

На правах рукописи



Белехов Александр Александрович

**МЕТОД ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ
ЭКСПЕРТИЗЫ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ИХ КОНСТРУКЦИИ
В ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Специальность 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2023

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет».

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент
Евтюков Станислав Сергеевич.

Официальные оппоненты: **Молев Юрий Игоревич**
доктор технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный
технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
кафедра «Строительные и дорожные машины»,
профессор;

Марусин Александр Вячеславович
кандидат технических наук, доцент,
ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы
народов», департамент транспорта инженерной
академии, доцент.

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Белгородский
государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова».**

Защита состоится «15» июня 2023 года в 13:00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.380.05 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» СПбГАСУ по адресу: 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4, зал заседаний диссертационного совета (аудитория №220). Тел./Факс: (812) 316-58-73; E-mail: rector@spbgasu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» и на сайте <https://dis.spbgasu.ru/specialtys/personal/belehov-aleksandr-aleksandrovich>.

Автореферат разослан «04» мая 2023 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета



Е. В. Куракина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Перевозки посредством автомобильного транспорта, имеют большое значение в транспортной инфраструктуре любого государства. Так, на территории Российской Федерации (РФ) автомобильным транспортом осуществляется около 65 % перевозок грузов и 60 % перевозок пассажиров. В абсолютных числах эти показатели составляют около 5,5 млрд. тонн грузов и 11,5 млрд. пассажиров. По данным показателям, автомобильный транспорт уверенно занимает лидирующее место среди других видов транспорта. Это означает, что автомобильные перевозки играют важную роль в экономике страны, потому дорожно-транспортные (ДТП) происшествия наносят существенный материальный ущерб.

Причинами ДТП выступают различные факторы, описываемые системой «Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда» (ВАДС): ошибки водителей, сложные дорожные и погодные условия, а также техническое состояние автотранспортных средств (ТС). За последние несколько лет в Российской Федерации наблюдается рост числа ДТП по причине неисправности ТС, то есть из-за влияния подсистемы «Автомобиль». Одной из причин столь существенного роста выступает возрастная структура автомобильного парка. На сегодняшний день на территории РФ зарегистрировано более 57 миллионов автомобилей. Большая часть из автопарка (50,7 миллионов) относится к легковым автомобилям, 6,66 миллионов – к грузовым автомобилям и 0,84 миллиона к автобусам. При этом доля ТС, возраст которых превышает 10 лет, составляет более 45 % всего парка автомобилей.

Наличие в парке ТС существенного количества возрастной техники приводит к необходимости особо пристального внимания к поддержанию технического состояния узлов и агрегатов на должном уровне. Для этого выполняется ряд работ, направленных на проведение регулярного обслуживания, текущего и капитального ремонта ТС. Часто исполнение подобных работ связано с необходимостью замены деталей, узлов и агрегатов на новые или бывшие в эксплуатации, установка которых, зачастую не предусмотрена на данное ТС (тип ТС), что приводит к необходимости оценки их влияния на безопасность дорожного движения (БДД).

Помимо уменьшения влияния технического состояния ТС, вследствие естественного износа, у собственника может возникнуть необходимость изменения технических характеристик и конструктивных особенностей для получения принципиально иных свойств, не предусмотренных производителем. Такая необходимость может быть вызвана желанием получения принципиально новые характеристики, для возможности выполнения определенных видов транспортной деятельности, или улучшения уже имеющихся свойств (тягово-скоростные, экологические и др.). Стоит отметить, что зачастую подобные воздействия приводят к существенному

изменению конструкции. Ввиду этого, ТС перестает соответствовать одобрению типа транспортного средства (ОТТС). А значит, необходимо проведение оценки, позволяющей определить возможность допуска ТС с измененными характеристиками к эксплуатации, а также влияние указанных изменений на БДД.

Выполнение указанной оценки, а также прохождение технического осмотра ТС, необходимо для поддержания на должном уровне БДД по фактору «Автомобиль». Стоит отметить, что неудовлетворительное техническое состояние ТС привело в 2021 году к 8,24 % всех ДТП, происходящих на дорогах РФ. Одним из факторов, который может повлиять на вероятность возникновения ДТП, может являться неправомерно произведенные изменения конструкции ТС. Так в 2021 году доля ДТП с выявленными незарегистрированными изменениями составила 27,1 % от ДТП, произошедших по причине технической неисправности ТС.

Подобная ситуация свидетельствует о необходимости разработки процедуры, позволяющей однозначно ответить на вопрос возможности внесения того или иного изменения в конструкцию ТС, находящегося в эксплуатации, а также оценить влияние данного изменения на БДД. Одновременно с этим данная процедура должна быть понятна всем участникам процесса, а также легко воспроизводима, несмотря на широкую номенклатуру производимых воздействий.

Степень разработанности темы исследования. Исследования влияния конструктивной безопасности ТС на обеспечения БДД были проведены многими отечественными и зарубежными учеными, такими как: Аникеев С. А., Бочаров А. В., Гаронин Л. С., Гируцкий О. И., Гусаков Н. В., Зубрицкий С. Г., Капустин А. В., Кириллов К. А., Кисуленко Б. В., Кравченко П. А., Добромиров В. Н., Миронов А. А., Рябчинский А. И., Молев Ю. И., Черевастов М. Г., Марусин А. В., Фотин Р. К., Щепкин А. И., и т. д. Отдельно необходимо упомянуть методику РД 37.001.007-2003 Авто-транспортные средства. Методика оценки допустимого внесения изменений в конструкцию и последующего контроля параметров безопасности, подготовленную авторами: Зубрицкий С. Г. и Гируцкий О. И. В данной методике впервые была предпринята попытка классификации вносимых в конструкцию ТС изменений, а также установлен порядок оценки возможности внесения изменений в конструкцию ТС, находящихся в эксплуатации.

Анализ работ, посвященных этой проблеме, позволяет сделать вывод о том, что вопросы обоснования достаточного и полного содержания заключений предварительной технической экспертизы конструкции транспортного средства на предмет возможности внесения изменений также, как и процедура ее проведения не решен в полной мере, а существующие методики дают лишь общее представление о процессе ее выполнения.

Цель и задачи исследования.

Цель исследования – разработка расчетно-аналитического метода проведения предварительной технической экспертизы конструкции транспортного средства, находящегося в эксплуатации.

Задачи исследования:

1. Анализ влияния изменений, вносимых в конструкцию транспортных средств на безопасность дорожного движения, и мирового опыта по контролю за вносимыми в конструкцию транспортных средств изменениями;
2. Формирование классификации вносимых в конструкцию изменений на основе изменяющихся характеристик транспортных средств. Оценка влияния данных изменений на безопасность дорожного движения и на возможность изменения конструкции;
3. Разработка метода проведения предварительной технической экспертизы конструкции ТС, находящегося в эксплуатации;
4. Экспериментальное подтверждение эффективности разработанного метода проведения предварительной технической экспертизы;
5. Разработка требований по совершенствованию нормативного обеспечения процедуры проведения технической экспертизы конструкции ТС, находящихся в эксплуатации.

Объектом исследования – процесс проведения предварительной технической экспертизы конструкции ТС, находящегося в эксплуатации.

Предметом исследования – параметры технического состояния транспортных средств, оказывающие влияние на возможность внесения изменений в конструкцию.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. Разработана классификация, вносимых в конструкцию ТС изменений на основе классификационных признаков, зависящих от изменяемых технических характеристик.
2. Установлена взаимосвязь между изменяемыми характеристиками ТС, классификационными признаками и возможностью внесения изменений в конструкцию ТС.
3. Разработан расчетно-аналитический метод проведения предварительной технической экспертизы ТС при внесении изменений в их конструкцию.
4. Предложены требования по совершенствованию транспортного законодательства и нормативного обеспечения предварительной технической экспертизы при изменении конструкции ТС, находящихся в эксплуатации.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке и обосновании метода проведения предварительной технической экспертизы при внесении изменений в конструкцию ТС в эксплуатации, как совокупности расчетных и аналитических методов, позволяющих прогнозировать значения характеристик ТС до внесения изменений в их конструкцию.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения результатов исследования в деятельности аккредитованных испытательных лабораторий, выполняющих проверку возможности внесения изменений в конструкцию ТС, находящихся в эксплуатации, а также подразделениями Государственной инспекции безопасности дорожного движения (ГИБДД), осуществляющими деятельность по техническому надзору и регистрации автотранспортных средств, для повышения качества учета влияния вносимых изменений на безопасность дорожного движения.

Методология и методы исследований основываются на системном анализе актуальных данных о состоянии БДД в РФ, в частности в области контроля за вносимыми в конструкцию ТС изменениями, изучении отечественного и зарубежного опыта в сфере организации и проведения контроля за вносимыми в конструкцию изменениями, применении общенаучных методов исследования: статистического анализа, математической статистики и теории вероятностей, анализе экспериментальных данных.

Положения, выносимые на защиту:

1. Классификация вносимых в конструкцию ТС изменений на основе классификационных признаков, зависящих от изменяемых технических характеристик.

2. Взаимосвязи между изменяемыми характеристиками ТС, классификационными признаками и возможностью внесения изменений в конструкцию ТС.

3. Метод оценки влияния вносимых в конструкцию ТС изменений на безопасность.

4. Расчетно-аналитический метод проведения предварительной технической экспертизы ТС при внесении изменений в их конструкцию в эксплуатации.

Область исследования соответствует требованиям паспорта научной специальности 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта, п. 9 «Исследования в области безопасности движения с учетом технического состояния автомобиля, дорожной сети, организации движения автомобилей, качеств водителей; проведение дорожно-транспортной экспертизы, разработка мероприятий по снижению аварийности» и п. 10 «Совершенствование транспортного законодательства и нормативного обеспечения; лицензирование и сертификация на автомобильном транспорте».

Достоверность и обоснованность обоснована критическим анализом существующей отечественной и зарубежной нормативно-технической базы, большим объемом учтенных статистических данных по вносимым в конструкцию транспортных средств изменениям; подтверждена экспериментальным применением разработанного метода при проведении предварительной технической экспертизы конструкции транспортных средств;

обеспечена использованием апробированных методик обработки результатов экспериментальных исследований и соответствием полученных в ходе экспериментов данных теоретическим результатам исследования.

Практическая ценность и реализация результатов исследований. Результаты исследований в практической области подтверждаются: актом о внедрении разработанного «Метода предварительной технической экспертизы транспортных средств при изменении их конструкции в эксплуатации» в деятельность аккредитованной испытательной лаборатории ООО «ЭПТС», деятельность ООО «СПбГАСУ-Дорсервис» и ООО «Деловой эксперт».

Результаты работы используются в учебном процессе выпускающих кафедр АДФ СПбГАСУ (Наземных транспортно-технологических машин, Технической эксплуатации транспортных средств, Транспортных систем) и Институт повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов в рабочую программу дисциплин (модулей): «Безопасность подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования» по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства, специализация «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование»; «Сертификация и лицензирование на автомобильном транспорте» по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин; «Грузовые перевозки» по направлению подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов и программам профессиональной переподготовки «Судебная инженерно-техническая экспертиза (по специализации – судебная автотехническая экспертиза)», «Контролер технического состояния транспортных средств автомобильного транспорта», «Специалист, ответственный за обеспечение безопасности дорожного движения» и в учебном процессе ЧОУ ДПО «УМЦ «Ленавтотранс» по программам профессиональной переподготовки: «Специалист ответственный за безопасность дорожного движения» и «Контролер технического состояния транспортных средств автомобильного транспорта».

Апробация работы. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных конференциях: 68-я Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов, молодых ученых «Актуальные проблемы строительства» (Санкт-Петербург, 2015); 73-я научная конференция профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета «Архитектура – Строительство – Транспорт» (Санкт-Петербург, 2017); 74-я научная конференция профессорско-преподавательского состава и аспирантов университета «Архитектура – Строительство – Транспорт» (Санкт-Петербург, 2018); Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы функционирования систем транспорта» (Тюмень, 2020); XXXV Национальной (с международным

участием) Научно-технической конференции «Улучшение эксплуатационных показателей и технический сервис автомобилей, тракторов и двигателей» (Санкт-Петербург, 2022); II Международная научно-практическая конференция «Транспортная доступность Арктики: сети и системы» (Санкт-Петербург, 2022).

Публикации. Основные научные результаты диссертационного исследования опубликованы в 11 научных работах, в том числе 8 в рецензируемых изданиях из перечня, размещенного на официальном сайте ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 102 наименований. Содержит 213 страницы, 52 иллюстрации, 31 таблица и 46 страниц приложений.

Во введении раскрывается тема исследования, обосновывается её выбор и актуальность, сформулирована цель исследования, рассмотрены научная новизна и практическая ценность работы, изложены положения, выносимые автором на защиту.

В первой главе выполнен анализ сложившейся ситуации в сфере БДД в Российской Федерации, анализ аварийности на автомобильном транспорте. Выявлен рост влияния фактора «Автомобиль» системы ВАДС на возникновение ДТП. Отмечен недостаток статистических данных по влиянию вносимых в конструкцию ТС изменений на вероятность возникновения, а также тяжесть последствий ДТП. Проведен анализ зарубежного опыта оценки возможности внесения изменений в конструкцию ТС, находящихся в эксплуатации. Отмечены преимущества и недостатки рассмотренных методов, сделаны выводы о возможности применения отдельных элементов систем по контролю за вносимыми изменениями. Проанализирован опыт нормативно-правового обеспечения в области контроля за внесением изменений в конструкцию ТС, находящихся в эксплуатации, действовавший на территории Российской Федерации с 2000 года. Выявлены положительные и негативные стороны процедур, действовавших на протяжении последних 20 лет. С целью повышения достоверности результатов проводимой предварительной технической экспертизы конструкции ТС, сформулированы цели и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе проведен анализ характеристик ТС, изменяющихся при внесении изменений. Разработана классификация вносимых в конструкцию ТС изменений на основе изменяемых характеристик. Проведена оценка влияния изменений, относимых к различным классификационным признакам на безопасность. Сформирован список изменяющихся характеристик ТС, оказывающих наибольшее влияние на результаты проведения предварительной технической экспертизы. Предложен метод определения возможности внесения изменений в конструкцию ТС.

В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований влияния характеристик ТС, находящихся в эксплуатации, на возможность внесения изменений в их конструкцию. С целью обеспечения объективности и достоверности выводов предварительной технической экспертизы приведены примеры формирования заключений, направленных на проверку разработанного метода предварительной технической экспертизы. Показана высокая сходимость фактических и расчетных значений исследуемых технических характеристик.

В четвертой главе приведены требования по совершенствованию транспортного законодательства и нормативного обеспечения предварительной технической экспертизы транспортных средств в эксплуатации. Разработаны дополнения к существующему порядку оценки соответствия при внесении изменений в конструкцию транспортного средства, выпущенного в обращение.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Классификация вносимых в конструкцию ТС изменений на основе классификационных признаков, зависящих от изменяемых технических характеристик.

Выполнение качественной оценки возможности внесения изменений в конструкцию ТС, находящихся в эксплуатации невозможно без формирования классификации. Существующие на сегодняшний день классификации лишены четкой структуры и несут чересчур общий характер или, напротив, слишком подробны. Работа с подобными классификациями затрудняет возможность подбора характеристик ТС, нуждающихся в оценке. Ввиду этого эксперты испытательных лабораторий вынуждены выполнять предварительную техническую экспертизу основываясь лишь на личном опыте.

Таким образом, с целью обеспечения соответствующего уровня безопасности системы ВАДС, по подсистеме «Автомобиль», при внесении изменений в его конструкцию, необходимо, на основе имеющихся статистических данных, создать классификацию вносимых в конструкцию изменений. Для составления подобной классификации выполняется анализ конструктивных параметров, на которые оказывается воздействия и составляется список требований, измерений и (или) испытаний, достаточный для удостоверения в том, что конструкция будет соответствовать действующей нормативной документации.

В ходе анализа данных, накопленных испытательными лабораториями (ИЛ) «ЦЭБ» ИБДД СПбГАСУ, ООО «ЭПТС» и «ПТИА-АВТО», было проанализировано более 12 500 обращений в испытательные лаборатории – результаты анализа приведены на рис. 1 и 2.

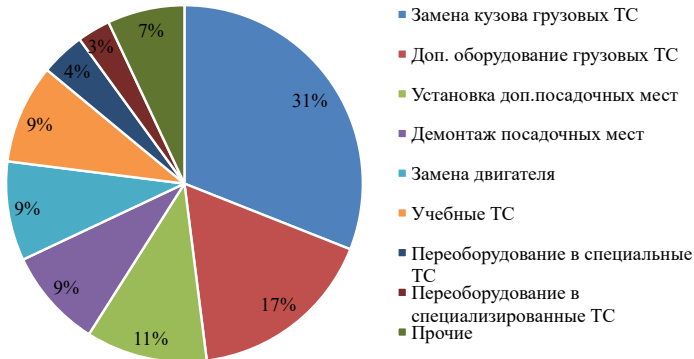


Рис. 1. Распределение видов вносимых в конструкцию ТС изменений

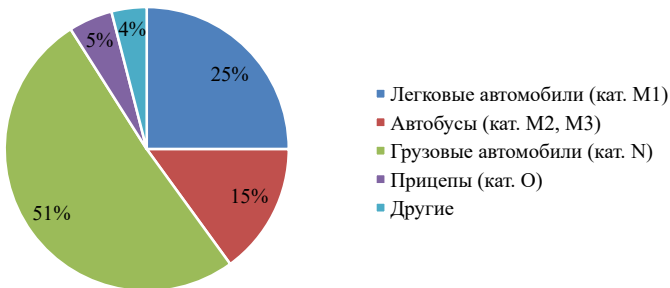


Рис. 2. Распределение вносимых в конструкцию изменений по категориям ТС

На основании статистических данных был составлен список из 15 видов наиболее часто встречающихся переоборудований, для каждого из которых был выделен список свойств конструктивной безопасности и характеристик ТС, на которые они оказывают влияние. Пример проведенного анализа представлен на рис. 3.

Аналогичные схемы были составлены для всех видов вносимых в конструкцию изменений. В процессе проведенного анализа всех вносимых в конструкцию ТС изменений и конструктивных характеристик ТС, влияющих на безопасность, было выделено 9 классификационных признаков, изменение которых позволяет отнести процесс воздействия на ТС к внесению изменений:

1. Масса ТС (в снаряженном состоянии и разрешенная максимальная);
2. Количество, расположение посадочных мест или площади для стояния пассажиров (в автобусах)
3. Изменение размеров ТС (в том числе изменение размеров и формы наружных выступов, межосевого расстояния, габаритов);
4. Изменение типа или категории ТС;
5. Изменение мощности или типа двигателя;

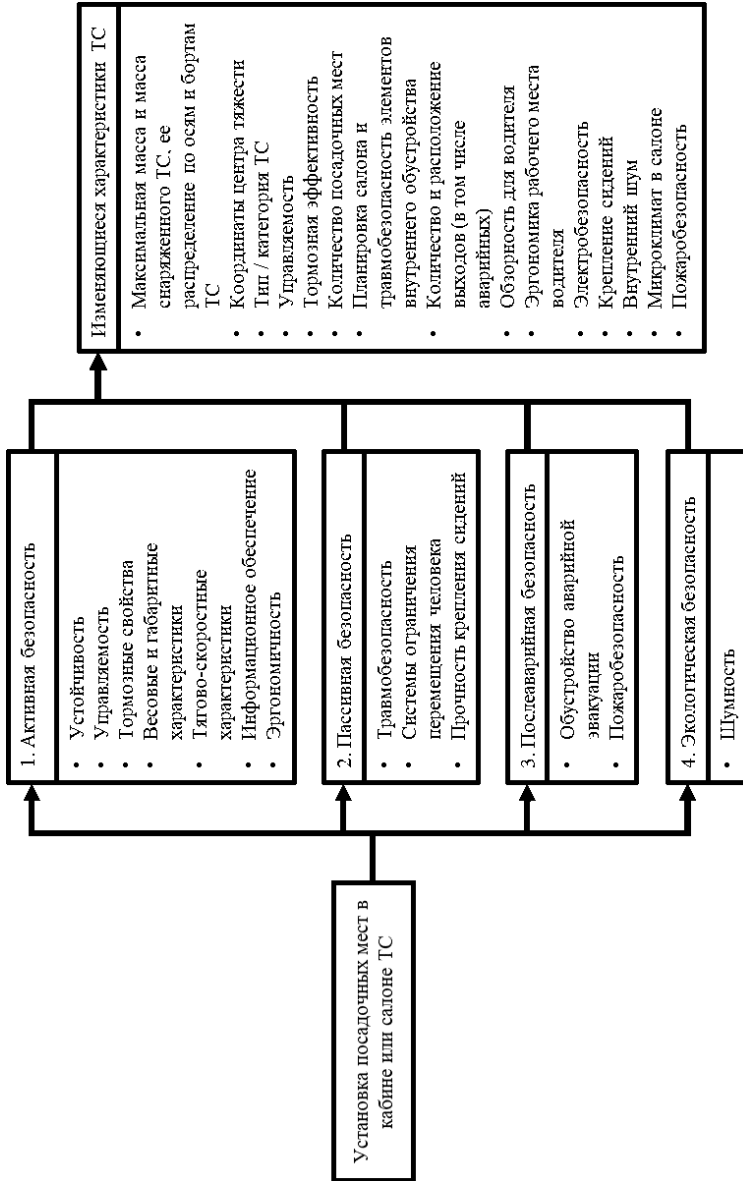


Рис. 3. Схема определения характеристик ТС, изменяющихся при переоборудовании

6. Изменение содержания вредных веществ в отработавших газах и шумности;

7. Установка дополнительного несъемного оборудования, непредусмотренного заводом-изготовителем ТС;

8. Изменения конструкции элементов подвески, рулевого управления или тормозных систем;

9. Изменение или уничтожение маркировки ТС.

По каждому классификационному признаку был составлен список характеристик ТС, а также требований действующей нормативно-технической документации в их отношении.

2. Взаимосвязи между изменяемыми характеристиками ТС, классификационными признаками и возможностью внесения изменений в конструкцию ТС.

Для каждого классификационного параметра была определено количество обращений, по которым было принято решение о невозможности внесения изменений в конструкцию ТС. Данные обращения были разбиты по характеристикам ТС, не соответствующим требованиям действующей нормативно-технической документации после планируемого изменения. Одновременно с этим, была рассчитана вероятность вынесения отрицательного решения.

Результаты проведенного анализа статистических данных и расчета вероятности вынесения о невозможности планируемого изменения приведены в табл. 1. При этом необходимо отметить, что в процессе внесения изменений возможно выявление несоответствия сразу по нескольким техническим характеристикам ТС, что связано с особенностями того или иного переоборудования.

На основании полученных результатов был выполнен расчет вероятности вынесения решения о невозможности переоборудования.

Данный расчет проводился с учетом того факта, что данные события являются совместными, то есть могут проявляться одновременно. Тогда вероятность определяется по зависимости:

$$P\left(\sum_{a=1}^m N_{mxa}\right) = \sum_a P(N_{mxa}) - \sum_{a,b} P(N_{mxa} \cdot N_{mxb}) + \sum_{a,b,d} P(N_{mxa} \cdot N_{mxb} \cdot N_{mxd}) + \dots + (-1)^{m-1} P(N_{mx1} \cdot N_{mx2} \cdot \dots \cdot N_{mxm}), \quad (1)$$

где $P\left(\sum_{i=1}^n N_{mxi}\right)$ – вероятность суммы конечного числа совместных событий; i, j, k и т. д. – значения индексов.

$$\begin{cases} a = \overline{1, m} \\ b = \overline{1, m} \\ d = \overline{1, m} \end{cases} \quad (2)$$

Таблица 1

Распределение количества обращений в ИЛ «ЦЭБ» ИБДДС СПбГАСУ по характеристикам, несоответствующим требованиям нормативной документации

№ п/п	Классификационный параметр	Изменяющиеся характеристики, не соответствующие требованиям	Количество вынесенных решений о невозможности внесения изменений	Вероятность вынесения решения о невозможности изменения конструкции ТС
	Масса ТС	– осевая нагрузка	104	0,103174603
		– распределение нагрузки по бортам	58	0,057539683
		– расположение центра масс	17	0,016865079
	Количество, расположение посадочных мест	– количество посадочных мест	10	0,017094017
		– осевая нагрузка	57	0,097435897
		– распределение нагрузки по бортам	49	0,083760684
		– планировка салона	30	0,051282051
		– крепление кузовов/оборудования	9	0,015384615
		– число и расположение аварийных выходов	6	0,01025641
		– эргономичность	8	0,013675214
		– микроклимат в салоне	31	0,052991453
	Изменение размеров ТС	– внешние габариты ТС	25	0,059808612
		– задний свес ТС	38	0,090909091
		– колесная база	21	0,050239234
		– травмобезопасность внешних элементов	8	0,019138756

Окончание табл. 1

№ п/п	Классификационный параметр	Изменяющиеся характеристики, не соответствующие требованиям	Количество вынесенных решений о невозможности внесения изменений	Вероятность вынесения решения о невозможности изменения конструкции ТС
	Изменение типа или категории ТС	– осевая нагрузка	83	0,099759615
		– распределение нагрузки по бортам	69	0,082932692
		– расположение центра масс	14	0,016826923
		– внешние габариты ТС	11	0,013221154
		– задний свес ТС	44	0,052884615
		– колесная база	7	0,008413462
		– травмобезопасность внешних элементов	13	0,015625
		– количество посадочных мест	10	0,012019231
		– число и расположение аварийных выходов	4	0,004807692
		– крепление кузовов/оборудования	47	0,056490385
		– обзорность с места водителя	3	0,003605769
		– эргономичность	4	0,004807692
		– идентификация ТС	5	0,006009615
	Изменение мощ- ности или типа двигателя	– мощность двигателя	26	0,137566138
		– максимальная скорость ТС	3	0,015873016
		– тормозная эффективность	2	0,010582011
		– внешний шум	11	0,058201058
		– средства измерения/ограничения скорости	3	0,015873016
		– экологичность	13	0,068783069
		– пожаробезопасность	3	0,015873016
		– электробезопасность	1	0,005291005
		– идентификация ТС	3	0,015873016

	Изменение содержания вредных веществ	– экологичность – внешний шум	57	0,537735849
			21	0,198113208
	Установка дополнительного несъемного оборудования	– осевая нагрузка	23	0,059278351
		– распределение нагрузки по бортам	4	0,010309278
		– расположение центра масс	3	0,007731959
		– внешние габариты ТС	3	0,007731959
		– крепление кузовов/оборудования	20	0,051546392
		– обзорность с места водителя	1	0,00257732
		– задний свес ТС	20	0,051546392
		– травмобезопасность внешних элементов	3	0,007731959
	Изменения подвески, РУ, тормозов	– управляемость	24	0,352941176
		– тормозная эффективность	36	0,529411765
	Изменение или уничтожение маркировки ТС	– идентификация ТС	21	0,875

Аналогично произведен расчет вероятности для технических характеристик ТС, оказывающих наиболее существенное влияние на вынесение решения о невозможности переоборудования. Результаты расчета приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета вероятности вынесения решения о невозможности переоборудования

№ п/п	Классификационный параметр	Вероятность (с учетом всех характеристик)	Вероятность (с учетом наиболее весомых характеристик)	Δ
1.	Масса ТС	0,1690	0,1548	0,0142
2.	Количество, расположение посадочных мест	0,2623	0,2570	0,0053
3.	Изменение размеров ТС	0,2038	0,1882	0,0156
4.	Изменение типа или категории ТС	0,3203	0,2623	0,058
5.	Изменение мощности или типа двигателя	0,2973	0,2436	0,05367
6.	Изменение содержания вредных веществ	0,6293	0,6293	0
7.	Установка дополнительного несъемного оборудования	0,18	0,1538	0,0262
8.	Изменения подвески, РУ, тормозов	0,6955	0,6955	0
9.	Изменение или уничтожение маркировки ТС	0,875	0,875	0

Данные расчеты показали, что отклонение Δ не превышает 0,06. Для уточнения результатов проведенных расчетов, для случаев при которых $\Delta \neq 0$, определим математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение. В табл. 3 приведен результат расчета вероятности вынесения положительных и отрицательных решений, в зависимости от классификационных признаков.

Для указанного классификационного параметра рассчитано математическое ожидание E_X , дисперсия $\text{var}X$ и среднеквадратичное отклонение σ_X . Результаты расчетов по формулам приведены в табл. 4.

Таблица 3

**Вероятность вынесения различных решений в зависимости
от классификационных признаков**

№ п/п	Классификационный параметр	Состояния системы		
		Изменение невозможно	Изменение возможно при корректировке начальных условий	Изменение возможно
1.	Масса ТС	0,1548	0,3869	0,4444
2.	Количество, расположение посадочных мест	0,2570	0,2359	0,5026
3.	Изменение размеров ТС	0,1882	0,4474	0,3469
4.	Изменение типа или категории ТС	0,2623	0,2993	0,3810
5.	Изменение мощности или типа двигателя	0,2436	0,0952	0,6085
6.	Изменение содержания вредных веществ	0,6293	0,1792	0,1887
7.	Установка дополни- тельного несъемного оборудования	0,1538	0,2294	0,5928
8.	Изменения подвески, РУ, тормозов	0,6955	0,1765	0,1324
9.	Изменение или уничто- жение маркировки ТС	0,8750	0,0833	0,0417

Таблица 4

**Результаты расчета математического ожидания, дисперсии
и среднеквадратичного отклонения**

№ п/п	Классификационный параметр	EX	varX	σ_x	R
1.	Масса ТС	1,2758	0,5370	0,7328	0,1699
2.	Количество, расположение посадочных мест	1,2410	0,7060	0,8402	0,1366
3.	Изменение размеров ТС	1,1411	0,5327	0,7299	0,0840
4.	Изменение типа или категории ТС	1,0613	0,6970	0,8348	0,2278
5.	Изменение мощности или типа двигателя	1,3122	0,8073	0,8985	0,0428

Окончание табл. 4

№ п/п	Классификационный параметр	EX	varX	σ_x	R
6.	Изменение содержания вредных веществ	0,5566	0,6242	0,7900	0,0654
7.	Установка дополнительного несъемного оборудования	1,4149	0,5984	0,7736	0,0590
8.	Изменения подвески, РУ, тормозов	0,4412	0,5112	0,7150	0,0422
9.	Изменение или уничтожение маркировки ТС	0,1667	0,2222	0,4714	0,0000

Результаты приведенных расчетов свидетельствуют о возможности проведения предварительной экспертизы расчетно-аналитическим методом: при этом проведение расчетов осуществляется для параметров, оказывающих наибольшее влияние на вероятность вынесения отрицательного решения о возможности внесения изменений для классификационных параметров, оказывающих наибольшее влияние на БДД.

В табл. 5 указан список характеристик ТС, подлежащих расчету в соответствии с классификационным признаками. Значения остальных характеристик определяются аналитически или же, испытательной лабораторией предоставляются рекомендации по выполняемым работам, с целью соблюдения требований действующей нормативно-технической документации.

Таблица 5

**Характеристики ТС, подлежащих расчету в соответствии
с классификационным признаками**

№ п/п	Классификационный параметр	Изменяющиеся характеристики ТС
1.	Масса ТС	– осевая нагрузка – распределение нагрузки по бортам
2.	Количество, расположение посадочных мест	– осевая нагрузка – распределение нагрузки по бортам – планировка салона – микроклимат в салоне
3.	Изменение размеров ТС	– внешние габариты ТС – задний свес ТС – колесная база
4.	Изменение типа или категории ТС	– осевая нагрузка – распределение нагрузки по бортам – задний свес ТС – крепление кузовов/оборудования

№ п/п	Классификационный параметр	Изменяющиеся характеристики ТС
5.	Изменение мощности или типа двигателя	– мощность двигателя
		– внешний шум
		– экологичность
6.	Изменение содержания вредных веществ	– экологичность
		– внешний шум
7.	Установка дополнительного несъемного оборудования	– осевая нагрузка
		– крепление кузовов/оборудования
		– задний свес ТС
8.	Изменения подвески, РУ, тормозов	– управляемость
		– тормозная эффективность
9.	Изменение или уничтожение маркировки ТС	– идентификация ТС

Для определения соответствия полученных результатов свойств конструктивной безопасности действующим нормативным документам необходимо определить количество изменяющихся характеристик и соответствие конструкции транспортного средства после переоборудования установленным требованиям. В ходе оценки соответствия необходимо определить, какому из состояний будет соответствовать система при переоборудовании: изменение возможно; изменение возможно при корректировке начальных условий; изменение невозможно. Для этого, определяют соответствие рассчитанных характеристик действующим ограничениям. В случае соответствия для указанной характеристики принимается значение равное 2, невыполнения – 0, а в случае возможности выполнения условий при корректировке исходных данных – 1. Что представляют следующей системой:

$$\begin{cases} f = 0, \text{ если изменение невозможно} \\ f = 1, \text{ если изменение возможно} \\ \quad \text{при корректировке начальных условий} \\ f = 2, \text{ если изменение возможно} \end{cases} \quad (3)$$

где f – величина, указывающая на состояние системы в соответствии.

Далее проводят вычисление по следующему соотношению:

$$X(f) = \left(\frac{\prod_{i=1}^m f_i}{1 - \frac{0,1}{m} \sum_{i=1}^m f_i} \right)^{\frac{1}{m}}, \quad (4)$$

где $X(f)$ – функция, характеризующая возможность внесения изменений в конструкцию транспортного средства; m – количество изменяемых характеристик ТС ($m \geq 1$).

Для оценки возможности внесения изменений необходимо использовать следующие условия:

$$m < 3, \begin{cases} X(f) = 0, \text{ если изменение невозможно} \\ 0 < X(f) \leq 1, \text{ если изменение возможно} \\ \quad \text{при корректировке начальных условий} \\ X(f) > 1, \text{ если изменение возможно} \end{cases} \quad (5)$$

$$m \geq 3, \begin{cases} X(f) = 0, \text{ если изменение невозможно} \\ 0 < X(f) \leq 2, \text{ если изменение возможно} \\ \quad \text{при корректировке начальных условий} \\ X(f) > 2, \text{ если изменение возможно} \end{cases} \quad (6)$$

3. Метод оценки влияния вносимых в конструкцию ТС изменений на безопасность.

Ввиду того, что статистические данные, необходимые для выполнения оценки влияния вносимых в конструкцию ТС изменений на БДД отсутствуют, оценка влияния вносимых в конструкцию ТС изменений на БДД путем определения весовых коэффициентов для каждого изменяющего показателя.

Поскольку количество изменяющихся в процессе переоборудования транспортных средств показателей достаточно велико, а ограничения, установленные для них, имеют различную природу и способ наложения, выделим два основных варианта расчета коэффициентов:

1. Показатель ограничен некоторым интервалом значений, устанавливаемых в качестве минимально и максимально допустимых. В этом случае образуемую систему показателей, формируемую при том или ином внесении изменений, можно представить в виде m -мерного пространства:

$$\begin{cases} x_1^* \leq x_{i1} \leq x_1^{**} \\ \dots \\ x_j^* \leq x_{ij} \leq x_j^{**} \\ \dots \\ x_m^* \leq x_{im} \leq x_m^{**} \end{cases} \quad (7)$$

где x_j ($j = \overline{1, m}$) – рассматриваемый при изменении конструкции ТС показатель; i – номер решения.

Стоит отметить, что влияние рассматриваемого показателя на БДД обратно пропорционально величине колебаний значений данного показателя. Поэтому, коэффициенты весомости могут быть определены из следующего соотношения:

$$\psi_j^{(1)} = \alpha \frac{x_j^{**}}{x_j^{**} - x_j^*}, \quad (8)$$

где α – коэффициент пропорциональности.

Стоит отметить, что суммарное значение коэффициентов значимости:

$$\sum_{j=1}^m \bar{\psi}_j = 1. \quad (9)$$

Следовательно, коэффициент пропорциональности:

$$\alpha = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{x_j^{**}}{x_j^{**} - x_j^*}}. \quad (10)$$

2. Показатель ограничен некоторым номинальным значением. Таким образом в отношении данного показателя устанавливается ограничение в виде минимума или максимума (например, максимальная осевая нагрузка или минимальная ширина прохода в салоне). В этом случае определение коэффициентов значимости показателей, для которых установлено максимальные значения, производится по формуле:

$$\psi_j^{(2)} = \frac{1}{\frac{x_j^0 - x_j^*}{x_j^0 - x_j^{**}}}, \quad (11)$$

где x_j^0 – номинальное значение показателя.

Коэффициенты для показателей, имеющих ограничение по минимальному значению, рассчитываются по следующей зависимости:

$$\psi_j^{(3)} = \frac{1}{\frac{x_j^{**} - x_j^0}{x_j^{**} - x_j^0}}. \quad (12)$$

Стоит отметить, что исследуемые величины имеют широкий диапазон ограничений и разную размерность, ввиду этого, перед выполнением расчетов по формулам, выполняется нормализация исходных данных:

$$x_j = \frac{x_j^0 - x_j^*}{x_j^{**} - x_j^*}. \quad (13)$$

4. Расчетно-аналитический метод проведения предварительной технической экспертизы ТС при внесении изменений в их конструкцию в эксплуатации.

На основании результатов теоретических исследований был разработан метод проведения предварительной технической экспертизы ТС, находящихся в эксплуатации, при внесении изменений в их конструкцию. Данный метод позволяет учесть влияние реального состояния и характеристик ТС до внесения изменений в конструкцию, а также использовать расчетно-аналитический подход при определении возможности внесения изменений в конструкцию ТС.

Алгоритм проведения предварительной технической экспертизы представлен на рис. 4. Цветом выделены блоки, которыми предложено дополнить существующий на сегодняшний день алгоритм проведения предварительной технической экспертизы.

1 ЭТАП. Определение изменяющихся классификационных параметров. На первом этапе эксперт испытательной лаборатории удостоверяется в необходимости проведения предварительной технической экспертизы, то есть в наличии внесения изменений в конструкцию ТС. Для этого производится анализ предоставляемых собственником документов, а также документов, на основании которых данное ТС было выпущено в обращение (ОТТС или свидетельство о безопасности конструкции ТС – СБКТС).

2 ЭТАП. Определение технических характеристик ТС. В случае отнесения планируемого изменения к понятию «внесение изменений в конструкцию ТС» необходимо определить изменяющиеся технические характеристики, а также определить их значения до внесения изменений. Для этого необходимо выполнить анализ документации, а также произвести необходимые измерения. К таким замерам можно отнести поосное взвешивание ТС, измерение габаритов, определение установленного оборудования. В случае выявления несоответствия данных, указанных в документах на ТС, фактическим в дальнейших расчетах используются последние.

3 ЭТАП. Расчет изменяющихся характеристик ТС. Используя полученные исходные данные, выполняется расчет изменяющихся характеристик ТС, а также проводится сравнение полученных данных с нормативными значениями или данными указанными в ОТТС. Помимо этого, выполняется оценка влияния указанных изменений на БДД и делается вывод о возможности внесения изменений в конструкцию ТС.

4 ЭТАП. Разработка рекомендаций. На основе проведенных расчетов, подготавливаются рекомендации, содержащие: порядок внесения изменений в конструкцию ТС; требования к производственной базе, на которой будет выполняться переоборудование; требования в отношении используемых в процессе внесения изменений компонентов. В случае вынесения отрицательного решения по возможности внесения изменений

в конструкцию – формирование рекомендаций по изменению исходных данных, для обеспечения положительного заключения. При невозможности корректировки исходных данных – вынесение отрицательного решения.

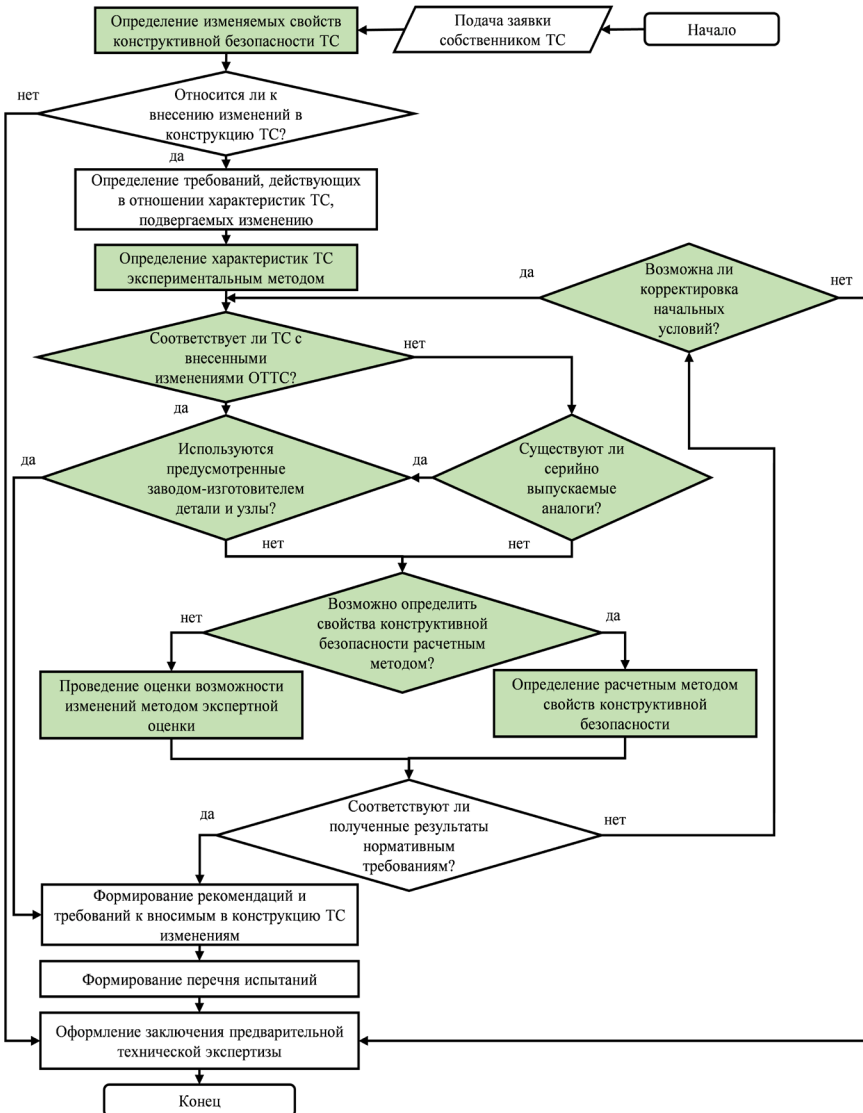


Рис. 4. Алгоритм метода проведения предварительной технической экспертизы

Пример выполненного расчета для трех изменений приведен в табл. 7.

Таблица 7

Результаты расчета и испытаний, проведенных после внесения изменений в конструкцию ТС

№ п/п	Рассчитываемая характеристика	Транспортное средство		
		Ford Transit	Folvo FH	ГАЗ 330202
1.	Масса без нагрузки, кг	2330/+25*	7965/-30	2150/+30
2.	Нагрузка на переднюю ось, кг	1325/0	5565/0	1150/+50
3.	Нагрузка на заднюю ось, кг	1005/+25	2400/-30*	1000/-20
4.	Разница нагрузки по бортам, кг	40/-5	30/+15	10/0
5.	Крепление оборудования	---	9 соединений м14 (по плану 8 соединений м12)**	6 стремянок м14 + 2 болта м14 (по плану 6 стремянок м12)**
6.	Длина, м	---	---	6,65/-0,05
7.	Задний свес, м	---	---	2,05/-0,05
8.	Высота, м	---	---	2,57/-0,08
9.	Ширина, м	---	---	2,1/0
10.	Тип ТС	грузовой	---	бортовой с тентом
11.	Количество пассажирских мест	8	---	---
	Значение $X(f)$	2,09	1,81→2,09	1,89→2,06

* В таблице через дробь указано отклонение от расчетного значения в абсолютных величинах;

** Значения в скобках – начальные условия, скорректированные в соответствии с рекомендациями экспертов ИЛ.

В ходе проведения экспериментальных исследований было проведено более 500 предварительных технических экспертиз по указанному методу. Проведенный анализ полученных результатов, показывает высокую сходимость полученных в ходе проведения предварительной технической экспертизы расчетов с характеристиками, полученными после выполнения переоборудования, что может свидетельствовать о возможности применения методики на практике в испытательных лабораториях.

На основе разработанного метода подготовлены требования по совершенствованию транспортного законодательства и нормативного обеспечения предварительной технической экспертизы, включающие дополнение к ГОСТу 33995-2016 «Межгосударственный стандарт. Транспортные средства. Порядок оценки соответствия при внесении изменений в конструкцию транспортного средства, выпущенного в обращение», а также приводящие к необходимости корректировки Постановления правительства РФ от 06 апреля 2019 г. № 413 «Об утверждении Правил внесения изменений в конструкцию находящихся в эксплуатации транспортных средств и осуществления последующей проверки выполнения требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе достигнуты следующие результаты:

1. Выполнен анализ проблемы аварийности на автомобильном транспорте с целью определения статистики ДТП, учитывающих техническое состояние ТС и влияния вносимых изменений на вероятность их возникновения. Было выявлено что 5,71 % от всех ДТП происходит по причине несоответствия технического состояния ТС установленным требованиям и в 27,1 % из этих случаев, отмечается, что в конструкцию ТС были внесены изменения, не прошедшие соответствующей оценки. Выполненный в ходе исследования анализ существующей практики оценки возможности внесения изменений в конструкцию ТС, находящихся в эксплуатации, действующей в РФ и за рубежом показал необходимость совершенствования метода проведения экспертизы конструкции транспортного средства с целью получения достоверных результатов, не зависящих от накопленного экспертом испытательной лабораторией опыта.

2. Анализ существующих классификаций, вносимых в конструкцию ТС изменений подтвердил необходимость разработки принципиально новой классификации, базирующейся на изменяющихся характеристиках ТС. На основе обращений в испытательные лаборатории с целью оформления Заключений о возможности внесения изменений в конструкцию ТС, а также Заключений предварительной технической экспертизы конструкции ТС на предмет возможности внесения изменений, была разработана классификация вносимых в конструкцию ТС изменений на основании 9 изменяющихся параметров. С целью повышения достоверности получаемых при проведении предварительной технической экспертизы результатов, предложен способ оценки влияния изменяющихся характеристик ТС и классификационных параметров на безопасность дорожного движения на основе коэффициентов весомости. Данный способ позволяет учесть особенности различных изменений, вносимых в конструкцию ТС вне зависимости от количества изменяющихся характеристик.

3. На основе проведенного анализа выявлен список изменяющихся технических характеристик, оказывающих наибольшее влияние на результаты предварительной технической экспертизы конструкции ТС. Сформированы методы расчета, а также граничные условия для характеристик ТС, оказывающих существенное влияние на результаты проведения предварительной технической экспертизы. Разработан алгоритм проведения предварительной технической экспертизы при внесении изменений в конструкцию ТС, находящегося в эксплуатации включающий в себя процедуры определения исходных данных (в том числе экспериментальным методом), оценки расчетно-аналитическим методом и разработки рекомендаций по изменению конструкции ТС. На основании предложенного алгоритма разработан расчетно-аналитический метод проведения предварительной технической экспертизы ТС при внесении изменений в их конструкцию, позволяющий получить достоверные результаты о возможности изменения конструкции ТС, а также позволяющий корректировать начальные условия для обеспечения соответствия изменяющихся характеристик действующим требованиям.

4. На базе испытательных лабораторий, аккредитованных на определение соответствия вносимых изменений требованиям ТР ТС 018/2011, проведена экспериментальная апробация разработанной методики. Доказана необходимость предварительного экспериментального определения технических характеристик ТС, подвергаемых изменению. Оценка результатов, полученных при проведении предварительной технической экспертизы с применением разработанного метода, показывает высокую сходимость с результатами, полученными после внесения изменений в конструкцию ТС. Этот факт указывает на достоверность предложенных методов расчета изменяющихся технических характеристик ТС при проведении предварительной технической экспертизы конструкции.

5. Предложены требования по совершенствованию транспортного законодательства и нормативного обеспечения предварительной технической экспертизы при изменении конструкции ТС, находящихся в эксплуатации.

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Публикации в периодических научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. **Белехов А. А., Горшков В. Н.** Разработка алгоритма проведения оценки возможности внесения изменений в конструкцию транспортных средств, находящихся в эксплуатации. – Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 6 (59). – С. 182–187.

2. **Белехов А. А., Евтюков С. А.** Совершенствование методов предварительной технической экспертизы как первый этап определения возможности внесения

изменений в конструкцию транспортных средств. – Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 1 (60). – С. 239–245.

3. **Белехов А. А.** Разработка алгоритма проведения оценки возможности внесения изменений в конструкцию транспортных средств, находящихся в эксплуатации. – Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 3 (62). – С. 239–245.

4. **Белехов А. А.** Качественная оценка возможности внесения изменений в конструкцию транспортных средств, находящихся в эксплуатации. – Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 6 (65). – С. 221–227.

5. **Белехов А. А.** Разработка алгоритма проведения предварительной технической экспертизы. – Вестник гражданских инженеров. – 2018. – № 2 (67). – С. 220–225.

6. **Белехов А. А.** Разработка модели оценки влияния вносимых в конструкцию транспортных средств изменений на безопасность дорожного движения. – Вестник гражданских инженеров. – 2018. – № 6 (71). – С. 169–174.

7. **Белехов А. А.,** Евтюков С. А. Оценка влияния изменений вносимых в конструкцию транспортных средств, находящихся в эксплуатации, на безопасность дорожного движения. – Вестник гражданских инженеров. – 2021. – № 6 (89). – С. 151–157.

8. **Белехов А. А.,** Капенкова А. И., Евтюков С. С. Оценка возможности установки системы сбора и накопления энергии на транспортные средства, находящиеся в эксплуатации. – Вестник гражданских инженеров. – 2022. – № 6 (95). – С. 134–140.

Публикации в других изданиях

9. **Белехов А. А.** Проверка безопасности конструкции транспортного средства с внесенными изменениями как элемент контроля технического состояния // Материалы 73-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. В 3-х частях. Том Часть II. 2017. – С. 35–38.

10. **Белехов А. А.** Модель оценки влияния вносимых в конструкцию транспортных средств изменений на безопасность дорожного движения // Материалы 74-й научной конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов университета. В 2-х частях. Том Часть II. 2018. С. 5–9.

11. **Белехов А. А.** Устойчивость транспортных средств категорий N1-N3 при внесении изменений в их конструкцию // Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Тюмень, 2020. С. 251–255.

Компьютерная верстка *М. В. Смирновой*

Подписано к печати 07.04.2023. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 1,5. Тираж 120 экз. Заказ 54.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская, д. 4.

Отпечатано на МФУ. 198095, Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 32, лит. А.