**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА»**

**Автомобильно-дорожный институт**

**Кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта»**

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Сборник докладов X-ой Всероссийской (Национальной) научно-практической конференции 21-22 октября 2026 г.**

**Пенза 2026**

УДК 378:001.891
ББК 74.58(2 Рос)+72
П76

**Под общей редакцией** заведующего кафедрой «Эксплуатация автомобильного транспорта» (ЭАТ), к.т.н., доцента Захарова Ю.А.

П76 Современные проблемы и направления развития автомобильно-дорожного комплекса в Российской федерации [Текст] // сб. докладов X-ой Всерос. (Национ.) науч.–практич. конф. 21-22 октября 2026 г. Пенза: ПГУАС, 2026. – 135 с.

В сборник включены лучшие доклады X-ой Всероссийской (Национальной) научно-практической конференции, прошедшей 21-22 октября 2026 года в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства.

В статьях представлены современные разработки в области автомобильно-дорожного комплекса в Российской Федерации, выполненные учеными, аспирантами, соискателями и студентами.

Публикуемые материалы предназначены для научных работников, проектировщиков, строителей, а также для аспирантов и студентов вузов.

Доклады, тезисы и статьи публикуются в авторской редакции.

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2026

## Дорогие друзья, коллеги!

Мы рады приветствовать всех участников X-ой Национальной научно-практической конференции, принявших очное и заочное участие. Очень отрадно, что научная мысль не затухает и продолжает будоражить умы современной молодежи и помогающих им руководителей, несмотря на происходящее в мире.

Инновации, поисковые и уточняющие эксперименты дают массу интересных результатов и возможностей для научного анализа, а современные технологии, нейронные сети, искусственный интеллект и так далее позволяют всесторонне и с высокой производительностью обрабатывать большие массивы данных, строить имитационные и математические модели, формулировать новые теоретические предпосылки и гипотезы.

Наш коллектив всегда открыт для новых идей и направлений, мы рады помочь и готовы поучаствовать в самых смелых и фантастических проектах, касающихся любого мобильного транспорта и сопутствующей периферии.

Задачей высших учебных заведений является привлечение как можно больше молодых людей, которые имеют желание и стремление постигать новые горизонты и реализовываться как в науке, так и в производстве. С этой целью на базе нашей кафедры создан клуб любителей мобильного транспорта «АвтоМехаТрон», в рамках которого его участники могут совершенствовать свои теоретические знания и практические навыки, воплощать свои самые смелые идеи, опираясь на технологическую базу кафедры ЭАТ, а также всестороннюю помощь профессорско-преподавательского состава. Участником клуба может стать не только студент нашего ВУЗа, но и любой желающий школьник или учащийся среднего профессионального учебного заведения, наши двери открыты для всех. И, конечно же, материалы этой конференции содержат, в том числе, результаты изысканий участников клуба «АвтоМехаТрон».

Этот сборник трудов конференции включает основные тематические направления, которые в полной мере освещают основные проблемы, стоящие на пути развития и совершенствования автодорожного комплекса в условиях современной Российской рыночной экономики.

Желаем всем участникам конференции крепкого здоровья, интересных докладов и получения нового опыта!

*Заведующий кафедрой «ЭАТ», к.т.н., доцент Захаров Ю.А.*

**УДК 620.1/.4:665.77**

# ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ МОТОРНОГО МАСЛА

**Городнов Егор Денисович,** студент гр. 25НТТС1
**Долгова Лариса Александровна,** к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация.** *Предложено теоретическое обоснование и лабораторная установка для определения диэлектрической проницаемости моторного масла в процессе его эксплуатации.*

Основу моторных масел составляет смесь различных индивидуальных углеводородов, которые являются диэлектриками. Показателем диэлектрических свойств материалов является диэлектрическая проницаемость ε. Так как в процессе старения моторного масла частично происходит изменение углеводородного состава вследствие его окисления, термической и механической деструкции молекул моторного масла, то изменяется и его диэлектрическая проницаемость. Поэтому для контроля значений физико-химических показателей моторного масла в процессе эксплуатации имеет практическое значение связь между изменениями показателей качества и изменением его диэлектрической проницаемости.

Одним из устройств, свойства которого зависят от диэлектрической проницаемости среды, в которой он находится, является конденсатор. Общее устройство конденсатора показано на рис. 1.

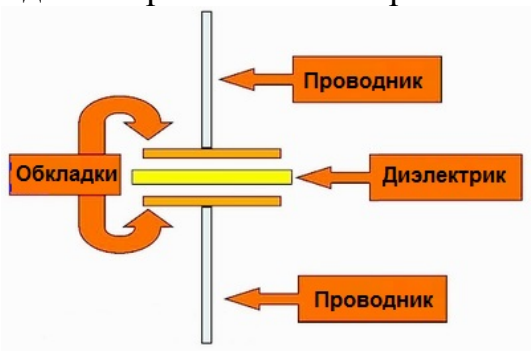



Рисунок 1- Общее устройство конденсатора

Основным параметром конденсатора является емкость С, измеряемая в Фарадах [Ф] или другими производными единицами [мкФ] или [пФ].

Формула, определяющая зависимость емкости конденсатора С от его параметров имеет вид:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \cdot F}{d} \quad (1)$$

где: С – емкость конденсатора, Ф;

ε – диэлектрическая проницаемость диэлектрика;

$\varepsilon_0$ – электрическая постоянная, 8,85 $\cdot 10^{-12}$ Ф/м;

F – площадь пластин конденсатора, м$^2$;

d - расстояние между пластинами, м.

Из выражения (1) следует, что если измерить емкость конденсатора *C* при известных параметрах *F* и *d*, то диэлектрическая проницаемость среды определится выражением:

$$\varepsilon = \frac{C \cdot \mathrm{d}}{\varepsilon_0 \cdot \mathrm{F}}, \quad (2)$$

Т.о., для измерения диэлектрической проницаемости необходимо разработать лабораторную установку, изготовить конденсаторный датчик и выбрать необходимую аппаратуру.

Для измерения и расчета диэлектрических свойств моторного масла изготовлена лабораторная установка, основными элементами которой являются: кювета с исследуемым маслом, емкостной датчик – конденсатор и измерительный прибор Е7-14. Схема лабораторной установки приведена на рис. 2.

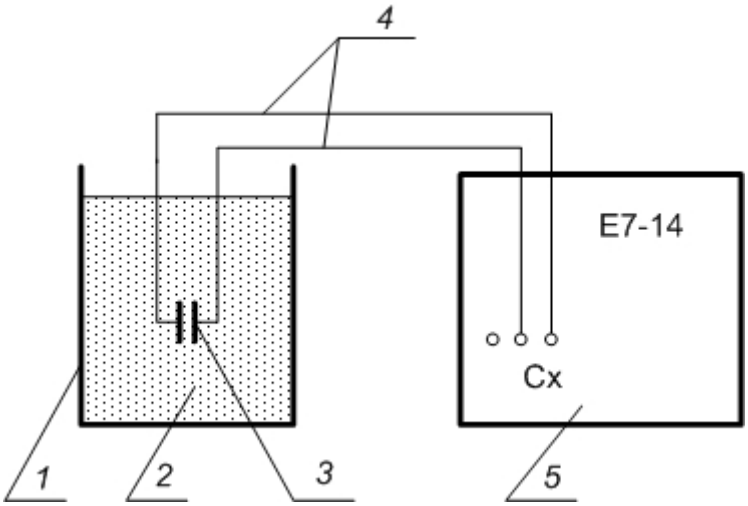



Рисунок 2 - Схема лабораторной установки для измерения емкости конденсатора: 1 – кювета; 2 – исследуемое масло; 3 – плоский конденсатор; 4 – коаксиальный кабель; 5 – измеритель иммитанса Е7-14

В качестве емкостного датчика был изготовлен плоский конденсатор. Характеристики конденсатора:

- количество пластин – 2;
- активная площадь обкладки конденсатора *F*, см$^2$ – 9;
- расстояние между пластинами d ,см – 0,5;
- материал пластин - фольгированный гетинакс.

Прибор Е7-14 измеритель иммитанса предназначен для измерения иммитансных параметров электрорадиокомпонентов: резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности.

Прибор Е7-14 измеряет следующие иммитансные параметры:

- параллельную и последовательную емкость (CP,CS);
- параллельную и последовательную индуктивность (LP, LS );
- параллельное и последовательное сопротивление (RP, RS);
- параллельную проводимость (G);
- фактор потерь (D);
- добротность (Q).

Технические характеристики измерителя иммитанса Е7-14:

- рабочие частоты прибора: 0,1,1 и 10кHz с погрешностью установки не более 0,01%;
- прибор имеет 2 уровня измерительного сигнала: (2±0,4) V (высокий уровень) и (40±8) mV среднеквадратического значения (низкий уровень);
- выходное сопротивление источника сигнала (100±2) Ом.

Общий вид лабораторной установки представлен на рисунке 3.

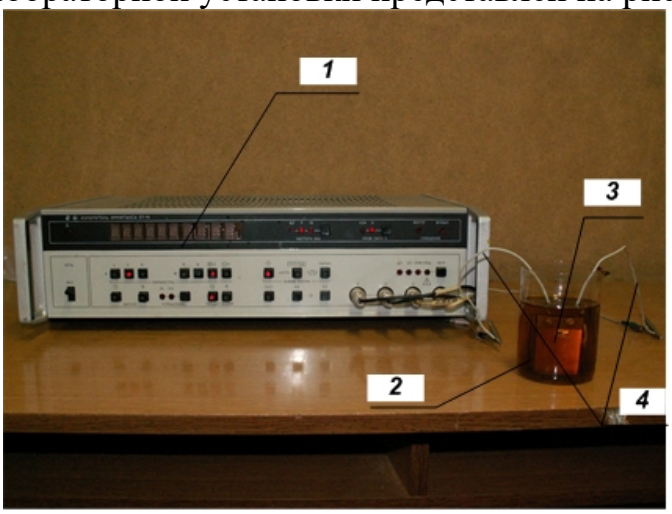



Рисунок 3 - Общий вид лабораторной установки для измерения емкости конденсатора: 1 – измеритель иммитанса Е7-14; 2 – кювета с исследуемым маслом; 3 – плоский конденсатор; 4 – коаксиальный кабель

Измерение емкости конденсатора производился резонансным методом с индикацией резонанса по нулевым биениям. В приборе Е7-14 имеются два генератора, собранных по одинаковом схеме. В колебательный контур одного генератора включен образцовый конденсатор переменной емкости, а в колебательный контур другого генератора включается измеряемый конденсатор. Колебания обоих генераторов поступают на смеситель, с выхода которого колебания разностной частоты поступают на индикатор нулевых биений. При равенстве частот обоих генераторов, что достигается перестройкой образцового конденсатора переменной емкости, индикатор зарегистрирует

нулевые биения. В этом случае значение емкости образцового переменного конденсатора, считываемое с лимбов прибора под индексами С1, С2, С3, в сумме в точности равны емкости измеряемого конденсатора.

Порядок проведения измерения:

1. включить питание прибора Е7-14; время прогрева прибора 10 минут:
2. залить в мерный стакан исследуемое масло в объеме 100 мл;
3. поместить в моторное масло емкостной датчик;
4. подсоединить коаксиальный кабель к входным гнездам прибора Е7-14;
5. установить на приборе Е7-14 режим измерения – емкость;
6. с цифрового индикатора прибора записать значения емкости конденсатора;
7. рассчитать значение диэлектрической постоянной моторного масла ε по формуле (3) и записать в журнал наблюдений;
8. выключить питание прибора.

Полученные результаты измерений емкости конденсатора подчиняются нормальному закону распределения случайных величин.

В таблице 1 приведены значения математического ожидания значений емкости конденсатора при различных пробегах автомобилей, по которым рассчитаны значения диэлектрической проницаемости моторного масла и построена ее графическая зависимость от пробега автомобиля.

Расчет диэлектрической проницаемости моторного масла проводился по формуле (3).

Таблица 1 - Результаты математической обработки измеренных значений емкости конденсатора

| Пробег автомобиля, $10^3$ км | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Математическое ожидание измеренных значений емкости конденсатора С, $10^{-12}$ Ф | 3,28 | 3,29 | 3,30 | 3,32 | 3,33 | 3,33 |
| Дисперсия | 0,0058 | 0,0059 | 0,0059 | 0,0060 | 0,0060 | 0,0060 |
| Среднеквадратическое отклонение | 0,076 | 0,077 | 0,077 | 0,077 | 0,078 | 0,078 |
| Рассчитанные значения диэлектрической проницаемости моторного масла ε | 2,050 | 2,065 | 2,074 | 2,085 | 2,090 | 2,092 |

Как видно из таблицы, диэлектрические свойства моторного масла в процессе эксплуатации уменьшаются. Таким образом, по значению

диэлектрической проницаемости можно контролировать процесс старения моторного масла.

## Список литературы

1. Долгова, Л.А. Диэлектрическая проницаемость моторных масел / Л.А. Долгова, В.В. Салмин // В сборнике: Инновации технических решений в машиностроении и транспорте. Сборник статей V Всероссийской научно-технической конференции для молодых ученых и студентов с международным участием. - 2019. - С. 91-96.

2. Долгова, Л.А. Оценка эксплуатационных свойств моторных масел с помощью электрических параметров / Л.А. Долгова, В.В. Салмин // Международный технико-экономический журнал. - 2018. - № 4. - С. 64-71.

**УДК 656.089**

# ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ НА СКОРОСТЬ УПРАВЛЯЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ ВОДИТЕЛЯ В ДОРОЖНОЙ ОБСТАНОВКЕ

**Гудожников Артур Анатольевич,** студент гр. 24ЭТМК1мз
**Долгова Лариса Александровна,** к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация.** *Дана оценка влияния времени реакции на скорость управляющих действий водителя в дорожной обстановке. Время реакции человека состоит из двух периодов: латентного (скрытого), который измеряется временем от момента появления раздражителя до начала движения и моторного, измеряемого временем движения. Примерная продолжительность латентного периода простой реакции на свет составляет 0,2 с, а на звук - 0,14 с. Для сокращения остановочного пути автомобиля на 1,0-1,5 метра достаточно уменьшить время реакции водителя на 0,10...0,15 секунд. Такое уменьшение времени может быть достигнуто за счет небольшого сокращения времени латентного периода, т.е. путем повышения внимания водителя и совершенствования его навыков оценки обстановки.*

Время реакции водителя – интервал времени между моментом появления сигнала об опасности и окончанием ответного действия. Оно включает промежутки времени, необходимые водителю для приема и переработки информации, поэтому, зная его, можно оценить основные психофизиологические свойства водителя как оператора. Время реакции может изменяться по мере накопления профессионального опыта, а также в результате тренировки. Каждому водителю желательно знать свое время реакции и способы его снижения. Для этого полезно понимание основных закономерностей изменения времени реакции.

Реакции могут быть простыми и сложными. Простая реакция связана с ожиданием одиночного, известного водителю сигнала, в ответ на который водитель должен выполнить определенное действие. Например, при включении красного сигнала светофора он должен нажать на тормозную педаль. При этом время приема и переработки информации минимально. Сложная реакция связана с выбором ответного действия из нескольких возможных. Например, при виде пешехода, пересекающего проезжую часть, водитель может подать звуковой сигнал, притормозить

или, наоборот, увеличить скорость, наконец, попытаться объехать пешехода спереди или сзади. Время сложной реакции значительно больше, чем простой, так как требуется переработать большое количество информации, оценить различные решения и выбрать наилучшее.

Время реакции человека состоит из двух периодов: латентного (скрытого), который измеряется временем от момента появления раздражителя до начала движения и моторного, измеряемого временем движения.

В течение латентного периода протекают процессы, связанные с ощущением и восприятием, оценкой и прогнозированием обстановки, а также выработкой решения. Примерная продолжительность латентного периода простой реакции на свет составляет 0,2 с, а на звук - 0,14 с.

Чем больше время реакции, тем труднее водителю реализовать действия по предупреждению аварийной обстановки. У различных водителей общее время реакции может отличаться в 3 – 4 раза.

В сложной дорожно-транспортной ситуации, когда водитель одновременно воспринимает три сигнала, время, затрачиваемое на переработку информации, увеличивается в среднем на 20%, а при семи сигналах - почти на 50% по сравнению со временем, необходимым для переработки информации от одного раздражителя.

В судебно-следственной практике при экспертизе ДТП время реакции водителя принимают различным в зависимости от дорожной ситуации. Если дорожно-транспортная ситуация, предшествовавшая ДТП, свидетельствовала о весьма большой вероятности его возникновения и водитель имел возможность заранее обнаружить признаки возникновения опасности, время реакции принимают минимальным (0,6 с) Таковы, например, случаи, когда из-за предмета, ограничивающего обзорность, выходят один за другим пешеходы.

Если ситуация, предшествовавшая ДТП, свидетельствовала о минимальной вероятности возникновения опасности, и в поле зрения водителя не было объектов, создавших опасную ситуацию, то время реакции максимальное равным 1,4 секунды. Примером такой ситуации может быть внезапный выезд другого транспортного средства с придорожной полосы из-за объекта, ограничивающего обзорность.

При движении по прямым участкам дороги без поворотов, подъемов и спусков из-за монотонности ухудшается способность водителя к восприятию обстановки, увеличивается продолжительность обнаружения сигнала. Если прямые участки имеют протяженность 5 - 6 км и более, то человек ощущает сонливость, заторможенность. На участках, отличающихся монотонностью, интенсивность внимания и готовность у водителя резко снижены, возникновение опасной обстановки для него всегда неожиданно.

Увеличение скорости влечет за собой заметное сокращение поля концентрации внимания, что существенно ухудшает восприятие участков дороги, расположенных вне этого поля. Кроме того, транспортное средство за один и тот же промежуток времени при большей скорости перемещается на большее расстояние и оказывается ближе к опасному месту.

Изменение времени реакции при утомлении связано с изменением устойчивости внимания и скорости переработки информации. В начале рабочей смены время обнаружения сигнала и время на формирование ответного действия невелики. В середине рабочей смены время реакции минимально, а ближе к концу смены оно может превышать это минимальное значение более чем в 2 раза. Особенно увеличивается время реакции у водителей к концу рабочей смены при движении по свободной от транспортных средств дороге, а также при интенсивности, превышающей 300 авт/ч. Очень сильно время реакции увеличивается при болезненном состоянии и после приема даже небольших доз алкоголя.

У водителя с большим профессиональным стажем лучше развиты навыки распределения внимания, а в памяти хранится больше сведений о типичных дорожно-транспортных ситуациях. Следовательно, ему требуется меньше времени для обнаружения сигнала и переработки информации, чем неопытному водителю (рис. 1.2).

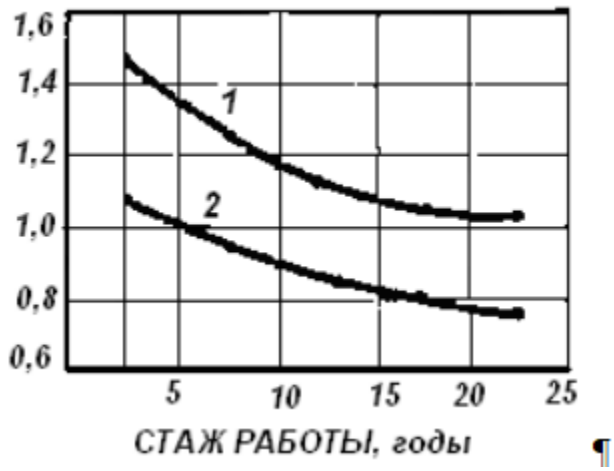



Рисунок 1 - Изменение среднего времени реакции водителя (в зависимости от стажа его работы): 1 – на маневрирование, 2 – на торможение

Быстрая и точная реакция водителя в критической дорожной ситуации часто имеет решающее значение для предотвращения ДТП. Особенно большую роль время реакции играет, когда необходимо предупредить наезд или столкновение путем экстренного торможения или объезда. Анализ ДТП, связанных с наездом на пешеходов показал, что в 70% случаев путь автомобиля после наезда не превышал одного метра.

Скорость автомобилей при этом находилась в диапазоне от 30 до 50 км/ч. Расчетами определено, что для сокращения остановочного пути автомобиля на 1,0-1,5 метра достаточно уменьшить время реакции водителя на 0,10...0,15 секунд. Такое уменьшение времени может быть достигнуто за счет небольшого сокращения времени латентного периода, т.е. путем повышения внимания водителя и совершенствования его навыков оценки обстановки.

## Список литературы


1. Безопасность транспортных средств (автомобили) / В. А. Гудков, Ю. Я. Комаров, А. И. Рябчинский, В. Н. Федотов. Учебное пособие для вузов. - М.: Горячая линия-Телеком, 2010. – 431 с.
2. Боровский Б.Е. Безопасность движения автомобильного транспорта. – Л.: Лениздат,1984. – 304 с., ил.
3. Бершадский В.Ф., Дудко В.И., Дудко Н.И. Основы управления механическими транспортными средствами и безопасность движения Минск: Амалфея, 2007. – 458 с.
4. Бутылин, В.Г. Активная безопасность автомобиля. Минск, НИРУП «Белавтотракторостроение», 2002.

**УДК 338.001.36**

# АНАЛИЗ РЫНКА АВТОМОБИЛЕЙ РОССИИ

**Долгова Лариса Александровна,** к.т.н., доцент
**Баканов Владислав Александрович,** студент гр. 24ЭТМК1мз
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация.** *Представлен анализ наиболее популярных легковых автомобилей России в 2026 году, анализ факторов на рост их численности.*

По состоянию на 1 января 2026 года в России было зарегистрировано 47,45 млн легковых автомобилей, сообщает. По подсчетам аналитиков, около 70% автопарка сосредоточено всего в десяти марках.

Лидером на российском рынке остается отечественная Lada, на которую приходится 12,17 млн автомобилей, или 25,7% всего легкового парка страны. Среди иностранных марок первое место занимает Toyota с 4,49 млн машин (9,5%).

Следующие по численности — корейские марки Kia и Hyundai, которые составляют 2,75 млн и 2,7 млн автомобилей соответственно. Примерно одинаковым количеством легковых машин представлены Nissan и Renault — 2,26 млн и 2,25 млн автомобилей. В десятку лидеров также входят Volkswagen (1,83 млн), Chevrolet (1,69 млн), Ford (1,32 млн) и Mitsubishi (1,27 млн). Марка Skoda преодолела рубеж в 1 млн автомобилей, но в топ-10 не попала.

На рост числа легковых автомобилей влияет целый комплекс факторов:

**1. Спрос и доходы населения.** Если у людей растут реальные располагаемые доходы, появляется больше тех, кто может позволить себе машину — новую или с пробегом. Также играет роль отложенный спрос: после периодов неопределённости (как в 2022 году) часть покупателей, которые откладывали покупку, со временем реализуют свои планы.

**2. Доступность финансирования.** Развитие автокредитования — мощный драйвер. Когда банки предлагают выгодные программы (в том числе с господдержкой), это стимулирует людей брать кредит на машину. Но тут есть нюанс: если ключевая ставка ЦБ резко растёт, кредиты дорожают, и спрос может просесть.

**3. Цены на автомобили и стоимость владения.** Сам по себе рост цен на новые машины часто сдерживает спрос. Однако есть и обратный эффект: если содержание старого авто (ремонт, запчасти, топливо)

становится слишком дорогим, люди чаще принимают решение заменить его на новое. Также на решение влияет общая «стоимость владения» — налоги, страховка, сервис.

**4. Регуляторные меры.** Некоторые государственные решения напрямую влияют на рынок. Например, программы льготного автокредитования или субсидии на определённые категории авто (включая электромобили) работают как стимул. А вот повышение утилизационного сбора в краткосрочной перспективе обычно ведёт к росту цен и может охлаждать спрос.

**5. Изменения в структуре парка и вторичный рынок.** Значительную часть прироста иногда обеспечивает именно вторичный рынок: люди продают старые машины и покупают другие (иногда более современные). Также на статистику влияет то, что в некоторых регионах или социальных группах растёт потребность в личном транспорте.

**6. Развитие каналов продаж.** Появление новых площадок, например маркетплейсов, расширяет доступ к автомобилям, особенно в небольших городах, где дилерская сеть развита слабее.

**7. Макроэкономические и внешние факторы.** Инфляция, курс валюты, санкционные ограничения — всё это создаёт фон. Например, ослабление рубля усложняет импорт и влияет на себестоимость, что отражается на ценах. А логистические сложности могут ограничивать предложение определённых моделей.

**8. Технологические и потребительские тренды.** Рост интереса к определённым сегментам (кроссоверы, гибриды, электромобили) тоже меняет картину. Если какой-то тип авто становится популярнее, это подстёгивает продажи в этой нише. Правда, для массового роста электромобилей пока сдерживающим фактором остаётся нехватка зарядной инфраструктуры.

Часто факторы работают вразнобой. Например, даже при росте доходов спрос может не взлететь, если одновременно сильно выросли цены или ставки по кредитам. Поэтому динамику автопарка всегда нужно рассматривать в комплексе.

Продажи новых автомобилей в России в июне 2026 года выросли почти на 30%.

Июнь стал одним из самых сильных месяцев для российского авторынка за последнее время. По данным «Автостата» и АЕБ, продажи новых легковых автомобилей выросли примерно на 29% по сравнению с июнем прошлого года.




Рисунок 1 – Авторынок России в июне 2026 года

На первый взгляд кажется, что рынок наконец-то начал восстанавливаться. Но если посмотреть глубже, становится понятно: большого повода для оптимизма пока нет. Рост есть. Но причина не только в спросе.

За июнь в России было реализовано более 116 тысяч новых легковых автомобилей. По итогам первого полугодия продажи достигли 608,6 тыс. машин, что почти на 15% выше результата прошлого года.

Главная причина такого роста — низкая база первого полугодия 2025 года. Тогда рынок переживал один из самых сложных периодов, поэтому нынешние показатели выглядят значительно лучше.

Во втором полугодии эффект низкой базы практически исчезнет. Поэтому сохранить такие темпы роста будет намного сложнее.

Об этом говорят и представители АЕБ. По их мнению, фундаментальные проблемы рынка никуда не исчезли:

– высокая ключевая ставка;
– дорогие автокредиты;
– влияние курса валют;
– изменения налоговой нагрузки;
– регуляторные ограничения.

Именно поэтому прогноз рынка на весь 2026 год пока остается на уровне около 1,4 млн автомобилей без ожиданий резкого роста.

Лидером рынка остается Lada. В июне бренд реализовал более 28 тысяч автомобилей.

Однако его доля постепенно снижается:

– июнь 2025 года — 26,8%;
– июнь 2026 года — 24,2%.

Это не означает падение продаж самой Lada. Просто китайские и локализованные бренды растут быстрее.

По итогам июня десятка самых популярных марок выглядит так:

- Lada — 28 081 автомобиль;
- Haval — 16 148 автомобиль;
- Tenet — 12 636 автомобиль;
- Geely — 7 557 автомобиль;
- Changan — 5 558 автомобиль ;
- Belgee — 5 090 автомобиль;
- Toyota — 3 915 автомобиль ;
- Jetour — 3 493 автомобиль ;
- Mazda — 2 401 автомобиль ;
- Jaecoo — 2 229 автомобиль.

Сразу бросается в глаза несколько интересных моментов.

Toyota увеличила продажи более чем в два раза, а Mazda вообще вернулась в десятку самых популярных брендов. При этом немецкий премиум практически исчез из первой десятки. Во многом это связано с изменениями ставок утилизационного сбора для автомобилей высокой мощности, которые заметно изменили структуру рынка.

Среди моделей ситуация тоже достаточно показательна. Первое место удерживает Lada Granta с результатом 11 289 автомобилей.

Далее идут:

- Haval Jolion — 7 870 ед.;
- Tenet T7 — 6 798 ед.;
- Lada Vesta — 5 666 ед.;
- Tenet T4L — 3 683 ед.;
- Lada Niva Travel — 3 283 ед.;
- Lada Iskra — 3 045 ед.;
- Geely Monjaro — 2 886 ед. ;
- Belgee X50+ — 2 681 ед.;
- Changan Uni-S — 2 607 ед.

Интересно выглядит успех Tenet. Бренд появился совсем недавно, но уже занимает третье место среди производителей, а сразу две его модели входят в пятерку самых продаваемых автомобилей месяца.

Несмотря на высокие ставки, кредитование продолжает увеличиваться.

По сравнению с прошлым годом:

- новые автомобили — плюс 10% по количеству кредитов;
- автомобили с пробегом — плюс 20%.

При этом в денежном выражении рост еще выше.

Это говорит о том, что покупатели все чаще выбирают более дорогие автомобили с пробегом. Свежие машины становятся альтернативой новым автомобилям, которые для многих остаются слишком дорогими.

Банки также продолжают активно тестировать различные программы поддержки продаж.

Импорт снова набирает обороты. За первое полугодие в Россию ввезли почти 40 тысяч новых автомобилей, что более чем на 50% превышает показатель прошлого года. Основной объем новых машин по-прежнему приходится на Китай. При этом через Киргизию продолжают активно поставляться Toyota, Audi и другие глобальные бренды.

На рынке автомобилей с пробегом лидирует Япония, однако доля Китая постепенно растет. Через китайские площадки сегодня в Россию попадает все больше автомобилей мировых производителей.

Если рынок легковых автомобилей показывает рост, то коммерческий сегмент выглядит значительно слабее.

За полгода продажи новых LCV сократились почти на 20%.

Лидерами остаются: ГАЗ; Lada; УАЗ; Sollers; Foton.

В июне ситуация немного улучшилась, однако рынок все еще остается ниже прошлогодних значений.

В сегменте тяжелых грузовиков появились первые признаки стабилизации. Лучше чувствуют себя тягачи и коммунальная техника, тогда как строительный сектор продолжает снижаться.

Эксперты при этом ожидают, что во втором полугодии ситуация в грузовом сегменте может стать еще сложнее.

Средневзвешенная стоимость нового автомобиля сегодня составляет около 3,4 млн рублей, что примерно на 7% выше прошлогоднего уровня.

Автомобили с пробегом в среднем стоят около 1,16 млн рублей, и здесь заметного роста цен практически нет.

Именно поэтому многие покупатели сегодня рассматривают свежие автомобили с пробегом как более выгодную альтернативу новым машинам.

Если смотреть только на цифры июня, может показаться, что рынок уверенно пошел вверх. Но на практике ситуация выглядит спокойнее.

Рост во многом объясняется слабой базой прошлого года. При этом ключевые проблемы никуда не исчезли: кредиты остаются дорогими, покупательная способность сильно не выросла, а дилеры продолжают бороться за каждого клиента.

При этом конкуренция между брендами сейчас очень высокая. Именно поэтому на многие модели можно получить условия, которые существенно отличаются даже у официальных дилеров одной марки. И этой ситуацией покупателям точно стоит пользоваться.

## Список литературы

1. https://www.drive2.ru/b/737640911671938756/
2. https://www.autonews.ru/news/69a00c209a7947c5f92f4e74
3. https://www.kommersant.ru/doc/8463264

**УДК 656.13:519.857**

# МАРШРУТИЗАЦИЯ МЕЛКОПАРТИОННЫХ ГРУЗОВ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

**Жесткова Светлана Анатольевна**, д.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
**Зиннатуллин Валерий Наилевич,** соискатель
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева»

**Аннотация.** *В статье рассматривается маршрутизация мелкопартионных грузов из нескольких распределительных центров автомобильным транспортом. Для решения задачи применяются кластерный анализ и метод фиктивных узлов и ветвей. Предлагается методика, объединяющая кластеризацию пунктов доставки с последующей оптимизацией маршрутов внутри кластеров. Разрабатываются математические зависимости для этапа кластеризации и этапа оптимизации маршрутов. Верификация методики выполняется на численном примере с восемью пунктами и двумя распределительными центрами. В результате расчёта проектируются три кольцевых маршрута. Применение методики позволяет снизить транспортно-логистические затраты на основе сокращения суммарного пробега и более полного использования грузовместимости транспорта.*

Транспортные расходы составляют значительную долю в конечной стоимости товара — от 10 до 30% в зависимости от отрасли. При росте цен на топливо и ужесточении сроков поставок оптимизация маршрутов становится обязательным условием работы транспортных компаний. Особую сложность представляет схема доставки через региональные распределительные центры, когда центров несколько, и каждый обслуживает свой набор точек. Классическая задача коммивояжёра в этом случае не работает, поскольку необходимо учитывать грузоподъёмность, вместимость, число пунктов на маршруте, объёмы партий и категории подъездных путей [1]. Задача относится к классу NP-сложных задач дискретной оптимизации, поэтому на практике применяются приближённые и эвристические методы [2].

Новизна работы заключается в комплексном учёте разнородных ограничений при маршрутизации для условий нескольких распределительных центров за счёт объединения кластерного анализа и метода фиктивных узлов и ветвей. Практическая значимость состоит в возможности применения методики для планирования перевозок торговыми сетями, дистрибьюторами.

В работе применяются кластерный анализ и метод фиктивных узлов и ветвей с учётом ограничений: тип подвижного состава, объём партии груза, число пунктов доставки на маршруте. Кластерный анализ применяется для предварительного деления пунктов доставки на группы по географическому признаку, что позволяет сократить размерность задачи. Метод фиктивных узлов и ветвей применяется потому, что он позволяет работать с несколькими распределительными центрами одновременно.

На первом этапе выполняется кластеризация пунктов доставки с учётом их географического расположения, объёмов грузов и категорий подъездных путей. Основная задача кластеризации состоит в минимизации суммарного внутрикластерного расстояния при условии, что каждый кластер может быть обслужен имеющимся парком транспортных средств. Расстояние между пунктами *i* и *j* определяется по формуле:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2} + (y_i - y_j)^2, \quad (1)$$

где: $x_i y_i$ - координату пункта *i;*
$x_j, y_j$ - координаты пункта *j*

Для учета неравномерности грузопотоков вводится весовой коэффициент:

$$w_i = \frac{q_i}{\bar{q}}, \quad (2)$$

где: $q_i$ - масса груза, доставляемого в пункт *i* ,т;
$\bar{q}$ - средний объем груза по всем пунктам:

$$\bar{q} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} q_i. \quad (3)$$

Взвешенное расстояние между пунктами:

$$q_{ij}^{w} = d_{ij}\sqrt{w_i \cdot w_j}. \quad (4)$$

$$S_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если } T_i \cap T_j \neq \varnothing \\ 0, \text{ если } T_i \cap T_j = \varnothing \end{cases} \quad (5)$$

где: $T_i$ - категория подъездного пути к пункту *i*

Для кластеризации:

$$\bar{d}_{ij} = d_{ij}^{w}\left[1 + M(1 - S_{ij})\right], \quad (6)$$

где: *M* - достаточно большое число, штрафующее объединение несовместимых пунктов в один кластер.

Целевая функция кластеризации:

$$F = \sum_{C=1}^{C} \sum_{i \in K_c} \overline{d}_{i,\mu_c} \to \min, \qquad (7)$$

где: $C$ - число кластеров;
$K_c$ - множество пунктов, входящих в кластер $c$;
$\mu_c$ - центр кластера $c$.

Координаты центра кластера определяется как центр тяжести:

$$\mu_c = \left( \frac{\sum_{i \in K_c} w_i \cdot x_i}{\sum_{i \in K_c} w_i}, \frac{\sum_{i \in K_c} w_i \cdot y_i}{\sum_{i \in K_c} w_i} \right). \qquad (8)$$

Число кластеров определяется исходя из количества распределительных центров, суммарного объёма грузов и максимального числа пунктов на маршруте:

$$C = \max \left\{ m, \left[ \frac{n}{k_{\max}} \right] \right\}, \qquad (9)$$

где: $m$ - число распределительных центров;
$n$ - число пунктов доставай;
$k_{\max}$ - максимально допустимое число пунктов на маршруте.

Привязка кластеров к распределителем центрам выполняется по критерию минимального расстояния:

$$C \to \min_{d \in D} \overline{d}_{\mu_c, d}, \qquad (10)$$

где: $c$ - номер кластера;
$D$ - множество распределительных центров;
$\mu_c$ - центр кластера $c$;
$\overline{d}$ - расстояние от центра кластера до распределительно центра.

Условие сходимости алгоритма кластеризации:

$$\max_c \left\| \mu_c^{(t+1)} - \mu_c^{(t)} \right\| \le \varepsilon, \qquad (11)$$

где: $t$ - номер итерации;
$\varepsilon$ - заданная точность.

На втором этапе для каждого кластера применяется метод фиктивных узлов и ветвей. В узлах, где расположены распределительные центры, вводятся фиктивные вершины. Они соединяются с соседними вершинами дополнительными ветвями. Это позволяет свести задачу с несколькими базами к задаче с одной фиктивной базой, но с сохранением структуры исходной сети.

Методика включает следующие этапы. На первом этапе строится фиктивная транспортная сеть. На втором этапе выполняется приведение матрицы. На третьем этапе выполняется оценочная операция. На четвёртом этапе выполняется проверка ограничений. На пятом этапе выполняется блокировка ветвей против зацикливания. На шестом этапе

выполняется итерационное повторение этапов со второго по пятый до построения замкнутого кольцевого маршрута. На седьмом этапе выполняется удаление фиктивных узлов.

При решении задачи учитываются следующие ограничения. Ограничение по количеству пунктов на маршруте:

$$k \le k_{\max}, \tag{12}$$

где: $k_{\max}$ - максимально допустимое чисто пунктов на одном маршруте.

Ограничение по массе груза:

$$\sum_{i=1}^{k} q_i \le G, \tag{13}$$

где: $G$ -грузоподъёмность транспортного средства.

Ограничение по вместимости:

$$\sum_{i=1}^{k} V_i \le V_k, \tag{14}$$

где: $V_i$ - объём груза в $i$-м пункте;

$V_k$ - полезный объём транспортного средства.

Ограничение по типу подъездного пути:

$$T_j \in \{A,B/G,V,D(1),D(2),D(3)\}, \tag{15}$$

где: $T_j$ категория подъездного пути к $j$-му пункту.

Ограничение по обратному грузу:

$$\sum_{i=1}^{k} q_i^{обр} \le G - \sum_{i=1}^{k} q_i^{пр}, \tag{16}$$

где: $q_i^{обр}$ - масса обратного груза;

$q_i^{пр}$ - масса прямого груза.

Совместное выполнение условий (12)–(16) является необходимым для включения ветви в маршрут. Если хотя бы одно условие не выполняется, то ветвь блокируется.

Использование метода фиктивных узлов и ветвей позволяет учитывать несколько распределительных центров за счёт введения фиктивных вершин. Итерация блокировки ветвей сокращает пространство поиска и снижает вычислительную сложность по сравнению с полным перебором.

Рассмотрим применение предложенной методики на конкретном примере. Исходная транспортная сеть включает восемь пунктов, при этом распределительные центры размещены в вершинах 3 и 6. Известны объёмы завоза: в пункт 1 — 4 единицы груза, в пункт 2 — 2 единицы, в пункт 4 — 3 единицы, в пункт 5 — 2 единицы, в пункт 7 — 2 единицы, в пункт 8 — 4 единицы. Грузовместимость автомобиля — 6 единиц. Максимальное число пунктов на маршруте — 3. Пункты 1 и 8 доступны только для крупнотоннажного транспорта категории А. Пункты 2 и 7 — для среднетоннажного транспорта категории Б/Г. Пункт 4 — для машин

категории Д(1). Пункт 5 — для малотоннажных грузовиков категории Д(3). Для доставки используются автомобили вместимостью 6 единиц, что соответствует категории Д(1). Следовательно, автомобиль категории Д(1) не может обслуживать пункты 1, 8 и 5. Это ограничение учитывается на этапе проверки ветвей.

Координаты пунктов доставки и распределительных центров приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Координаты пунктов и распределительных центров

| Пункт | *x*, км | *y*, км | *q*, ед. | Категория пути |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 8 | 4 | А |
| 2 | 4 | 6 | 2 | Б/Г |
| 3(РЦ) | 5 | 5 | — | — |
| 4 | 8 | 3 | 3 | Д(1) |
| 5 | 9 | 1 | 2 | Д(3) |
| 6(РЦ) | 1 | 2 | — | — |
| 7 | 2 | 1 | 2 | Б/Г |
| 8 | 4 | 2 | 4 | А |

По формуле (1) вычисляются расстояния между пунктами, по формулам (2)–(4) — весовые коэффициенты и взвешенные расстояния, по формуле (6) — итоговая метрика с учётом категорий путей. По формуле (7) минимизируется суммарное внутрикластерное расстояние, по формуле (8) определяются центры кластеров, по формуле (10) кластеры привязываются к распределительным центрам.

В результате кластеризации получены три кластера:

- кластер 1: пункты 1, 2, 7 (центр $\mu = (2{,}7;\ 5{,}0)$);
- кластер 2: пункты 4, 5, 8 (центр $\mu = (7{,}0;\ 2{,}0)$).
- кластер 3: пункт 6 и прилегающие точки (центр $\mu = (1{,}0;\ 2{,}0)$).

Распределительный центр 3 привязан к кластеру 1, распределительный центр 6 — к кластеру 3.

Для каждого кластера выполняется построение фиктивной транспортной сети. В узлах 3 и 6 вводятся фиктивные распределительные центры Ф3 и Ф6. Исходные данные представлены в таблице 2.

На втором этапе выполняется операция приведения таблицы 2 согласно методике. На третьем этапе выполняется операция оценки, определяются ячейки, имеющие наибольшее её значение. Ячейка 4-5 имеет наибольшую оценку — 2,8 в таблице 3.

Таблица 2 – Фиктивная матрица расстояний

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Ф3 | Ф6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | - | 1,5 | 2,1 | 1,4 | 10 | 1,1 | 1,3 | 7,4 | 2.1 | 1,1 |
| 2 | 1,5 | - | 4,3 | 5,7 | 4,6 | 2,3 | 5,6 | 3,6 | 4,3 | 2,3 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 2,1 | 4,3 | - | 1,2 | 18,2 | 3,3 | 7,8 | 1,6 | 3,3 | 3,3 |
| 4 | 1,4 | 5,7 | 1,2 | - | 1,5 | 4,3 | 5,4 | 6,3 | 1,2 | 4,3 |
| 5 | 10 | 4,6 | 18,2 | 1,5 | - | 5,7 | 5,1 | 4,2 | 18,2 | 5,7 |
| 6 | 1,1 | 2,3 | 3,3 | 4,3 | 5,7 | - | 1,7 | 8,2 | 3,3 | 0 |
| 7 | 1,3 | 5,6 | 7,8 | 5,4 | 5,1 | 1,7 | - | 1,1 | 7,8 | 1,7 |
| 8 | 7,4 | 3,6 | 1,6 | 6,3 | 4,2 | 8,2 | 1,1 | - | 4,6 | 8,2 |
| Ф3 | 2,1 | 4,3 | 1,2 | 18,2 | 3,3 | 7,8 | 4,6 | 1,6 | - | 3,3 |
| Ф6 | 1,1 | 2,3 | 3,3 | 4,3 | 5,7 | 1,7 | 8,2 | 8,2 | 3,3 | - |

Таблица 3 – Матрица оценки

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Ф3 | Ф6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | - | $0^{0,8}$ | 1 | 0,3 | 8.9 | $0^{0,6}$ | 0,6 | 0,2 | 6,3 | 1,0 |
| 2 | $0^{0,8}$ | - | 2,8 | 4,2 | 2,8 | 0,8 | 4,1 | 2,1 | 2,8 | 0,8 |
| 3 | 0,9 | 2,7 | - | $0^{0,4}$ | 16,7 | 2,7 | 6.6 | 0,4 | 2,1 | 3,3 |
| 4 | 0,2 | 4,1 | $0^{0}$ | - | $0^{2,8}$ | 4,2 | 5,1 | $0^{0,1}$ | 1 | 3,1 |
| 5 | 8,5 | 2,7 | 16,7 | $0^{2,7}$ | - | 4,2 | 3,6 | 2,7 | 16,7 | 4,2 |
| 6 | $0^{0,2}$ | 0,8 | 2,2 | 3,2 | 4,3 | - | 0,6 | 7,1 | 2,2 | $0^{0}$ |
| 7 | 0,2 | 4,1 | 6,7 | 4,3 | 3,7 | 0,6 | - | $0^{0,2}$ | 6,7 | 0,6 |
| 8 | 6,3 | 2,1 | 0,5 | 5,2 | 2,8 | 7,1 | $0^{0,5}$ | - | 3,5 | 7,1 |
| Ф3 | $0^{6,3}$ | 2,7 | $0^{0}$ | 16,7 | 2,1 | 6,6 | - | - | - | 3,4 |
| Ф6 | $0^{0,6}$ | 0,8 | 2,2 | 3,2 | 4.3 | 0,6 | 7,1 | - | - | - |

Далее осуществляется проверка поставленных ограничений на маршруте: количество пунктов, включённых в кольцевой маршрут, не должно превышать установленного ограничения; масса доставляемого груза в пункты не должна превышать установленного ограничения; тип подъездного маршрута должен выбираться в зависимости от вместимости подвижного состава. Если ограничения выполняются, вычёркивается ветвь 4-5 с наибольшей оценкой, добавляется в маршрут. Блокируется ветвь 5-4 против зацикливания. Далее вводятся фиктивные узлы в соответствующие вершины графа, выполняются итерации приведения и оценки. В результате последовательных итераций получается решение, представленное в таблице 4.

В результате последовательных итераций были удалены ветви: 4-5, Ф4-5, 2-1, 7-8, 3-Ф4, Ф6-1, 4-Ф3, 8-3, 6-7 и Ф3-2. Исключение фиктивных узлов позволило спроектировать три кольцевых маршрута, удовлетворяющих заданным ограничениям. Первый маршрут: 3-2-1-3. Второй: 6-7-8-6. Третий: 3-4-5-3. Суммарная протяжённость всех маршрутов составляет 16,8 км. Проверка ограничений показала, что все условия доставки выполнены: количество пунктов на маршрутах не превышает 3, масса груза не превышает грузоподъёмность, типы подъездных путей соответствуют категориям подвижного состава

Таблица 4 – Результаты расчёта маршрутов

| Маршрут | Последовательность пунктов | Протяжённость, км | Объём груза, ед. | Число пунктов |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 3-2-1-3 | 5,1 | 6 | 2 |
| 2 | 6-7-8-6 | 6,3 | 6 | 2 |
| 3 | 3-4-5-3 | 5,4 | 5 | 2 |
| Итого | | 16,8 | 17 | 6 |

Проведённый расчёт подтвердил эффективность предложенной методики при построении кольцевых маршрутов в условиях нескольких распределительных центров и комплекса и поставленных ограничений. Введение ограничения по количеству пунктов на маршруте (не более 3) обеспечило декомпозицию маршрутной сети: вместо двух маршрутов построено три. Введение фиктивных вершин Ф3 и Ф6 обеспечило объединение маршрутов, исходящих из разных распределительных центров, в единую схему. Процедура блокировки ветвей обеспечила сокращение пространства поиска.

Разработана методика маршрутизации мелкопартионных грузов из нескольких распределительных центров автомобильным транспортом, объединяющая кластерный анализ и метод фиктивных узлов и ветвей. Методика включает два этапа: кластеризацию пунктов доставки и оптимизацию маршрутов внутри каждого кластера. Разработаны математические зависимости для этапа кластеризации (формулы 1–11) и для этапа оптимизации маршрутов (формулы 12–16). Учтены пять ограничений: по количеству пунктов на маршруте, по массе груза, по вместимости, по типу подъездного пути и по обратному грузу. Проверка методики выполнена на численном примере с восемью пунктами и двумя распределительными центрами. В результате расчёта спроектированы три кольцевых маршрута: 3-2-1-3, 6-7-8-6 и 3-4-5-3. Суммарная протяжённость маршрутов составила 16,8 км. Максимальная загрузка транспорта не превышает грузовместимости, число пунктов на каждом маршруте не превышает трёх, типы подъездных путей соответствуют категориям подвижного состава. Применение методики обеспечивает планирование грузоперевозок с учётом комплекса разнородных ограничений и позволяет снизить транспортно-логистические затраты за счёт сокращения суммарного пробега и более полного использования грузовместимости транспорта.

## Список литературы

1. Антропов, В. А. О задаче коммивояжера / В. А. Антропов, Е. М. Сорокина, А. Г. Хохлов // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 7(168). – С. 1246-1248. – DOI 10.34925/EIP.2024.168.7.246. – EDN XAXPTG.

2. Бурховецкий, В. В. Точное и приближенное решения задачи коммивояжера большого размера / В. В. Бурховецкий, Б. Я. Штейнберг // Вычислительные методы и программирование. – 2024. – Т. 25, № 4. – С. 476-482. – DOI 10.26089/NumMet.v25r436. – EDN GAHSAT.

3. Жесткова, С. А. Моделирование транспортно-логистических процессов сетевой доставки автомобильным транспортом / С. А. Жесткова // Мир транспорта и технологических машин. – 2025. – № 1-1(88). – С. 36-42. – DOI 10.33979/2073-7432-2025-1-1(88)-36-42. – EDN VBHCHY.

4. Костюк, Ю. Л. Эффективная реализация алгоритма решения задачи коммивояжёра методом ветвей и границ / Ю. Л. Костюк // Прикладная дискретная математика. – 2013. – № 2(20). – С. 78-90. – EDN QCAKVP.

5. Новиков, А. Н. Решение задачи маршрутизации с ограничениями величины партий груза и количества пунктов / А. Н. Новиков, С. А. Жесткова // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 4-2(83). – С. 70-76. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-4-2(83)-70-76. – EDN YFNIJG.

6. Новиков, А. Н. Методика проектирования кольцевых маршрутов с обратным грузом / А. Н. Новиков, С. А. Жесткова // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 1-3(84). – С. 19-26. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-19-26. – EDN DGOONB.

**УДК 656.13:519.857**

# РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРИ ДОСТАВКЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ С НЕФТЕБАЗ

**Жесткова Светлана Анатольевна**, д.т.н., доцент
**Сычин Алексей Александрович**, аспирант
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация.** *Рассмотрена задача маршрутизации доставки нефтепродуктов с нескольких нефтебаз на автозаправочные станции. Предложена методика, основанная на методе динамического программирования с обобщённой функцией Беллмана. В отличие от известных подходов, в качестве ограничений приняты продолжительность рабочей смены водителя и максимальная длина плеча маршрута. Приведён численный пример с тремя нефтебазами и пятью АЗС. Показано, что применение методики позволяет сократить суммарный пробег на 26 % по сравнению с раздельным обслуживанием АЗС.*

Доставка нефтепродуктов на автозаправочные станции (АЗС) — одна из ключевых задач транспортной логистики. На практике топливо развозится не с одной, а с нескольких нефтебаз. При этом необходимо учитывать ограничения, связанные с режимом труда водителя и конфигурацией транспортной сети.

Классическая задача коммивояжёра предполагает единственный пункт отправления. Для нескольких баз её нужно обобщать. Известные подходы (метод ветвей и границ, генетические алгоритмы) либо требуют больших вычислений, либо не гарантируют точного решения.

Необходимо разработать точную методику планирования маршрутов доставки нефтепродуктов с нескольких нефтебаз на основе динамического программирования с учётом ограничений по времени работы водителя и длине плеча маршрута.

Задача рассматривается как *n*-шаговый процесс принятия решена. На каждом шаге выбирается управление так, чтобы значение критерия на данном шаге в сумме с оптимальным значением на всех последующих шагах было минимальным с учётом ограничений [1].

**Ограничение по продолжительности рабочей смены водителя:**

$$T_{мрш} \le T_{см}, \qquad (1)$$

где $T_{марш}$ - суммарное время выполнения маршрута, ч;

$T_{см}$ - продолжительность рабочей смены водителя, ч.

**Ограничение по максимальной длине плеча маршрута:**

$$c_{ij} \le L_{max}, \tag{2}$$

где $c_{ij}$ - расстояние между соседними пунктам *i* и *j*, км;

$L_{\max}$ - максимально допустимая длина плеча маршрута, км.

Пусть имеется несколько нефтебаз $M = \{1,2,...,m\}$ и множество АЗС $A=\{1,2,... , n\}$.

Обозначим $c_{ij}$ - расстояние между пунктами *i* и *j*.

Введём функцию Беллмана *B(i,S;d)* — минимальный путь из вершины *i* через все вершины множества *S* с возвращением на нефтебазу *d*.

Рекуррентное соотношение:

$$B(i;S;d) = \min_{j \in S} \left\{ c_{ij} + B\left( j;\frac{S}{j};d \right) \right\}. \tag{3}$$

Условие окончания:

$$B(i;\varnothing;d) = c_{id}. \tag{4}$$

Для учёта ограничений (1) и (2) введём дополнительные параметры состояния: текущее время маршрута *t* и признак допустимости плеча. Тогда обобщённая функция Беллмана примет вид:

$$B(i;S;d;t). \tag{5}$$

Рекуррентное соотношение с ограничениями:

$$B(i;S;d;t) = \min_{\substack{j \in S \\ c_{ij} \le L_{\max} \\ t+\tau_{ij} \le T_{см}}} \left\{ c_{ij} + B\left( j;\frac{S}{j};d;t+\tau_{ij} \right) \right\}, \tag{6}$$

где $\tau_{ij}$ - время движения по плечу ( *i, j*),ч.

Общая задача сводится к распределению АЗС между нефтебазами. Если $A_1, A_2, ... A_m$ – подмножества АЗС, обслуживаемые соответствующими базами, то:

$$A_1 \cup A_2 \cup ... \cup A_m = A, \;\; A_i \cap A_j = \varnothing. \tag{7}$$

Целевая функция:

$$F = \min_{A_1,...A_m} \sum_{d=1}^{m} F_d(A_d), \tag{8}$$

где $F_d(A_d)=B(d;A_d;d)$ - минимальная протяженность маршрутов для базы *d*.

Рассмотрим три нефтебазы (вершины 1, 2, 3) и пять автозаправочных станций (вершины 4, 5, 6, 7, 8). Продолжительность рабочей смены водителя принята равной 8 ч, средняя скорость движения — 30 км/ч,

максимальная длина плеча маршрута — 10 км. Матрица расстояний приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Матрица расстояний, км

| Пункт | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | — | 9,2 | 11,4 | 5,1 | 7,3 | 10,6 | 12,8 | 8,4 |
| 2 | 9,2 | — | 7.8 | 10.5 | 6,2 | 4,7 | 8,9 | 11,3 |
| 3 | 4,4 | 7,8 | — | 12,1 | 9,4 | 8,3 | 5,6 | 6,9 |
| 4 | 5,1 | 10,5 | 12,1 | — | 3.8 | 7,2 | 9,6 | 6,3 |
| 5 | 7,3 | 6,2 | 9,4 | 3.8 | — | 4,1 | 6,7 | 5,2 |
| 6 | 10,6 | 4,7 | 8.3 | 7,2 | 4,1 | — | 3,9 | 7,8 |
| 7 | 12,8 | 8,9 | 5,6 | 9.6 | 6,7 | 3,9 | — | 4,5 |
| 8 | 8,4 | 11,3 | 6,9 | 6,3 | 5,2 | 7,8 | 4,5 | — |

**Шаг 1.** Вычисляем значения функции Беллмана для допустимых подмножеств АЗС го каждой нефтебазе.

Для нефтебазы 1 и подмножества {4,5}:

Проверка ограничений:

- плечо $c_{14}$ = 5,1 км ≤ 10 км — выполняется;
- плечо $c_{45}$ = 3,8 км ≤ 10 км — выполняется;
- плечо $c_{51}$ = 7,3 км ≤ 10 км — выполняется;
- время маршрута: $t$ = (5,1+3,8+7,3)/30=16,2/30=0,54 ч ≤ 8 ч — выполняется.

$$B(1;\{4,5\};1) = \min \begin{cases} 5{,}1 + 3{,}8 + 7{,}3 = 16{,}2; \\ 7{,}3 + 3{,}8 + 5{,}1 = 16{,}2. \end{cases}$$

Для нефтебазы 2 и подмножества {6,7}:

Проверка ограничений:

- плечо $c_{26}$ = 4,7 км ≤10 км — выполняется;
- плечо $c_{67}$ = 3,98 км ≤ 10 км — выполняется;
- плечо $c_{72}$ = 8,9 км ≤ 10 км — выполняется;
- время маршрута: $t$ = (4,7+3,9+8,9)/30=17,5/30=0,58 ч ≤ 8 ч — выполняется.

$$B(2;\{6,7\};2)=\min\begin{cases}4{,}7+3{,}9+8{,}9=17{,}5\\ 8{,}9+3{,}9+4{,}7=17{,}5.\end{cases}$$

Для нефтебазы 3 и подмножества {7,8}:

Проверка ограничений:

- плечо $c_{37}$ = 5,6 км ≤10 км — выполняется;
- плечо $c_{78}$ = 4,5 км ≤ 10 км — выполняется;
- плечо $c_{83}$ = 6,9 км ≤ 10 км — выполняется;
- время маршрута: $t$ = (5,6+4,5+6,9)/30=17,0/30=0,57 ч ≤ 8 ч — выполняется.

$$B(3;\{7,8\};3)=\min\begin{cases}5{,}6+4{,}5+6{,}9=17{,}0\\ 6{,}9+4{,}5+5{,}6=17{,}0.\end{cases}$$

Подмножества, не прошедшие проверку по длине плеча или по времени, блокируются (значение ∞).

**Шаг 2.** Перебираем допустимые разбиения множества АЗС между базами. Оптимальным сказалось:

$$A_i=\{4\},\ A_2=\{5,6\},\ A_3=\{7,8\}.$$

Проверка ограничений:

Для $A_1$ = {4}:

- плечи: $c_{14}$ = 5,1 ≤ 10; $c_{41}$ = 5,1 ≤ 10;
- время: $t$ = (5,1 + 5,1)/30 = 10,2/30 = 0,34 ч ≤ 8 ч.

Для $A_2$ = {5,6}:

- плечи: $c_{25}$ = 6,2 ≤10; $c_{56}$ =4,1 ≤ 10; $c_{б2}$ = 4,7 ≤ 10;
- время: $t$ = (6,2+4,1+4,7)/30 = 15,0/30 = 0,50 ч ≤ 8 ч.

Для $A_з$ = {7,8}:

- плечи: $c_{37}$ = 5,6 ≤ 10; $c_{78}$ = 4,5 ≤ 10; $c_{83}$ = 6,9 ≤ 10;
- время: $t$= (5,6 + 4,5 + 6,9)/30 = 17,0/30 = 0,57 ч ≤ 8 ч.

Тогда:

$$F_1 = c_{14} + c_{41} = 5{,}1 + 5{,}1 = 10{,}2 \text{ км};$$
$$F_2 = 15{,}0 \text{ км};$$
$$F_3 = 17{,}0 \text{ км};$$
$$F = 10{,}2 + 15{,}0 + 17{,}0 = 42{,}2 \text{ км}.$$

**Шаг 3.** Формируем маршруты:

- 1-4-1 (10,2 км);
- 2-5-6-2 (15,0 км);
- 3-7-8-3 (17,0 км).

Приведенные расчеты показали, что суммарный пробег по предложенной методике составил 42,2 км.

Для сравнения: при раздельном обслуживании каждой АЗС ближайшей нефтебазой без оптимизации маршрутов пробег составил бы:

$$F_{раз} = 2(5{,}1 + 6{,}2 + 4{,}7 + 5{,}6 + 6{,}9) = 57{,}0 \text{ км}.$$

Сокращение пробега:

$$\frac{57{,}0 - 42{,}2}{57{,}0} 100\% = 26{,}0\%$$

Таким образом, методика позволяет уменьшить суммарный гребет более чем на четверть.

В работе предложена методика маршрутизации доставки нефтепродуктов с нескольких нефтебаз, основанная на методе динамического программирования. В отличие от классической задачи коммивояжёра, рассматриваемый подход допускает обслуживание автозаправочных станций одновременно с нескольких баз, что соответствует условиям функционирования нефтеснабжающих предприятий. Для учёта практических ограничений введена обобщённая функция Беллмана, включающая дополнительные параметры состояния — текущее время маршрута и признак допустимости плеча, что позволяет на каждом шаге расчёта проверять соблюдение ограничений по продолжительности рабочей смены водителя и максимальной длине плеча маршрута. Верификация методики выполнена на численном примере, результаты которого подтвердили её работоспособность и эффективность. Методика может быть рекомендована к использованию в диспетчерских службах нефтеснабжающих предприятий в качестве инструмента поддержки принятия решений при оперативном планировании доставки нефтепродуктов.

## Список литературы

1. Андреев, А.Ю. Методика определения оптимальных маршрутов в условиях оперативного планирования автомобильных грузовых перевозок / А. Ю. Андреев // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – № 1(90). – С. 107–113.

2. Аннабаева, Н.Р. Динамическое программирование / Н. Р. Аннабаева // Символ науки. – 2023. – № 10-2. – С. 12–13.

3. Жесткова, С.А. Моделирование транспортно-логистических процессов сетевой доставки автомобильным транспортом / С. А. Жесткова // Мир транспорта и технологических машин. – 2025. – № 1-1(88). – С. 36–42.

4. Новиков, А.Н. Методика проектирования кольцевых маршрутов с обратным грузом / А.Н. Новиков, С. А. Жесткова // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 1-3(84). – С. 19–26.

5. Шрамко, А.П. Оптимизация транспортно-технологических процессов методом динамического программирования / А. П. Шрамко // Морские интеллектуальные технологии. – 2021. – № 4-1(54). – С. 184–194.

**УДК 656.13**

# АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИЧИН ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ НА ФЕДЕРАЛЬНЫХ ДОРОГАХ ПОВОЛЖСКОГО РЕГИОНА ЗА 2025 ГОД

**Захаров Юрий Альбертович,** к.т.н., доцент
**Панькин Алексей Николаевич,** студент гр. 24ЭТМК1мз
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация.** *Актуальность: Поволжский регион характеризуется высокой плотностью транспортных потоков и значительной нагрузкой на федеральные трассы (в частности, М-5 «Урал» и М-7 «Волга»), что обуславливает стабильно высокий уровень аварийности. Исследование причин ДТП 2025 года необходимо для корректировки региональных программ безопасности дорожного движения и минимизации ущерба.*

*Цель исследования: Выявление и систематизация доминирующих факторов, приводящих к ДТП на федеральной сети дорог Поволжья, с разделением их на человеческий фактор, технические неисправности и состояние дорожной инфраструктуры.*

*Методология: В работе проведен комплексный статистический анализ данных ГИБДД МВД России и результатов инструментальной диагностики дорожного полотна. Применены методы сравнительного анализа с аналогичными периодами предыдущих лет, а также картографирование участков концентрации ДТП.*

*Ключевые результаты: Установлено, что в структуре аварийности на федеральных трассах региона преобладают столкновения транспортных средств, вызванные нарушениями правил обгона и выездом на полосу встречного движения.Главной сопутствующей причиной выступает неправильный выбор скорости движения, не соответствующий конкретным дорожным условиям.*

*Доля ДТП, спровоцированных неудовлетворительным состоянием дорожной инфраструктуры (неровность и низкие сцепные качества покрытия, отсутствие разметки, дефекты освещения), составляет около 20% от общего числа происшествий, при этом отмечается рост аварийности на участках с несоответствием геометрических параметров дороги её технической категории.*

Движение по дорогам России имеет высокую степень неопределенности, в связи, с чем ежегодно тысячи человек гибнут или получают ранения в дорожно-транспортных происшествиях. ДТП является одной из самых значимых проблем России, так как связаны со здоровьем и

жизнью людей молодого и среднего возраста и поэтому приводят к потерям в области демографического воспроизводства населения.

Увеличению вероятности возникновения ДТП сопутствуют факторы риска. Изучая такие факторы, можно понять, какие условия вызывают ненормально большое количество происшествий. Чем больше факторов риска, проявляющихся одновременно, тем больше вероятность происшествия.

Основной пик ДТП приходится на летний период. Это обусловлено тем, что из-за особенностей климата именно эти месяцы являются месяцами отпусков, и за счёт этого на дорогах в несколько раз возрастает автомобильный поток, в том числе за счет транспорта из других регионов.

Также одной из причин увеличения количества ДТП являются неблагоприятные климатические условия, которые снижают сцепные качества шин с дорогой и ухудшают видимость.

В ходе анализа карточек ДТП было выявлено 9 различных видов ДТП:

1 столкновение;
2 съезд с дороги;
3 опрокидывание;
4 наезд на пешехода;
5 наезд на стоящее ТС;
6 наезд на препятствие;
7 наезд на животное;
8 наезд на велосипедиста;
9 наезд на лицо, не являющееся участником дорожного движения, осуществляющее производство работ.

Так как столкновения подразделяются по различному характеру сближения ТС, рассмотрим каждый характер сближения ТС как отдельный вид ДТП.

На рисунках 1 и 2 с помощью круговой диаграммы отобразим в процентном соотношении распределение ДТП по видам на федеральных дорогах М5 «Урал» и М7 «Волга» соответственно, где к иному виду ДТП относится: наезд на животное, наезд на велосипедиста, наезд на лицо, не являющееся участником дорожного движения, осуществляющее производство работ.

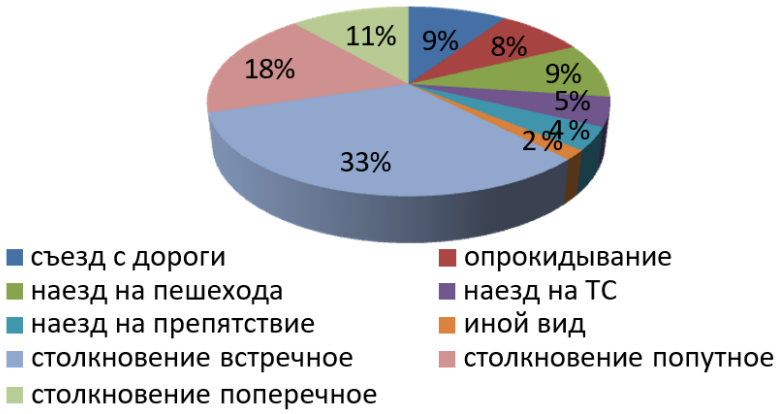



Рисунок 1 – Распределение погибших по видам ДТП на федеральной дороге М5




Рисунок 2 – Распределение погибших по видам ДТП на федеральной дороге на М7

Сравнив рисунки 1 и 2 видим, что в сумме наибольшее количество погибших наблюдается при столкновении, среди столкновений наибольшее количество погибших встречается при встречном столкновении. Анализируя рисунки, можно сделать вывод, что не смотря на преобладание столкновений распределение видов ДТП в процентном сообщение кардинально различается. На съезды с дороги и опрокидывания на федеральной дороге М7 приходится в 2 раза больше ДТП, чем на М5 (35% от общего количества).

Помимо столкновений и потери курсовой устойчивости на федеральных дорогах достаточно часто встречаются наезды на пешеходов (до 9% от общего количества ДТП). В 80% ДТП виноваты сами пешеходы.

Среди нарушений ПДД среди пешеходов часто встречаются следующие нарушения:

1 ходьба вдоль проезжей части попутного направления

вне населенного пункта при удовлетворительном состоянии обочины;

2 переход через проезжую часть в неустановленном месте (при наличии в зоне видимости перекрёстка);

3 нахождение на проезжей части без цели её перехода;

4 неожиданный выход из-за ТС.

Все перечисленные выше виды ДТП происходят из-за следующих нарушений:

1 несоблюдение очередности проезда;
2 другие нарушения ПДД водителем;
3 выезд на полосу встречного движения;
4 неправильный выбор дистанции;
5 нарушение правил проезда пешеходного перехода;
6 разворот в местах, где разворот запрещён;
7 нарушение правил расположения ТС на проезжей части;
8 выезд на полосу встречного движения в местах, где это запрещено;
9 нарушение правил обгона;
10 нарушение требований дорожных знаков;
11 несоблюдение бокового интервала;
12 нарушение правил перестроения;
13 стоянка на проезжей части или обочине без освещения;
14 нарушение правил остановки и стоянки;
15 нарушение требований сигналов светофора.

Отобразим относительное количество нарушений на федеральных дорогах Поволжского региона на рисунке 3.




Рисунок 3 – Основные виды нарушений ПДД на федеральных дорогах Поволжского региона

Из рисунка 3 видно, что основным нарушением ПДД является «Другое нарушение». Данная формулировка чаще всего скрывает под собой несоответствие скорости конкретным дорожным условиям и потерю управляемости автомобилем, так как данный вид нарушений в 80% встречается при съездах с дороги и опрокидывание автомобиля. Также данный вид нарушений встречается при управлении ТС в состоянии алкогольного опьянения.

Среди нарушений, которые носят конкретный характер, каждое третье это выезд на встречную полосу (31%). Также достаточно часто встречаются нарушения правил расположения ТС на проезжей части (13%), неправильный выбор дистанции (8%), несоблюдение очередности проезда (8%).

В 50% ДТП помимо основного нарушения присутствуют сопутствующие нарушения, чаще всего встречаются следующие нарушения:

1 управление транспортным средством при наличии неисправностей или условий, при которых эксплуатация транспортного средства запрещена;

2 управление ТС в состоянии алкогольного опьянения;

3 нарушение водителем правил применения ремней безопасности;

4 несоблюдение требований ОСАГО;

5 нарушение правил перевозки детей

Помимо вышеперечисленных нарушений также встречаются следующие нарушения:

1 светопропускание стекол менее нормативного;

2 отказ водителя от прохождения медицинского освидетельствования на состояние опьянения;

3 оставление места ДТП;

4 управление в состоянии переутомления, сон за рулём;

5 нарушение правил перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов;

6 превышение установленной скорости движения;

7 управление ТС лицом, не имеющим права на управление ТС;

8 нарушение правил применения мотошлема;

9 эксплуатация незарегистрированного ТС;

Данные нарушения встречаются не только у виновников ДТП, но и у других участников дорожного движения.

В результате проведенного анализа аварийности на федеральных дорогах Поволожского региона установлено, что ежегодно на междугородной сети происходит до 32 % ДТП, доля погибших от общего числа достигает 70%. Основной пик ДТП приходится на летний период. Наибольшее количество погибших наблюдается при столкновениях (62%),

среди столкновений наибольшее количество погибших встречается при встречном столкновении.

Количество ДТП с участием транспорта, осуществляющего общественные перевозки, достигает 48% от общего количества, доля погибших в этих ДТП от общего числа достигает 65%.

На федеральной дороги М5 «Урал» по вине водителей автомобилей, осуществляющих общественные перевозки, в основном происходят столкновения, а на федеральной дороге М7 «Волга» съезды с дороги и опрокидывания.

В связи с большой смертностью на междугородной сети проблема безопасности дорожного движения является актуальной.

## Список литературы

1. Безопасность дорожного движения : [новость] / Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). — Текст : электронный // Официальный интернет-сайт Федерального дорожного агентства. — 2025. — 14 апреля. — URL: https://rosavtodor.gov.ru/about/upravlenie-fda/upravlenie-ekspluatacii-avtomobilnyh-dorog/bezopasnost-dorozhnogo-dvizheniya/721944 (дата обращения: 26.10.2026)

2. На 8,2 % уменьшилось общее количество ДТП на федеральных трассах Рязанской области по итогам 8 месяцев 2025 года : [новость] / ФКУ «Поволжуправтодор». — Текст : электронный // Пресс-центр Федерального дорожного агентства. — 2025. — 24 сентября. — URL: https://bv.rosavtodor.gov.ru/department/press-center/novosti/717489 (дата обращения: 26.10.2026)

3. Статистика ДТП в России за 2025 год : аналитический обзор / МПП-РУС. — Текст : электронный // Портал мониторинга правоприменения. — 2026. — URL: https://mpp-rus.ru/statistika-dtp/obzor/2025/rossiya (дата обращения: 26.10.2026)

4. В Самарской области за 6 месяцев снизилась смертность в ДТП на 12,8% : [новость]. — Текст : электронный // Togliatti24.ru. — 2026. — 22 июля. — URL: https://togliatti24.ru/avto/view/za-polgoda-cislo-pogibsih-v-dtp-v-samarskoj-oblasti-umensilos-na-128 (дата обращения: 26.10.2026).

5. Колесная статистика ДТП 2025: аварийность ниже, пьяных меньше : аналитический обзор / ИА «ПромРейтинг». — Текст : электронный // Promrating.ru. — 2025. — URL: https://promrating.ru/news/kolesnaya-statistika-dtp-2025-avarijnost-nizhe-pyanyh-menshe/ (дата обращения: 26.10.2026).

6. Количество ДТП с пострадавшими в России, по регионам. Регионы — статистика с 2010 по 2025 годы : статистический сборник / Statbase.ru. — Текст : электронный // Statbase.ru. — 2025. — URL: https://statbase.ru/datasets/national-statistics-of-russia/population-and-society/number-of-road-accidents-with-casualties-by-region-national-stat (дата

обращения: 26.10.2026)

7. Статистика ДТП в России за 2025 год : [новость] / «Коммерсантъ». — Текст : электронный // Tverlife.ru. — 2025. — URL: https://tverlife.ru/photo/statistika-dtp-v-rossii-za-2025-god (дата обращения: 26.10.2026)

8. Рейтинг регионов по безопасности дорожного движения: Как снизить аварийность на дорогах? : материалы пресс-конференции / Информационное агентство «Национальная Служба Новостей». — Текст : электронный // NSN.fm. — 2025. — 30 октября. — URL: https://nsn.fm/press-center/reiting-regionov-po-bezopasnosti-dorozhnogo-dvizheniya-kak-snizit-avariinost-na-dorogah (дата обращения: 26.10.2026)

9. Влияние показателей транспортно-эксплуатационного состояния дорожной сети на состояние аварийности : обзорная информация / РосдорНИИ. — Текст : электронный // Ruscable.ru. — URL: https://www.ruscable.ru/info/snip/Data1/56/56230/index.htm (дата обращения: 26.10.2026). — Режим доступа: свободный. — Загл. с экрана.

10. Безопасность дорожного движения : [новости] / Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). — Текст : электронный // Официальный интернет-сайт Федерального дорожного агентства. — 2026. — URL: https://rosavtodor.gov.ru/about/upravlenie-fda/upravlenie-ekspluatacii-avtomobilnyh-dorog/bezopasnost-dorozhnogo-dvizheniya (дата обращения: 26.10.2026)

**УДК 656.13:629.3.017**

# МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ПУТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ «ВАДС»

**Захаров Юрий Альбертович,** к.т.н., доцент
**Панькин Алексей Николаевич,** студент гр. 24ЭТМК1мз
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация.** *Статья посвящена разработке методологических основ повышения безопасности дорожного движения через обеспечение надежности системы «Водитель — Автомобиль — Дорога — Среда» (ВАДС). Авторы доказывают, что безопасность определяется не отдельными элементами, а их согласованным взаимодействием, и анализируют факторы надежности каждого компонента: от психофизиологического состояния водителя и технического состояния автомобиля до качества дорожного покрытия и погодно-климатических условий среды. На примере формулы остановочного пути демонстрируется, как отказ в любом из звеньев ведет к нарушению работы всей системы и возникновению ДТП.*

*В работе предложена трехуровневая модель управления (законодательный, практический и оперативный), направленная на минимизацию человеческого фактора, который является причиной около 2/3 всех аварий. Обосновывается необходимость комплексного подхода, включающего совершенствование подготовки водителей с учетом их индивидуальных особенностей, внедрение психологического отбора и неразрывную связь технических улучшений инфраструктуры с повышением надежности водителя как центрального оператора системы.*

Всесторонний анализ всех видов ДТП невозможен без выявления факторов и причин, их вызывающих. Исходя и такого представления, ДТП необходимо рассматривать с системной точки зрения, а факторы, определяющие или сопутствующие происшествию, классифицировать в соответствии с комплексными свойствами системы «Водитель – автомобиль – дорога – окружающая среда» («ВАДС»).

Каждый из компонентов системы «ВАДС» может рассматриваться как система более низкого уровня. Таким образом, система обладает иерархией (от греч. hieros – священный и arche – власть), т.е. расположением частей целого в порядке от высшего к низшему.

Нарушения в работе каждого из компонентов системы «ВАДС» приводит к снижению ее эффективности (уменьшению скорости движения,

немотивированным остановкам, увеличению расхода топлива) или к аварии (ДТП). Упрощенная схема системы «ВАДС» на рисунке 1.

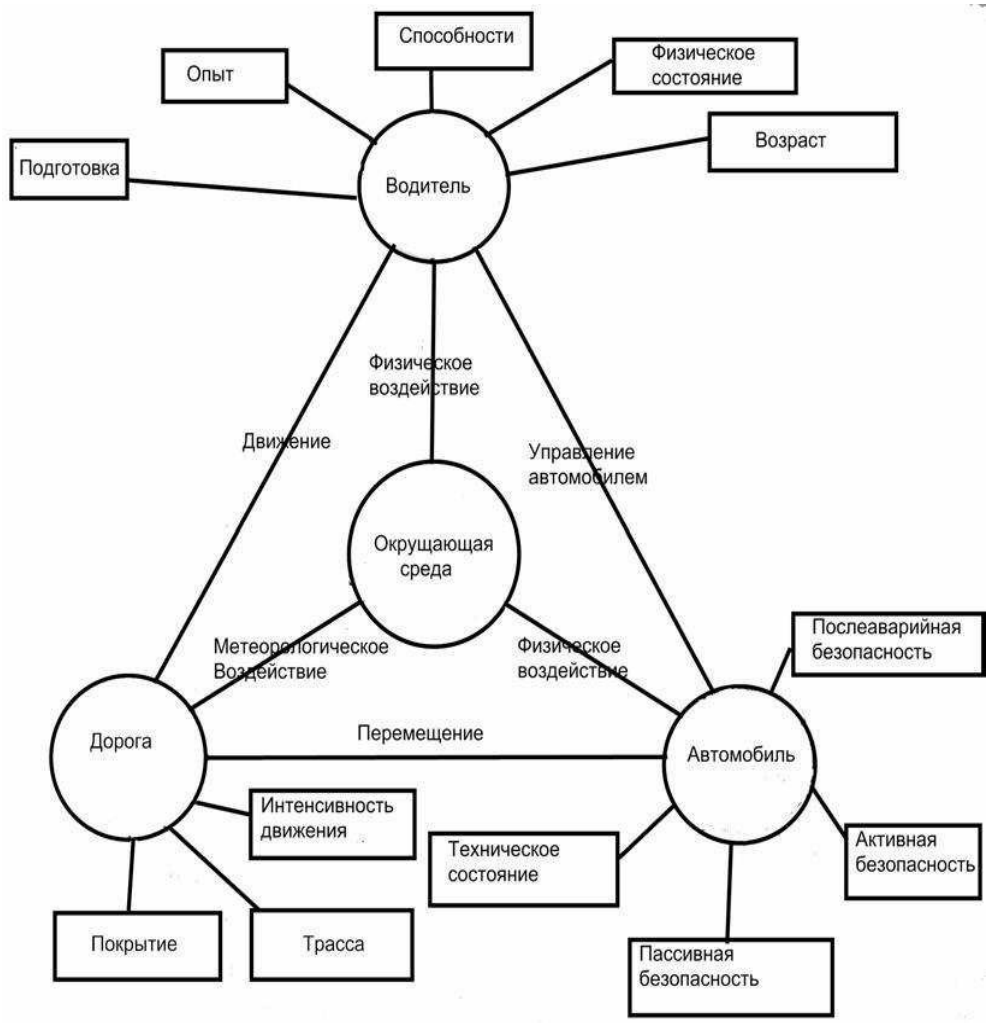



Рисунок 1 – Схема системы «ВАДС»

«Основной характеристикой системы «ВАДС» является ее надежность. Надежность объекта – свойство выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям пользования, технологического обслуживания, ремонта.

Надежность – сложное свойство, слагающееся из более простых (безотказности, ремонтопригодности, долговечности, сохраняемости).

Смысловое значение каждого из упомянутых терминов оговорено соответствующими нормативными документами.

В зависимости от вида объекта, надежность его может определяться всеми или частью перечисленных свойств. Для объекта «ВАДС» надежность зависит, прежде всего, от безотказности. Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени» [19]. Отказом в данном случае

рассматривается факт возникновения ДТП.

На рисунке 2 представлено распределение отказов по элементам системы «ВАДС»




Рисунок 2 – Распределение отказов
по элементам системы «ВАДС»

В 57 % случаев главная причина ДТП – ошибка человека; в 27 % случаев причиной ДТП является проблема взаимодействия человека и дороги; в 6 % случаев причиной ДТП является проблема взаимодействия человека и автомобиля; в 3 % случаев причиной ДТП является проблема сложного взаимодействия человека, автомобиля и дороги.

Создание методологических основ повышения безопасности дорожного движения путем обеспечения надежности системы «ВАДС» включает:

- исследование и определение механизма влияния психофизиологических характеристик водителя на безопасность дорожного движения;
- исследование и определение механизма влияния конструктивных особенностей автомобиля на безопасность дорожного движения;
- исследование и определение механизма влияния дорожных условий на безопасность дорожного движения;
- исследование и определение механизма влияния внешней среды на безопасность дорожного движения;
- разработка методологии оценки надежности системы «ВАДС».

## Список литературы

1. Правила дорожного движения Российской Федерации. — М., 2024. — 64 с. (Базовый нормативный документ, регламентирующий

функционирование системы ВАДС).
2. ГОСТ Р 58401.1-2019. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2019. (Влияние качества дорожного покрытия на надежность компонента «Дорога»).
3. Клинковштейн, Г. И., Афанасьев, М. Б. Организация дорожного движения: Учебник для вузов. — 6-е изд. — М.: Транспорт, 2021. — 247 с. (Методология организации дорожного движения).
4. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ «ВОДИТЕЛЬ–АВТОМОБИЛЬ–ДОРОГА–СРЕДА» // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Машиностроение». — 2023. — Т. 23, № 2. — С. 5–15. (Вероятностно-статистические методы оценки эффективности и надежности ВАДС).
5. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ВОДИТЕЛЬ–АВТОМОБИЛЬ–ДОРОГА–СРЕДА (ВАДС) В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Машиностроение». — 2022. — Т. 22, № 4. — С. 45–56.
6. Влияние дорожных условий на надежность работы водителя и безопасность движения // Современные наукоемкие технологии. — 2021. — № 5. — С. 12–18. (Психофизиологические механизмы снижения надежности оператора).
7. Повышение безопасности движения автомобилей на основе анализа аварийности и моделирования ДТП // Фундаментальные исследования. — 2024. — № 8.
8. Оценка эффективности функционирования системы водитель-автомобиль-дорога-среда по энергетическим показателям // SciUp. — 2023.
9. Влияние фактора «Автомобиль» на безопасность дорожного движения в условиях цифровизации транспортной среды // Вестник СибАДИ. — 2025. — Т. 22, № 4. — С. 88–99.
10. Patorniti, N. P., Stevens, N. J., Salmon, P. M. A systems approach to city design: Exploring the compatibility of sociotechnical systems // Habitat International. — 2017. — Vol. 66. — P. 42–48.

**УДК 658.58**

# ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВЕСКИ МЕТОДОМ КОЭРЦИТИМЕТРИИ

**Карташов Александр Александрович,** к.т.н., доцент
**Леонтьева Оксана Николаевна,** магистрант 24ЭТМК1мз
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация.** *Цель работы: оценка состояния элементов подвески автомобилей методом коэрцитиметрии.*

*Методы: Коэрцитиметрия позволяет не только находить и оценивать параметры уже существующих дефектов в деталях, но и позволяет выявлять такие изменения в материале, которые предшествуют возникновению дефектов, т.е. позволяет прогнозировать преддефектное состояние.*

*Результаты, выводы*: *Коэрцитиметрия позволяет методически и приборно, быстро, просто и дешево выявить и оценить качественно и количественно изменения напряженно-деформированного и усталостного состояния. Этим обеспечивается полнота исходных данных диагностики.*

При проведении мониторинга технического состояния деталей, одной из наиболее актуальных является задача объективного своевременного обнаружения дефектов различной природы.

Использование неразрушающих методов контроля, не требующих вырезки образцов или разрушения готовых изделий, позволяет избежать больших потерь времени и материальных затрат, обеспечить частичную или полную автоматизацию операций контроля при одновременном значительном повышении качества и надежности.

Одним из методов неразрушающего контроля, широко применяемым на практике, является метод коэрцитиметрии, основанный на измерении напряженности магнитного поля при которой намагниченность в материале, предварительно намагниченном до насыщения, становится равной нулю.

Магнитный метод неразрушающего контроля механических свойств металла, на основе коэрцитивной силы ферромагнитных материалов основан на взаимосвязи между магнитными и физико-механическими свойствами, когда они одновременно зависят от одних и тех же факторов: химического состава, режима термической обработки, пластической деформации, микро- и макронапряжений, расположения дислокаций и др. [1]

В случае углеродистых низколегированных сталей

вышеперечисленные факторы одновременно и однозначно влияют на механические и магнитные свойства металла. Поэтому магнитный метод неразрушающего контроля механических свойств металла, на основе коэрцитивной силы, может успешно применяться для контроля напряженно- деформированного состояния (НДС) металла, уровня пластической формации и усталостных повреждений, наиболее нагруженных узлов сталей, работающих в условиях длительного циклического нагружения.

Магнитные свойства стальных металлоконструкций при циклическом нагружении формируются в условиях сложно напряженного состояния под влиянием растягивающих, изгибающих нагрузок и крутящих моментов.

Стальные детали собирают и хранят информацию, связанную с максимальными величинами действовавших нагрузок, в результате чего структура металла стальной детали конструкции выполняет функции своеобразного запоминающего датчика пикового значения силы, т.е., идет процесс накопления повреждений и микропластической деформации, приводящей к разрушению металла с последующей потерей основных функций. Ряд магнитных параметров, связанных с количеством нарушений структуры металла, являются своеобразным отображением силового режима работы конструкции.

В качестве основного контролируемого магнитного параметра была выбрана величина коэрцитивной силы Нс (А/см), т.к. она связана с остаточной пластической деформацией при статическом и циклическом нагружении деталей в процессе эксплуатации. В периоды изготовления сталей, монтажа и последующей эксплуатации происходит возрастание коэрцитивной силы (Нс).

Коэрцитивная сила - напряженность магнитного поля, необходимая для полного размагничивания предварительно намагниченного до насыщения ферромагнетика.

Размерность Нс выражается в А/м или А/см. Последняя размерность чаще используется в отечественной практике магнитного контроля как при построении корреляционных зависимостей, так и в измерительной технике.

Поэтому при наличии корреляционных зависимостей между Нс и пластической деформацией, по величине коэрцитивной силы, можно вести контроль накопления повреждений в металле, упругопластической деформации металла, а также прогнозировать усталостную долговечность металла. Все эти зависимости выводятся экспериментальным путем.

На показания не влияете размер зерна металла, плотность дислокаций, примесные элементы.

Плюсы применения метода коэрцитиметрии для диагностирования автомобильного транспорта:

Плюсы метода магнитной коэрцитиметрии:

1) Возможность выявления преддефектного состояния детали;
2) Возможность контроля качества термомеханической или химико-термической обработок, определения твердости и механических свойств деталей;
3) Приборы, предназначенные для измерения (коэрцитиметры) не требуют контактной жидкости, зачистки поверхности, работают прямо через защитное неметаллическое покрытие (без его снятия или нарушения) толщиной до 3 мм;
4) Малый вес и портативность коэрцитиметров;
5) Обращение в процессе диагностирования к базе данных, заложенной в коэрцитиметре. Получившиеся показания для данного автомобиля можно сравнить с показаниями для других той же марки, а также с допустимыми значениями коэрцитивной силы для данной марки стали и марки автомобиля;
6) Возможность проведения мониторинга изменения прочности детали в зависимости от числа циклов нагружений или пробега автомобиля.

Статистические данные показывают, что количество аварий из-за технической неисправности автотранспортных средств составляет 10-15% от общего количества. На долю неисправностей, которые водитель не мог обнаружить перед выездом, приходится 3-5%. Это, как правило, скрытые дефекты в узлах, техническое состояние которых может быть определено только после разборки.

Подвеска автомобиля представляет собой совокупность устройств, обеспечивающих упругую связь между кузовом машины и её колёсами во время передвижения. Её основное назначение заключается в создании комфортных условий для водителя и пассажиров, независимо от особенностей рельефа местности. Подвеска должна компенсировать неровности асфальтового дорожного покрытия.

Наиболее опасные последствия неисправности подвески:

1) Увеличение тормозного путь автомобиля;
2) Снижение порога начала аквапланирования;
3) Снижение курсовой устойчивости;
4) Увеличение крена кузова, что повышает риск опрокидывания;
5) Возможность увода в сторону при торможении на средних и высоких скоростях.

Магнитный метод коэрцитиметрии позволяет своевременно обнаружить опасную для здоровья и жизни поломку, сократить время диагностики ходовой части, повысить качество ремонтных работ.

Наибольший вклад в повреждаемость элементов подвески автомобилей вносит высокочастотное нагружения, определяемое рельефом дороги, поэтому целесообразно использовать методики динамического моделирования, использующие действительные профили

дорог и их модели [2]. Исследование ограничилось имитацией прямолинейного движения по различным типам дорог с различной, но постоянной скоростью. Для определения спектров нагружения конструктивных элементов использовалась математическая модель динамики автомобиля.

В расчетную схему модели включены основные агрегаты, механизмы и узлы, присущие автомобилю данной компоновки. Возмущение от дороги воздействует на автомобиль через шины, передающими три силы и один стабилизирующий момент (относительно вертикальной оси колеса). В программном комплексе ФРУНД были генерированы спектры нагружения подвески во время эксплуатации на дорожных покрытиях: асфальтовая дорога, ровный булыжник, булыжник с выбоинами и буграми, соответствующие дорогам автополигона Центрального научно-исследовательского автомобильного и автомоторного института (НАМИ). Некоторые спектры продемонстрированы на рисунке 1.

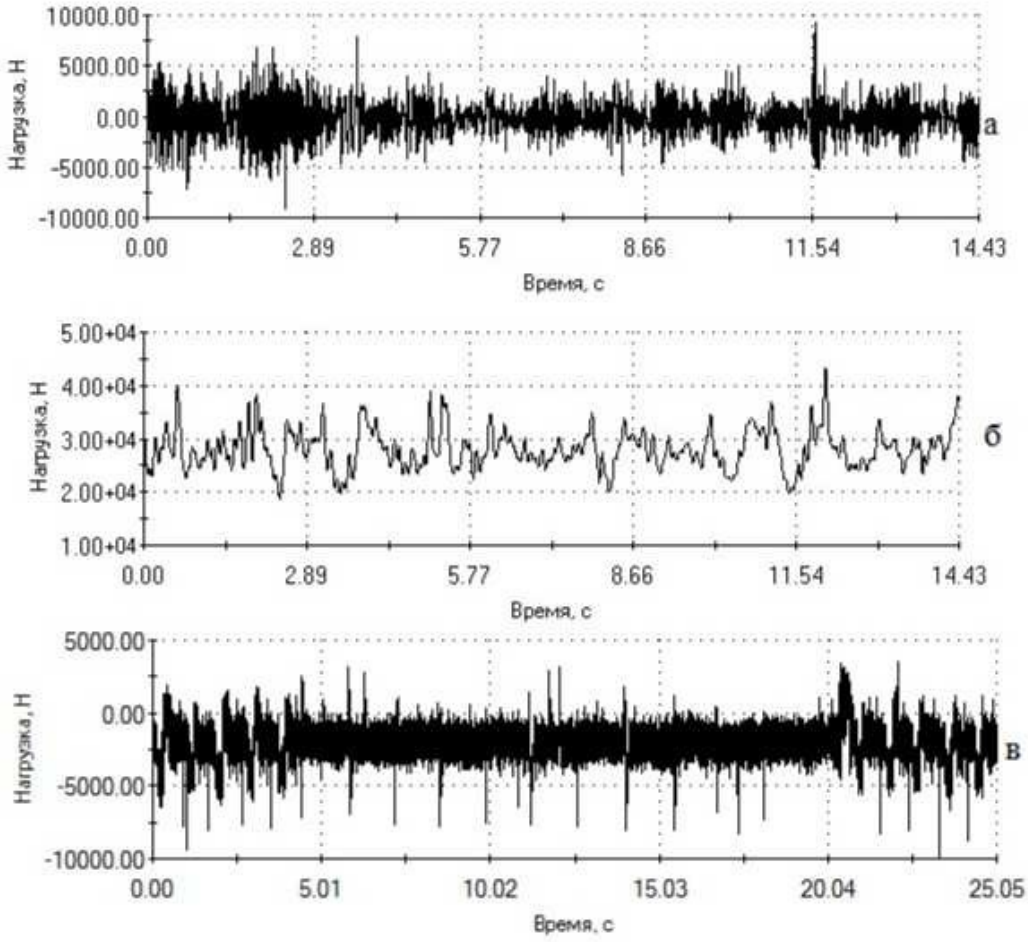



Рисунок 1 - Спектры нагружения нижнего рычага: в вертикальном направлении от булыжниковой дороги с буграми и выбоинами (а), сжимающая нагрузка от телескопического амортизатора (б), обобщенный спектр нагружения (в)

В каждом случае нагружения использовались спектры вертикального и горизонтального нагружения от дороги, а также спектр

сжимающей нагрузки от амортизатора.

Рассматривалось 4 случая нагружения, причем три случая, использующие генерированные спектры для асфальтовой дороги, дороги из ровного булыжника, булыжниковой дороги с выбоинами и буграми, а также случай нагружения со спектрами булыжниковой дороги с выбоинами и буграми.

Параметры типичных случайных микропрофилей дорог и методика оценки показателей плавности хода представлены по ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ и ОСТ 37.001.291-84 [3, 4]. Использовались микропрофили динамометрической дороги, ровного булыжника и булыжника с выбоинами. После описания дорожного полотна было выполнено моделирование стационарных случаев нагружения для указанных выше типов дорог.

Для рациональной оценки жизненного цикла конструкции необходимо построение обобщенной случайной выборки нагружения в соответствии с технологическими типовыми циклами работы машины. Принимая во внимание тот факт, что влияние деградации свойств материала вследствие накопления повреждений при анализе напряженно-деформированного состояния не учитывалось, было получено, что для нижнего рычага из материала с наилучшими усталостными характеристиками усталостный срок службы по пробегу составит:

$$L = \sum_{i=1}^{3} a_i \cdot v_i \cdot t_i = 4{,}77 \cdot 10^6 \text{ км},$$

$a_i$ - доля эксплуатации автомобиля на данном типе дорожного покрытия (0,684 - булыжник с выбоинами; 0,272 - ровный булыжник; 0,044 - асфальт);

$V_i$ - скорость движения на данном типе покрытия ( 45 км/ч - булыжник с выбоинами; 60 км/ч - ровный булыжник; 90 км/ч - асфальт );

$t_i$ - усталостный ресурс для данного типа дороги.

Подвеска автомобиля играет важную роль в обеспечении не только производительной и безопасной работы автомобиля, но и комфорта пассажиров и водителя, подвергаясь значительным, переменным по величине, частоте, направлению приложения нагрузкам, которые, в силу своих упругодемпфирующих свойств, сводятся к минимуму и передаются подрессоренным частям автомобиля. По этой причине подвеска может быть подвержена образованию трещин и разрушению усталостного характера, что вызывает необходимость проведения усталостного анализа.

## Список литературы

1) http://koercitiv.ucoz.ru;
2) Савкин А.Н., Горобцов А.С., Андроник А.В., Седов А.А..

Прогнозирование усталостного ресурса конструктивных элементов автомобиля при случайном нагружении/ УДК 669.14.539.431.;

3) ГОСТ 12.1.0122004 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования.;

4) ОСТ 37.001.29184. Автотранспортные средства. Технические нормы плавности хода.

**УДК 658.58**

# РЕСТАВРАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ КАК ВИД АВТОСЕРВИСНЫХ УСЛУГ

**Карташов Александр Александрович,** к.т.н., доцент
**Плотников Евгений Сергеевич,** аспирант
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация.** *Цель работы: дать оценку работ по реставрации ретро автомобилей. Методы: при выполнении работ по реставрации ретро автомобилей особое внимание уделяется поиску информации по конкретному автомобилю (год выпуска, комплектация, модификации, фото первозданного вида), а затем необходимо максимально близко восстановить аутентичный внешний и внутренний облик автомобиля, избегая «новодела».*

*Результаты, выводы*: *Кузов современного автомобиля - это сложная конструкция. Он выполняет множество важных и ответственных функций. Обратная сторона многофункциональности - сложность ремонта и восстановления кузова. После ремонта автомобиль должен не только принять первоначальный внешний вид, но и восстановить свою прежнюю геометрию и прочность. Прежде всего, имеется в виду геометрия нижней части кузова, скрытая от глаз, но определяющая эксплуатационные свойства автомобиля и его безопасность, так как именно к нижней части кузова крепятся все элементы подвески и именно она несет основную нагрузку.*

Кузов любого автомобиля - сложная конструкция, которая изготавливается исключительно на заводском оборудовании. Именно поэтому кузовной ремонт автомобиля, особенно работы по восстановлению, требует профессионального подхода, обученных специалистов и наличия современного оборудования и инструментов.

Кузовные работы имеют ряд особенностей, на качество которых очень сильно влияет выбор материалов для каждого конкретного случая. Качество кузовных работ напрямую влияет на внешний вид, на управляемость, уровень безопасности водителя и пассажиров, аэродинамические качества. Именно поэтому кузовные работы производятся строго по технологической карте производителя.

Кузова современных легковых автомобилей представляют собой сложную пространственную систему, рассчитанную на статические нагрузки, динамическую прочность и жесткость. Являясь несущим, кузов воспринимает нагрузки через тонкостенные элементы силового каркаса, а также внутренние и наружные панели.

В нормальных условиях эксплуатации такие кузова надежно служат по 10-12 лет и более.

Наиболее разрушительные повреждения кузова происходят при фронтальных столкновениях, при соударениях передней частью кузова под углом $40...45^0$ или сбоку. Как правило, такие столкновения происходят с двумя движущимися транспортными средствами, скорости которых складываются. При таких столкновениях кузов автомобиля разрушается, особенно его передняя часть, но действующие при этом большие нагрузки в продольном, поперечном и вертикальном направлениях передаются всем смежным деталям каркаса кузова и особенно его силовым элементам.

Кузовной ремонт обычно входит в комплекс восстановительных работ. Ремонт кузова это сложный процесс, профессионализм исполнителя в котором играет ведущую роль. Качество выполненного кузовного ремонта напрямую сказывается на безопасности эксплуатации транспортного средства и сроке его службы. Нарушенная геометрия кузова восстанавливается на специально оборудованных стапелях.

В случае аварий, со смещением или большой деформацией кузова, выполняются сложные виды кузовного ремонта с применением стапелей. Именно на стапеле производится восстановление геометрии кузова по заводским меткам. Как правило, кузовной ремонт происходит в несколько этапов и включает в себя: рихтовку, сварку, шпатлевку, грунтовку и покраску кузова. Именно таким способом устраняются все повреждения кузова, и восстанавливается его поверхность. Самый важный этап кузовного ремонта, это рихтовка. Это довольно сложная операция, заключающаяся в устранении дефектов и повреждений на поверхности кузова. Выполняется механическим способом с применением различных приспособлений и инструментов. В сложных случаях используются стапели.

Реставрация автомобиля производится в соответствии с технологическим процессом, который включает следующие операции: при снятии хромированных деталей, стараться не повредить эти детали, т.к. их поиск может занять много времени и средств. При демонтаже крыльев нужно быть осторожнее с внутренним крылом, чтобы не производить дополнительный ремонт. При снятии дверей необходимо обратить внимание на петли, возможно, потребуется их замена. Демонтаж порогов, поддомкратников лучше всего производить с опрокидывателем установленным на машине. При снятие переднего и заднего фартука, нужно стараться не повредить внутренние усилители. После демонтажа всех кузовных частей, внимательно осматривают кузов на наличие коррозии, в местах сильной коррозии рекомендуется установка латок с последующим их усилением. При подготовке к обработке необходимо убедится, что все места хорошо зачищены и обезжирены. Для обработки

автомобиля и кузовных частей пользуются только качественными и проверенными материалами. Перед установкой порогов, задних и передних крыльев, необходимо установить сначала двери и проверить зазоры между ними. При установке переднего и заднего фартука, необходимо проварить их с внутренней стороны. При установке поддомкратников лучше воспользоваться опрокидывателем для автомобиля. При проделывании отверстий под молдинги и т.д. ознакомьтесь с инструкцией по эксплуатации автомобиля, где есть все размеры и количество отверстий. При обработке всех сварочных швов необходимо пользоваться только качественными материалами.

В качестве оптимального решения для кузовного реставрационного ремонта, применяются электролитические ванны, т.е. ёмкости, содержащие рабочие растворы, в которых выполняются подготовительные, основные (процессы покрытия) и заключительные операции химической или гальванической (электрохимической) обработки поверхности деталей, являются основным видом оборудования гальванических цехов и участков. Несмотря на чрезвычайное разнообразие применяемых ванн, к ним предъявляется ряд общих требований: герметичность, химическая инертность материала ванны к содержащемуся в ней раствору, возможность создания и поддержания заданного теплового режима; удобство и безопасность обслуживания. Различие в конструкции ванн определяется прежде всего особенностями технологического процесса, требующими подогрева или охлаждения электролита, перемешивания, качания штанг, непрерывной фильтрации, наложения различных физических факторов (ультразвука, магнитного поля, протока электролита и т.п.). Кроме того, для электрохимических ванн необходим также подвод электрического тока требуемой полярности и силы с возможно большей равномерностью распределения тока по поверхности деталей и меньшими потерями электрического напряжения.

В зависимости от назначения ванн применяются различные типы корпусов. Показанный на рисунке 1 корпус ванны без кармана применяется для следующих технологических операций: электролитического нанесения покрытий, травления, улавливания, активирования (декапирования), пассивирования, осветления, оксидирования, окрашивания алюминия, нейтрализации, химического и электрохимического полирования, удаления некачественных покрытий, снятия шлама.

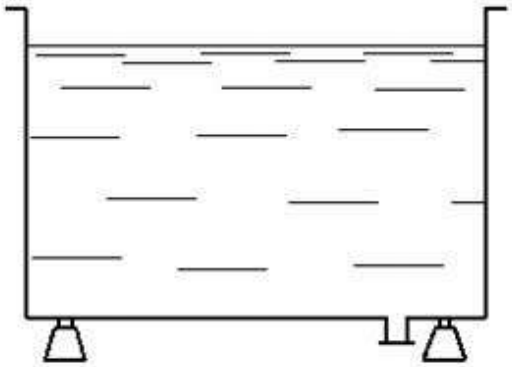


Рисунок 1 - Корпус ванны без кармана

Корпуса ванн, предназначенных для холодной и горячей промывки, химического и электрохимического обезжиривания и травления алюминия, изготавливаются с карманом (рисунок 2), который служит для слива верхнего сильно загрязнённого слоя жидкости. Расположение карманов допускается как с правой, так и с левой стороны корпуса ванны. Высота сливного кармана должна составлять не менее 10-20 % высоты ванны для исключения перелива жидкости из кармана обратно в ванну при погружении в неё крупногабаритных деталей.

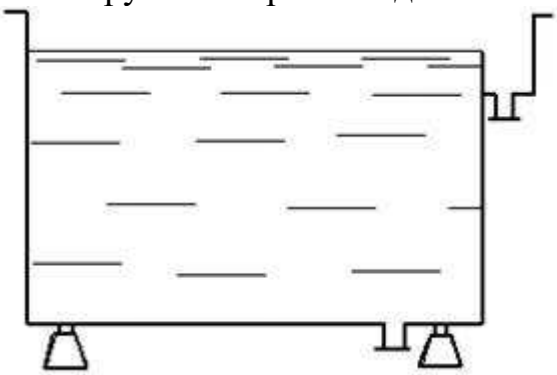


Рисунок 2 - Корпус ванны с карманом

Корпуса ванн, показанных на рисунках 3 и 4, предназначены для двух- и трёхступенчатой противоточной (двух- и трёхкаскадной) промывки. Детали начинают промывать в крайней правой "грязной" секции с карманом, из которого вода сливается в канализацию, а заканчивают в левой "чистой" секции, куда поступает чистая вода для промывки из цехового водопровода.

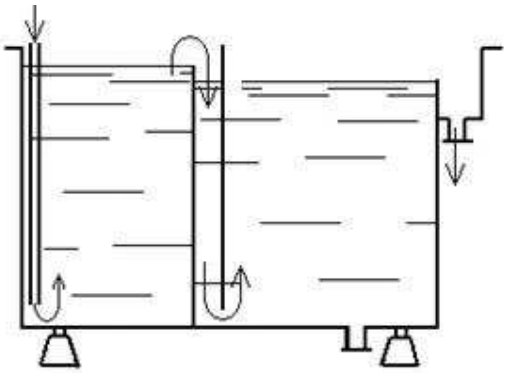


Рисунок 3 - Корпус ванны двухкаскадной промывки

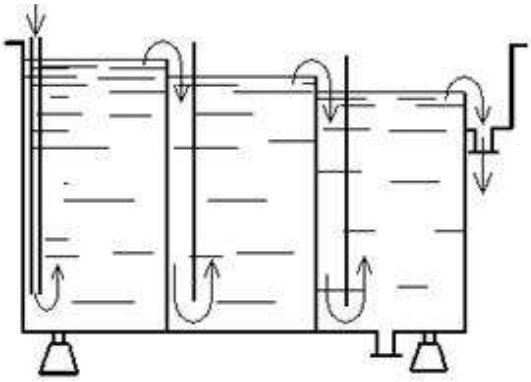


Рисунок 4 - Корпус ванны трёхкаскадной промывки

Из "чистой" секции вода равномерно переливается через специальные перегородки в нижние части следующих секций, вытесняя в канализацию через карманы верхние более грязные слои воды. Эти перегородки устанавливаются на расстоянии 50 мм от разделительных стенок секций и несколько выше их.

В гальваническом производстве встречаются ванны, имеющие более трёх ступеней промывки. Эти ванны применяют, например, при покрытии деталей драгоценными металлами. Объясняется это тем, что при большем числе ступеней промывки в канализацию выносится (теряется) меньше драгоценного металла.

В ваннах многоступенчатой противоточной промывки чистая вода поступает сначала в секцию, наиболее удалённую от кармана, переливается в следующую секцию и так до тех пор, пока не попадает в карман, а из него – на очистку. Промываемые детали движутся навстречу потоку воды, т.е. сначала попадают в наиболее "грязную" секцию с карманом, потом – в следующую и так до тех пор, пока не попадут в последнюю "чистую" секцию.

При выполнении реставрационных работ особое внимание необходимо уделять восстановлению декоративных покрытий на молдингах, элементах внутренней и внешней отделки автомобилей, которые представлены на рисунках 5 и 6.




Рисунок 5 – Пример восстановления ГАЗ-21



Рисунок 6 – Пример восстановления Chevrolet Chevelle

Применение хромовых покрытий. Хромирование изделий широко распространено в промышленности вследствие ценных свойств хрома.

Защитно-декоративное хромирование применяется для отделки деталей автомобилей, приборов, медицинских инструментов, фотоаппаратов, изделий массового потребления и многих других.

Электролитический хром – металл серебристо-белого цвета с синеватым оттенком. Удельный вес электролитического хрома 6,94-7,1, температура плавления 1530°. Электролитический хром обладает рядом ценных физико-химических свойств, благодаря которым он широко используется в промышленности. Твердость электролитического хрома, выраженная в единицах Бринеля, достигает 1000 – 1100 НВ, что значительно превышает твердость закаленной стали. Большая твердость наряду с низким коэффициентом трения, жаростойкостью, высокой коррозионной стойкостью и другими свойствами обусловливают высокую износостойкость хромированных деталей.

Хром обладает большой стойкостью против воздействия многих кислот и щелочей: он не растворяется в слабых растворах азотной и серной кислот; в соляной и горячей концентрированной серной кислоте хром легко растворяется. На воздухе и под действием окислителей хром пассивируется за счет образования окисной пленки. Благодаря этому хром имеет более положительный потенциал, чем потенциал железа и хромовое покрытие не обеспечивает стальным деталям электрохимической защиты от коррозии (лишь при отсутствии пор оно может служить надежным защитным покрытием).

Декоративные свойства. Хромированные изделия отличаются высокими декоративными качествами, отличаясь от никеля синеватым оттенком. Хромовые покрытия сохраняют свой вид, не окисляясь, при нагревании до 450 – 500° С.

Полированные хромовые покрытия обладают хорошей отражательной способностью, уступая в этом отношении лишь серебру, которое, однако, со временем темнеет и его отражательная способность падает, в то время как хромовые покрытия сохраняют первоначальный вид.

Раритетный автомобиль – это не машина на каждый день, а поэтому если владелец решился на реставрацию, главное помнить то, что необходимо сохранить изюминку машины и деликатно подойти к ее восстановлению, ведь отношение к таким вещам должно быть как к чему-то совершенно особому. Конечно же, самостоятельно восстановить ретро-автомобиль невозможно. Во-первых, необходимо иметь определенные навыки реставрации автомобилей, во-вторых, такой транспорт требует поиска подходящих материалов и компонентов, многие из которых делаются на заказ.

Для того, чтобы заняться реставрацией, необходимо найти и

приобрести автомобиль, абсолютно любой марки. Далее идёт процесс устранения недостатков, путём ремонта или замены, имеющихся автозапчастей. Особый акцент необходимо сделать на внешнем виде, ведь реставрация предполагает модернизацию общего состояния. Нужно отметить, что качественно отреставрированный автомобиль, который прошёл через все этапы для получения путёвки в новую жизнь, способен окупить все затраты и принести дополнительную прибыль своему создателю.

**УДК УДК 621.431.7**

# ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ СНИЖЕНИЕ ТРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЦПГ ДВС

**Москвин Роман Николаевич,** к.т.н., доцент
**Баклушин Алексей Михайлович,** студент гр. 24ЭТМК1мз
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация.** *В статье представлен обзор современных конструкторско-технологических решений, направленных на снижение механических потерь на трение в цилиндро-поршневой группе (ЦПГ) двигателей внутреннего сгорания. Рассмотрены основные типы поршней (литые алюминиевые, кованые, стальные) и их конструктивные особенности, включая терморегулирующие вставки и каналы охлаждения (технологии Evotec SC, Evolite, Monotherm). Проанализирована эволюция геометрии боковой поверхности юбки — от конических и овальных профилей к современным бочкообразно-овальным, многоопорным и асимметричным формам, обеспечивающим гидродинамическое разделение поверхностей. Особое внимание уделено методам модификации поверхностей: применению маслоудерживающих микрорельефов, волнообразных канавок для смазки, а также антифрикционных покрытий (LofriKS, NanofriKS, MOLYKOTE D10) на основе графита, фторопласта и карбоновых нанотрубок. Показано, что комплексная оптимизация профиля и трибологических свойств поверхностей позволяет существенно сократить потери на трение, снизить расход топлива, уменьшить шумность и увеличить моторесурс ДВС.*

Поршни классифицируют по ряду конструкционных признаком, связанных, главным образом, с надежностью отдельных элементов данной детали (рисунок 1).

Литые поршни из алюминия обладают меньшим весом при отличной теплопроводности, располагают, в зависимости от назначения, влитыми укрепляющими деталями, такими как упрочняющая вставка для кольца из чугуна, стальные детали для заданного теплового расширения или керамические детали с усилением волокном из оксида алюминия.

Твердо-анодированные кольцевые канавки предотвращают износ и микросваривание при использовании поршней для дизельных двигателей.

Кроме того, широко распространено применение противоизносных и антикоррозионных нитридных покрытий, которые наносятся на трущиеся поверхности колечных канавок поршня путем плазменного азотирования или электролитноплазменной нитроцементации в среде инертных газов.

Широкое распространение получили кованые поршни со сплошной

юбкой, запатентованных конструкций AutoThermik и HydroThermik. Первые из названных находят применение преимущественно в двигателях гоночных автомобилей и серийных двигателях, допускающих высокие нагрузки. Благодаря специальной технологии производства данная модель поршня обладает высокой прочностью, что позволяет нанесение небольших пропилов на стенках для снижения веса конструкции. Вторые – используются преимущественно в допускающих высокие нагрузки бензиновых и дизельных двигателях для легковых автомобилей. Такие поршни имеют влитые стальные вставки и шлицы между поясом поршневых колец и юбкой.

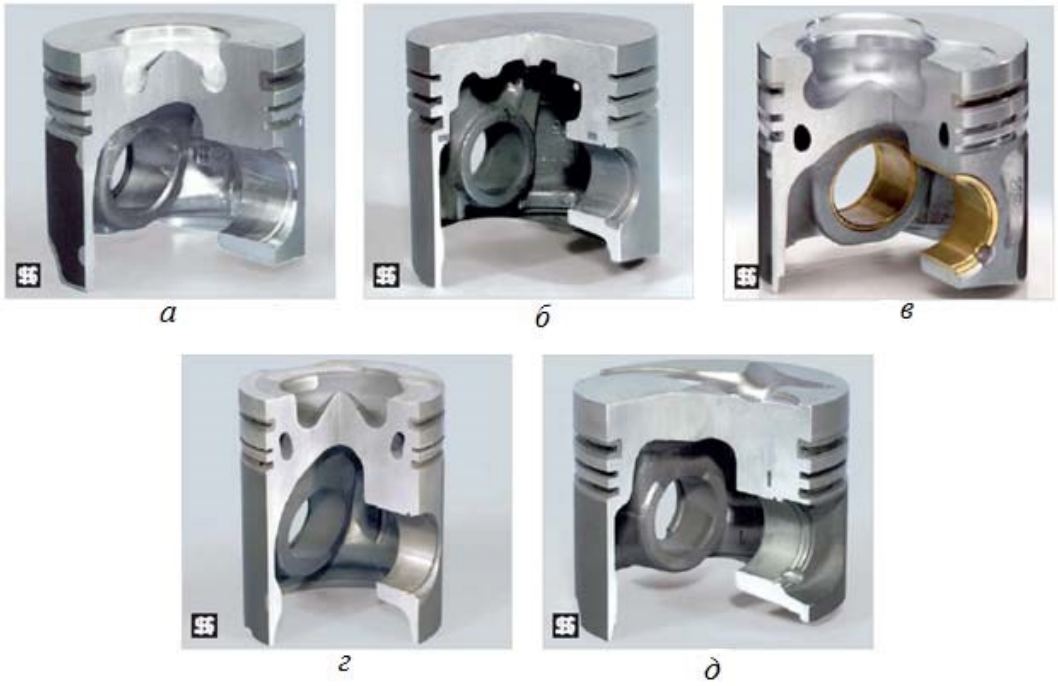



Рисунок 1 – Поршни фирмы KOLBENSCHMIDT:
*а* – поршень с неразрезной юбкой, литой; *б* – поршень с терморегулирующей кольцевой вставкой; *в* – поршень с охлаждающими каналами и со втулкой поршневого пальца; *г* – поршень с упрочняющей вставкой для кольца с каналом для охлаждения; *д* – терморегулируемый поршень с сегментной упрочняющей вставкой для кольца

Постоянно увеличивающаяся удельная мощность ДВС значительно усложняет работу поршней, которые должны как можно дольше выдерживать значительно возросшие механические и термические нагрузки, отличаясь при этом максимальной легкой конструкцией и работая с минимальными потерями на трение. Для того чтобы справиться с такими жесткими требованиями, разработаны новые технологии производства алюминиевых и стальных поршней. Особенность запатентованной конструкции Evotec SC (Рисунок 2, *а*) заключается в

интегрированном канале охлаждения, который способствует снижению температуры в районе первой колечной канавки на величину до 25 °С.

На основе технологического принципа создания поршней Evotec обнаружен потенциал экономии веса конструкции, как результат – появление поршня Evolite с новым дизайном (Рисунок 2, *б*), что привело к снижению веса поршня на 5%. Кроме того, как в ходе испытаний, так и в условиях нормальной эксплуатации подтверждены значительные сокращения потерь на трение.



*а* *б* *в*

Рисунок 2 – Поршни фирмы Mahle: *а* – Mahle Evotec SC; *б* – Mahle Evolite; *в* – Mahle MonoGuide

Стальные поршни выдерживают более высокие значения температур и давлений, чем алюминиевые, и вдобавок к этому отличаются меньшими потерями на трение. Во-первых, это объясняется более низким температурным расширением стали, а во-вторых, повышенной жесткостью и прочностью, которые достигаются благодаря снижению высоты поршня при одновременном сохранении его массы. Запатентованные конструкции поршней Monotherm и MonoGuide отлично зарекомендовали себя в дизелях для легковых автомобилей (Рисунок 2).

До 60-х годов XX века были распространены поршни с круглым или овальным сечениями в поперечном сечении и цилиндрическими или коническими формами продольной образующей наружной поверхности (Рисунок 3).

Такая (овальная в поперечном и ступенчато-коническая в продольном сечениях) форма наружной поверхности поршня выполнялась с целью компенсации негативного влияния неравномерности температурных деформаций в разных поясах. Правильно заданные размеры для разных поясов поршня были призваны обеспечить в рабочем состоянии наличие у нижней кромки юбки несколько большего диаметра, чем у верхней. При этом на нижней кромке юбки возникал своего рода скребок, снимающий масло при прямом ходе поршня, что облегчало и дублировало работу маслосъемных колец.

Однако, как показывают следы приработки на юбках таких поршней (Рисунок 4), последние контактируют с цилиндром только по небольшим

участкам боковой поверхности, на которых и обозначаются засветления-натиры, являющиеся очагами последующего процесса задира поверхности поршня.

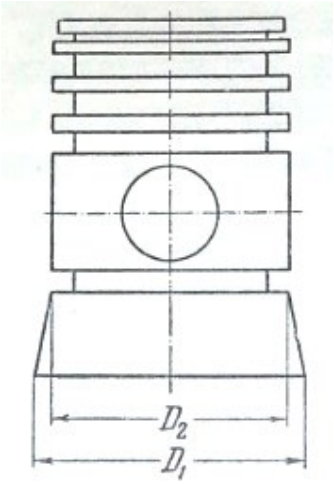



Рисунок 3 – Коническая форма юбки поршня



Рисунок 4 – Поверхность графитизированного поршня авиационного двигателя АШ-82 со следами аномального «рамочного» контактирования с цилиндром

Причины этого кроются в следующем. Если в холодном состоянии образующая юбки поршня прямолинейна (т.е. выполнена цилиндрической или конической), то в рабочем состоянии она примет корсетную форму и будет контактировать с цилиндром только по верхней и нижней кромкам, как показано на Рисунок 5 и видно по следам приработки юбки (Рисунок 4).

Таким образом, корсетность юбки, которая возникает из-за своеобразия температурной кривой, а также овализация поршня и цилиндра под действием боковой силы приводят к тому, что нагрузка, действующая на боковую поверхность юбки, локализуется на участке в виде «рамки» (Рисунок 4). Подобная картина контактирования поршней типична и наблюдается на поршнях самых различных конструкций, включая не только овально-конические, но и неудачно спрофилированные

овально-бочкообразные поршни.

Однако до сих пор среди типов профилей, применяемых для поршней современных средне- и быстроходных дизелей, традиционно доминируют бочкообразный в продольном направлении и овальный в поперечном – так называемые бочкообразно-овальные профили, каждый из которых, если поршень обработан по наружной поверхности как тело вращения, обладает симметрией в характерных плоскостях коленчатого вала и качания шатуна (Рисунок 6).

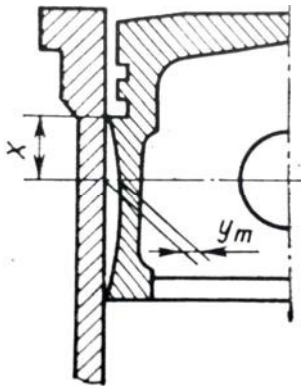



Рисунок 5 – Схема контакта нагретого поршня с цилиндром по работе

Распространенность симметричных (в плоскости качания шатуна) бочкообразно-овальных поршней обусловлена хорошей теоретической проработкой методики их профилирования, а также простотой технологии переноса профиля на деталь методами копирной или бескопирной токарной обработки заготовок.

В гидродинамическом отношении, а также с позиций снижения механических потерь и изнашивания, такая конфигурация предпочтительнее ранее применявшихся обсужденных выше конических и ступенчато-конических форм юбки, т.к. в условиях работы двигателя под нагрузкой конический поршень, нагреваясь неравномерно по высоте боковой образующей, принимает практически цилиндрическую форму, что не способствует созданию несущего гидродинамического давления в слое смазочного материала одновременно на прямом и обратном ходах поршня. Бочкообразный в продольном направлении профиль, гарантированно сохраняющий незначительную клинообразность (или точнее – серповидность) входного и выходного зазоров юбки с цилиндром, создает гидродинамическую подъемную силу при реверсивном движении поршня, отделяя юбку последнего от стенки цилиндра и снижая тем самым силу трения, а также вероятность изнашивания при контактировании.

Вместе с тем, имеются и серьезные недостатки собственно бочкообразных профилей юбки. В частности, с ростом массы поршневого комплекта начинает сказываться неудовлетворительная поперечная устойчивость поршня с бочкообразной юбкой при движении последнего в

цилиндре как результат высокого (по отношению с оси пальца) расположения центра масс поршня. Это приводит к работе поршня с предельными углами опрокидывания (контактирование враспор в цилиндре), что сопровождается интенсивным соударением головы поршня о цилиндр, шумом и изнашиванием.

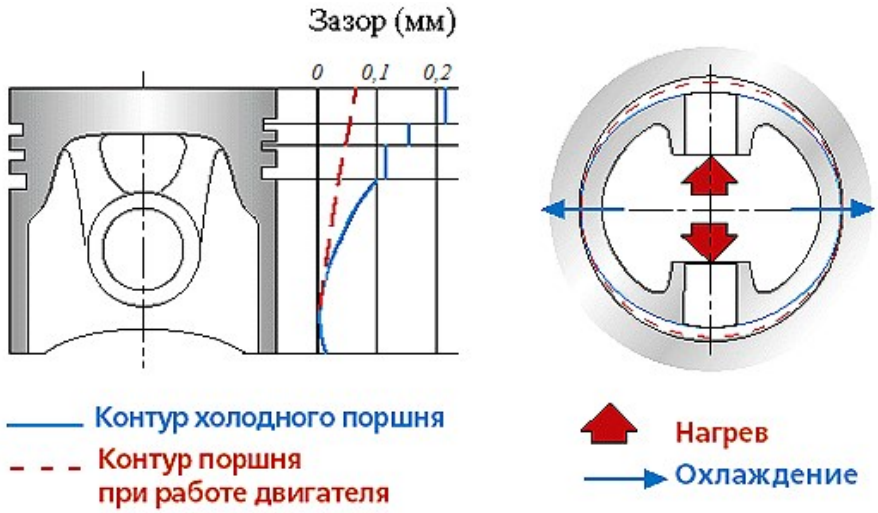



Рисунок 6 – Профиль бочкообразно-овального поршня

Как альтернатива симметрично-бочкообразному профилю могут быть рассмотрены многоопорные профили поршней: параболоидная юбка, многоопорная трапецевидная юбка, двухопорная термоадаптивная юбка и варианты асимметричных в плоскости качания шатуна профилей юбки (Рисунок 7).

Бочкообразно-асимметричный профиль в отличие от симметричного, учитывает асимметричный характер нагрузок, действующих на боковую поверхность юбки поршня. В течение цикла поршень совершает до шести перекладок, т.е. имеет шесть смен стороны прилегания к (и ударов по) цилиндру различной интенсивности. Наибольшие величины такого ударного импульса наблюдаются при перекладках поршней в начале рабочего хода, впуска и в конце выпуска. Вследствие перераспределения сил трения происходит рост работы трения на левой (так называемой «нагруженной») и снижение на правой («ненагруженной») сторонах поршня/цилиндра при взгляде на носок коленчатого вала и традиционном правом (по часовой стрелке) направлении вращения последнего.

При умеренном уровне форсирования возможно применение микрорельефа на боковой поверхности поршня как резервной маслоудерживающей и маслоформирующей (в плане создания так называемой парциальной гидродинамической несущей способности) системы (Рисунок 8). Однако, по причине более высоких температур и нагрузок на боковой поверхности поршней среднеоборотных форсированных дизелей по сравнению с автотракторными, применение

маслоудерживающего микрорельефа приводит к росту коксования моторного масла и нагароотложения на поверхностях ЦПГ и поэтому вряд ли уместно.

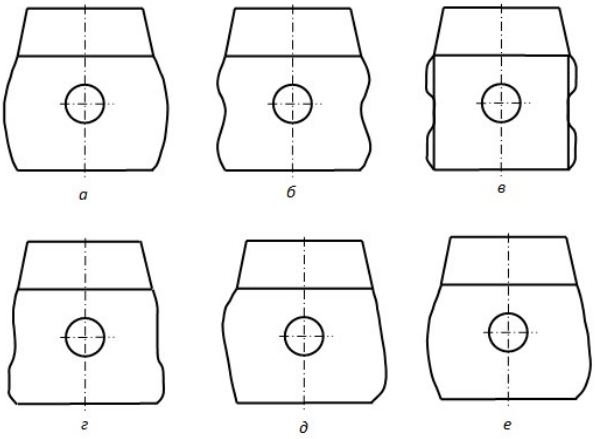



Рисунок 7 – Формы боковой поверхности юбок поршней: *а* – бочкообразно-симметричный; *б* –многоопорный параболоидный; *в* – двухопорный трапецевидный; *г* – двухопорный термоадаптивный; *д* – бочкообразный центрально-симметричный; *е* – бочкообразно-асимметричный

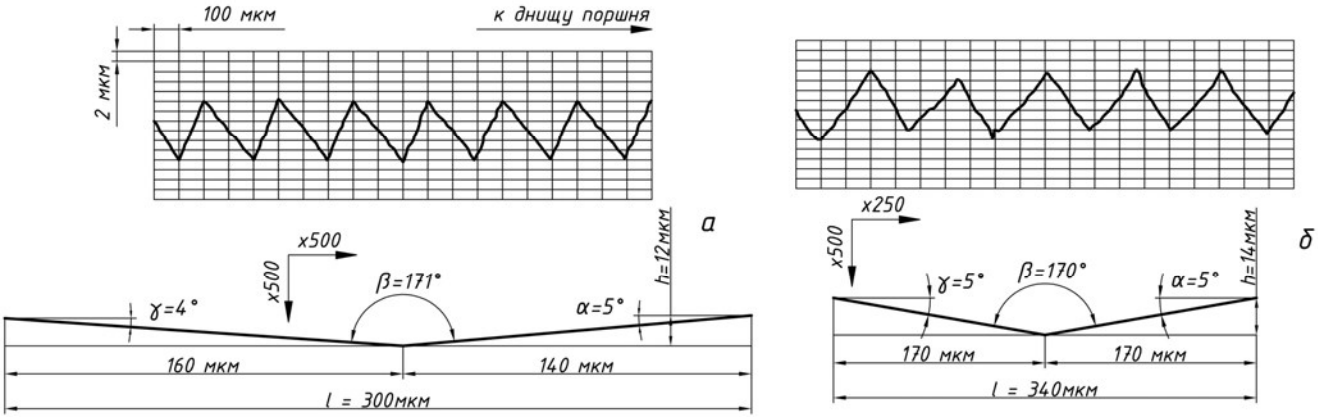



Рисунок 8 – Профилограммы и параметры микрорельефа юбок поршней автомобильных дизелей: *а* – MERCEDES OM-420, *б* – MAN 0226MKF

Представляет интерес нанесение канавок для удержания смазки, выполненных по окружности юбки в виде волны (Рисунок 9). Их расположение учитывает переменные боковые нагрузки на поршень на тактах «Рабочий ход» и «Сжатие». Ширина канавок изменяется по окружности юбки: в зонах наибольшего давления ширина канавок минимальна, а в зонах наименьшего давления — максимальна. Это приводит к повышению надежности и уменьшение потерь на трение поршня.

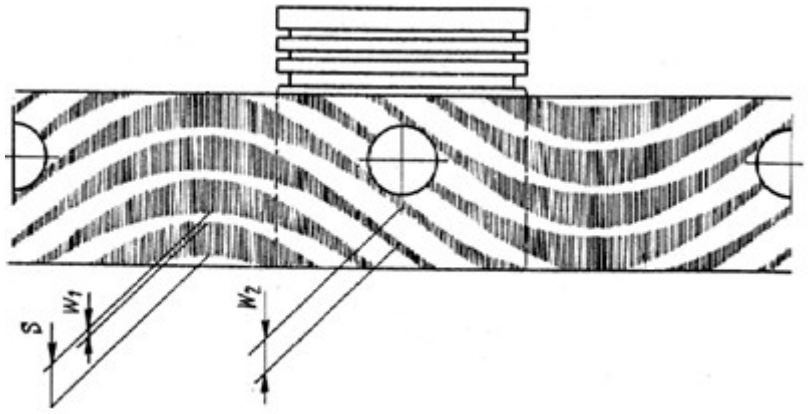



Рисунок 9 – Поршень двигателя внутреннего сгорания с нанесенными на боковую поверхность юбки поршня канавками согласно

Исследователями проделана значительная экспериментальная работа по определению влияния различных конфигураций профиля боковой поверхности поршня на величину механических потерь. Был изготовлен комплект опытных поршней с пятью новыми профилями юбки (Рисунок 10).




Рисунок 10 – Фронтальный вид профиля юбок опытных поршней

Углубления порядка 35…40 мкм на направляющих поверхностях выделены более темным цветом. Испытания проводились на одноцилиндровой двигательной установке, а значения сил трения измерялись на пяти различных режимах работы. В результате исследований выделен поршень *4*, обладающий наименьшими потерями на трение по сравнению с остальными. Это связано с тем, что верхнее и нижнее углубления, выполненные на направляющей части поршня, способствуют удержанию смазки на юбке и обеспечивает поступление масла в главную зону контакта поршня равномерно на протяжении всего цикла работы двигателя.

Назначение твердости и шероховатости трущихся поверхностей поршня неразрывно связано с определением целесообразности нанесения покрытия (приработочного, антифрикционного или противозадирного) на боковую поверхность поршня и (при положительном решении) выбор состава (или готовой торговой марки), зон и способа нанесения.

Широкое распространение получили юбки поршней с покрытием LofriKS, NanofriKS или графитовым покрытием. Благодаря этому сокращается трение внутри ЦПГ и обеспечиваются работоспособность в условиях масляного голодания. Покрытия LofriKS применяются также из

соображений минимизации шума при перекладках поршня. Покрытие NanofriKS является усовершенствованным видом покрытия LofriKS и отличается от последнего содержанием наночастиц, за счет которых повышаются износостойкость и срок службы покрытия.

Эти частицы представляют собой так называемые карбоновые нанотрубки – CARBON NANOTUBES (CNT) – диаметром около 32 нм. Их основу составляет инновационный синтетический материал фуллерен $C_{60}$, образно называемый «молекулярным подшипником качения».

Юбки поршней с покрытием из железа (Ferrocoat) обеспечивают надежную работу в случае его использования на алюминиево-кремниевых поверхностях цилиндров (Alusil).

ОАО «Мотордеталь» (г. Кострома) использует комплекс современных конструкторских и технологических решений, помогающих снизить износ и механические потери на трение, а значит, снизить расход топлива, увеличить мощность двигателя и заметно увеличить его моторесурс. К таким решениям можно отнести антифрикционное покрытие MOLYKOTE D10, особый микрорельеф юбки поршня, а также методы обеспечения точности формы и расположения поверхностей деталей ЦПГ.

Чаще всего покрытие наносят на юбку поршня для повышения смазочных свойств, благодаря которым значительно сокращается время приработки деталей ЦПГ, снижается вероятность микроконтактного схватывания, появления задиров на поршне при холодном пуске и в условиях недостаточной смазки, при этом поверхность поршня защищается от воздействия агрессивных сред, уменьшается износ поршня и цилиндра, увеличивается моторесурс двигателя в целом. Покрытие обычно состоит из композиции синтетических смол и твердо-слоистых самосмазывающихся материалов типа фторопласта, дисульфида молибдена и графита. Такие композиционные покрытия имеют несколько большую, нежели металлизация, толщину порядка 15…30 мкм и значимо снижают механические потери, износ и риск задира юбки поршня. Подобные антифрикционные покрытия успешно используют все признанные мировые лидеры в производстве деталей ЦПГ: фирмы «Federal Mogul», «Mahle», «Kolbenschmidt» и многие другие.

Среди патентованных марок покрытий на основе дитиофосфатов молибдена наиболее часто применяются: MOLYVAN A, MOLYVAN L (обе марки производства R.T. VANDERBILT CO. INC. – США) и вышеупомянутый MOLYKOTE D10 (производство DOW CORNING GMBH – Германия). Из чисто графитсодержащих покрытий известны GGRAF-IT; на основе фторопласта – MOLYKOTE PTFE-N-UV SPRAY. Технология нанесения этих покрытий предусматривает либо окунание юбки в раствор покрытия с последующей вулканизацией в электропечи (при штучном производстве), либо предполагает использование

трафаретной термопечати (при мелкосерийном и серийном производстве).

В случае применения технологии металлизации большинство современных поршней быстроходных ДВС покрывают относительно тонким (5…25 мкм) слоем мягких цветных металлов: свинца, олова или цинка. Такие покрытия снижают опасность задира юбки на режимах граничного трения, например, пуске, местном перегреве или в случаях масляного голодания, когда условия смазки резко ухудшаются.

В соответствии с положениями физики граничного трения наибольший эффект от антифрикционного покрытия наблюдается при использовании перед нанесением предварительного повышения поверхностной твердости юбки поршня. Этим реализуется известный принцип положительного градиента механических свойств трибосопряжения, который обеспечивает минимизацию трения и изнашивания подвижно контактирующих поверхностей.

## Список литературы


1. Рикардо Г. Р. Быстроходные двигатели внутреннего сгорания. — М.: Машгиз, 1960. — 411 с.
2. Путинцев С. В. Механические потери в поршневых двигателях: специальные главы конструирования, расчета и испытаний. — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. — С. 41–42.
3. Орлин А. С., Круглов М. Г. Двигатели внутреннего сгорания: Конструкция и расчет поршневых и комбинированных двигателей. — М.: Машиностроение, 2018. — 560 с. (Классический учебник по проектированию деталей ЦПГ).
4. Дизели тракторные и комбайновые. Общие технические условия. ГОСТ 18523-79. — М.: Стандартинформ, 2019. (Нормативная база по материалам и допускам).
5. Якунин Р. В. Методические основы оптимизации профиля юбки поршня ДВС с целью снижения механических потерь: дис. ... канд. техн. наук. — М., 2019. (Детальный анализ влияния геометрии юбки на гидродинамику масляного клина).
6. Гаврилов К. В. Повышение ресурса трибосопряжений поршневых и комбинированных двигателей внутреннего сгорания снижением гидромеханических потерь на трение: дис. ... д-ра техн. наук. — М., 2020.
7. Иззатуллоев М. А. Оптимизация микрогеометрических параметров гидродинамических трибосопряжений поршневых машин: дис. ... канд. техн. наук. — М., 2020. (Исследование микрорельефа и маслоудерживающих канавок).
8. Лебедев В. М., Гаврилов К. В. Перспективы применения алмазоподобных покрытий (DLC) в парах трения ДВС // Вестник

Инженерного центра «КАМАЗ». — 2023. — № 2. — С. 45–52. (Обзор современных нанокомпозитных покрытий).

**УДК 656.13.08**

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ПОСЛЕ ДТП

**Москвин Роман Николаевич,** к.т.н., доцент
**Лёвин Евгений Юрьевич,** студент гр. 24ЭТМК1мз
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация.** *В статье рассмотрены проблемы традиционной автотехнической экспертизы ДТП (снижение информативности следов из-за ABS/ESP, сложность интерпретации деформаций, субъективность выводов) и технологические решения для повышения объективности: 3D-сканирование, фотограмметрия, компьютерное моделирование (Virtual Crash, PC-Crash, V-SIM), телематика, съёмка с дронов, инструменты ИИ.*

*Отмечены организационные меры — единые протоколы фиксации ДТП, базы данных по параметрам автомобилей и условиям дороги, межведомственное взаимодействие. Показана связь с подготовкой кадров по специальностям 23.00.00 и 23.04.03: предложены учебные модули по работе с экспертным ПО и телематикой, приведён пример учебного кейса.*

*Обозначены правовые и этические аспекты (достоверность методик, доступ к данным автопроизводителей, ответственность эксперта), а также ключевые вызовы и перспективы развития. Статья полезна экспертам, сотрудникам ГИБДД, страховщикам, преподавателям и студентам транспортных специальностей.*

Автотехническая экспертиза после ДТП — это комплекс исследований, цель которых — восстановить механизм происшествия, определить скорость, траектории, момент возникновения опасности и техническую возможность избежать столкновения. Её результаты используют суды, страховые компании, следственные органы и службы безопасности движения.

Традиционные методы экспертизы опираются на осмотр места ДТП, замеры следов торможения, анализ повреждений и показаний участников. Однако сегодня этих данных часто недостаточно: современные автомобили оснащены системами ABS, ESP, электронными помощниками, которые меняют характер следов и динамику торможения. Кроме того, место ДТП быстро освобождают для движения, а погодные условия уничтожают улики. Поэтому совершенствование экспертизы — не просто модернизация, а необходимость для обеспечения объективности и воспроизводимости выводов.

В этой статье рассмотрены современные технологические и организационные решения, перспективные методики и их связь с подготовкой специалистов в области транспорта и технической эксплуатации.

**Проблемы традиционных подходов**

Классическая экспертиза сталкивается с рядом ограничений, которые снижают достоверность выводов:

- Исчезновение следов. Следы юза, характерные для заблокированных колёс, практически не образуются при работе ABS. Вместо них остаются слабовыраженные следы, которые сложно зафиксировать и измерить.

- Сложность интерпретации повреждений. Современные кузова проектируются с зонами программируемой деформации, многослойными материалами и композитными элементами. Это делает классические схемы сопоставления ударов менее надёжными.

- Субъективность трактовок. Разные эксперты могут по-разному интерпретировать одни и те же следы, особенно если исходные материалы (фото, замеры) собраны неполно.

- Недостаток исходных данных. Схемы ДТП от инспекторов нередко содержат только конечное положение автомобилей без детальной фиксации осыпи, мелких деталей и ориентиров.

- Ограниченность расчётов. Многие методики используют упрощённые формулы, не учитывающие реальные параметры дороги, уклон, состояние покрытия и динамику автомобиля.

Эти проблемы приводят к спорным заключениям, повторным экспертизам и затягиванию разбирательств.

**Технологические решения для повышения точности**

3D-сканеры и фотограмметрические методы позволяют создать цифровую модель места ДТП с высокой точностью. На такой модели можно измерить расстояния, углы, траектории и даже мелкие детали — например, разброс осколков или следы шин.

Практический пример. Эксперт приезжает на место ДТП и за 15–30 минут фиксирует обстановку с помощью мобильного сканера или серии фотографий по заранее подготовленному чек-листу. Позже в офисе он анализирует модель, не рискуя потерять данные из-за уборки проезжей части или осадков.

**Компьютерное моделирование ДТП**

Программы вроде Virtual Crash, PC-Crash, V-SIM позволяют воссоздать динамику аварии с учётом массы автомобилей, коэффициентов

сцепления, уклона дороги и других параметров. Вводятся данные о повреждениях, следах и телеметрии, после чего программа рассчитывает возможные сценарии и выбирает наиболее правдоподобный.

Что это даёт эксперту:

- расчёт скорости в момент удара и перед торможением;
- определение угла столкновения и зон контакта;
- проверку технической возможности избежать столкновения;
- визуализацию сценария для суда и следствия.

Для студентов направления 23.03.03 такие программы становятся инструментом освоения методов реконструкции ДТП и понимания влияния отдельных параметров на итоговую картину.

Современные автомобили собирают огромный массив данных: скорость, ускорение, угол поворота руля, срабатывание подушек безопасности, активацию ABS и ESP. Эти сведения хранятся в блоках управления и могут быть извлечены с помощью дилерского или специализированного оборудования.

Примеры использования:

- подтверждение или опровержение показаний водителя;
- точное определение момента начала торможения;
- анализ действий водителя в критический момент (например, поворот руля, нажатие педали тормоза).

Доступ к этим данным требует специальной подготовки и понимания форматов, что делает их важным элементом профессиональных компетенций эксперта.

Беспилотные летательные аппараты позволяют быстро получить обзор места ДТП с высоты, зафиксировать взаимное расположение транспортных средств, следы на дороге и окружающую инфраструктуру. Панорамные камеры и сферическая съёмка создают эффект «виртуального присутствия», что удобно для суда и повторного анализа.

**Роль искусственного интеллекта и больших данных**

ИИ не заменяет эксперта, но становится мощным помощником:

- Автоматическое распознавание повреждений. Алгоритмы компьютерного зрения анализируют фотографии и классифицируют типы деформаций, помогая быстрее и точнее описать характер повреждений.
- Анализ видео с регистраторов и камер наблюдения. ИИ может выделить ключевые моменты: момент столкновения, траекторию движения, сигналы светофора.

- Прогностические модели. На основе статистики ДТП и условий дороги строятся модели, которые помогают оценить типичность поведения водителей и вероятность тех или иных сценариев.

Важно, что ИИ должен работать как вспомогательный инструмент: окончательное решение остаётся за экспертом, который учитывает все нюансы и контекст.

Организационные и методические улучшения

Технологии — лишь часть решения. Не менее важны изменения в подходах и стандартах:

- Единые протоколы фиксации места ДТП. ГИБДД и экспертные организации должны использовать стандартизированные чек-листы: обязательное указание осыпи осколков, следов шин, положения мелких деталей, фотофиксация с определёнными ракурсами.

- Обучение инспекторов и экспертов. Регулярные курсы по работе с новым оборудованием, интерпретации телематических данных и основам моделирования ДТП.

- Интеграция баз данных. Создание единой базы типовых сценариев ДТП, параметров автомобилей и коэффициентов трения для разных покрытий и погодных условий.

- Межведомственное взаимодействие. Координация между ГИБДД, страховыми компаниями, сервисными центрами и экспертными организациями для быстрого доступа к данным автомобиля и истории его эксплуатации.

Такие меры позволяют повысить качество исходных материалов и снизить количество спорных заключений.

Подготовка специалистов и связь с образовательными программами

Совершенствование экспертизы напрямую влияет на требования к подготовке кадров. В рамках укрупнённой группы специальностей СПО 23.00.00 «Техника и технологии наземного транспорта» и вузовских направлений вроде 23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» важно включать в учебные планы:

- основы судебной автотехнической экспертизы;

- работу с программным обеспечением для моделирования ДТП;

- навыки извлечения и интерпретации телематических данных;

- методы 3D-сканирования и фотограмметрии;
- правовые аспекты оформления экспертных заключений.

Это позволит готовить специалистов, которые не только разбираются в устройстве автомобиля, но и умеют работать с современными инструментами расследования ДТП.

Пример учебного кейса. Студентам дают материалы по реальному ДТП: фото, схему, данные телематики и фрагменты моделирования. Задача — восстановить механизм ДТП, рассчитать скорость и угол столкновения, проверить техническую возможность избежать аварии и сформулировать выводы. Такой подход развивает практические навыки и понимание ограничений методик.

Правовые и этические аспекты

Использование новых технологий в экспертизе требует чёткого регулирования:

- Достоверность методов. Экспертные методики должны быть апробированы, иметь понятную погрешность и воспроизводимость.
- Доступ к данным. Производители автомобилей не всегда предоставляют открытый доступ к телематике, а форматы данных могут отличаться.
- Квалификация экспертов. Новые технологии требуют серьёзной переподготовки и постоянного обновления знаний.
- Ответственность. Эксперт несёт ответственность за достоверность выводов, даже если часть расчётов выполнена с помощью ИИ или моделирования.

Поэтому внедрение новых методов должно сопровождаться методической базой, обучением и контролем качества.

Перспективы и вызовы

Развитие автотехнической экспертизы идёт в сторону максимальной объективности и цифровизации. Однако остаются и сложности:

- Доступ к данным автомобиля. Производители не всегда предоставляют открытый доступ к телематике, а форматы данных могут отличаться.
- Квалификация экспертов. Новые технологии требуют серьёзной переподготовки и постоянного обновления знаний.
- Правовые вопросы. Использование ИИ и телематики в суде требует чёткого регулирования и подтверждения достоверности методов.

Тем не менее, комплексный подход — сочетание передовых технологий, единых стандартов и качественной подготовки специалистов — позволит сделать автотехническую экспертизу более точной, прозрачной и объективной.

## Список литературы


1. Тишин, Б. М. Автотехническая экспертиза / Б. М. Тишин. — Москва : Инфра-Инженерия, 2020.
2. Евтюков, С. А. Судебная автотехническая экспертиза / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев. — Санкт-Петербург : Петрополис, 2018.
3. Кардашевская, М. В. Тактика назначения судебной автотехнической экспертизы / М. В. Кардашевская, Г. И. Сафонов ; Московский университет МВД России им. В. Я. Кикотя. — Москва, 2018.
4. Несмеянов, А. А. Использование технологии 3D-сканирования при проведении судебных автотехнических экспертиз / А. А. Несмеянов, И. С. Щербаков, Д. В. Седов // Деятельность правоохранительных органов в современных условиях : материалы Международной научно-практической конференции. — Иркутск : ВСИ МВД России, 2013.
5. Программные средства для экспертизы ДТП : учебное пособие для вузов. — Санкт-Петербург : Лань, 2023.

**УДК 629.01**

# КОМПЛЕКСНЫЙ РЕМОНТ ПЛАСТИВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМОБИЛЕЙ

**Нугаева Вероника Олеговна**, ст. преп. каф. «ЭАТ»
**Царан Герман Альбертович**, студент гр. 25НТТС2
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация**. *Статья посвящена анализу технологий, материалов и экономической целесообразности ремонта пластиковых деталей автомобиля. Обосновывается выбор технологии ремонта, который напрямую зависит от адгезии, температуры плавления и химической совместимости материала. Проведен сравнительный анализ методов восстановления: от экспресс-методов до профессиональных кузовных практик. Рассмотрены технологии склеивания и шпаклевания с применением двухкомпонентных эпоксидных смол, полиэфирных составов со стекло- и углеволокном, а также универсальных MS-полимеров для эластичных пластиков. Отдельно проанализирован компромиссный метод впайки металлической или полимерной сетки.*

Современный автомобиль на 20–25% по массе состоит из полимерных материалов. Бамперы, корпуса зеркал, молдинги, решетки радиатора, накладки порогов, расширители колесных арок, элементы салона и даже детали оптики — все это пластик. Переход автопроизводителей на полимеры продиктован не только стремлением снизить вес автомобиля для экономии топлива и уменьшения выбросов, но и требованиями пассивной безопасности. Пластиковые элементы способны эффективно поглощать энергию при низкоскоростных ударах, защищая дорогостоящие силовые элементы кузова, оптику и радиаторы.

Однако именно бамперы и молдинги принимают на себя основной удар при мелких ДТП, контактах с бордюрами, тележками на парковке и дорожным пескоструем. Замена даже небольшого пластикового элемента у официального дилера сегодня может стоить от 15 до 100 тысяч рублей и более, не считая стоимости покраски. В условиях российского рынка, где средний возраст автомобиля превышает 15 лет, а стоимость оригинальных запчастей постоянно растет, качественный ремонт пластика становится не просто альтернативой, а экономически обоснованной необходимостью.

Цель данной статьи — детально разобрать технологии, материалы и экономическую целесообразность ремонта пластиковых деталей автомобиля, от экспресс-методов в гаражных условиях до профессиональных методик, применяемых в малярно-кузовных цехах.

Основную роль при ремонте пластиковых элементов является идентификация пластика. Разные виды пластика обладают разной адгезией, температурой плавления и химической совместимостью. Попытка запаять полипропилен (PP) с помощью клея для ABS-пластика или эпоксидной смолы приведет к тому, что ремонт отвалится при первой же вибрации.



Рисунок 1. Примеры пластиковых элементов автомобиля

Производители маркируют большинство деталей. На обратной стороне бампера или молдинга всегда присутствует аббревиатура:

- **PP (ПП, Полипропилен).** Самый распространенный материал для современных бамперов (до 80% всех бамперов). Обладает высокой эластичностью и морозостойкостью. Плохо поддается склеиванию, требует специальных эластичных грунтов и термосварки.
- **ABS (АБС-пластик).** Твердый, хрупкий пластик. Из него делают решетки радиаторов, корпуса зеркал, элементы интерьера, приборные панели. Отлично клеится, паяется и окрашивается.
- **PC (ПК, Поликарбонат).** Очень прочный, используется для линз фар, иногда для силовых элементов бамперов. Склонен к растрескиванию при старении.
- **PA (ПА, Полиамид/Нейлон).** Очень прочный и термостойкий. Из него делают подкрылки, бачки омывателя, расширители арок. Впитывает влагу, из-за чего меняет размеры. Требует долгого прогрева перед сваркой.
- **PUR (ПУР, Полиуретан).** Очень гибкий, резиноподобный материал. Старые бамперы (особенно на автомобилях 90-х годов),

спойлеры. Не плавится, а горит и крошится. Ремонт осуществляется только специальными эластичными смолами и шпаклевками.

- **PVC (ПВХ, Поливинилхлорид).** Элементы отделки салона, уплотнители. При нагреве выделяет едкий дым.
- **EPDM (ЭПДМ).** Гибрид полипропилена и каучука. Наружные молдинги, уплотнители. Практически не поддается пайке, требует специальных адгезивов.
- **PE (ПЭ, Полиэтилен).** Бензобаки, подкрылки старых моделей. По свойствам близок к PP, но еще более инертен к клеям.

Выбор технологии ремонта пластиковых элементов автомобиля зависит от его типа, характера повреждения и требований к прочности.

Одним из наиболее надежных методов является термосварка, но она подходит только для термопластов (PP, ABS, PA). Суть метода заключается в локальном расплавлении пластика с добавлением армирующего материала. Для данного вида ремонта применяется строительный фен с точной регулировкой температуры (от 200 до 450 градусов) и потоком воздуха, насадки, паяльник мощностью от 100 Вт. В качестве расходных материалов - прутки из идентичного пластика (электроды). Использование латунной или стальной сетки для армирования сегодня считается устаревшим методом. Сетка имеет другой коэффициент теплового расширения, не химически связывается с пластиком и со временем ржавеет, разрушая ремонт изнутри. Современный стандарт — армирование специальными плоскими электродами из полиамида или полипропилена, а также пластиковыми сетками, которые вплавляются в структуру детали.

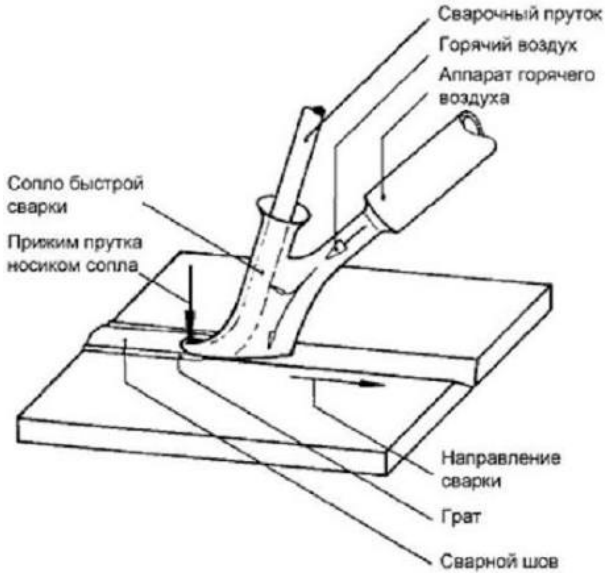



Рисунок 2 . Термосварка пластиковых элементов автомобиля

Методика ремонта заключаются в следующем, края трещины V-образно разделываются (расшлифовываются) фрезой на глубину 2/3 толщины стенки. Деталь фиксируется струбцинами. Фен разогревает зону

до температуры плавления, в шов укладывается пластиковый электрод, который вплавляется в деталь, становясь с ней единым целым. Для усиления с внутренней стороны шва укладывается поперечная пластиковая арматура.

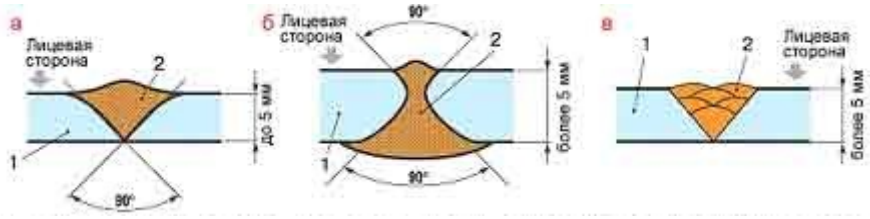



Рисунок 3 . Схема сварочного шва:
а-при толщине до 5мм;
б-двустороннего при толщине более 5 мм;
в-сварочный шов.

Для восстановления пластиковых элементов также используют полимерные составы, например, клеевые или шпаклевка. Данный вид ремонта применяется для PUR, EPDM, а также для ремонта PP и ABS, когда пайка невозможна или деталь имеет сложную форму. Существуют двухкомпонентные эпоксидные смолы, которые подходят для жестких пластиков (ABS, PC). Дают колоссальную прочность на разрыв, но абсолютно не эластичны. На бампере из PP такой шов лопнет по краям при первой парковке к бордюру. Полиэфирные шпаклевки со стекло- или углеволокном применяют для заполнения крупных проломов. Дают высокую механическую прочность, но также лишены эластичности. Применяются только на жестких деталях или с внутренней стороны эластичных. Наиболее универсальными являются специализированные полимеры SM-полимеры, MS-полимеры) для склеивания разнородных пластиков и заделки трещин без нагрева. Обладают великолепной адгезией, эластичностью и устойчивостью к вибрациям.

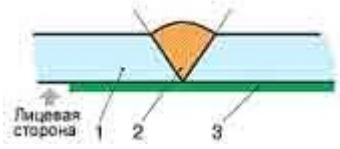



Рисунок 4. Схема клеевого шва: материал склеиваемого бампера; клеевая композиция; алюминиевая самоклеящаяся фольга (подложка).

Довольно часто используется в российских сервисах как компромисс между скоростью и качеством применяют ремонт с помощью сетки. С внутренней стороны бампера трещина зачищается, на нее накладывается алюминиевая или полимерная сетка, которая прогревается паяльником и утапливается в пластик. Сверху шов шпаклюется. Метод рабочий, но

менее долговечный, чем чистая термосварка, из-за разницы в тепловом расширении металла и полимера.

Профессиональный ремонт обходится в 2–4 раза дешевле замены на оригинал и сопоставим по цене с заменой на дешевый аналог, но при этом сохраняет заводскую деталь, которая по качеству геометрии и пластика всегда превосходит аналоги. Для автомобиля стоимостью 500–800 тысяч рублей ремонт пластика является единственным экономически целесообразным решением.

## Список литературы


1. Гарькина И.А. Разработка материалов специального назначения: методологические принципы, моделирование / И.А. Гарькина, А.М. Данилов, В.О. Петренко // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2014. – №2. – С. 32-34.
2. Нугаев А.С. Виды герметиков и особенности их использования в ремонте автомобилей / А.С. Нугаев, В.О. Петренко, А.В. Лахно // Транспорт. Экономика. Социальная сфера. (Актуальные проблемы и их решения) сборник статей Международной научно-практической конференции г. Пенза: ПГСХА, 2014. С. 96-99.
3. Петренко В.О. Анализ и классификация клеевых композиций применяемых для ремонта автомобилей / В.О. Петренко, Д.И. Баканов, А.В. Лахно // Инновации технических решений в машиностроении и транспорте. Сборник статей II Всероссийской научно-технической конференции для молодых ученых и студентов с международным участием: ПГУ; Межотраслевой научно-информационный центр, 2016. С. 206-208.
4. Родионов Ю.В. Восстановление деталей автомобилей полимерными материалами / Ю.В. Родионов, В.О. Петренко // Монография, Из-во: ПГУАС, 2018. – С.164.
5. Петренко В.О. Моделирование оптимальной концентрации компонентов ремонтного клеевого состава / В.О. Петренко, А.В. Лахно, Е.В. Новиков // Международный технико-экономический журнал, 2011. - №3. С. 110-112.

**УДК 629.331:656.084**

# ОСОБЕННОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ УПРУГОГО ЭЛЕМЕНТА БАМПЕРА

**Подогов Александр Иванович,** студент гр. 25ЭТМК1м
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация.** *Бампер легкового автомобиля рассматривается как средство пассивной безопасности. Представлена статистика дорожно-транспортных происшествий по виду столкновений. Доказывается преимущество пластиковых бамперов перед металлическими с точки зрения безопасности, эстетичности и технологичности. Представлена схема устройства механического бампера с амортизирующим элементом, работающим на сжатие.*

Практически с момента своего создания автомобили стали представлять потенциальную опасность для окружающих и участников движения. Поскольку полностью избежать дорожно-транспортных происшествий пока не представляется возможным, автомобиль совершенствуется в направлении снижения вероятности аварии и минимизации ее последствий.

В процессе ДТП должна быть обеспечена сохранность, как самого автомобиля, так и окружающих предметов или других участников ДТП. Например, у некоторых автомобилей определенным образом деформируемая структура передней части и (или) рамы обеспечивают поглощение части энергии движения второго участника столкновения.

Из комплекса средств, которыми оборудован современный автомобиль, большой интерес представляют средства пассивной безопасности. Пассивная безопасность автомобиля должна обеспечивать выживание и сведение к минимуму количества травм у пассажиров автомобиля, попавшего в дорожно-транспортное происшествие.

Пассивная безопасность – свойство автомобиля уменьшать тяжесть последствий ДТП. Пассивную безопасность автомобилей принято подразделять на внешнюю и внутреннюю. Внешняя пассивная безопасность уменьшает возможность нанесения повреждений другим участникам движения, внутренняя – снижает травматизм водителя, пассажиров и обеспечивает сохранность перевозимых грузов. Внешняя пассивная безопасность определяется конструктивными возможностями транспортного средства по снижению тяжести последствий ДТП для других участников движения, внутренняя – конструктивными возможностями по сохранению жизни и повышению травмобезопасности водителей и пассажиров, находящихся в транспортном средстве в момент

ДТП. Основным требованием внешней пассивной безопасности является обеспечение такого конструктивного выполнения наружных поверхностей и элементов автомобиля (путем оптимизации ударно-прочностных свойств объектов соударения), при котором вероятность повреждений человека этими элементами при ДТП была бы минимальной [1].

Конструкторы современных автомобилей добились хороших результатов в обеспечении внутренней безопасности автомобиля. Однако в обеспечении внешней безопасности остается множество проблем.

Анализ статистики дорожно-транспортных происшествий, в которых пострадали или погибли люди, показал, что наиболее вероятным местом, которым сталкивается автомобиль, является передняя левая (точнее водительская) сторона – 32% (рисунок 1).

Если учесть ДТП средней и правой передней частями автомобиля – то это все 64%. Таким образом, лобовое столкновение является наиболее вероятным. Опрокидывание случается лишь в 10% ДТП, хотя вероятность гибели людей при этом во много раз больше. Высока вероятность тяжелых последствий и при ударе сбоку.

Наезд сзади наименее вероятное событие (всего 6%) с точки зрения тяжелых последствий. Однако в эту статистику не вошли случаи, когда пострадавшие обратились с травмами через несколько часов после ДТП. Дело в том, что при наезде сзади возникает так называемая «хлыстовая травма» шейного отдела позвоночника, которая в первое время на фоне стресса не вызывает беспокойства. Однако затем оказывается, что эта травма плохо лечится, а иногда остается пожизненно.

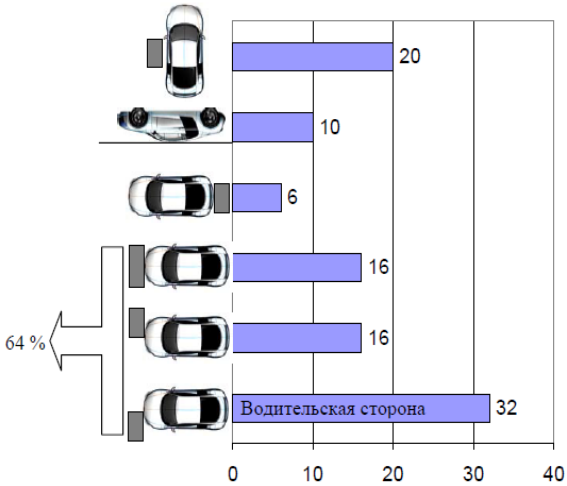



Рисунок 1- Распределение ДТП, в которых были пострадавшие или погибшие, по виду столкновения, %

На тяжесть последствий влияет не только конструкция автомобиля, но и его масса. Причем в некоторых случаях масса участвующих в ДТП автомобилей будет определять тяжесть последствий. Ведь ни у кого не возникнет сомнений в результатах лобового столкновения легкового автомобиля (пусть даже самого безопасного в мире) и тяжелого грузовика.

Только в этом случае скорости автомобилей складываются и оказываются критическими для легкого автомобиля (закон импульсов). При столкновении автомобилей одинаковой массы скорости не складываются. Именно поэтому большинство краш-тестов производится для одного автомобиля (имитируется столкновение двух одинаковых автомобилей).

В условиях современного движения на городских и загородных дорогах высока вероятность столкновения с наиболее часто встречающимся автомобилем – массой около 1200…1500 кг. Поэтому для автомобилей массой более 2500 кг сертификационные требования по пассивной безопасности резко упрощены: вероятность пострадать, а тем более погибнуть, в таком автомобиле сравнительно низкая.

Статистический анализ ДТП показал, что в большинстве случаев водители предпринимают экстренное торможение, но полностью загасить скорость не успевают. Поэтому краш-тесты проводят на скорости 56…64 км/ч – это та скорость, до которой успевают замедлиться автомобили [2].

Пассивная безопасность автомобиля реализуется по нескольким направлениям:

- снижение уровня нагрузок, действующих на людей, гашение энергии удара за счет формирования энергопоглощающих зон деформации кузова автомобиля;
- применение удерживающих систем;
- снижения длительности запредельных нагрузок путем создания систем перераспределения энергии удара.

Для снижения уровня перегрузок создаются такие конструкции автомобилей, которые бы обеспечивали равнозамедленное движение автомобиля в процессе столкновения. Ведь если конструкция автомобиля обеспечивает эту равнозамедленность, то при длине зоны энергопоглощения в 1 м (длина капота) остаются шансы на выживание даже на скорости 40 м/с (144 км/ч) – перегрузка около $80g$ при смертельно опасных $100g$. Но таких автомобилей пока нет.

На «городской» скорости 15 м/с при равнозамедленном движении автомобиля перегрузки вовсе не травмоопасны – около $12g$. Летчики спортивных самолетов выдерживают перегрузки до $15g$ и при этом управляют самолетом. Однако следует заметить, что для нетренированного на перегрузки человека уже $3g$ приводит к кратковременному ухудшению зрения, а $4g$ – к потере сознания. При «безобидных» $12g$ вес человека превысит тонну.

К тому же длительность столкновения 60…120 мс меньше длительности фазы закрытия глаза при обычном моргании (150 мс).

Для создания зон кузова с программируемым деформированием используют разные материалы: например, предел прочности листовой стали разных элементов конструкции кузова колеблется в пределах от 140

до 1200 МПа, изменяется толщина элементов, сечение, конфигурация. Некоторые зоны специально ослабляются, некоторые усиливаются.

Однако проблему можно решить только комплексно: создается зона распределения и перераспределения нагрузки от бампера на оба лонжерона автомобиля, усилители крыльев, поперечины и т.д. Зона размещения людей, напротив, должна выдержать все удары без существенных деформаций, обеспечивая жизненное пространство внутри автомобиля. Удерживающие системы – ремни безопасности, преднатяжители ремней – должны обеспечить синхронное замедление автомобиля и пассажиров. Лучших результатов можно добиться за счет применения многоточечных ремней безопасности, устанавливаемых на спортивных автомобилях.

Перераспределение энергии удара обеспечивают такие системы, как ограничители усилия на ремни, подушки безопасности (одно и/или двух уровневые, фронтальные и боковые, «шторки» и поясничные, коленные и т.д.).

Из четырех основных типов ДТП (фронтальное столкновение, боковое столкновение, удар сзади, опрокидывание) наиболее частыми и опасными, являются фронтальные (60% всех ДТП) и боковые столкновения. Поэтому неудивительно, что в первые периоды работ по повышению пассивной безопасности автомобилей отмечались широким внедрением мероприятий по обеспечению безопасности водителей и пассажиров именно при фронтальных столкновениях (оптимизация ударно-прочностных характеристик передней части автомобиля, внедрение ремней безопасности, безопасных рулевых управлений и т.д.). В результате, фронтальные столкновения, несмотря на то, что их относительное число не уменьшилось, постепенно становятся не самыми травмоопасными.

В случае столкновения автомобилей особенно важным является предохранение как водителя и пассажиров, так и самих автомобилей от повреждений при помощи внешних элементов конструкции. Это обеспечивается применением бампера, поглощающего часть энергии удара при столкновении.

Бампер – энергопоглощающее устройство автомобиля в виде бруса, расположенного спереди (часто и сзади), которое гарантирует определённую безопасность водителю и пассажирам. Традиционно бамперы бывают металлическими и пластиковыми. Современным автомобилям они кроме защитной функции дают ещё и элемент эстетики, так как делают формы кузова автомобиля плавными и изящными.

Развитие автомобилестроения в мире протекает по трем ключевым категориям: дизайн, комфорт и безопасность. Именно по этим направлениям развивается автопромышленность. Поэтому производители идут на любые ухищрения и новые разработки, чтобы придать бамперу автомобиля персональный вид.

В настоящее время на смену металлическим бамперам пришли пластиковые. Этому есть несколько причин. Во-первых, дутые пластмассовые бамперы смотрятся более эстетично. Во-вторых, они менее травмоопасны, чем металлические и позволяют при ДТП нанести меньший вред здоровью пешеходов и других людей, находящихся вне автомобиля (велосипедисты, мотоциклисты).

На современных российских автомобилях также устанавливают пластиковые бамперы. Испытания показали ряд преимуществ пластиковых бамперов над металлическими. Во-первых, пластиковые бамперы дешевле металлических и удешевляют стоимость машины. Во-вторых, пластиковые бамперы легче металлических, что делает легче сам автомобиль и позволяет экономить горючее. Но главное, что пластиковые бамперы для автомобилей хоть и более хрупкие, но являются более предпочтительными с точки зрения безопасности. Если бампер металлический, то он передает инерцию удара на кузов автомобиля и на водителя. В отличие от металлического, пластмассовый бампер выступает в роли буфера безопасности. При ударе он не оказывает сопротивление, а складывается, гася энергию удара. Такой бампер при ДТП серьезно повреждается, в отличие от металлического, но он реально спасает жизни водителя, пассажиров и пешеходов, а также защищает остальные детали машины. К тому же, современные пластмассовые бамперы имеют дутую форму, что увеличивает "зону безопасности" и площадь контакта с препятствием [3].

Первые пластмассовые бамперы для автомобилей были только черного цвета. Ведь они воспринимались и производителями автомобилей и автовладельцами как расходный материал. Но у большинства современных автомобилей бамперы окрашены в цвет кузова.

Технологичность окраски бампера имеет свою специфику. Вначале окраски бампер покрывают специальным грунтом для пластика. Если пластмассу не загрунтовать, а просто покрасить краской поверх пластика, то краска быстро облезет. Это происходит оттого, что при изменениях температуры воздуха, пластмасса расширяется или сужается. Для предотвращения растрескивания краски и применяют грунтовку.

Хоть пластиковый бампер значительно более хрупок, чем металлический, но часто он выдерживает удар и не ломается, а лишь вминается внутрь. Вмятину на бампере легко отремонтировать даже в обычных гаражных условиях.

И хотя уже все современные серийные легковые автомобили имеют пластмассовые бамперы, производители автомобилей не прекращают исследований в области производства бамперов из других материалов.

Первым шагом на пути создания безопасной конструкции кузова автомобиля явилась разработка «безопасного» бампера, призванного поглощать энергию удара и, тем самым, защитить кузов от повреждений в случае столкновения автомобиля с препятствием. В них содержится

энергопоглощающий элемент, в котором энергия удара преобразуется в работу деформации или тепловую.

По типу упругого элемента бамперы могут быть:

– механические;

– гидравлические;

– пневматические;

– комбинированные.

В механических амортизаторах упругий элемент может работать как на сдвиг, так и на сжатие, растяжение. В качестве упругого элемента могут использоваться пружины или резина.

Безопасный бампер разработан компанией *Volkswagen*, конструкция которого представляет собой вынесенный вперед бампер и опоясывающий брус, которые были закреплены подвижно. При ударе бампер перемещался назад, сжимая эластичный наполнитель в цилиндре, который в свою очередь закреплен неподвижно на прочном щите передней части кузова (рисунок 2).

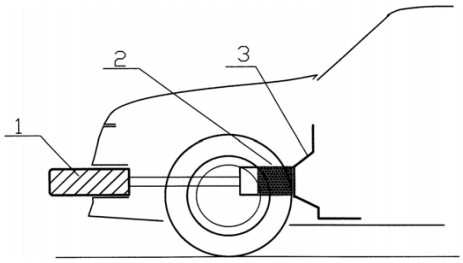



Рисунок 2 - Схема безопасного бампера экспериментального автомобиля компании Volkswagen: 1 – подвижный бампер; 2 – цилиндр с энергопоглощающим наполнителем; 3 – щит передней части кузова

На рисунке 3, а представлена схема устройства механического бампера с амортизирующим элементом, работающим на сжатие.

Здесь энергопоглощающий элемент выполнен из упругого материала в виде конуса и, сжимаясь, поглощает энергию удара. Упругий элемент бампера (вулканизированная резина) может работать на сдвиг (рисунок 3, б). Элементы, работающие на сдвиг, удобны еще и тем, что их жесткость не зависит от направления перемещения бампера.

Одним из «простых» разновидностей является бампер, содержащий пластмассовый оболочковый корпус, ребра, округления и отверстия под резьбовой крепеж и установку электроосветительных элементов. Эта конструкция крепится на передней части автомобиля и предназначена для смягчения случайных несильных ударов.

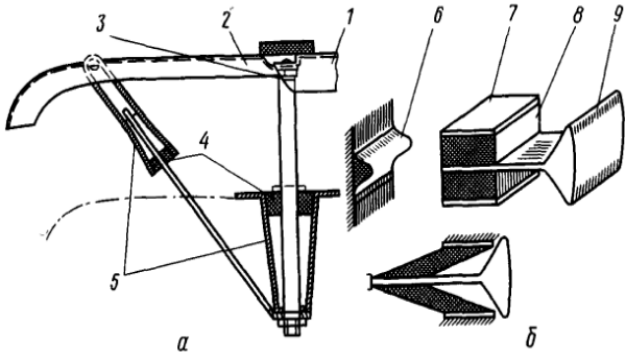



Рисунок 3 - Конструктивная схема безопасного бампера с упругими амортизирующими элементами:
а – работающими на сжатие; б – работающими на сдвиг;
1 – балка; 2 – боковое крыло; 3 – шарнир; 4 – упругий элемент;
5 – энергопоглощающий конус; 6 – буфер; 7 – обойма; 8 – резиновый упругий элемент; 9 – поперечный брус бампера

Бампер по составу выполнен цельной единой конструкцией, однородным из синтезированного дегидрогенизационного пропена до 80% и наполнителя в виде графитизированных шариков или микростеклошариков. Внутреннее оребрение разделяет бампер на безопасные зоны нагружения и достигает по высоте, как минимум, 2-3-х толщин оболочкового материала. Поверхности отверстий под установку электроосветительных элементов выполнены под углом самозаклинивания. Внутренняя поверхность граничит с внешним профилем кузова автомобиля и повышает статическое закрепление бампера к профилю кузова автомобиля. Верхний выступ с трапецеидальным сечением служит для уменьшения зазорного пространства бампера и кузова автомобиля с одновременной фиксацией к нему своими внешними поверхностями силами самозаклинивания. Таким образом достигается повышение прочностных характеристик.

К недостатку известных конструкций следует отнести использование большого числа разнообразного оборудования и инструментов, необходимых для установки бампера, что в итоге удорожает данный процесс в десятки раз. Задачей нового технического решения является улучшение дизайна формы бампера легкового автомобиля, связанного с повышением прочностных характеристик его неармированного профиля, и получение пригодной для использования одной цельной конструкции.

## Список литературы

1. Юрков, А. А. Сравнительная оценка прочности бамперов автомобилей / А. А. Юрков, Г. В. Невмержицкая // Новые горизонты: Сборник материалов и докладов XI научно-практической конференции с международным участием, Брянск, 15 апреля 2024 года. – Брянск:

Брянский государственный технический университет, 2024. – С. 149-152. – EDN BVKOFD.

2. Родионов, Ю.В. Методики экспертного исследования столкновений транспортных средств: моногр. / Ю.В. Родионов, Е.А. Новописный. – Пенза:ПГУАС. - 2015. – 188 с.

3. Мурашев, П.М. Экспертное исследование механизма дорожно-транспортных происшествий, связанных со столкновением транспортных средств при встречном разъезде // Вестник Московского университета МВД России. - 2020.- №6. – С.26-29.

**УДК 629.331:656.084**

# ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ БАМПЕРОВ

**Подогов Александр Иванович,** студент гр. 25ЭТМК1м
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация.** *Рассмотрена конструкция энергопоглощающего бампера, присоединенного к кузову автомобиля, содержащая опорную поверхность в виде жесткого металлического профиля П-образного сечения, включающего центральную секцию и две боковые секции, которые расположены в одну линию. Представлены схемы гидропневматического бампера с легко деформируемой оболочкой, гидравлического бампера с системой «самовосстановления», пневматического безопасного бампера.*

Бампер автомобиля должен предотвращать или уменьшать повреждения передней и задней частей транспортных средств при столкновении на малой скорости (до 30 км/ч), то есть обеспечивать защиту капота, багажника, решетки радиатора, топливной, выхлопной и охлаждающей системы, а также габаритных огней, фар и задних фонарей Однако в действительности большинство бамперов не в состоянии поглотить энергию удара и защитить конструкцию автомобиля от повреждений, потому что они слишком хрупкие, слишком маленькие или в некоторых случаях вообще отсутствуют. В результате страховые компании вынуждены оплачивать дорогостоящий ремонт. Эффективным же бампером является устройство, в конструкцию которого входит достаточно широкий усилитель, способный защитить углы ТС. Кроме того, бампер должен поглотить максимально возможную энергию удара, что допустимо только при наличии достаточного расстояния между усилителем и защищаемой конструкцией автомобиля. В последнее время особо остро стоит вопрос о взаимном расположении усилителей взаимодействующих ТС при столкновении, так как только при условии их расположения на одинаковой высоте (совместимости) бамперы способны эффективно выполнить свои функции и исключить вероятность дорогостоящего ремонта.

Известны многочисленные конструкции энергопоглощающих бамперов, включающие жёсткие опорные поверхности, наружные обшивки и расположенные между ними амортизирующие устройства и элементы различных видов. Однако они не обладают высокой энергопоглощающей способностью и не обладают возможностью многоразового применения после выполнения определённых ремонтных операций [1].

Рассматриваемая конструкция энергопоглощающего бампера, присоединенного к несущей конструкции 1 автомобиля, содержит (рисунок 1) опорную поверхность в виде жесткого металлического профиля П-образного сечения, включающего центральную секцию 2 и две боковые секции 3, которые расположены в одну линию.

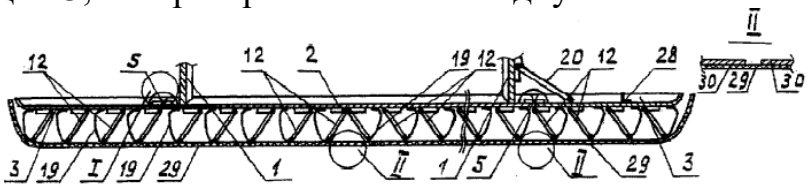



Рисунок 1 - Продольный разрез энергопоглощающего бампера – вид сверху

Центральная секция 2 бампера присоединена к несущей конструкции 1 автомобиля, а боковые секции 3 бампера присоединены к центральной секции через соединительные энергопоглощающие устройства 5, каждое из которых определенное количество.

На наружной поверхности всех секций 2 и 3 опорной поверхности бампера равномерно расположены на расстоянии друг от друга основные энергопоглощающие устройства 12, причем два центральных основных энергопоглощающих устройства 12 центральной секции 2 конструкции бампера, каждое из которых является зеркальным отображением другого, примыкают друг к другу.

Конструкция каждого основного энергопоглощающего устройства 12 также включает подвижное основание, выполненное в виде жесткой пластины, снабженной двумя горизонтальными боковыми выступами, которые имеют ширину, соответственно равную диаметру раскоса, и обращены к наружной поверхности П-образного профиля, причем пластина подвижного основания выполнена за одно целое с пластинчатой пружиной 19, которая присоединена своим концом к наружной поверхности П-образного профиля 2 или 3 соответственно.

Кроме этого конструкция энергопоглощающего бампера также включает два дополнительных – левое и правое энергопоглощающие устройства 20, присоединенные каждое сбоку к несущей конструкции 1 автомобиля.

Каждая боковая секция 3 конструкции бампера может быть снабжена ограничителем перемещения подвижного основания соответствующего дополнительного энергопоглощающего устройства 20, которое выполнено в виде жесткого упора 28, присоединенного к тыльной поверхности П-образного профиля 3 опорной поверхности энергопоглощающего бампера, и которое одновременно является ограничителем поворота каждой боковой секции 3 конструкции бампера в случае воздействия именно в нее интенсивной ударной нагрузки.

Конструкция энергопоглощающего бампера также включает наружную обшивку 29, выполненную в виде П-образного профиля с закругленными назад концевыми участками, закрывающую энергопоглощающие устройства 12 и присоединенную с помощью разъемных соединений к опорной поверхности 2 бампера или к несущей конструкции 1 автомобиля. Применение отдельных участков металлической полосы 30, ширина которой в пределе может быть равна высоте пластин подвижных оснований энергопоглощающих устройств 12, с одной стороны, обеспечивает повышение прочности и жесткости определенных участков наружной обшивки, расположенных соответственно напротив групп энергопоглощающих устройств 12, которые будут работать совместно при воздействии ударных нагрузок, а с другой стороны, обуславливает разрушение наружной обшивки 29 именно по месту зазоров между участками 30 металлической полосы, то есть по месту стыков центральной 2 и боковых 3 секций и в середине центральной секции 2 бампера.

Другой разновидностью энергопоглощающего бампера является конструкция, изображенная на рисунке 2.

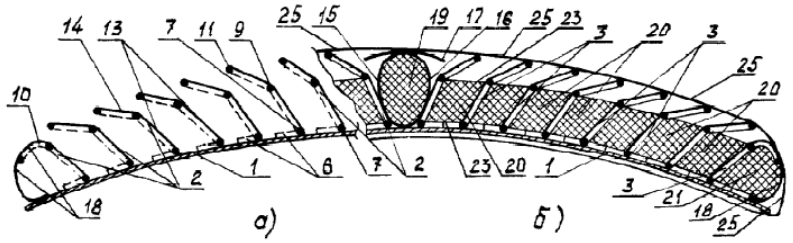



Рисунок 2 - Продольное сечение энергопоглощающего бампера:
а – продольное сечение, но без блоков твердого пеноматериала и наружной обшивки; б – продольный разрез энергопоглощающего бампера

Указанное устройство включает наружную обшивку 25, бампер П-образного сечения 1, присоединенный к несущей конструкции автомобиля, размещенные между ними и равномерно расположенные по длине бампера на расстоянии друг от друга энергопоглощающие устройства 2 и 3, присоединенные к наружной поверхности бампера, пластинчатые пружины 18 и другие вспомогательные элементы.

Каждое энергопоглощающее устройство включает определенное количество прилегающих друг к другу энергопоглощающих элементов, каждый из которых является зеркальным отображением соседнего, изготовлен за одно целое из отрезка круглого, выполненного, в частности, из материала, обладающего эффектом «памяти формы», металлического прута, участки которого последовательно изогнуты во взаимно перпендикулярных плоскостях, и соответственно включает

дополнительное основание, расположенное вертикально 11, перемычки 7, раскос 10.

В случае столкновения энергопоглощающего бампера с локальной преградой или другим автомобилем происходит следующее. В первую очередь по месту воздействия ударной нагрузки происходит упругое деформирование – сжатие толстого слоя эластично-упругого материала и смещение наружной обшивки 25. После этого, в случае воздействия интенсивной ударной нагрузки в левую или в правую часть бампера, происходит разрушение наружной обшивки 25 и начинается деформирование энергопоглощающих устройств 2 или 3 левой или правой половины бампера, деформирующихся соответственно в разные стороны.

При воздействии интенсивной ударной нагрузки на центральную пластину 17 амортизирующего устройства полого изогнутые пластинчатые пружины 15 и 16, обладающие заданной жесткостью и взаимодействующие своей боковой поверхностью с направляющими пластинами 13, соединенными с раскосами центральных энергопоглощающих устройств 2 и 3, деформируются, изгибаясь под воздействием нагрузки, и при этом происходит разрушение и последующее раздробление объема 19 твердого пеноматериала, расположенного в полости между пластинчатыми пружинами 15 и 16; одновременно с этим происходит и первая стадия деформирования прилегающих энергопоглощающих устройств 2 и 3.

Воздействие нагрузки, величина которой превышает силу сопротивления скручиванию дополнительных вертикальных перемычек 9, являющихся пластическими торсионами, на наружную поверхность подвижных оснований 14 вызывает их поворот к наружной поверхности П-образного профиля 1 и соответственно поворот соединенных с ними дополнительных раскосов 10 относительно раскосов 8, что обуславливает пластическое скручивание четырех соосных вертикальных перемычек 9 энергопоглощающих устройств 2, 3 и соответственно поглощение энергии воздействующей нагрузки.

К числу недостатков данной конструкции необходимо отнести, во-первых, отсутствие возможности выхода из-под удара при столкновении – в случае воздействия ударной нагрузки в центральную секцию бампера, а, во-вторых, невысокую эффективность защиты при воздействии интенсивной локальной ударной нагрузки, например, при столкновении со столбом или деревом и, особенно, в том случае, когда указанная нагрузка воздействует на два центральных энергопоглощающих устройства и прилегающие участки бампера.

Задача, на решение которой направлена предлагаемая конструкция, заключается в повышении эффективности защиты легкового автомобиля при столкновении с локальной преградой или другим легковым автомобилем.

Технический результат приведенных конструкций, заключается в высокой энергопоглощающей способности и стабильности характеристик амортизации, при возможности многоразового использования.

Применение бамперов, поглощающих энергию удара, требует изменения конструкции элементов кузова. Для размещения амортизаторов часто необходимо усиливать рамы и нижние части несущих кузовов и изменять их конфигурацию. Вследствие увеличения массы бампера приходится устанавливать более жесткие и прочные рессоры. На некоторых моделях автомобилей изменены колеса, шины, рулевые механизмы, детали подвески [2].

В гидравлических и пневматических бамперах энергия удара поглощается при сжатии газа или перетекании жидкости через дросселирующее устройство. В качестве жидкости используются вода (зимой – антифриз), глицерин, силиконовые или минеральные масла, а в качестве газов – большей частью азот или другой нейтральный газ. На рисунках 3, 4 приведены схемы двух типов гидропневматических бамперов с упругими оболочками.

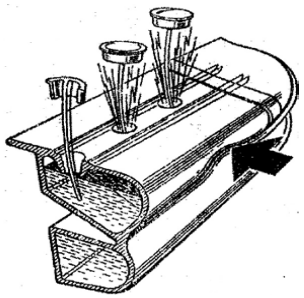


Рисунок 3 - Гидропневматический бампер с легко деформируемой оболочкой (с выбиваемыми заглушками)

На рисунке 3 показана оболочка толщиной около 6 мм из поливинилхлорида, внутренняя полость которой частично заполнена антифризом. При столкновении сначала деформируется упругий бампер, который сжимает жидкость и воздушную подушку. Под действием давления из небольших отверстий, имеющихся в оболочке, выталкиваются пробки, и выжимается жидкость. Тем самым корпус автомобиля защищается от повреждений. В подобном «гидравлическом» бампере объём жидкости составляет 15-20 литров. Суммарный вес такого бампера составит примерно 30 кг (60 кг на автомобиль), что дает дополнительную нагрузку на узлы подвески, а постоянно перемещающийся центр массы приведет к непредсказуемому нарушению управляемости автомобиля.

Другой вариант бампера показан на рисунке 4. Здесь в оболочке бампера нет наружных отверстий. Внутренняя полость гибкой оболочки заполнена антифризом и сообщается через специальную трубку с сильфоном, внутри которого помещена пружина. Пружина удерживает

сильфон в сжатом состоянии. Энергия удара в таком бампере гасится за счет протекания жидкости через небольшое отверстие в трубке и преодолении силы пружины сильфона. Преимущество второго варианта в том, что жидкость находится все время в замкнутом объеме.

При использовании бампера с двумя гидропневматическими амортизаторами (для автомобиля массой 2040 кг при $v_0$=22,4 м/с) удается получить перемещение в процессе удара, равное 0,76 м, при этом 0,3 м – ход поршня, а 0,46 м – деформация рамы.

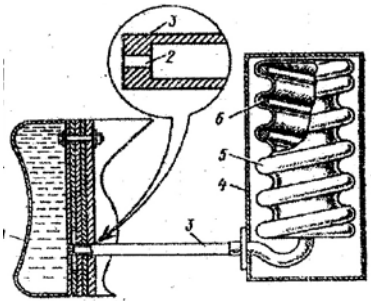



Рисунок 4 - Конструкция гидравлического бампера с системой «самовосстановления»:
1 – эластичный бампер, наполненный жидкостью; 2 – дроссельное отверстие в штоке; 3 – полый шток; 4 – силовая конструкция кузова; 5 – сильфон; 6 – сжимающая пружина, внутри сильфона

На рисунке 5 показан пневматический бампер без жидкости, разработанный в Германии.

Он состоит из двух рукавов 1, уложенных параллельно в выемки каркаса 5 из алюминиевого сплава. С другой стороны каркаса в выемке кузова размещается опорный рукав 4, внутренняя полость которого через небольшое отверстие 3 сообщается с полостью каркаса. Все элементы бампера закрыты защитной оболочкой 2.

При наездах и столкновениях усилие через рукава 1 и каркас передается на опорный рукав 4. Давление в рукаве 4 повышается, и воздух через клапан 3 с малым проходным сечением поступает в полость каркаса.

В США запатентована другая конструкция безопасного бампера. Между кузовом и наружной поверхностью бампера расположены четыре камеры из эластичных материалов. Две из них постоянно заполнены воздухом, а расположенные между ними и бампером две другие камеры заполняются воздухом только при торможении. Воздух нагнетается компрессором. При заполнении воздухом двух передних камер бампер, концы которого связаны со специальными штангами, выдвигается вперед до полного наполнения подушек. На штангах имеются кольцевые выступы, в которые упираются пружины. Назначение последних – смягчить удар, если подушки потеряют герметичность.

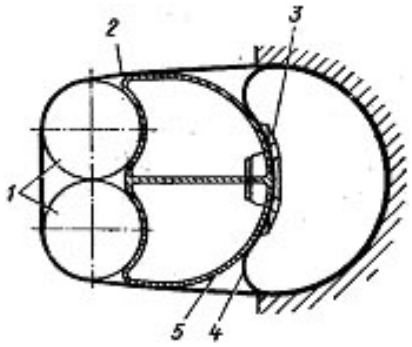



Рисунок 5 - Конструктивная схема пневматического безопасного бампера

Бампер современного легкового автомобиля представляет собой скорее область работы художника-стилиста, чем инженера-конструктора, так как многие считают, что бампер не в состоянии как-либо защитить автомобиль, масса которого обычно колеблется в пределах 1,5-2 т. Между тем ясно, что энергия удара не может исчезнуть, а должна быть поглощена элементами кузова на возможно большем удалении от пассажирского помещения. В этой связи нельзя игнорировать защитные свойства бампера, каковы бы они ни были. В будущем, очевидно, конструкторы решат технические проблемы упругого соединения бампера с кузовом автомобиля. Такое соединение должно поглощать большую часть кинетической энергии удара, возникающую при столкновении автомобилей [3].

Следует отметить, что материалы, используемые в настоящее время для автомобильных бамперов, разрушаются при столкновении со скоростью, равной 9 км/ч, а при больших скоростях происходят значительные повреждения кузова. Необходимо найти такие конструкции бампера и передней части автомобиля, такие соотношения их жесткости и прочности, чтобы при слабом ударе бампер защищал от повреждения элементы кузова автомобиля, имеющие большую стоимость, а при тяжелых столкновениях бампер и передняя часть автомобиля деформировались бы совместно, поглощая значительную часть энергии удара и защищая, таким образом, пассажиров от серьезных травм. По американским и канадским стандартам скорость столкновения задается в 2 раза выше европейской, поэтому многие автомобили, поставляющиеся на американский рынок, отличаются от европейских бамперами. Кроме того, по канадским требованиям бампер должен сохранять свои свойства при температуре до -30 °С. Французские автопроизводители предлагают изготавливать бамперы из специального пластика. Благодаря его свойствам бамперы, внешне ничем не отличающиеся от обычных, после удара со скоростью до 10 км/ч способны самостоятельно восстанавливать свою заводскую форму. Анализ действующих в Российской Федерации стандартов, регламентирующих использование бамперов на легковых ТС, носят противоречивый характер, поэтому требуют пересмотра в

отношении ужесточения «критериев испытания», а также требований по отношению к размерам и высоте расположения бамперов на автомобиле.

Таким образом, анализ развития конструкций упругого элемента бампера ТС позволяет сделать выводы:

– в настоящее время существует большое разнообразие конструкций упругого элемента бампера, которые подразделяются на 4 основных типа: механические, гидравлические, пневматические, комбинированные;

– эффективность использования той или иной конструкции бампера, несмотря на заверения авторов-конструкторов, требует всестороннего теоретического и практического анализа, а также подтверждения статистическими данными при эксплуатации ТС в существующих дорожных условиях.

## Список литературы


1. Шаршембиев, Ж. С. Бампер последовательного энергопоглощающего действия / Ж. С. Шаршембиев, И. А. Абдырахманов, А. К. Сурапов // Вестник Кыргызстана. – 2024. – № 2-1. – С. 417-424. – DOI 10.33514/ВК-1694-7711-2024-2(1)-417-424. – EDN IOFHEC.
2. Николаева, Р. В. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий при столкновении транспортных средств / Р. В. Николаева, Р. Ф. Валиев // Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура. – 2023. – № 2(2). – С. 92-99.
3. Родионов, Ю.В. Методики экспертного исследования столкновений транспортных средств: моногр. / Ю.В. Родионов, Е.А. Новописный. – Пенза:ПГУАС. - 2015. – 188 с.

**УДК 658.7**

# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН В УПРАВЛЕНИИ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК: ВОЗМОЖНОСТИ, ПРОБЛЕМЫ И РИСКИ

**Псёл Елизавета Андреевна,** студентка гр. 24НТТС1
**Жесткова Светлана Анатольевна,** д.т.н., профессор
ФГБОУ ВО “Пензенский государственный университет архитектуры и строительства”

**Аннотация.** *В статье раскрыто содержание концепции (технологии) блокчейн применительно к управлению цепями поставок (УЦП) и логистике. Показана эволюция технологии блокчейн: продвинутый блокчейн, комплексные и расширенные решения с использованием блокчейна. Рассмотрены основные области применения и характеристика проблематики применения блокчейна в УЦП. Проанализированы ключевые риски и проблемы, с которыми сталкиваются разработчики блокчейн-решений в логистике и УЦП.*

Цифровая трансформация транспортно-логистической деятельности является одним из приоритетных направлений развития экономики Российской Федерации. В условиях усложнения цепей поставок, роста требований к прозрачности и скорости логистических операций возрастает потребность в технологиях, обеспечивающих доверительное взаимодействие между участниками цепи поставок. Одной из таких технологий является блокчейн. Технология блокчейн, изначально разработанная для криптовалютных операций, в настоящее время находит применение в различных отраслях экономики, включая логистику и управление цепями поставок. Её ключевые свойства — децентрализация, неизменяемость записей, прозрачность транзакций и возможность автоматизации процессов посредством смарт-контрактов — создают предпосылки для решения ряда проблем, характерных для современных цепей поставок. Целью настоящей статьи является систематизация возможностей, проблем и рисков применения технологии блокчейн в управлении цепями поставок и логистике.

Блокчейн представляет собой распределённый реестр данных, организованный в виде последовательности блоков, каждый из которых содержит информацию о транзакциях и криптографическую ссылку на предыдущий блок. Такая структура обеспечивает неизменяемость записей:

любое изменение данных в одном из блоков потребовало бы пересчёта всех последующих блоков, что практически невозможно при достаточной вычислительной мощности сети. Эволюция технологии блокчейн может быть представлена в виде нескольких этапов. Первый этап — базовый блокчейн (Blockchain 1.0) — характеризуется применением технологии преимущественно для криптовалютных операций. Основные свойства данного этапа: децентрализованный реестр, консенсусный механизм, анонимность участников. Второй этап — продвинутый блокчейн (Blockchain 2.0) — связан с появлением смарт-контрактов, то есть программ, автоматически исполняющих условия сделки при наступлении определённых событий. Это расширило область применения технологии за пределы финансовых операций. Третий этап — комплексные решения на основе блокчейна (Blockchain 3.0) — характеризуется интеграцией блокчейна с другими цифровыми технологиями: интернетом вещей, искусственным интеллектом, большими данными. Такие решения ориентированы на применение в государственном управлении, здравоохранении, логистике. Четвёртый этап — расширенные решения (Blockchain 4.0) — предполагает создание масштабируемых платформенных решений, способных обслуживать сложные многоуровневые системы с большим количеством участников. Именно этот этап наиболее актуален для управления цепями поставок.

Анализ научной литературы и практических кейсов позволяет выделить несколько ключевых областей применения блокчейна в управлении цепями поставок. Первая область — отслеживание происхождения и движения товаров. Блокчейн позволяет создать неизменяемую историю движения товара от производителя до конечного потребителя. Каждый участок цепи поставок фиксирует информацию о передаче товара, что обеспечивает прозрачность и позволяет оперативно выявлять нарушения. Вторая область — управление документами. Традиционные цепи поставок сопровождаются значительным объёмом документов: накладные, сертификаты, таможенные декларации. Блокчейн позволяет создать единый цифровой реестр документов, доступный всем участникам, что снижает риски подделки и ускоряет процессы оформления. Третья область — автоматизация расчётов с помощью смарт-контрактов. Смарт-контракты позволяют автоматизировать платежи при наступлении определённых условий, например при подтверждении доставки груза. Это снижает транзакционные издержки и уменьшает

потребность в посредниках. Четвёртая область — управление запасами и складскими операциями. Блокчейн обеспечивает актуальную информацию о наличии товаров на складах всех участников цепи поставок, что позволяет оптимизировать уровень запасов и снизить издержки хранения. Пятая область — обеспечение соответствия требованиям. Блокчейн позволяет фиксировать информацию о соответствии товаров стандартам качества, экологическим нормам, требованиям таможенного законодательства. Это упрощает прохождение проверок и снижает риски штрафов.

Несмотря на очевидные преимущества, применение блокчейна в управлении цепями поставок сталкивается с рядом проблем. Первая проблема — отсутствие единых стандартов. В настоящее время отсутствуют общепринятые стандарты обмена данными между блокчейн-платформами различных производителей. Это затрудняет интеграцию решений и создание единого информационного пространства цепи поставок. Вторая проблема — масштабируемость. Большинство существующих блокчейн-платформ характеризуются ограниченной пропускной способностью. При увеличении количества транзакций время обработки возрастает, что неприемлемо для логистических операций, требующих высокой скорости. Третья проблема — высокие энергозатраты. Некоторые консенсусные механизмы, например Proof-of-Work, требуют значительных вычислительных ресурсов и электроэнергии. Это ограничивает применение блокчейна в масштабных логистических системах. Четвёртая проблема — правовые и регуляторные ограничения. Законодательство многих стран не регулирует применение блокчейна и смарт-контрактов. Это создаёт правовую неопределённость при использовании технологии в коммерческих операциях. Пятая проблема — сопротивление участников цепи поставок. Внедрение блокчейна требует раскрытия информации, которую участники цепи поставок могут считать конфиденциальной. Это вызывает сопротивление, особенно со стороны крупных посредников, чья роль при использовании блокчейна снижается. Шестая проблема — недостаток квалифицированных кадров. Разработка и сопровождение блокчейн-решений требуют специалистов, обладающих знаниями, как в области информационных технологий, так и в области логистики. Таких специалистов на рынке недостаточно.

Анализ проблематики позволяет выделить ключевые риски, с которыми сталкиваются разработчики блокчейн-решений. Технологические риски связаны с ограничениями существующих блокчейн-платформ: низкая пропускная способность, высокие задержки, уязвимость к атакам 51%, ошибки в смарт-контрактах. Организационные риски связаны с необходимостью координации действий большого количества участников цепи поставок, каждый из которых имеет собственные интересы и уровень цифровой зрелости. Экономические риски связаны с высокими затратами на внедрение и сопровождение блокчейн-решений, неопределённостью сроков окупаемости, отсутствием доказанных кейсов масштабного применения. Правовые риски связаны с отсутствием законодательной базы, регулирующей применение блокчейна и смарт-контрактов, а также с вопросами защиты персональных данных. Репутационные риски связаны с возможными сбоями в работе блокчейн-платформ, которые могут привести к нарушению цепей поставок и утрате доверия участников.

Технология блокчейн обладает значительным потенциалом для повышения эффективности управления цепями поставок и логистики. Она позволяет обеспечить прозрачность, неизменяемость и автоматизацию процессов, что особенно актуально в условиях усложнения цепей поставок и роста требований к скорости и качеству логистических услуг. Вместе с тем применение блокчейна сталкивается с существенными проблемами: отсутствие стандартов, ограниченная масштабируемость, высокие энергозатраты, правовая неопределённость, сопротивление участников. Эти проблемы необходимо учитывать при разработке блокчейн-решений. Дальнейшее развитие технологии связано с созданием масштабируемых платформенных решений, интегрированных с другими цифровыми технологиями, а также с формированием нормативно-правовой базы, регулирующей применение блокчейна в логистике и управлении цепями поставок.

## Список литературы

1. Ларин, О. Н. Цифровая трансформация транспортно-логистической деятельности / О. Н. Ларин, Р. Б. Ивуть, П. Д. Капский // Логистика. — 2024. — № 4(209). — С. 26–30. — EDN BSQVBL.

**УДК 621.824.32:629.351**

# АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ВИГАТЕЛЯ КАМАЗ-740

**Родионов Юрий Владимирович,** д.т.н., профессор
**Хайдаров Мухаммадали Иномджонович,** студент гр.25ЭТМК1м
**Рахимбоев Фаррух Равшанович,** студент гр. 25ЭТМК1м
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация**. *Проанализированы дефекты коленчатых валов двигателя КамАЗ-740 и его модификациях Устранимые дефекты имеют 84% валов. Анализ результатов исследований показывает, что основной причиной выбраковки коленчатых валов являются задиры шеек, трещины на них и деформация (биение) коленчатого вала при незначительных износах самих шеек, находящихся в поле допуска на размер. Для повышения долговечности коленчатых валов необходимо совершенствовать систему смазки их подшипников, особенно шатунных, контролировать формоизменение сопряжений, убирать прогиб коленчатого вала, проверять точность геометрических и координатных размеров шеек, величину радиуса галтельных переходов шатунных и коренных шеек*

Коленчатый вал (КВ) работает в 8-ми цилиндровом V-образном двигателе КамАЗ-740 и его модификациях, которые устанавливаются на грузовые автомобили и самосвалы КамАЗ, а также на тракторы, комбайны и стационарные энергетические установки.

Мощность двигателя 154 кВт (210 л.с.) при номинальной частоте вращения коленчатого вала 2600 мин$^{-1}$; максимальный крутящий момент на коленчатом вале 637 Н·м (65кг·м) при частоте вращения коленчатого вала 1600-1800 мин$^{-1}$.

Коленчатый вал – одна из основных деталей двигателя, определяющая его ресурс, наиболее сложная в конструктивном отношении и наиболее напряженная деталь, воспринимающая периодические нагрузки от сил давления газов, сил инерции и их моментов. Действие этих сил и моментов приводит к возникновению в материале коленчатого вала значительных напряжений скручивания, изгиба и растяжения – сжатия. Кроме того, периодически изменяющиеся моменты вызывают крутильные колебания вала, которые создают дополнительные напряжения кручения [1].

Заготовки коленчатых валов выполняются ковкой из стали 42 ХМФА ТУ 14-1-1296-75. Материал для изготовления коленчатых валов поставляется не термообработанный в прутках (НВ 255-277).

Коленчатый вал имеет пять коренных и четыре шатунных шейки. Коренные и шатунные шейки коленчатых валов закалены ТВЧ HRC (52…62).

Анализ технического состояния коленчатых валов, поступивших с двигателями КамАЗ-740 в капитальный ремонт, исследовали на ЗАО «Ремдизель». Дефекты коленчатых валов и коэффициенты их повторяемости приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Дефекты коленчатых валов

| Наименование дефекта | Количество КВ, имеющих дефекты | Коэффициент повторяемости дефектов |
|---|---|---|
| 1. Проворот, задир коренных или шатунных шеек, а также их аварийный износ, (прВ) | 124 | 0,220 |
| 2. Деформация КВ выше допустимой (биение 3-й коренной шейки более 0,03 мм) (Б) | 385 | 0,690 |
| 3. Трещины на коренных и шатунных шейках (ТрШ) | 40 | 0,070 |
| 4. Износ шеек более 4-го ремонтного размера (Ипр) | 8 | 0,015 |
| 5. Трещины на торцах вала (ТрТ) | 21 | 0,040 |
| 6. Ослабление посадки, смятие штифтов и разрушение резьбовых отверстий под болты крепления маховика (ШтБ) | 104 | 0,190 |
| 7. Разрушение резьбы М10 под полумуфту отбора мощности (РМ10) | 12 | 0,210 |
| 8. Износ или повреждение поверхности (диаметр 125 (И125) | 1 | 0,002 |
| 9. Износ гнезда подшипника более диаметра 52,02 мм или его забоины (И52) | 28 | 0,060 |
| 10. Увеличение длины 5-й коренной шейки более 36,28 мм (L5к) | 15 | 0,030 |
| 11. Забоины на коренных и шатунных шейках (ЗБ) | 11 | 0,020 |

Из анализа 560 исследуемых коленчатых валов было выявлено, что имеющими устранимые дефекты были 470 коленчатых валов или 84%, а неремонтопригодными, то есть имевшими неустранимые дефекты – 90 коленчатых валов, или 16% [2].

Таблица 2 –Неустранимые дефекты коленчатых валов

| Наименование неустранимых дефектов | КВ с неустранимыми дефектами | | Коэффициент повторяемости дефектов |
|---|---|---|---|
| | шт. | % | |
| 1. Провороты, задиры коренных или (и) шатунных шеек, а также их аварийный износ, не устраняемый шлифованием | 53 | 58,9 | 0,090 |
| 2. Деформация КВ выше предельного (биение 3-й коренной шейки более 0,9 мм) | 26 | 28,9 | 0,050 |
| 3. Трещины на коренных и шатунных шейках, не устраняемые шлифованием | 36 | 40 | 0,060 |
| 4. Износ более 4-го ремонтного размера коренных или шатунных шеек | 7 | 7,8 | 0,010 |
| 5. Излом КВ | 8 | 8,8 | 0,010 |
| 6. Увеличение длины 5-й коренной шейки более 36,58 мм (износ) | 5 | 5,6 | 0,010 |
| 7 .Забоины на шатунных или (и) коренных шейках, не устраняемые шлифованием | 2 | 2,2 | 0,004 |
| 8. Срыв резьбы или забой резьбы под болт крепления маховика | 5 | 5,6 | 0,010 |
| 9. Износ гнезда подшипника более диаметра 52,02 мм или его забоины | 2 | 2,2 | 0,004 |
| 10. Трещины на торцах | 2 | 2,2 | 0,004 |

Срок службы коленчатого вала характеризуется возможным числом восстановления шеек под ремонтный размер.

Для анализа дефектов коленчатых валов, проявляющихся в процессе эксплуатации (износов, задиров и биения шеек коленчатых валов), проводились исследования по данным микрометража 527 коленчатых валов.

Исследования показали, что выбракованы:

из-за деформации (биению) – 61 коленчатый вал – (11,6%);

из-за наличия трещин  - 24 коленчатых вала – (4,6%);

из-за задиров шеек – 105 коленчатых валов – (19,9%);

находятся в пределах номинального размера – 160 коленчатых валов (30,4%);

вышедшие за предельные значения – 27 коленчатых валов (5,1%).

По деформации (биению) коленчатых валов:

биение в пределах 0 - 0,1 мм – 424 коленчатых вала, из них 12 коленчатых валов с трещинами (12,8%), 24  коленчатых вала с задирами шеек (5,7%);

биение в пределах 0,1 - 0,9 мм – 72 коленчатых вала, из них 8 коленчатых валов с трещинами (11,1%), 57 коленчатых валов с задирами шеек (79,2%);

биение в пределах 0,9 - 2,5 мм - 31 коленчатый вал, из них 4 коленчатых вала с трещинами (12,9%),  26 коленчатых валов с задирами (83,9%).

Анализ результатов исследований показывает, что основной причиной выбраковки коленчатых валов являются задиры шеек, трещины на них (рисунок 1) и деформация (биение) коленчатого вала при незначительных износах самих шеек, находящихся в поле допуска на размер.

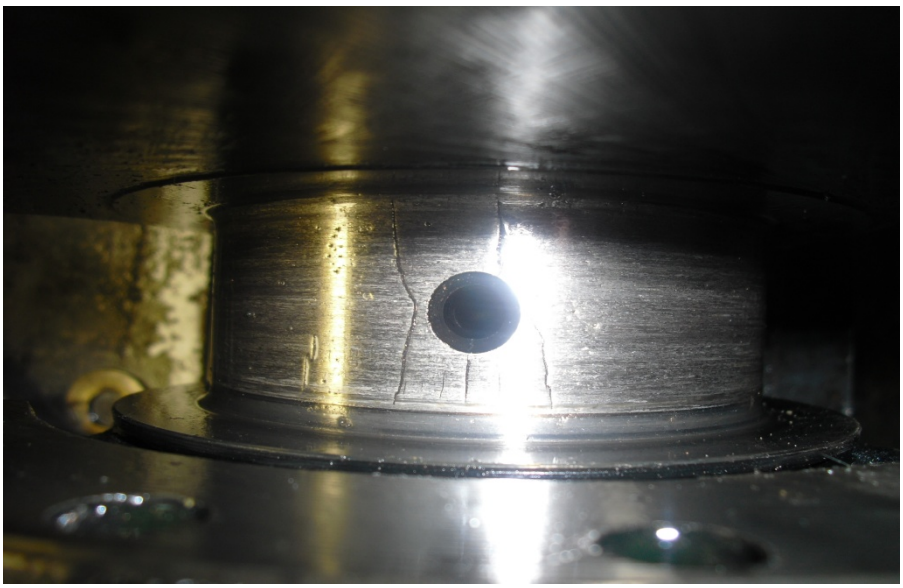


Рисунок 1 -. Задиры и трещины на шейке вала

При образовании задиров на шейках коленчатых валов возрастает вероятность образования на них трещин и деформации, статистическая связь между образованием трещин и  образованием биения коленчатого вала слабая (δ=4), а связь между  образованием задиров на шейках валов  и биением коленчатого вала весьма сильная (δ =30).

С увеличением прогиба коленчатых валов возрастает и количество неремонтопригодных валов, их выбраковка.

При прогибе коленчатого вала более 0,9 мм его не целесообразно восстанавливать из-за образования в нем усталостных трещин, при этом до 90% валов с таким прогибом подлежат выбраковке.

Анализ этих данных показывает, что прогиб выбракованных коленчатых валов в 8,6 раз больше, чем у коленчатых валов подлежащих восстановлению. Коленчатые валы, подлежащие восстановлению имеют значительное рассеивание величины прогиба ($\nu$= 1,675).

При правильной эксплуатации автомобиля и наработке 200-250 тыс. км биение коленчатого вала в среднем составляет 0,05 мм, при увеличении биения 0,1 мм и выше растет вероятность образования задиров, схватывания шейки с вкладышем (рисунок 2), что характерно для работы подшипников коленчатого вала в граничных условиях смазки и приводит к проворачиванию вкладышей, прогибу коленчатого вала величиной более 1мм и его выбраковке.



Рисунок 2 - Задиры на шейке вала, результат схватывания с вкладышем

Еще одним фактором, характеризующим долговечность коленчатого вала, является сопротивление усталостным нагрузкам.

Несмотря на различный характер внешнего проявления отказов, обусловленных изнашиванием и усталостью, в их основе лежат одни и те же физические процессы, описываемые закономерностями механики разрушения, согласно которым большинство видов изнашивания носит усталостный характер [3].

На сопротивление усталостным нагрузкам в значительной степени влияют однородность материала изделия и качество его изготовления.

В процессе изготовления коленчатых валов, при формировании заготовки (штамповкой) и последующей механической обработки их выбраковка составляет около 3%, большинство которых имеют трещины, в основном по штамповому стыку (рисунок 2). Образование трещин на шейках коленчатых валов при изготовлении значительно снижает их эксплуатационный ресурс.

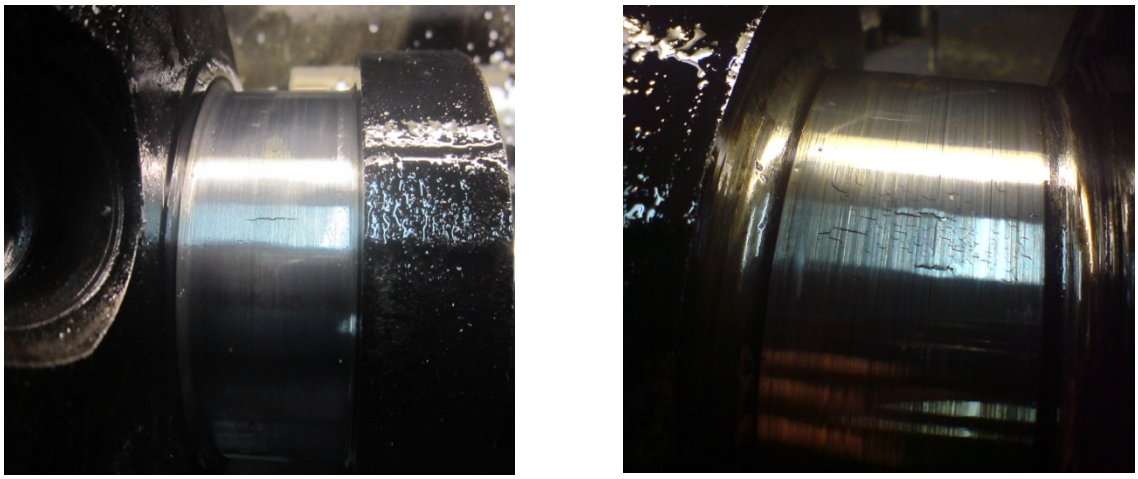


Рисунок 3 - Усталостные трещины на шейке вала

Кроме того, долговечность КВ, восстанавливаемых перешлифовкой под ремонтный размер, зависит от точности геометрических и координатных размеров. Несоответствие зазоров техническим условиям (ТУ) в сопряжении «шейка-вкладыш», изменение макрогеометрии и шероховатости шеек ведут к ухудшению условий работы сопряжения, вызывающему интенсивное увеличение задиров сопряжения в процессе приработки [4].

Анализ результатов исследований дефектов коленчатых валов, появляющихся в процессе эксплуатации, показывает, что выход из строя коленчатых валов в большинстве случаев происходит:

- из-за задиров шеек;
- при доминирующем влиянии изгиба в плоскости кривошипа;
- из-за разрушения его вследствие постоянного роста деформаций и трещин и постепенного накопления локальных дефектов.

Таким образом, для повышения долговечности коленчатых валов необходимо совершенствовать систему смазки их подшипников, особенно шатунных, контролировать формоизменение сопряжений, убирать прогиб коленчатого вала. После ремонта коленчатого вала проверять точность геометрических и координатных размеров шеек, величину радиуса галтельных переходов шатунных и коренных шеек, соответствие их ТУ,

создавать на шейках коленчатых валов покрытия, позволяющие повысить антизадирные свойства сопряжения при граничных условиях смазки, промерять посадочные места под вкладыши у шатунов и у постелей блока цилиндров.

## Список литературы


1. Балабанов, В. И. Анализ технологий восстановления коленчатых валов автотракторной техники / В. И. Балабанов, Д. В. Добряков // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26, № 5. – С. 31-38. – DOI 10.26897/2687-1149-2024-5-31-38. – EDN SHADZX.
2. Денисов А.А. Обеспечение работоспособности автомобильных двигателей совершенствованием восстановительных технологий: моногр./ А.С. Денисов, А.Р. Асоян, Ю.В. Родионов. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 246 с.
3. Шестопалова, Л. П. Диагностика усталостных разрушений коленчатых валов ДВС. Цикл статей. Часть 3. Производственные (технологические) дефекты - причина усталостного разрушения коленчатых валов ДВС / Л. П. Шестопалова, К. К. Шестопалов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2023. – № 6. – С. 3-6. – DOI 10.31044/1684-2561-2023-0-6-3-6. – EDN XKMDTY.
4. Хачкинаян, А. Е. Исследование надежности деталей кривошипно-шатунного механизма двигателей транспортно-технологических машин / А. Е. Хачкинаян // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 11. – С. 456-461. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-11-456-457. – EDN RNQTDI.

**УДК 620.178.16**

# СНИЖЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГИДРОПРИВОДА ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

**Толмачева Юлия Викторовна,** ассистент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация.** *В статье анализируются факторы, влияющие на эффективную работу гидросистем и узлов машин, и особенности их функционирования под воздействием различных климатических факторов. Описаны методы защиты от загрязнения при эксплуатации транспортно-технологических машин. Раскрыта сущность процесса диспергирования, используемого для улучшения эксплуатационных свойств рабочих жидкостей. Предложена оригинальная конструкция гидродинамического диспергатора, позволяющая повысить эффективность очистки в гидравлических системах транспортно-технологических машин и стабилизировать параметры износа пар трения.*

Высокий уровень механизации работ в различных отраслях промышленности и строительства обеспечивается широким применением разнообразной техники. В настоящее время все большее распространение находят строительные, дорожные и транспортно-технологические машины (ТТМ) с гидравлическим приводом рабочих органов.

Надежность и долговечность гидроприводов в целом, а также их элементов, в значительной степени зависят от качества применяемых рабочих жидкостей (РЖ), подавляющее большинство которых представляет собой масла на нефтяной основе. Рабочие жидкости выполняют функции не только рабочего тела, но и защищают поверхности трения от изнашивания. В связи с этим их необходимо рассматривать как неотъемлемый конструктивный элемент машины, во многом определяющий эксплуатационные характеристики гидроприводов.

Усовершенствование рабочих жидкостей путем улучшения их исходных физико-химических показателей и стабилизации свойств при наработке приводит к уменьшению скорости изнашивания узлов трения. Однако, несмотря на значительные успехи в данном направлении, сроки службы РЖ, а также износостойкость узлов трения гидроприводов ТТМ продолжают оставаться недостаточно высокими.

Особенностью большинства реальных технологических процессов, требующих использования гидрофицированного оборудования, является

высокая сложность условий окружающей среды в рабочей зоне. Современная техника работает преимущественно в тяжелых условиях эксплуатации, обремененных негативными экологическими и климатическими факторами, значительными динамическими нагрузками и высокой концентрацией пыли. Исследования надежности машин показывают, что от 20 до 40% всех отказов приходится на наиболее нагруженные компоненты трансмиссии и гидравлического привода [2, с. 43].

Загрязнение рабочих жидкостей частицами абразивной пыли значительно сокращает срок службы деталей машин. При интенсивном абразивном воздействии ресурс прецизионного оборудования уменьшается в 2–10 раз [6, с. 71]. Основными способами восстановления работоспособности и продления ресурса РЖ традиционно являются их фильтрация и введение легирующих присадок. Однако стандартная фильтрация не обеспечивает полного удержания мелкодисперсных фракций, соизмеримых с величиной рабочих зазоров [7, с. 38].

Для повышения эксплуатационных свойств масел и РЖ применяется эффективный и перспективный метод, заключающийся в искусственном принудительном измельчении загрязняющих частиц до размеров 5 мкм и менее. Высокодисперсные частицы такого размера действуют аналогично природной противоизносной присадке [1, с. 101]. Обладая развитой удельной поверхностью, они способны активно адсорбировать поверхностно-активные вещества, образующиеся в процессе окисления масла. Это изолирует неорганический компонент механических примесей от поверхностей трения, предотвращая прямой контакт и снижая интенсивность абразивного износа деталей [7, с. 39].

Положительное влияние ультрадисперсной фазы на эксплуатационные свойства масел обусловлено применением специальных диспергирующих устройств для принудительного механического измельчения примесей [6, с. 95]. Наиболее целесообразным является использование диспергирующих устройств гидродинамического типа. Они обладают относительно простой и технологичной конструкцией, эффективно рассеивают частицы загрязняющих веществ, не вызывают нежелательных молекулярных структурных изменений в углеводородах и экономически эффективны с энергетической точки зрения [2, с. 56]. Кроме того, при измельчении примесных частиц в процессе диссипации энергии выделяется тепло, что способствует ускоренному прогреву рабочего тела до рациональных температурных значений, дополнительно снижая износ деталей машин в режиме холодного пуска [5, с. 128].

Для проведения экспериментальных исследований был разработан и смонтирован специальный лабораторный стенд (рисунок 1 и 2), предназначенный для обработки рабочей жидкости гидродинамическим диспергатором при различных расходах и перепадах давления.

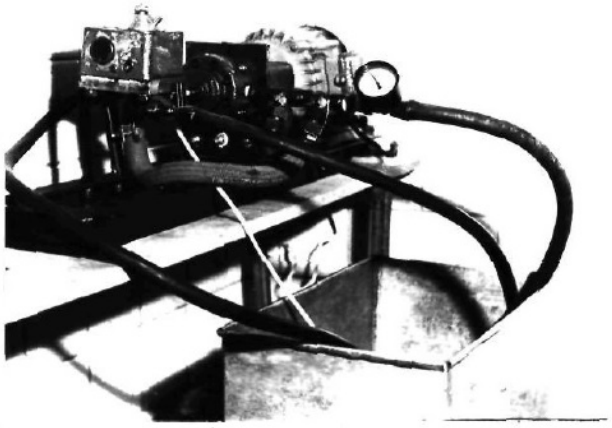


Рисунок 1 – Стенд для обработки рабочей жидкости гидродинамическим диспергатором

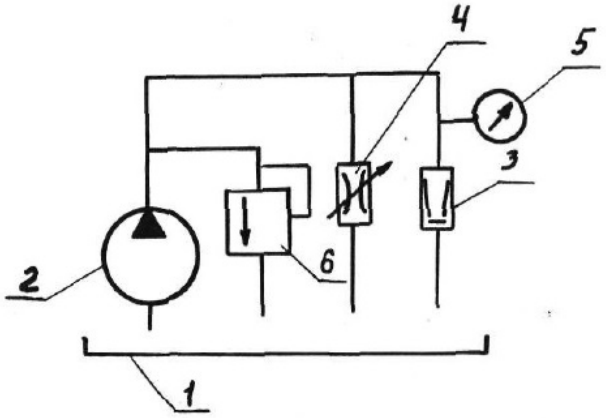



Рисунок 2 – Гидравлическая схема стенда для обработки рабочей жидкости гидродинамическим диспергатором: 1 - гидробак; 2 - насос; 3 - диспергатор; 4 - регулятор потока; 5 - манометр; 6 - предохранительный клапан

Принцип работы экспериментального стенда заключается в следующем. Рабочая жидкость из гидробака объемом 0,03 м³ подается насосом типа БГ-12-4 (производительностью 10 дм³/мин) в гидродинамический диспергатор, откуда возвращается обратно в бак. Давление рабочей жидкости перед диспергатором регулируется дросселем типа ДР-12 и регистрируется манометром типа МТ-4. Для предохранения насосного агрегата от перегрузок в гидросистеме установлен предохранительный клапан типа МКП-12.

Методика эксперимента включала подготовку свежей рабочей жидкости марки И-Г-А-32 в количестве 0,04 м³, которая разделялась на четыре равные порции. В каждую порцию вводился определенный тип загрязнителя с концентрацией 0,05%: Первая порция — частицы износа стали 38ХС; Вторая порция — частицы износа бронзы БрАЖ 9-4; Третья порция — частицы износа чугуна ВЧ; Четвертая порция — частицы кварцевой пыли.

После перемешивания в течение 30 минут на стенде без

диспергатора отбиралась исходная проба. Затем в систему интегрировался гидродинамический диспергатор, и смесь обрабатывалась при фиксированных перепадах давления. Гранулометрический анализ выполнялся методом кюветного осаждения на основе закона Стокса (время выдержки — не менее 6 часов) с последующим микрофотографированием. Измерение частиц проводилось по наибольшему линейному размеру, принимаемому за диаметр.

Результаты лабораторных испытаний по изменению размерных характеристик загрязнений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – изменение количества и размеров частиц загрязнений в результате диспергирования рабочей жидкости И-Г-А-32

| **Состояние рабочей жидкости** | **Материал частиц загрязнений** | **Количество частиц (шт.) в поле кюветы с рабочей жидкостью, по размерам (мкм)** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **До 5 мкм** | **5-10 мкм** | **10-25 мкм** | **25-50 мкм** | **50-100 мкм** | **100-200 мкм** | **Более 200 мкм** |
| До обработки | Сталь 38ХС | 18080 | 8011,5 | 26396 | 10700,5 | 255 | 27,5 | 22 |
| После обработки при Р = 0,49 МПа | | 100435 | 3919,5 | 18319 | 3148 | 143 | 11,5 | 2,0 |
| До обработки | Бронза БрАЖ 9-4 | 27205 | 10095 | 29248,5 | 7484 | 367 | 42 | 12 |
| После обработки при Р = 0,10 МПа | | 66290 | 7374,5 | 18389 | 3188 | 252 | 19 | 3,0 |
| До обработки | Чугун ВЧ | 21800 | 9787,5 | 29573,5 | 8021,5 | 348 | 39,5 | 5,0 |
| После обработки при Р = 0,15 МПа | | 59070 | 6530,5 | 18367 | 5845 | 243,5 | 22,5 | 2 |
| До обработки | Кварцевая пыль | 11770 | 6281 | 26064,5 | 23258,5 | 826 | 19 | 2 |
| После обработки при Р = 0,21 МПа | | 112540 | 3492 | 16126,5 | 12314 | 517,5 | 6 | 0 |

Анализ экспериментальных данных показывает, что при оптимальных перепадах давления гидродинамический диспергатор интенсивно измельчает все типы исследуемых материалов. Средний размер металлических частиц после обработки уменьшился до 2,7 мкм (при исходном среднем значении 20 мкм), а частиц кварцевой пыли — до

2,0 мкм (при исходном значении 33 мкм). Эксперименты при пониженных давлениях (ниже расчетных) показали отсутствие диспергирующего эффекта, что подтверждает пороговый характер процесса разрушения частиц в гидродинамическом поле.

Дополнительно был исследован гранулометрический состав естественных загрязнений РЖ И-Г-А-32, отработавшей 663 моточаса в реальных условиях эксплуатации на скрепере Д-357. После обработки на стенде при перепаде давления 0,6 МПа зафиксировано резкое снижение количества фракций крупнее 5 мкм и деструкция волокнистых включений.

Гидродинамическое диспергирование является эффективным методом улучшения трибологических свойств рабочих жидкостей гидроприводов строительных и дорожных машин. Установлено, что устойчивое измельчение абразивных примесей достигается при перепаде давления на диспергаторе не менее 0,21 МПа. Такой перепад давления технически реализуем при рациональном выборе места интеграции устройства в сливную или циркуляционную магистраль гидросистем ТТМ. Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию геометрических параметров внутренней проточной части диспергатора для управления фракционным составом измельчаемых частиц.

## Список литературы


1. Будимиров А.В., Пунин А.В., Орехов А.А., Спицын И.А. Анализ способов диспергирования рабочих жидкостей // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России: сб. мат. Всерос. науч.-практ. конф. Том I. – Пенза: РИО ПГСХА, 2010. – С. 100-101.
2. Власов П.А., Рылякин Е.Г., Захаров Ю.А. Надежность и ремонт машин: Учебное пособие. – Пенза: РИО ПГСХА, 2010. – 60 с.
3. Дровников А.Н., Трифонов А.В. Построение статической силовой характеристики гидроусилителя со встречным соударения струй, выполненного для струйной установки // Инженерный вестник Дона. – 2012. – №3.
4. Захаров Ю.А. Основные дефекты корпусных деталей автомобилей и способы их устранения, применяемые в авторемонтном производстве // Инженерный вестник Дона. – 2014. – №4.
5. Панев Й.О. Диспергирование рабочих жидкостей гидроприводов строительных и дорожных машин в эксплуатации: дис. … канд. техн. наук. – Харьков, 1991. – 295 с.
6. Рылякин Е.Г. Повышение работоспособности гидросистемы трактора терморегулированием рабочей жидкости: дис. ... канд. техн. наук. – Пенза, 2007. – 150 с.
7. Рылякин Е.Г. Подогрев масла в гидросистеме // Сельский механизатор. – 2014. – №8. – С. 38-40.

**УДК 621.436**

# СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА

**Шаманов Роман Сергеевич, к**.т.н., доцент
**Казакова Ольга Александровна,** студентка гр. **24ЭТМК1з**
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация.** *Ультразвуковой расходомер – это устройство, прямым назначением которого является измерение акустических эффектов, возникающих при движении вещества, расход которого необходимо измерить. Применение ультразвукового расходомера будет идеальным, если требуется измерить объем или расход любых жидкостей, передающихся с помощью напорного трубопровода. Если необходим строгий контроль и учет таких показателей, как расход нефтепродуктов, то лучшим вариантом будет применение ультразвукового расходомера, который может оперативно и просто контролировать данный параметр.*

Измерение расхода ультразвуковым методом сводится к измерению скорости потока измеряемого вещества. Ультразвуковые (УЗ) датчики расходомеров содержат измерительный (пролетный) канал, встроенный в основной трубопровод, входную и выходную камеры, в которых установлены электроакустические преобразователи. Электроакустические преобразователи излучают и принимают акустические импульсы, направляемые по потоку и против него. По разности времен прохождения импульса вдоль и против потока $\Delta\tau$ определяют скорость потока V по следующей формуле:

$$V = \frac{L}{2} \cdot \frac{\Delta\tau}{\tau_1 \cdot \tau_2} \quad (1)$$

где $\Delta\tau=\tau2 -\tau1$ ; $\tau2$ - скорость прохождения акустического импульса против потока; $\tau1$ - скорость прохождения акустического импульса вдоль потока; L -путь, который проходит акустический импульс. Затем по известной площади поперечного сечения пролетного канала вычисляют расход измеряемой среды.

Известен датчик УЗ расходомера (JP, заявка №2009236850, Ультразвуковой расходомер), в состав которого входит пролетный канал и два крайних (коленных) участка, расположенные под углом к пролетному каналу. В коленных участках установлены акустические датчики, излучающие навстречу друг другу, которые зондируют поток, протекающий по пролетному участку. Конструктивной особенностью такого типа расходомеров является то, что коленные соединения

позволяют устанавливать акустические преобразователи таким образом, чтобы они не оказывали никакого возмущающего воздействия на измеряемый поток. Преобразователи можно установить как снаружи пролетного канала, так и внутри него - в области коленных соединений. Недостатком рассматриваемого датчика являются его большие габариты, которые определяются не столько тем, что длина его средней части должна быть достаточной для получения значительной величины $\Delta\tau$, а сколько тем, что элементы его соединения с контролируемым трубопроводом в связи с его конструктивными особенностями должны быть больших габаритов.

Известен УЗ датчик расходомера (патент RU №2331851, МПК G01F 1/66), габариты которого значительно меньше, чем у датчика, рассмотренного выше. По совокупности существенных признаков это решение является наиболее близким к предлагаемому. Известный УЗ датчик расходомера содержит пролетный канал, каждый конец которого подсоединен к камере, а камеры соединены с концами контролируемого трубопровода. В этих проточных камерах установлены акустические преобразователи, с помощью которых измеряется скорость потока в пролетном канале. Недостатком известного устройства является то, что акустические преобразователи находятся в камерах, которые заполнены водой. В подобного вида преобразователях акустические блоки оказывают влияние на поведение потока и искажают результаты измерения. В рассматриваемом решении это влияние сведено к минимуму за счет увеличения объема камер, т.е. за счет увеличения габаритов. Но вторым недостатком является сложность самой установки акустических блоков внутри камер, их гидроизоляция и гидроизоляция системы подводки электрического напряжения.

Задачей, решаемой в дипломном проекте, является разработка ультразвукового датчика небольших габаритов, в котором акустические блоки не оказывают возмущающего влияния на контролируемый поток. Поставленная задача решается за счет того, что предлагаемый ультразвуковой датчик расходомера, как и известный, содержит пролетный канал и акустические преобразователи, направленные навстречу друг другу. Но, в отличие от известного, в предлагаемом датчике внешняя поверхность пролетного канала соединена с краями стенок двух патрубков, предназначенных для его соединения с контролируемым трубопроводом, а края каждого патрубка образованы вырезом части его поверхности вдоль его продольной стенки, контактирующей с пролетным каналом, на обоих концах которого выполнены отверстия для ввода и вывода измеряемой среды, причем акустические преобразователи установлены на глухих торцах пролетного канала со смещением акустической оси от оси симметрии канала в сторону, противоположную стороне с отверстиями. Техническим

результатом является конструктивное упрощение устройства за счет того, что в нем не возникает сложностей с гидроизоляцией проводов. Установка акустических преобразователей на торцах пролетного канала позволяет не размещать провода в измеряемой среде, при этом габариты устройства не увеличиваются.

Для того чтобы указанные конструктивные изменения не повлияли на точность измерений, акустическая ось смещена в сторону смещения линии максимальной скорости потока, которое происходит при подведении потока к пролетному каналу через боковую стенку. Такое техническое решение обеспечивает постоянство поперечного сечения потока измеряемого вещества при его прохождении через датчик ультразвукового расходомера. Следствием этого является повышение достоверности измерений и минимизация потерь напора (рисунок 1).

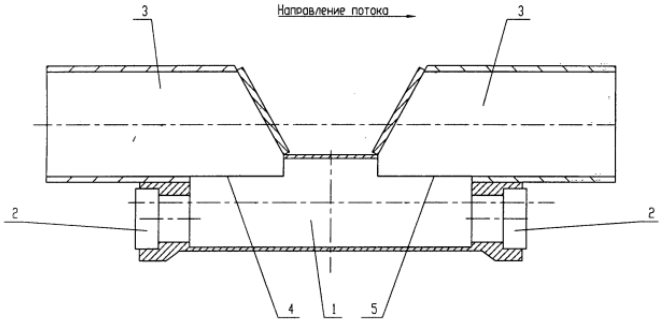



Рисунок 1 – Ультразвуковой расходомер топлива

Датчик ультразвукового расходомера содержит пролетный канал 1 с глухими торцами, на которых установлены акустические преобразователи 2, излучающие навстречу друг другу. Дополнительные патрубки 3 предназначены для соединения пролетного канала с контролируемым трубопроводом. Для того чтобы жидкость поступала из него в пролетный канал в них выполнены два отверстия 4 и 5 для ввода и вывода измеряемого потока. Особенностью патрубков является составная форма их поверхности в готовом изделии, поскольку вырезанную часть заменяет поверхность пролетного канала, которая приварена к краям выреза дополнительных патрубков. Ширина выреза определяется размером отверстий - она должна быть, по крайней мере, не меньше величины отверстия. Для выполнения условий, сформулированных в пункте 2 формулы изобретения, размеры отверстий должны быть такими, чтобы площадь каждого отверстия равнялась площади поперечного сечения пролетного канала и площади поперечного сечения дополнительного патрубка. Жидкость (газ), при прохождении пролетного канала, зондируется акустическими преобразователями ультразвуковой частоты. При пропускании зондирующего сигнала по потоку в качестве излучателя работает первый акустический преобразователь, а в качестве приемного - второй. Ультразвуковые колебания проходят только по прямолинейному

участку. Пропускание зондирующего сигнала против потока происходит аналогично, только в качестве излучателя работает второй преобразователь, а в качестве приемника - первый. При наличии расхода контролируемой среды происходит сложение векторов скорости ультразвуковых колебаний и скорости контролируемой среды, приводящее к изменению времени распространения ультразвука между электроакустическими преобразователями, при этом по направлению потока среды время уменьшается, а против потока возрастает. В трубопроводах круглого сечения местные скорости потока изменяются вдоль сечения, принимая максимальные значения в области оси трубопровода. Функция, которая описывает такие изменения, называется эпюрой скоростей. При прохождении потока через рассматриваемый датчик ультразвукового расходомера эпюра скоростей в пролетном канале будет отличаться от асимметричной формы из-за смещения области максимальных скоростей относительно оси трубопровода. Поэтому поступление контролируемой среды через боковую поверхность пролетного канала накладывает определенное условие на размещение преобразователей, а именно, они должны быть расположены не по центру канала, а со смещением акустической оси в сторону, противоположную стороне, на которой находятся входное и выходное отверстия, именно так смещается линия максимальной скорости эпюры скоростей. Такое расположение преобразователей позволяет зондировать поток в области его максимальных скоростей. Следствием этого является получение более гладкой расходомерной характеристики и повышение чувствительности расходомера. Описание устройства показывает, что предложен достаточно малогабаритный датчик расходомера простой конструкции. При этом в этой конструкции отсутствуют элементы, которые могут оказывать возмущающее воздействие на поток и тем самым искажать достоверность измерений.

## Список литературы

1. Бирюков Б. В., Данилов М. А., Кивилис С. С., Точные измерения расхода жидкостей, М.: Машиностроение, 1977.-144 с.

2. Бобровников Г.Н., Новожилов Б.М., Сарафанов В.Г. Бесконтактные расходомеры. - М.: Машиностроение, 1985.-128с.

3. Дж.Фрайден. «Современные датчики. Справочник». Москва.: Техносфера, 2005. - 592 с.

4. Гордюхин А.И., Гордюхин Ю.А. Измерение расхода и количества газа и его учет. - Л.: Недра, 1987.-213 с.

5. Катыс Г.П. Объемные расходомеры. М.-Л.: Энергия, 1965, 88 с.

**УДК 621.431**

# УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАРЯДА АВТОМОБИЛЬНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

**Шаманов Роман Сергеевич**, к.т.н., доцент
**Казаков Алексей Фёдорович**, студент гр. 24ЭТМК1з
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация.** *Необходимость постоянного использования в светлое время суток на движущемся транспортном средстве ближнего света фар при низкой частоте вращения коленчатого вала двигателя при движении автомобиля в городском цикле приводит к постоянному недозаряду аккумуляторной батареи, а в случае отказа генератора – к глубокому разряду. В результате указанных факторов поверхности пластин батареи покрываются слоем слаборастворимого сульфата свинца, который постепенно кристаллизуется и слабо участвует в химических реакциях, остаточная емкость батареи снижается, растет ее внутреннее сопротивление, батарея «не держит заряд» и быстро разряжается. В результате чего ее необходимо менять чаще, что увеличивает затраты на эксплуатацию автотранспортных средств.*

*При глубоких разрядах батареи возникает необходимость в использовании зарядного устройства с ограничением тока заряда. Следующей причиной преждевременного выхода из строя батареи является ее перезаряд, что вызывает выкипание воды в банках. Это происходит при неисправном регуляторе напряжения генератора или при заряде батареи от нерегулируемого ЗУ, напряжение холостого хода на клеммах которого достигает 15-16 В.*

*Срок службы АКБ можно продлить за счет обслуживания АКБ с применением ЗУ с автоматическим регулированием и оптимизацией параметров заряда в зависимости от внешних условий и степени изношенности подключенной батареи и использования в зарядном устройстве режима восстановления (десульфатации) батарей путем последовательного заряда-разряда ее реверсивным током с различными амплитудами и длительностями импульсов обеих полярностей за каждый период их следования.*

*Основным недостатком зарядных устройств является отсутствие защиты от неправильного подключения аккумуляторной батареи, отсутствие возможности автоматического регулирования и оптимизации параметров заряда в зависимости от внешних условий и степени изношенности подключенной аккумуляторной батареи, а также реализации ее восстановления реверсивным током.*

*На основе анализа патентной литературы синтезировано зарядное*

*устройство, позволяющее автоматически формировать токовременные параметры зарядного и разрядного импульсов в зависимости от внешних условий и степени изношенности подключенной батареи.*

Автомобильная аккумуляторная батарея (АКБ) предназначена для гашения пульсаций напряжения в бортовой сети, электроснабжения стартера и других потребителей электроэнергии при пуске двигателя автотранспортного средства, электроснабжения при неработающем генераторе или недостатке его мощности.

Подавляющее большинство АКБ, эксплуатируемых на автотранспортных средствах, являются свинцово-кислотными. В основу их работы заложен принцип двойной сульфатации. При разряде АКБ происходит взаимодействие активной массы положительных и отрицательных пластин с электролитом, в результате чего образуется сульфат свинца, осаждающийся на поверхности электродов и вода. В итоге плотность электролита падает. При зарядке АКБ от внешнего источника энергии происходят обратные электрохимические процессы, что приводит к восстановлению на отрицательных электродах чистого свинца и на положительных – перекиси свинца. Одновременно с этим повышается плотность электролита. Сульфатация пластин в процессе эксплуатации АКБ в определенных пределах – явление нормальное и присутствует всегда [8, 9, 10].

Наряду с нормальным процессом сульфатации пластин возникает и ненормальная сульфатация, в результате которой поверхности пластин покрываются слоем слаборастворимого сульфата свинца, который постепенно кристаллизуется и слабо участвует в химических реакциях, площадь и объем активной массы, участвующей в химических реакциях, уменьшается, остаточная емкость АКБ снижается, растет ее внутреннее сопротивление, снижается максимальный ток, отдаваемый АКБ стартеру при пуске двигателя, АКБ «не держит заряд» и быстро разряжается.

Ненормальная сульфатация пластин может быть вызвана глубокими разрядами АКБ или постоянным недозарядом.

При глубоких разрядах АКБ разряжается до 6-8 В и возникает необходимость в использовании зарядного устройства (ЗУ), позволяющего заряжать сильно разряженные АКБ с ограничением тока заряда.

Постоянный недозаряд АКБ вызван причиной необходимости постоянного использования в светлое время суток на движущемся транспортном средстве фар ближнего света. Недозаряд увеличивается при низкой частоте вращения коленчатого вала двигателя при движении автомобиля в городском цикле.

В зимних условиях эксплуатации автотранспортных средств недозаряд усиливается, т.к. АКБ принимает заряд в сильной зависимости от прогрева электролита [1]. Холодный запуск зимой, редкие

непродолжительные поездки на протяжении рабочего дня не дают прогреться электролиту и, следовательно, зарядиться АКБ.

Следующей причиной преждевременного выхода из строя АКБ является ее перезаряд, что вызывает выкипание воды в банках АКБ. Это происходит при неисправном регуляторе напряжения генератора или при заряде АКБ от нерегулируемого ЗУ, напряжение холостого хода на клеммах которого достигает 15-16 В.

Большинство предлагаемых на рынке ЗУ не допускают перенапряжения за счет ограничения напряжения холостого хода на клеммах ЗУ на уровне 15-16 В, что, однако, не позволяет обеспечить максимально полный заряд АКБ и выравнивание плотности электролита в ее банках.

Согласно [2], нормативный срок службы АКБ легкового автомобиля индивидуального пользования составляет 4 года. Однако, вследствие вышеуказанных факторов он резко уменьшается, что увеличивает затраты на эксплуатацию автотранспортных средств.

Срок службы АКБ можно продлить за счет обслуживания АКБ с применением ЗУ с автоматическим регулированием и оптимизацией параметров заряда в зависимости от внешних условий и степени изношенности подключенной АКБ и использования в ЗУ режима восстановления (десульфатации) батарей путем последовательного заряда-разряда ее реверсивным током.

Реверсивный ток – это переменный ток с различными амплитудами и длительностями импульсов обеих полярностей за каждый период их следования. За каждый период следования импульсов тока АКБ заряжается и частично разряжается. При таком способе почти полностью (исключается необратимая) устраняется глубокая сульфатация пластин. Если систематический подзаряд аккумулятора производится реверсивным током, то ненормальная сульфатация пластин практически не наблюдается [3].

Известны ЗУ, описанные в [4, 5]. Недостатками их являются отсутствие защиты от неправильного подключения аккумуляторной батареи и отсутствие индикации неправильного подключения.

В ЗУ, описанном в [6], отсутствует возможность автоматического регулирования и оптимизации параметров заряда в зависимости от внешних условий и степени изношенности подключенной АКБ, а также реализации восстановления АКБ реверсивным током.

В Автомобильно-дорожном институте ПГУАС разработано ЗУ, лишенное указанных недостатков, и позволяющее программными средствами, на основе микроконтроллера, задавать оптимальные параметры заряда, требуемые для конкретной АКБ [7]. Блок-схема ЗУ приведена на рисунке.

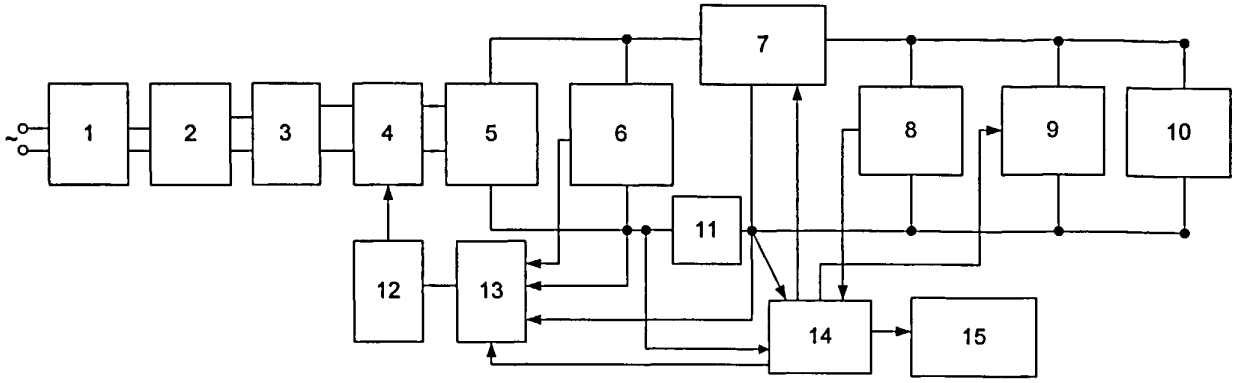



Рисунок 1 – Зарядное устройство для аккумуляторных батарей: 1 - сетевой фильтр, 2 - выпрямитель, 3, 5 - сглаживающий фильтр, 4 - преобразователь напряжения, 6 - делитель напряжения, 7 - узел защиты, 8 - делитель напряжения, 9 - узел разряда, 10 - заряжаемая аккумуляторная батарея, 11 - датчик тока, 12 - узел гальванической развязки, 13 - узел стабилизации, 14 - узел согласования и управления, 15 - узел индикации

Зарядное устройство для АКБ работает следующим образом.

Напряжение питания от сети переменного тока 220 В поступает через сетевой фильтр 1 на выпрямитель 2. С выхода выпрямителя 2 напряжение сглаживается при помощи первого сглаживающего фильтра 3, и поступает на вход преобразователя напряжения 4. На выходе преобразователя имеется напряжение постоянного тока низкого уровня, которое сглаживается при помощи второго сглаживающего фильтра 5. Зарядный ток с выхода второго сглаживающего фильтра 5 подается на заряжаемую АКБ через узел защиты 7 и резистивный датчик тока 11, которые включены последовательно с заряжаемой АКБ 10.

При отсутствии заряжаемой АКБ узел согласования и управления 14 анализирует напряжение на втором делителе напряжения 8 (фиксируемое напряжение $U<1$ В) и подает запрещающий сигнал на узел защиты 7, электронный ключ в узле защиты 7 закрывается.

При правильном подключении АКБ узел согласования и управления 14 анализирует напряжение на втором делителе напряжения 8 (фиксируемое напряжение $1<U<16$ В) и подает разрешающий сигнал на узел защиты 7, электронный ключ в узле защиты 7 открывается и начинается процесс заряда.

В случае неправильного подключения АКБ к ЗУ узел согласования и управления 14 анализирует напряжение на втором делителе напряжения 8 ($U<1$ В) и подает запрещающий сигнал на узел защиты 7, электронный ключ в узле защиты 7 закрывается. В этом случае АКБ не подключена к ЗУ.

При коротком замыкании выходных контактов ЗУ узел согласования и управления 14 также анализирует напряжение на втором делителе напряжения 8 ($U<1$ В) и подает запрещающий сигнал на узел защиты 7,

электронный ключ в узле защиты 7 закрывается.

При коротком замыкании выхода ЗУ в процессе заряда АКБ, когда ключ в узле защиты 7 был открыт, узел согласования и управления 14 анализирует напряжение на втором делителе напряжения 8 (U<1 В) и подает запрещающий сигнал на узел защиты 7, электронный ключ в узле защиты 7 закрывается и отключает АКБ от ЗУ.

Узел индикации 15 индицирует напряжение подключенной АКБ, а при заряде – ток заряда, режим короткого замыкания и неправильное подключение АКБ.

Стабилизация тока и напряжения заряда АКБ осуществляется при помощи изменения режима работы преобразователя напряжения 4.

Стабилизация выходного напряжения преобразователя напряжения осуществляется путем подачи на первый и второй входы узла стабилизации 13 напряжения, снимаемого с первого делителя напряжения 6.

В начале процесса заряда АКБ происходит стабилизация зарядного тока, который пропорционален напряжению, снимаемому с резистивного датчика тока 11, и подаваемому на второй и третий входы узла стабилизации 13. В конце процесса заряда происходит увеличение напряжения на АКБ 10, узел согласования и управления 14 анализирует напряжение на втором делителе напряжения 8 (U≥14,5 В) и подает управляющее напряжение на узел стабилизации 13, который в свою очередь уменьшает ток, и зарядное устройство переходит в режим стабилизации напряжения на заданном уровне, например 14,5 В. Узел стабилизации 13 через узел гальванической развязки 12 изменяет режим работы преобразователя 4 таким образом, чтобы автоматически происходила стабилизация зарядного тока или напряжения в зависимости от степени заряженности АКБ.

При заряде реверсивным током, узел согласования и управления 14 поочередно открывает ключи в узлах защиты 7 и разряда 9, в соответствии с управляющей программой.

Узел стабилизации может быть выполнен на базе микросхемы ШИМ-контроллера. В качестве узла согласования и управления может быть применен контроллер, содержащий аналого-цифровой преобразователь и широтно-импульсный модулятор.

В разработанном ЗУ для заряда и восстановления АКБ реверсивными токами достигаются следующие технические результаты: разработано интеллектуальное зарядное устройство на базе микроконтроллера, способное автоматически формировать оптимальные токовременные параметры зарядного и разрядного импульсов в зависимости от внешних условий и степени изношенности подключенной АКБ, позволяет заряжать полностью разряженные АКБ и не допускать перенапряжения при заряде, имеет электронную защиту от перегрузок и

неправильного подключения.

## Список литературы


1. Соснин, Д.А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современных легковых автомобилей / Учебное пособие. М.: СОЛОН-Р. – 2000. – 272 с.

2. Нормы сроков службы стартерных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей автотранспортных средств и автопогрузчиков: РД-3112199-1089-02.

3. Сеть предприятий и магазинов «МегаБат» [Интернет-портал]. URL: http://www.megabat.ru/company/press-room/publications/98.html (дата обращения: 27.04.2014).

4. Патент на полезную модель 97880 Российская Федерация, МПК7 H02J 7/10. Малогабаритное зарядное устройство / Доманов В.И., Доманов А.В., Мишин А.В.; №2010114696/07; заявл. 13.04.2010; опубл. 20.09.2010, Бюл. № 26.

5. Патент на полезную модель 81854 Российская Федерация, МПК7 H02J 7/10. Зарядное устройство для аккумуляторных батарей / Шибаев В.И.; №2008149264/22; заявл. 16.12.2008; опубл. 27.03.2009, Бюл. № 9.

6. Патент на полезную модель 110561 Российская Федерация, МПК7 H02J 7/00. Зарядное устройство для аккумуляторных батарей / Нефедьев А.И.; №2011124489/07; заявл. 16.06.2011; опубл. 20.11.2011, Бюл. № 32.

7. Патент на полезную модель 133985 Российская Федерация, МПК7 H02J 7/00. Зарядное устройство для аккумуляторных батарей / Шаманов Р.С., Францев С.М., Викулов В.И.; №2013107265/07; заявл. 19.02.2013; опубл. 27.10.2013, Бюл. № 30.

8. Ютт, В.Е Электрооборудование автомобилей. Учебник для вузов. – 4-е узд., перераб. и доп. - М.: Горячая линия, 2006. – 440 с.

9. Акимов, С.В., Чижов Ю.П. Электрооборудование автомобилей. Учебник для вузов. - М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004 – 384 с.

10. Электрооборудование автомобилей: Справочник /А.В. Акимов, О.А. Акимов, С.В. Акимов и др.; Под ред. Ю.П. Чижкова. М.: Транспорт. 1993. – 223 с.

**УДК 621.822.6-048.24 : 629.113-23**

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕНИЯ СОПРЯГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ШКВОРНЕВОГО УЗЛА

**Ширшиков Андрей Станиславович,** к.т.н., доцент
**Куртенкова Юлия Андреевна,** студент гр. 24ЭТМК1мз
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация.** *Целью статьи является анализ влияния температурных и силовых факторов на материалы сопряжения для повышения износостойкости шкворневого узла.*

Шкворневой узел является ключевым элементом рулевого управления транспортных средств. Конструктивно он включает поворотный кулак, установленный на верхнем и нижнем шкворнях шаровой опоры, а также крышки. Существующие решения имеют существенные недостатки: использование полиамидных или бронзовых вкладышей приводит к интенсивному износу сопрягаемых поверхностей и появлению люфтов, что нарушает углы установки колес и снижает безопасность движения.

Для проведения экспериментов были выбраны два материала:

- заводская бронзовая втулка (БР ОЦС 5-7-12);
- полиэфиркетон.

Исследования проводились с использованием металлографического микроскопа и триботехнического комплекса.

Температурный режим при трении показал следующие закономерности:

- бронзовая втулка достигает устойчивого состояния к 16-й минуте работы;
- полиэфиркетон демонстрирует более стабильную работу с меньшей температурой;
- при нагрузке 12-16 МПа наблюдается оптимальный режим трения.

Анализ процессов трения показал, что формирование защитной пленки происходит за счет:

- диспергирования частиц износа;
- адсорбции частиц на контактируемых поверхностях;
- размера частиц износа (чем меньше частицы, тем прочнее пленка).

При экспериментальном исследовании были получены следующие результаты:

- при нагрузке 12-16 МПа наблюдается режим пониженного трения;
- полиэфиркетон имеет на 30% меньшую поверхностную энергию по сравнению с медью;
- скорость изнашивания полиэфиркетона составляет 0,009 мкм/час;
- температура в зоне трения существенно ниже при использовании полиэфиркетона.

Результаты проведенных экспериментов показали, что применение полиэфиркетоновой втулки обеспечивает:

- увеличение износостойкости более чем в 1,5 раза;
- снижение температуры в зоне трения;
- уменьшение коэффициента трения;
- более стабильную работу узла;
- улучшение эксплуатационных характеристик.

Полученные результаты подтверждают высокую эффективность использования полиэфиркетона в качестве материала втулки шкворневого узла по сравнению с традиционной бронзой. Замена материала позволяет существенно повысить надежность и долговечность узла, что положительно влияет на безопасность транспортного средства.

Внедрение полиэфиркетоновых втулок в конструкцию шкворневого узла позволит:

- снизить затраты на ремонт и обслуживание;
- увеличить межсервисные интервалы;
- повысить безопасность движения;
- улучшить эксплуатационные характеристики транспортного средства.

## Список литературы

1. Адаскин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка) / А.М.Адаскин, В.М.Зуев. – М.: Академия, 2013. – С. 52-62.

2. Акопов В.А., Строков В.Л. Процессы надежности автомобильных двигателей. – Ташкент: [б.и.], 1990. – 136 с.

4. Андреева А.Г., Бурумкулов Ф.Х., Толоконников В.И. и др. Финишная антифрикционная безабразивная обработка как средство повышения срока службы машин и оборудования // Долговечность трущихся деталей машин. Вып. 4. – М.: Машиностроение, 1990. – С. 34-59.

6. Бакли Д. Поверхностные явления при адгезии и фрикционном взаимодействии / Пер. с англ. А.В. Белого, Н.К. Мышкина; Под ред. А.И. Свириденко. – М.: Машиностроение, 1986. – 360 с.

7. Белый В.А. Трение и износ // Международный научный журнал. – Гомель: Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси, 2004. – Т. 25, № 4. – С. 343.

8. Богодухов С.И., Синюхин А.В., Гребенюк В.Ф. Курс материаловедения в вопросах и ответах. – М.: Машиностроение, 2014. – С. 212-231.

9. Борнацкий И.И. Основы физической химии: учебник. – М.: Металлургия, 1989. – 320 с.

10. Браун Э.Д., Евдокимов Ю.А., Чичинадзе А.В. Трение и изнашивание в машинах. – М.: Машиностроение, 1982. – 190 с.

**УДК 004.91.021.1:91**

# РАЗРАБОТКА АВТОДОРОЖНОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ Г. ПЕНЗЫ

**Ширшиков Андрей Станиславович,** к.т.н., доцент
**Исака Михаил Михайлович,** студент гр. 23ЭТМК1
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация.** *Цель статьи – предложение концепции при разработке автодорожной геоинформационной системы г. Пензы. Приведены назначение и основные функции геоинформационной системы, требования к серверной и клиентской части, геоаналитика, запреты и сторонние сервисы, модель транспортного графа, графическое представление и геометрия,. обновление и версионность.*

## Назначение и основные функции геоинформационной системы

Геоинформационная система (ГИС) представляет собой систему ведения банка пространственных данных, публикации картографической информации и информации из интегрированных интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Рассматриваемая ГИС предназначена для сбора, хранения и предоставления информационно-аналитическим и автоматизированным системам данных о параметрах и режимах функционирования транспортной системы и оборудования ИТС г. Пензы.

Основные функции:

- сбор, хранение, анализ и визуализация пространственных данных об объектах ИТС и транспортной системы;
- предоставление подсистемам ИТС текущих и прогнозных параметров работы транспортной системы;
- создание, редактирование и импорт модели транспортной сети г. Пензы;
- хранение данных о дорогах, инженерных сооружениях и их техническом состоянии;
- визуализация в реальном времени текущего состояния транспортной системы (интенсивность движения, ДТП, ремонтные работы) и транспортной инфраструктуры;
- настройка отображения слоев пользователем;
- фиксация событий на карте с фильтрацией по типу и детализацией по запросам;
- ввод оперативных данных (ДТП, строительные работы) через пользовательский интерфейс.

## Требования к серверной и клиентской части

Серверная часть:

Работа под управлением Windows и Linux.

Публикация сервисов по стандартам OGC (WMS, WMTS, WFS).

Поддержка форматов: Shapefile, PostGIS, GeoTIFF, ArcSDE.

Публикация карт, созданных в настольной ГИС, и данных аэрофотосъемки.

Гибкая настройка масштабных уровней и систем координат.

Объединение нескольких веб-сервисов в один для создания бесшовной карты.

Настройка стилей отображения в SLD.

Наличие открытого исходного кода.

Клиентская часть (Web-интерфейс, «тонкий клиент»):

Работа в ОС Windows и Linux, открытый исходный код.

Создание и редактирование геометрии и атрибутов объектов на любом опубликованном слое.

Поиск объектов по атрибутам и геопространственному положению.

Экспорт данных в векторные и растровые форматы (png, tiff, svg) в высоком качестве.

**Геоаналитика**

Выборка объектов, формирование статистик, построение маршрутов, измерение расстояний и площадей.

Управление слоями: выбор отображаемых слоев, загрузка растровых подложек с привязкой к координатам для векторизации.

Инструменты редактирования: Режим выравнивания, привязка к существующим объектам, отображение виртуальной координатной сетки.

Вывод информации из БД в табличном виде.

Библиотека условных знаков с панелью инструментов.

Разграничение прав доступа к слоям.

История изменений: Хранение истории всех слоев, визуальное отображение изменений, восстановление состояния объекта на выбранный момент времени.

Поддержка стилей SLD при отображении и редактировании.

**Запреты и сторонние сервисы**

В качестве базового слоя запрещено использовать публичные картографические сервисы (OpenStreetMap, Google Maps, Яндекс.Карты).

ГИС должна позволять просматривать в едином пространстве сторонние web-сервисы: Публичная кадастровая карта, OpenStreetMap, открытые аэро- и космоснимки.

4. Форматы данных и структура хранения

ГИС должна поддерживать следующие форматы:

Векторные: ESRI Shapefile, OGR, GML, KML, ArcSDE.

СУБД: Oracle Spatial, PostGIS/PostgreSQL, MySQL, MSSQL.

Растровые: JPEG, PNG, TIFF, GeoTIFF.

**Модель транспортного графа**

Граф транспортной сети должен иметь многоуровневую структуру:

- области и зоны управления;
- дороги;
- связи и узлы;
- группы полос;
- полосы движения;
- коннекторы;
- светофорные объекты.

Таблица 1 – Описание элементов графа

| **Сущность** | **Обозначение** | **Описание** |
|---|---|---|
| Узел сети | node / nodes | Точки пересечения дорог и/или пешеходных дорожек в одном уровне. Место изменения количества полос. |
| Ребро | edg / edges | Участок дороги с постоянным количеством полос, соединяющий узлы. |
| Полоса | lane / lanes | Полоса движения для автомобилей или пешеходов в пределах связи или перекрестка. |
| Коннекторы | connection | Правила соединения полос движения друг с другом. |
| Правила приоритета | rules | Правила приоритета при проезде узлов. |
| Группа полос | lane_group | Совокупность полос, управляемых одним сигналом светофора или имеющих общее направление. |
| Контроллер логики | tl_logic | Логика работы светофорного объекта. |
| Определение фаз | phase_definition | Описание фаз и порядка их включения для tl_logic. |
| Фаза | phase | Длительность фазы (для предрассчитанного или адаптивного управления). |
| Расписание | schedule | Расписание переключения программ регулирования. |
| Установки потока | saturation_settings | Параметры для расчета потока насыщения группы полос. |
| Зона управления | zones | Совокупность объектов управления (светофоров) для конкретного метода управления. Динамический объект. |
| Область управления | area | Территория, в пределах которой разрешены действия по просмотру, созданию и редактированию объектов. |

**Графическое представление и геометрия**

Сеть на карте должна отображаться на трех уровнях:

Каркасное представление: только узлы и оси перегонов.

Представление «УЗЛЫ - СВЯЗИ»: узлы и направленные связи (для аналитики и планирования).

Представление «ГРУППЫ ПОЛОС» и «ПОЛОСЫ ДВИЖЕНИЯ»: основной уровень для моделирования движения и оптимизации светофоров.

Геометрия всех представлений должна быть связана с каркасным представлением.

roadAxis: ось перегона дороги/улицы.

edges: параллельна roadAxis со смещением offset (ширина разделительной полосы). Определяет левый край проезжей части.

lanes: параллельна edges со смещением (N - 0.5) * ширина полосы, где N — номер полосы.

laneGroups: не привязана жестко к элементам сети, определяется средней линией полос (или крайней правой).

**Обновление и версионность**

Возможность загрузки обновлений транспортного графа через XML-файл.

При обновлении необходимо сохранять надстроенные слои и позиционирование их элементов.

Необходимо вести версионность транспортных графов и отображать в интерфейсе текущую версию и дату ее загрузки.

## Список литературы


1. Жуковский, О. И. Геоинформационные системы : учебное пособие / О. И. Жуковский. — Томск : Эль Контент, 2014.
2. Омельченко, А. С. Геоинформационная база данных транспортных объектов большой протяжённости : дис. … канд. техн. наук / А. С. Омельченко. — 2006.
3. Розенберг, И. Н. Методы и алгоритмы создания интеллектуальных геоинформационных систем для управления транспортными процессами / И. Н. Розенберг, С. Л. Беляков, А. В. Боженюк [и др.] ; под ред. И. Н. Розенберга. — Москва : ВИНИТИ РАН, 2019. — 289 с.
4. Сироткин, А. А. Геоинформационные системы в транспортно-экспедиционном обслуживании на автомобильном транспорте: предпосылки внедрения, обзор функциональных возможностей / А. А. Сироткин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. — 2015. — Т. 3, № 5-3.
5. Цветков, В. Я. Основы геоинформатики : учебник для вузов / В. Я. Цветков. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 188 с.

**УДК 621.397.424**

# СИСТЕМЫ ВИДЕНАБЛЮДЕНИЯ В ГАРАЖНО-КООПЕРАТИВНЫХ КОМПЛЕКСАХ Г. ПЕНЗЫ

**Ширшиков Андрей Станиславович,** к.т.н., доцент
**Исака Михаил Михайлович,** студент гр. 23ЭТМК1
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

**Аннотация.** *Цель статьи – классификация систем видеонаблюдения, используемых в гаражно-строительных комплексах (ГСК) г. Пензы. Для достижения цели проведен анализ систем видеонаблюдения по функциональным возможностям и ограничениям по их применению в г. Пензе. Результатом проведённой работы является предложение нескольких конфигураций системы видеонаблюдения, условиями их использования в ГСК г. Пензы.*

Гаражно-кооперативные комплексы представляют собой объекты с повышенной криминогенной нагрузкой: кражи имущества, вандализм, поджоги и несанкционированный доступ — типичные угрозы. Специфика ГСК (линейная застройка рядами, разнородные материалы стен, перепады освещённости, отсутствие единой кабельной инфраструктуры) требует особого подхода к проектированию систем видеонаблюдения. При выборе систем видеонаблюдения требуется учитывать как технические, так и экономические критерии.

**Типология зон и требования к покрытию**

Для ГСК целесообразно выделить следующие функциональные зоны с разными требованиями к качеству видео и плотности покрытия.

Таблица 1 – *Требования к качеству видео и плотности покрытия*

| Зона | Требования | Рекомендуемые параметры |
|---|---|---|
| Въезд/выезд (КПП) | Распознавание ГРЗ, идентификация лиц, контроль транспорта | 4–5 Мп, WDR, ИК-подсветка, угол обзора 30–45° |
| Проезды между рядами | Контроль движения, обнаружение посторонних | 2–4 Мп, широкий угол 70–90°, детекция движения |
| Ряды боксов (фасады) | Фиксация попыток вскрытия ворот, вандализма | 2–3 Мп, узкий угол 45–60°, антивандальное исполнение |
| Тыловые/технические зоны | Общий контроль периметра, раннее обнаружение проникновения | 2 Мп, ИК-подсветка, детекция пересечения линии |

Для исключения «слепых зон» применяется принцип перекрёстного покрытия: каждая критическая точка должна быть видна минимум с двух камер под разными углами.

**Архитектура системы**

Типовая архитектура включает следующие компоненты:

• Камеры: IP-камеры (цифровые видеокамеры, которые записывают изображение, кодируют его и передают готовый видеопоток в цифровом формате по компьютерной сети (через Ethernet, Wi-Fi или оптоволокно) с использованием сетевого протокола IP ) с поддержкой H.265, PoE, классом защиты IP66/IK10. Для уличных зон — с подогревом и защитой от конденсата.

• Коммутатор: PoE-коммутатор (сетевое устройство, которое одновременно передает цифровые данные и электрическое питание по одному кабелю Ethernet) с резервированием питания и поддержкой VLAN для сегментации трафика.

• Видеорегистратор (NVR): это устройство в системах видеонаблюдения, которое принимает, обрабатывает и сохраняет цифровой видеопоток от IP-камер по компьютерной сети. Объём архива – не менее 30 суток при битрейте 4–8 Мбит/с на камеру.

• Рабочее место оператора: монитор 24–27″, ПО для управления камерами и видеоаналитики.

• Резервное питание: источник бесперебойного питания для критически важных узлов (камеры КПП, NVR).

• Каналы связи: витая пара Cat5e/6 или радиомосты при невозможности прокладки кабеля.

Интеграция с системами контроля доступа (СКУД) и охранно-пожарной сигнализацией (ОПС) позволяет автоматизировать сценарии: например, при срабатывании датчика открытия ворот — автоматический поворот PTZ-камеры (устройство для видеозаписи и мониторинга, оснащенное электромеханическим приводом) и запись по движению.

**Критерии выбора оборудования**

При выборе камер и компонентов учитываются следующие критерии:

• Светочувствительность и WDR: для улучшения качества изображения при слабом или контрастном освещении (яркие фонари ночью, тень днём).

• ИК-подсветка: дальность не менее 20–30 м для уличных зон.

• Антивандальность: корпус из металла/поликарбоната, класс IK10.

• Сетевые параметры: поддержка ONVIF, RTSP, H.265 для экономии трафика.

• Условия эксплуатации: диапазон температур −40…+50 °C, защита от влаги и пыли IP66.

Для распознавания ГРЗ на КПП дополнительно требуется скорость затвора не менее 1/1000 с и синхронизация с освещением зоны проезда.

**Методика расчёта плотности покрытия**

Плотность покрытия определяется по формуле:

$$P = \frac{S_{\text{покрытия}}}{N_{\text{камер}}}$$

где $S_{\text{покрытия}}$ – суммарная площадь зон, покрытых камерами (с учётом перекрытия),

$N_{\text{камер}}$ – количество камер.

Целевой показатель для ГСК — не менее 85% покрытия критических зон (въезд, проезды, фасады рядов) при коэффициенте перекрытия 1,2–1,5 (каждая точка видна с 2 камер).

Пример расчёта: для ГСК площадью 1 га с 120 боксами оптимально установить 12–16 камер: 2 на КПП, 4 на проезды, 8 на фасады рядов и 2 на тыловые зоны.

6. Оценка эффективности и ROI

Эффективность системы оценивается по следующим метрикам:

- Снижение количества инцидентов: сравнение статистики до и после внедрения.
- Время реакции службы охраны: сокращение за счёт раннего обнаружения.
- Стоимость владения (TCO): капитальные затраты + эксплуатационные расходы за 3–5 лет.
- ROI: отношение экономического эффекта (предотвращённые убытки) к стоимости системы.

Практика показывает, что внедрение видеонаблюдения в ГСК снижает количество краж на 40–60% и окупается за 12–24 месяца за счёт предотвращения ущерба.

**Правовые и организационные аспекты**

При установке видеонаблюдения в ГСК необходимо:

- Разместить информационные таблички о ведении видеонаблюдения в видимых местах.
- Получить согласие собственников на обработку персональных данных (если камеры фиксируют лица).
- Обеспечить хранение архива в защищённом месте с ограниченным доступом.
- Соблюдать требования ФЗ-152 «О персональных данных» и ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» при прокладке кабелей.

## Список литературы

1. Бородулин, В. В. Управление передачей данных в системах беспроводного видеонаблюдения реального времени : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.13.01 / В. В. Бородулин. — Хабаровск, 2012. — 18 с.

2. Васин, Н. Н. Расширение функциональных возможностей систем видеонаблюдения / Н. Н. Васин, Р. Р. Диязитдинов, В. Ю. Куринский ;

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики. — Самара, 2013. — 224 с.

3. Гвоздек, М. Справочник по технике для видеонаблюдения. Планирование, проектирование, монтаж / М. Гвоздек ; перевод с немецкого Л. Н. Казанцевой. — Москва : Техносфера, 2014. — 543 с.

4. Ильницкая, С. Основные тенденции в видеонаблюдении в 2015 году / С. Ильницкая // F+S: Технологии безопасности и противопожарной защиты. — 2015. — № 1. — С. 36–38.

5. Лыткин, А. IP Видеонаблюдение : наглядное пособие / А. Лыткин. — Санкт Петербург : ООО «Издательство „Авторская книга“», 2014. — 200 с.

6. Меркишин, Г. В. Системы наблюдения: новые принципы построения / Г. В. Меркишин. — Москва : Издательство «Радиотехника», 2014. — 160 с.

7. Попов, А. Моя азбука видеонаблюдений / А. Попов. — Санкт Петербург : Алгоритм безопасности, 2013. — 246 с.

8. Селищев, В. А. Системы видеонаблюдения как средства охраны объектов информационной защиты : учебно методическое пособие / В. А. Селищев, А. К. Талалаев, Н. Е. Проскуряков ; Тульский государственный университет. — Тула : Издательство ТулГУ, 2014. — 113 с.

9. Солдатова, Г. Надежная IP система за приемлемые деньги: возможно ли это? / Г. Солдатова // Системы безопасности. — 2014. — № 6. — С. 159.

10. Соловьева Опошнянская, А. Ю. Видеонаблюдение как механизм обеспечения безопасности / А. Ю. Соловьева Опошнянская // Право и управление. XXI век. — 2015. — № 2. — С. 140–143.

11. Степанова, Н. Пять интересных факторов об одной системе видеонаблюдения / Н. Степанова // Алгоритм безопасности. — 2014. — № 3.

12. Хамухин, А. В. Разработка и анализ высокоэффективных способов и алгоритмов автоматического сопряжения, синхронизации, юстировки изображений, управления поворотными камерами и обработки информации в приборах и системах видеонаблюдения / А. В. Хамухин. — Москва, 2015. — 23 с.

# СОДЕРЖАНИЕ


ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО ЗАВЕДУЮЩЕГО КАФЕДРОЙ ЭАТ 3
Городнов Е.Д., Долгова Л.А.
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ МОТОРНОГО МАСЛА 4
Гудожников А.А., Долгова Л.А.
ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ НА СКОРОСТЬ УПРАВЛЯЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ ВОДИТЕЛЯ В ДОРОЖНОЙ ОБСТАНОВКЕ 9
Долгова Л.А., Баканов В.А.
АНАЛИЗ РЫНКА АВТОМОБИЛЕЙ РОССИИ 13
Жесткова С.А., Зиннатуллин В.А.
МАРШРУТИЗАЦИЯ МЕЛКОПАРТИОННЫХ ГРУЗОВ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ 19
Жесткова С.А., Сычин А.А.
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРИ ДОСТАВКЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ С НЕФТЕБАЗ 27
Захаров Ю.А., Панькин А.Н.
АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИЧИН ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ НА ФЕДЕРАЛЬНЫХ ДОРОГАХ ПОВОЛЖСКОГО РЕГИОНА ЗА 2025 ГОД 33
Захаров Ю.А., Панькин А.Н.
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ПУТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ «ВАДС» 40
Карташов А.А., Леонтьева О.Н.
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВЕСКИ МЕТОДОМ КОЭРЦИТИМЕТРИ 44
Карташов А.А., Плотников Е.С.
РЕСТАВРАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ, КАК ВИД АВТОСЕРВИСНЫХ УСЛУГ 50
Москвин Р. Н., Баклушин А. М.
ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ СНИЖЕНИЕ ТРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЦПГ ДВС 58
Москвин Р. Н., Лёвин Е. Ю.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ПОСЛЕ ДТП 69
Нугаева В. О., Царан Г. А.
КОМПЛЕКСНЫЙ РЕМОНТ ПЛАСТИВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМОБИЛЕЙ 75
Подогов А. И.
ОСОБЕННОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ УПРУГОГО ЭЛЕМЕНТА БАМПЕРА 80
Подогов А. И.
ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ БАМПЕРОВ 88
Псёл Е. А., Жесткова С. А.
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН В УПРАВЛЕНИИ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК: ВОЗМОЖНОСТИ, ПРОБЛЕМЫ И РИСКИ 95
Родионов Ю. В., Хайдаров М. И., Рахимбоев Ф. Р. 100

АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ВИГАТЕЛЯ КАМАЗ-740
Толмачева Ю. В.
СНИЖЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГИДРОПРИВОДА ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ 107
Шаманов Р. С., Казакова О. А.
СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА 112
Шаманов Р. С., Казаков А. Ф.
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАРЯДА АВТОМОБИЛЬНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ 116
Ширшиков А. С., Куртенкова Ю. А.
ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕНИЯ СОПРЯГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ШКВОРНЕВОГО УЗЛА 122
Ширшиков А. С., Исака М.М.
РАЗРАБОТКА АВТОДОРОЖНОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ Г. ПЕНЗЫ 125
Ширшиков А. С., Исака М.М.
СИСТЕМЫ ВИДЕНАБЛЮДЕНИЯ В ГАРАЖНО-КООПЕРАТИВНЫХ КОМПЛЕКСАХ Г. ПЕНЗЫ 129

Научное издание

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Сборник докладов X-ой Всероссийской (Национальной) научно-практической конференции 21-22 октября 2026 г.**

под общей редакцией заведующего кафедрой «Эксплуатация автомобильного транспорта» Захарова Юрия Альбертовича

**Ответственный за выпуск** **Р.Н. Москвин, Л.А. Долгова**
**Верстка** **Л.А. Долгова**

Подписано в печать 26.10.26. Формат 60×84/16
Электронное издание

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза ул. Г. Титова, 28.