legend('Измерения','Истинный','Скользящий МНК (p=2)','SG (p=2)','Location','best');
title('Сравнение сглаживания: скользящий МНК vs Savitzky-Golay');

subplot(3,1,2);
plot(t, xd_fit, 'b'); hold on; plot(t, xd_sg, 'r');
grid on; xlabel('t (s)'); ylabel('dx/dt');
legend('Скользящий МНК производная','SG производная','Location','best');
title('Оценка скорости');

subplot(3,1,3);
plot(t, x_true, 'k','LineWidth',1.5); hold on;
plot(t, x_sg, 'r','LineWidth',1.2);
grid on; xlabel('t (s)'); ylabel('x');
legend('Истинный','SG (нулевая фаза)','Location','best');
title('SG хорошо сохраняет пики и плато (при умеренном шуме)');
...
```

Рис. 3. Алгоритм 2

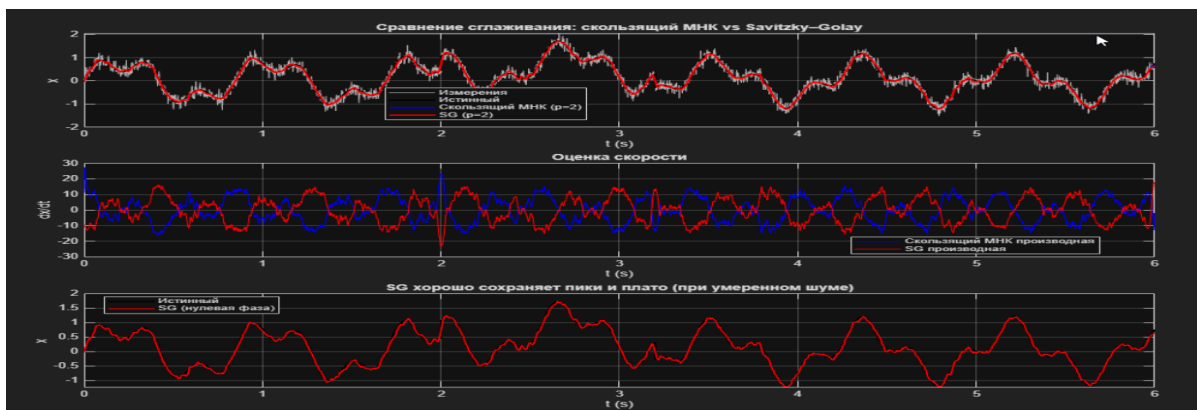


Рис. 4. Показания осциллографа 2

### 3) Экспоненциальное сглаживание ( $SES/EMA$ , двойное/тройное)

```

>> % Экспоненциальное сглаживание: SES/EMA и двойное (Холта) + графики
clear; close all; clc;

fs = 50; dt = 1/fs; T = 30; t = (0:dt:T)';
trend = 0.03*t;
season = 0.8*sin(2*pi*0.2*t);
x_true = trend + season;
x = x_true + 0.25*randn(size(t));

alpha = 0.2;
y_ema = zeros(size(x));
y_ema(1) = x(1);
for k=2:numel(x)
    y_ema(k) = alpha*x(k) + (1-alpha)*y_ema(k-1);
end

alpha_h = 0.25;
beta_h = 0.1;
L = zeros(size(x)); B = zeros(size(x)); y_holt = zeros(size(x));
L(1) = x(1);
B(1) = x(2) - x(1);
y_holt(1) = L(1);
for k=2:numel(x)
    L(k) = alpha_h*x(k) + (1-alpha_h)*(L(k-1) + B(k-1));
    B(k) = beta_h*(L(k) - L(k-1)) + (1-beta_h)*B(k-1);
    y_holt(k) = L(k)
end

figure('Name','Экспоненциальное сглаживание');
subplot(2,1,1);
plot(t, x, 'Color',[0.7 0.7 0.7]); hold on;
plot(t, x_true, 'k','LineWidth',1.5);
plot(t, y_ema, 'b','LineWidth',1.5);
plot(t, y_holt, 'r','LineWidth',1.5);
grid on; xlabel('t (s)'); ylabel('x');
legend('Измерения','Истинный','SES/EMA','Двойное Холта','Location','best');
title('SES: каузально и просто, но сглаживает пики; Холт лучше отслеживает тренд');

subplot(2,1,2);
plot(t, season, 'k','LineWidth',1.5); hold on;
plot(t, y_ema - (y_ema(1)+trend), 'b'); |
grid on; xlabel('t (s)'); ylabel('Seasonal component');
legend('Сезонная истинная','EMA (показывает фазовый сдвиг)','Location','best');
title('EMA создаёт фазовый сдвиг относительно сезонной компоненты');

```

Рис. 5. Алгоритм 3

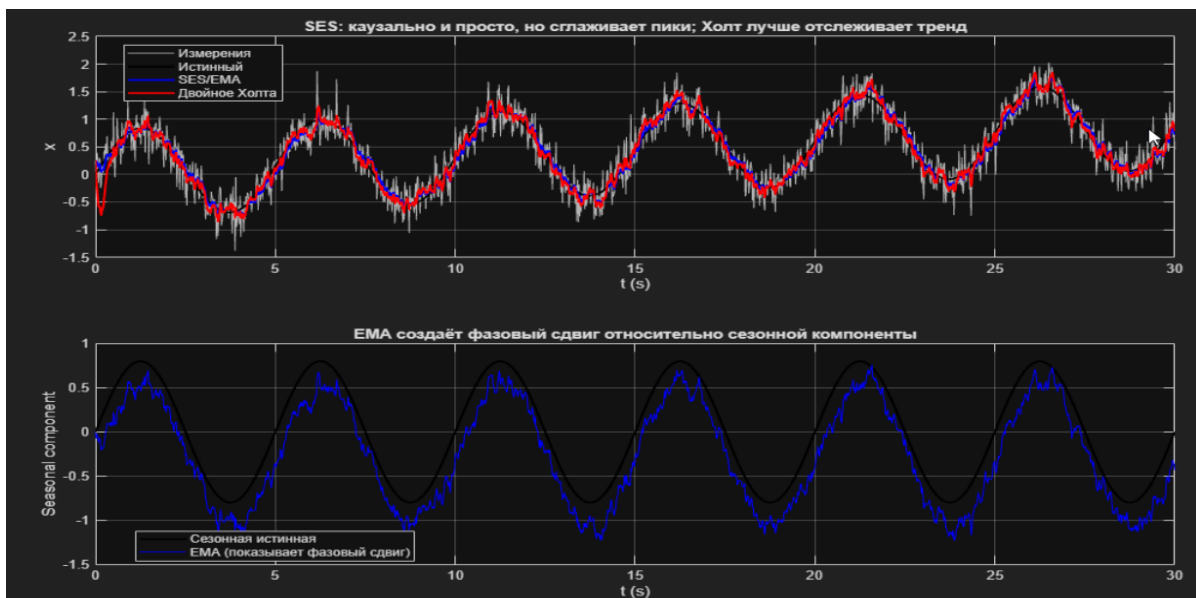


Рис. 6. Показания осциллографа 3

Минимальные ресурсы, каузально и стабильно, просто реализовать ограничение скорости, однако сглаживает пики, фазовый сдвиг; хуже сохраняет мелкие особенности. [2]

Анализируя соответствующие графики и данные можно сделать поверхностные решения в выборе метода аппроксимации в управлении реабилитационных манипуляторов.

### 1) *LOESS/LOWESS* (локально-взвешенная регрессия)

Когда использовать:

- Нелинейный тренд с плавными, но меняющимися кривизнами.
- Нужна высокая гладкость и точность формы без жесткой глобальной модели.

- Данные офлайн или допустима повышенная вычислительная стоимость.

Условия/настройки:

- Достаточно точек в окне: не менее 20–50 наблюдений на локальный фит.

- Доля окна (*span*) 0.2–0.5 для умеренной гладкости; уменьшайте при быстрых изменениях, увеличивайте при шуме.

### 2) Скользящее МНК и фильтр Савицкого – Голея (*SG*)

Когда использовать:

- Нужно сгладить шум и одновременно сохранить пики/градиенты и форму сигналов (инженерные/биомед сигналы).

- Требуется оценки производных (скорость, ускорение).

- Окно фиксированной длины, квазистационарная частота сэмпирования.

Условия/настройки:

- Длина окна 5–51 точек (нечетное), выбирайте так, чтобы окно было длиннее доминирующей шумовой частоты, но короче полезной динамики.

- Порядок полинома 2–3 обычно достаточно; не ставьте порядок  $\geq$  длины окна – 1.

- Для реального времени удобен каузальный вариант (асимметричное окно), но увеличивается фазовая задержка и искажения.

### 3) Экспоненциальное сглаживание (*SES/EMA*, двойное/тройное *Holt-Winters*)

Когда использовать:

- Поточковые данные и низкая вычислительная стоимость критичны.

- Есть тренд и/или сезонность (двойное – тренд; тройное – тренд+сезонность).

- Нужны не только сглаживание, но и прогноз на короткий горизонт.

Условия/настройки:

- *SES/EMA*: коэффициент  $\alpha$  0.05–0.3 для шумных рядов; выше при быстрой динамике.

- *It* (двойное): добавьте параметр  $\beta$  для тренда; используйте при монотонно меняющемся среднем.

- *Holt–Winters* (тройное):  $\gamma$  для сезонности; период сезонности  $m$  известен и стабилен (например,  $m = 24, 60, 1440$ ).

- Данные желательно без больших систематических выбросов или добавляйте робастные модификации.

#### Список использованных источников

1. Прудников, Игорь Аппроксимация и оптимизация липшицевых функций / Игорь Прудников. – М.: *LAP Lambert Academic Publishing*, 2011.
2. Алгоритмы обработки экспериментальных данных / ред. И. А. Овсеевич. – М.: Наука, 1986. – 184 с.

УДК 621.9.06

*Д. А Савин (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)*

*Научный руководитель: В. А. Немонтов (Россия, г. Владимир, ВлГУ)*

### РАЗРАБОТКА СХВАТА РОБОТА КОМПЛЕКСА ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ

С середины XIX века технология горячей штамповки активно развивается, и сегодня она позволяет быстро и точно производить разнообразные элементы в больших объемах, включая те, которые используются в ответственных объектах, таких как транспортные средства и другие.

Горячая объёмная штамповка осуществляется с нагревом исходного материала. Способ отличается простотой и подходит для создания цельных корпусных элементов, в том числе и габаритных, поэтому его широко применяют в автомобилестроении.

Загрузку и разгрузку выполняют, как правило, специализированные механизмы, рассчитанные на операции только одного вида. Роботы могут здесь оказаться полезными, если характер таких загрузочно-разгрузочных операций время от времени меняется. Приоритетной задачей для таких комплексов является разработка специализированных схватов, позволяющих роботу устанавливать/извлекать заготовки, нагретые до высоких температур.

РТК содержит разнообразное оборудование: индукционные печи, гидравлические прессы, резервуары с охлаждённой водой и два робота манипулятора.

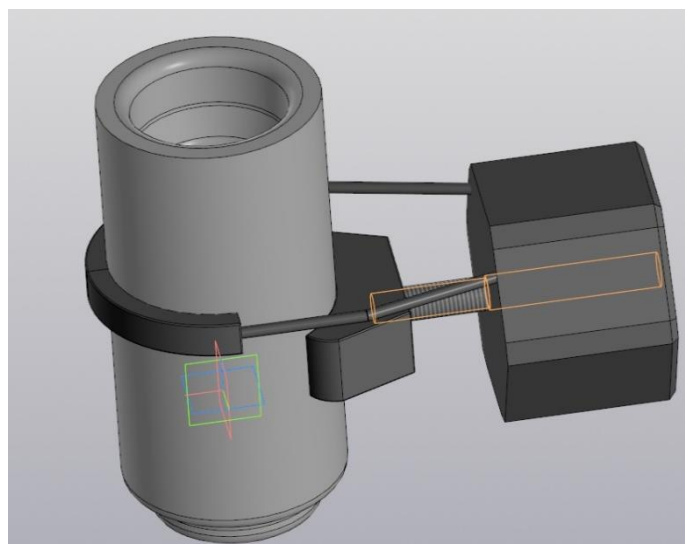
После процесса штампования конечный диаметр формоизменной заготовки выходит за допустимый предел схвата робота. Поэтому для роботов-манипуляторов необходимо разработать индивидуальный схват.

Требования:

схват должен быть выполнен из жаропрочного материала, так как он будет соприкасаться с горячей заготовкой и прессовым оборудованием;

в схвате должны находиться сило-моментные датчики для исключения пережима заготовки и её деформации.

Эскиз разрабатываемого схвата представлен на рис. 1, Модель выполнена в системе автоматизированного проектирования «Компас 3D».



**Рис. 1. 3D-модель схвата робота**

Проектируемый схват будет соприкасаться с заготовкой центральным упором. При срабатывании привода схвата корпус совершает движение по валу от заготовки, а зажимной хват совершают движение в сторону заготовки и смыкаются. Таким образом, центральный упор и зажимной хват фиксируют заготовку в трех местах.

На следующем этапе необходимо выполнить расчеты привода схвата, установленного на роботе.

Исходные данные представлены в таблице.

№ п/п	Наименование	Обозначение	Значение
1	Угол поворота, <i>рад</i>	$\alpha$	360
2	Угловая скорость, <i>град/с</i>	$\omega$	100
3	Момент сопротивления, <i>Н×м</i>	$M_n$	301
4	Момент инерции, <i>кг×м<sup>2</sup></i>	$J_n$	0,44
5	Время разгона, <i>с</i>	$t$	1
6	Время переходного процесса, <i>с</i>	$T$	0,1
7	Перерегулирование, %	$\sigma$	10
8	Добротность по скорости, <i>с<sup>-1</sup></i>	$K_\omega$	75
9	Моментальная скорость, <i>град/с</i>	$v$	100
10	Масса заготовки, <i>кг</i>	$m$	32

В автоматизированных системах подобного рода схваты интегрируются с роботами-манипуляторами, которые будут взаимодействовать с прессовым оборудованием, а управление приводом захвата дополняет программный пакет робота и управляется совместно с ним через *G*-коды.

УДК 371.64/.69

**М. А. Сеньшов** (Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент)

Научный руководитель: **А. Н. Кирилина** (Россия, г. Владимир, ВлГУ)

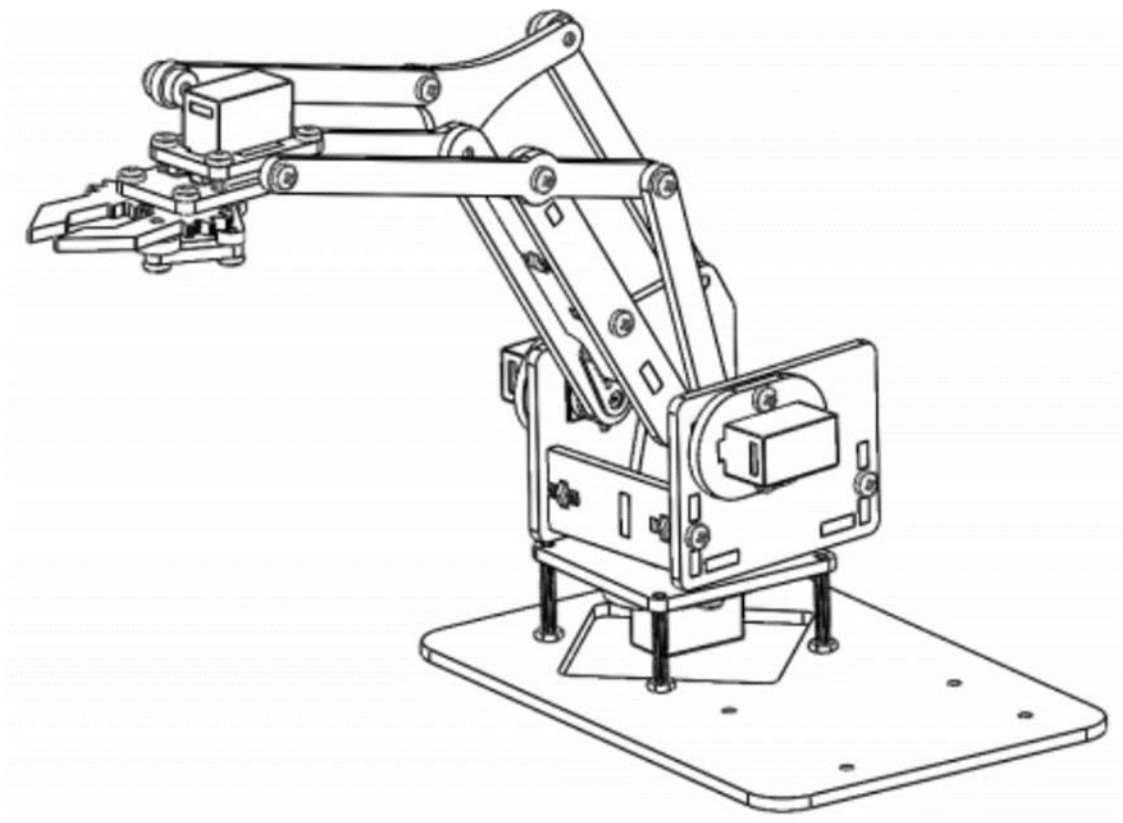
## НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ В ОБУЧЕНИИ НА ПРИМЕРЕ РОБОТА МАНИПУЛЯТОРА

Существует проблема что человек сложно обучаемый и та информация, которая ему дается не всегда усваивается в полном объеме, необходимы наглядные пособия. Я предлагаю рассмотреть вариант решения на примере робота манипулятора, который можно купить или собрать самому из фанеры, металла, либо напечатать на 3D принтере, на основе платы *Arduino UNO*, четырех сервоприводов, и четыре потенциометров для управления им.

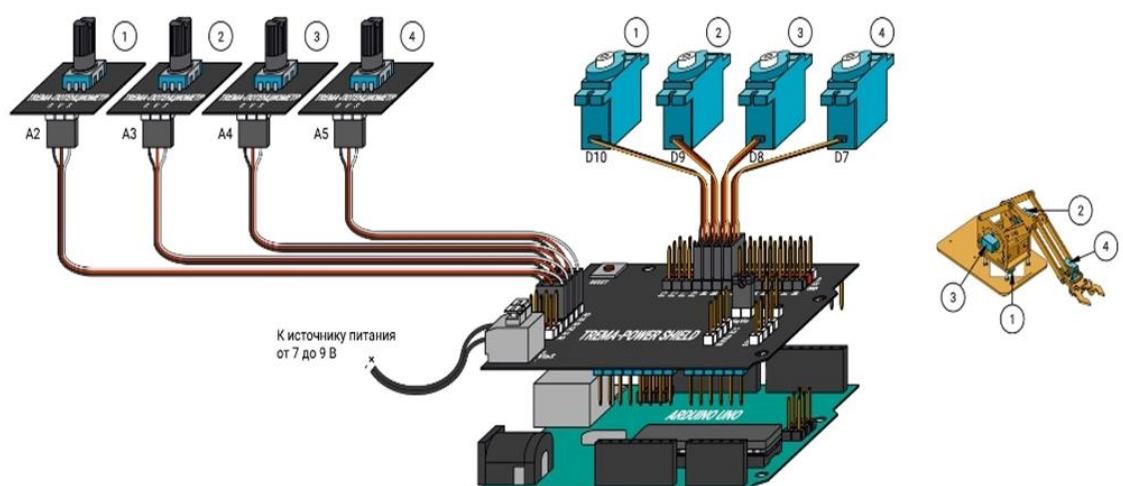
Обучающийся может вычитать много информации и прослушать лекцию о том, как надо собрать, настроить и запрограммировать робота, но без практики и визуализировании процесса эта информация будет забыта, а может и вовсе не усвоена.

Зная, что человек лучше обучается при физическом контакте с каким-либо объектом, то я предлагаю такой вариант рассмотрения ситуации.





**Рис. 1. Конструкция робота манипулятора**



**Рис. 2. Схема подключения робота манипулятора**

Студенту начитывают лекцию, после чего переходят к практике.

Где уже сам обучающийся применяет начальные знания и пытается решить поставленную задачу. С помощью этого он сможет более детально изучить вопрос и получить навыки которыми бы не обладал без практики.



Когда обучающийся бы начал сборку робота он бы изучил инструкцию и после этого собрал рабочую схему при сборке он бы понял принцип работы узлов и агрегатов данного робота, и получил опыт который пригодится в дальнейшем, а также у него могли возникнуть трудности или сомнения при процессе сборки, который можно понять и решить только при механическом взаимодействии, что дает нам понимание, что без практики было бы невозможно собрать объект только лишь зная теорию.

Создание кода программы для перемещения объекта в пространстве с помощью робота-манипулятора

```
#include <Servo.h> // Подк
Servo servo1; // Объя
Servo servo2; // Объя
Servo servo3; // Объя
Servo servo4; // Объя
int valR1, valR2, valR3, valR4; // Объя
// Назн

const uint8_t pinR1 = A2; // Опре
const uint8_t pinR2 = A3; // Опре
const uint8_t pinR3 = A4; // Опре
const uint8_t pinR4 = A5; // Опре
const uint8_t pinS1 = 10; // Опре
const uint8_t pinS2 = 9; // Опре
const uint8_t pinS3 = 8; // Опре
const uint8_t pinS4 = 7; // Опре
void setup(){ // Код
    Serial.begin(9600); // Иниц
    servo1.attach(pinS1); // Назн
    servo2.attach(pinS2); // Назн
    servo3.attach(pinS3); // Назн
    servo4.attach(pinS4); // Назн
}
void loop(){ // Код
    valR1=map(analogRead(pinR1), 0, 1024, 10, 170); servo1.write(valR1); // Вращ
    valR2=map(analogRead(pinR2), 0, 1024, 80, 170); servo2.write(valR2); // Управ
    valR3=map(analogRead(pinR3), 0, 1024, 60, 170); servo3.write(valR3); // Управ
    valR4=map(analogRead(pinR4), 0, 1024, 40, 70); servo4.write(valR4); // Управ
    Serial.println((String) "A1 = "+valR1+",\t A2 = "+valR2+", \t A3 = "+valR3+"
}
```

Рис. 3. Пример кода для робота манипулятора

И здесь без практики тоже не обойтись, так как в процессе написания кода могут возникнуть ошибки и трудности в ее создании. Этот опыт и знания можно получить только при взаимодействии обучающегося с программой. А также без практического опыта нельзя будет понять правильность

написания программы и ее функционала, так как при написании кода программы студент будет понимать каждый шаг в системе, что позволит ему проверять их и доработать программу в зависимости от поставленных задач. Есть еще не маловажный аспект, который хочется затронуть ведь без проверки программы нельзя будет утверждать ее правильность и работоспособность в реальных условиях и внешних факторов. Таким образом мы сможем увидеть недочеты или раздражающие факторы с погрешностями только в режиме реального времени с контактом робота и объекта перемещения. Возможно, силы захвата или непрочности конструкции робота перемещаемый объект будет не достигать заданной конечной точки, а это ключевой момент данной работы. Таким образом будет наглядно видно каждое движение робота и перемещение объекта, где можно будет понимать достиг он конечной точки или нет.

Подводя итог хочется сказать, что без реального контакта с объектом проверки условий внешних факторов и проверки работоспособности данного процесса нельзя утверждать, что лишь на теории, компьютерном или визуальном моделировании будет достигнут конечный результат, который был поставлен, что задача выполнена и не требует доработок, так как внешние раздражающие факторы не изменят модель поведения или вводимые характеристики в эту модель. Лишь только на проверке всех действий можно будет сделать вывод о работоспособности программы, сборки робота, модели поведения и внешних раздражающих факторов вместе с погрешностями.

## НАШИ АВТОРЫ

**АБДУЛЛАЕВА**  
**Сабина Шихсеидовна**

Россия, г. Владимир, ВлГУ,  
ст. преподаватель кафедры Фир

**АБЛАЕВ**  
**Анатолий Алексеевич**

Россия, г. Владимир, ВлГУ,  
к.т.н., доцент кафедры АТБиУК  
*E-mail: ablaev08@mail.ru*

**АКИМОВА**  
**Мария Александровна**

Россия, г. Владимир, ВлГУ,  
кафедра АТБиУК, студент гр. УК-122

**АКСЕНОВ**  
**Егор Алексеевич**

Россия, г. Владимир, ВлГУ,  
кафедра АТБиУК, студент

**АЛАЕВ**  
**Дмитрий Михайлович**

Россия, г. Владимир, ВлГУ,  
кафедра АТБиУК, студент

**АМИРСЕЙИДОВ**  
**Шихшамиль Шихсеидович**

Россия, г. Владимир, ВлГУ,  
ассистент кафедры АТБиУК

**АЛЕКСЕЕВ**  
**Роман Андреевич**

Россия, г. Владимир, ВлГУ,  
кафедра АТБиУК, студент гр. ТСБ-122

**АНИСИМОВ**  
**Павел Олегович**

Россия, г. Владимир, ВлГУ,  
кафедра АТБиУК, студент гр. МРМ-123

**АНИСИМОВА М. И.**

Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент

**БАБАЕВА Р. В.**

Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент

**БАСКАКОВ**  
**Александр Дмитриевич**

Россия, г. Владимир, ВлГУ,  
кафедра АТБиУК, студент гр. АТ-122

**БОНДАРЕНКО**  
**Владимир Евгеньевич**

Россия, г. Москва, Московский политех-  
нический университет, аспирант кафедры  
НТС

**БОЯРКИНА**  
**Вера Александровна**

Россия, г. Владивосток, ДВФУ, студент

**БУНКИН**  
**Михаил Сергеевич**

Россия, г. Владимир, ВлГУ,  
студент кафедры АТБиУК

**БУХАРЕСТОВ**  
**Игорь Сергеевич**

Россия, г. Владимир, ВлГУ,  
кафедра АТБиУК, магистрант

**ВОСТОКОВ**  
**Никита Сергеевич**

Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент

**ГАЛИН**  
**Дмитрий Александрович**

Россия, г. Саранск, МГУ им. Н.П. Огарева, к.т.н., доцент кафедры ТСМ  
*E-mail: dagalin@yandex.ru*

**ГОРБУНОВ**  
**Роман Викторович**

Россия, г. Владимир, ВлГУ,  
аспирант кафедры АТБиУК

**ГРАМОТОВА**  
**Ангелина Алексеевна**

Россия, г. Владимир, ВлГУ,  
кафедра АТБиУК, студентка УК-122

**ГРИШИН А. С.**

Россия, г. Москва, Московский политехнический университет, научный сотрудник кафедры НТС

**ГРИШИН**  
**Дмитрий Андреевич**

Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент

**ГУСЬКОВ**  
**Тимофей Сергеевич**

Россия, г. Владимир, ВлГУ,  
студент кафедры АТБиУК

**ДАВЫДОВА У. А.**

Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент

**ДАВЛАТШОЕВ**  
**Рашид Асанхонович**

Республика Таджикистан, г. Душанбе,  
Таджикский технический университет  
им. академика М.С. Осими, к.т.н., доцент,  
*E-mail: d\_rashid71@mail.ru*

**ДЕМИДОВ**  
**Максим Дмитриевич**

Россия, г. Владимир, ВлГУ,  
аспирант кафедры МиЭМ

**ДЖОВАНИС**  
**Симос**

Россия, г. Москва, Московский политехнический университет, аспирант кафедры НТС

**ДРАГОМИРОВ**  
**Сергей Григорьевич**

Россия, г. Владимир, ВлГУ,  
д.т.н. профессор кафедры МиЭМ  
*E-mail: dsst3pin@yandex.ru*

**ДУТИКОВА**  
**Татьяна Александровна**

Россия, г. Владимир, ВлГУ,  
кафедра АТБиУК, студент гр. МРм-124

<b>ЕЛХИН</b> Дмитрий Сергеевич	Россия, г. Саранск, МГУ им. Н.П. Огарева, студент кафедры ТСМ
<b>ЖАРИНОВ Н. Д.</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент
<b>ЖУРАВЛЕВА</b> Вероника Алексеевна	Россия, г. Владивосток, ДВФУ, студент
<b>ЗАВГОРОДНИЙ А. А.</b>	Россия, г. Москва, МАДИ
<b>ЗАЙОНЧЕВСКИЙ</b> Иван Дмитриевич	Россия, г. Владимир, ВлГУ, кафедра АТБиУК, студент гр. АТ-122
<b>ЗЫОНГ</b> Чан Дык Кхань	Россия, г. Москва, МАДИ, аспирант кафедры ЭАТиС
<b>ИФАНОВ</b> Андрей Владимирович	Россия, г. Владимир, ВлГУ, к.т.н., доцент кафедры АМиР <i>E-mail: ifanov@mail.ru</i>
<b>КЕРОВ</b> Данила Александрович	Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент
<b>КИНДЕЕВ</b> Евгений Александрович	Россия, г. Владимир, ВлГУ, к.т.н., доцент кафедры АТБиУК <i>E-mail: kindeyev@yandex.ru</i>
<b>КИРИЛИНА</b> Анастасия Николаевна	Россия, г. Владимир, ВлГУ, к.т.н., доцент кафедры АМиР <i>E-mail: a_kirilina@mail.ru</i>
<b>КИРИЛЛОВ</b> Александр Геннадьевич	Россия, г. Владимир, ВлГУ, к.т.н., доцент кафедры АТБиУК <i>E-mail: kirillov_ag@mail.ru</i>
<b>КИСЕЛЕВ</b> Дмитрий Сергеевич	Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент гр. ТМ-125
<b>КИСЕЛЕВ</b> Максим Александрович	Россия, г. Саранск, МГУ им. Н.П. Огарева, магистрант кафедры ТСМ
<b>КОБЗЕВ</b> Александр Архипович	Россия, г. Владимир, ВлГУ, д.т.н., профессор кафедры АМиР <i>E-mail: kobzev42@mail.ru</i>

<b>КОВШОВ</b> Владимир Иванович	Россия, г. Москва, МАДИ, аспирант кафедры ЭАТиС
<b>КОЖУШНАЯ</b> Марина Дмитриевна	Россия, г. Владимир, ВлГУ, кафедра АТБиУК, студентка гр. УК-122
<b>КОКУРИНА</b> Юлия Камильевна	Россия, г. Владимир, ВлГУ, ст. преподаватель кафедры ФАиП <i>E-mail: kokurina.1978@mail.ru</i>
<b>КОЛОВ</b> Дмитрий Александрович	Россия, г. Владимир, ВлГУ, к.т.н., доцент кафедры АТБиУК <i>E-mail: kolovda@mail.ru</i>
<b>КОРОСТИН Д. С.</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент
<b>КРИВОКУЛЬСКИЙ</b> Максим Валерьевич	Россия, г. Владимир, ВлГУ, кафедра АТБиУК, студент гр. АТ-125
<b>КРУШ</b> Леонид Олегович	Россия, г. Саранск, МГУ им. Н.П. Ога- рева, преподаватель кафедры ТСМ
<b>КРЮКОВ Д. Д.</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент
<b>КУЛАГИН М. А.</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент
<b>ЛЕВКИН</b> Олег Сергеевич	Россия, г. Саранск, МГУ им. Н.П. Ога- рева, студент кафедры ТСМ
<b>МАЛЫШЕВ</b> Григорий Александрович	Россия, г. Владимир, ВлГУ, кафедра АТБиУК, студент
<b>МАКСИМОВ</b> Виктор Александрович	Россия, г. Москва, МАДИ, д.т.н., профессор кафедры ЭАТиС <i>E-mail: vataximov57@mail.ru</i>
<b>МАРТЫНОВ А. А.</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент
<b>МАТЯЖ</b> Сергей Алексеевич	Россия, г. Владимир, ВлГУ, кафедра АТБиУК, студент гр. АТ-123
<b>МАХРАМОВ А. Г.</b>	Россия, г. Москва, Московский политех- нический университет, аспирант

<b>МИЩЕНКО</b> <b>Зорислав Владимирович</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, к.т.н., доцент кафедры АТБиУК <i>E-mail: zvm2002@rambler.ru</i>
<b>НАЗАРОВ</b> <b>Алексей Александрович</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, к.т.н., доцент кафедры АТБиУК <i>E-mail: ip-nazarov@mail.ru</i>
<b>НГУЕН</b> <b>Ван Ты</b>	Социалистическая Республика Вьетнам, г. Ханой, Вьетнамский государственный технический университет им. Ле Куи Дона, ассистент кафедры «Автомобили»
<b>НЕМКОВ</b> <b>Владимир Александрович</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, ст. преподаватель кафедры АТБиУК
<b>НЕМОНТОВ</b> <b>Владимир Александрович</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, к.т.н., профессор кафедры АМиР <i>E-mail: n_v_a@list.ru</i>
<b>НИКОЛАЕВ Д. А.</b>	Россия, г. Москва, МАДИ, кафедра ЭАТиС
<b>НУЖДИН</b> <b>Роман Владимирович</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, к.т.н., доцент кафедры АТБиУК
<b>ОРЛОВ</b> <b>Юрий Анатольевич</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, к.т.н., доцент кафедры АТБиУК <i>E-mail: orlww@mail.ru</i>
<b>ПАНТЕЛЕЕВ</b> <b>Лев Сергеевич</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, кафедра АТБиУК, студент гр. УКм-124
<b>ПАТЕНКО</b> <b>Алина Анатольевна</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент
<b>ПОЛУНИНА А. П.</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент
<b>ПРОКОПЬЕВА</b> <b>Ульяна Витальевна</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, кафедра АТБиУК, студент гр. ТСБ-122
<b>РЕДКОЗУБОВ</b> <b>Иван Андреевич</b>	Россия, г. Саранск, МГУ им. Н.П. Ога- рева, аспирант кафедры ТСМ

<b>РОЖКОВ</b> <b>Артем Юрьевич</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, кафедра АТБиУК, студент гр. АТ-122
<b>РОМАДАНОВ А. А.</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент
<b>САВИН</b> <b>Данила Александрович</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, кафедра АМиР, студент гр. МР-121
<b>САРБАЕВ</b> <b>Владимир Иванович</b>	Россия, г. Москва, Московский политех- нический университет, д.т.н., профессор кафедры НТС
<b>СЕНЬШОВ М. А.</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент
<b>СИЗОВ</b> <b>Максим Николаевич</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент
<b>СМИРНОВ</b> <b>Дмитрий Николаевич</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, к.т.н., доцент кафедры АТБиУК <i>E-mail: sdn87ussr@yandex.ru</i>
<b>СОЛНЫШКОВ</b> <b>Константин Романович</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, кафедра АТБиУК, студент гр. АТ-123
<b>СТЕПЕНОВ П. Ю.</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент
<b>ТОЛКОВ</b> <b>Алексей Владимирович</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, к.т.н., доцент кафедры АТБиУК <i>E-mail: tolkovalex@gmail.com</i>
<b>ТОЛКОВ</b> <b>Олег Алексеевич</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, студент гр. Ссп-122
<b>ТРОСТЯНЕЦКИЙ Ю. О.</b>	Россия, г. Москва, ГУП «Мосгортранс»
<b>УМНОВ</b> <b>Владимир Павлович</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, к.т.н., доцент кафедры АМиР
<b>ФЕДОТОВ</b> <b>Андрей Алексеевич</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, кафедра АТБиУК, студент гр. ТСБ-122
<b>ХУДЯКОВА</b> <b>Екатерина Олеговна</b>	Россия, г. Владимир, ВлГУ, к.т.н., доцент кафедры АТБиУК <i>E-mail: wertyus@mail.ru</i>



**ШИРОКОРАД**  
**Ольга Александровна**

Россия, г. Владивосток, ДВФУ,  
ст. преподаватель кафедры ТМиТТП  
*E-mail: shirokorad.oa.@dvfu.ru*

**ЮЖАКОВ В. В.**

Россия, г. Москва, Московский политех-  
нический университет

*Научное электронное издание*

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Материалы XXVII Международной научно-практической конференции,  
посвящённой памяти профессора Игоря Николаевича Арина

20 – 21 ноября 2025 г.

Владимир

Компьютерная верстка Д. Н. Смирнова

*Издаются в авторской редакции*

Авторы публикуемых статей несут ответственность за патентную чистоту, достоверность и точность приведённых фактов, цитат, экономико-статистических данных, собственных имён, географических названий и прочих сведений, а также за разглашение данных, не подлежащих открытой публикации, и заимствованных данных.

**Системные требования:** Intel от 1,3 ГГц; Windows XP/7/8/10; Adobe Reader; диск-код CD-ROM.

**Тираж 9 экз.**

Издательство Владимирского государственного университета  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.  
600000, Владимир, ул. Горького, 87.