

*На правах рукописи*



**Чудакова Наталья Вячеславовна**

**МЕТОДИКА РЕКОНСТРУКЦИИ  
ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ  
ПО ПАРАМЕТРАМ ТОРМОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ,  
ОСНАЩЕННЫХ АДАПТИВНЫМИ ТОРМОЗНЫМИ  
СИСТЕМАМИ**

Специальность 05.22.10 –  
Эксплуатация автомобильного транспорта

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2021

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

- Научный руководитель: кандидат военных наук, профессор,  
**Афанасьев Александр Сергеевич**
- Официальные оппоненты: **Дорохин Сергей Владимирович**  
доктор технических наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Воронежский  
государственный лесотехнический  
университет имени Г. Ф. Морозова»,  
автомобильный факультет, декан;
- Лазарев Дмитрий Александрович**  
кандидат технических наук,  
экспертно-криминалистический центр  
УМВД России по Белгородской области,  
отдел криминалистических экспертиз  
и учетов, эксперт.
- Ведущая организация: Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волгоградский государственный  
технический университет».

Защита диссертации состоится «13» мая 2021 г. в 15:00 часов на заседании диссертационного совета Д **212.223.02** при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по адресу: 190103, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, (аудитория № 220).

Тел./Факс: (812)316-58-72 , E-mail: rector@spbgasu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» и на сайте <http://dis.spbgasu.ru/specialtys/personal/chudakova-natalya-vyacheslavovna>.

Автореферат разослан «30» марта 2021 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
Д212.223.02,  
кандидат технических наук,  
доцент

 Олещенко Елена Михайловна

## I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В соответствии с официальной статистикой большинство дорожно-транспортных происшествий (ДТП) связаны с экстренным торможением транспортных средств (ТС). В связи с этим за последнее десятилетие была значительно усовершенствована конструкция систем тормозного управления. В частности, к уже применяемым антиблокировочным системам (ABS) и системам распределения тормозных усилий (EBD) активно внедряется система экстренного торможения (BAS). Основное назначение этих систем – минимизировать тормозной путь и увеличить замедление ТС. Указанные системы, работая в автоматизированном режиме и обладая способностью самонастройки, обеспечивают наиболее эффективный режим торможения в зависимости от условий движения ТС. В связи с этим их принято называть адаптивными.

В автотехнической экспертизе одним из важных вопросов является оценка технической возможности участников дорожного движения предотвратить ДТП. Для обоснованного ответа на данный вопрос исследуется процесс торможения, который базируется на определении значений скорости движения ТС перед ДТП, установившегося замедления и времени его нарастания. Отсутствие научно – обоснованного учета влияния систем ABS, EBD и BAS на параметры торможения АТС приводит к не достоверному экспертному выводу при реконструкции ДТП, т. к. в действующей практике применяются нормативные значения установившегося замедления и времени его нарастания, полученные в ходе исследования ВНИИСЭ МЮ СССР (ныне РФЦСЭ при Минюсте России) для АТС не оснащенных адаптивными тормозными системами.

В связи с этим проведение научных исследований, направленных на установление закономерности влияния систем ABS, EBD и BAS на параметры торможения АТС, является актуальной научно – технической задачей востребованной теорией и практикой реконструкции и экспертизы ДТП.

**Степень разработанности исследования.** Основоположниками в вопросах реконструкции и экспертизы ДТП является целый ряд ученых, среди которых Бухарин Н. А., Иларионов В. А., Бекасов В. А., Кристи Н. М., Суворов Ю. Б., Боровский Б. Е., Домке Э. Р. и др. Из современных ученых наиболее значимый вклад в научные и практические разработки в области автотехнической экспертизы и безопасности дорожного движения внесли Евтюков С. А., Пучкин В. А., Комаров Ю. Я., Васильев Я. В., Добромиров В. Н., Чава И. И., Никонов В. Н., Евтюков С. С., Новиков И. А. Среди зарубежных исследователей в области экспертизы и реконструкции ДТП стоит отметить Nathan S. Shigemura, David Brill, John Daily, Jeremy Daily, R. W. Rivers и др.

В тоже время, несмотря на интенсивное пополнение автомобильного парка современными АТС и большое количество исследований их эксплуатационных свойств, в области автотехнических экспертиз до сих пор остается недостаточно изученным вопрос влияния систем ABS, EBD, BAS на формирование значений основных параметров торможения – величины установившегося замедления и времени его нарастания. В связи с этим, повышение достоверности экспертного исследования при реконструкции ДТП путем уточнения параметров торможения

АТС категории  $M_1$ , оснащенных современными тормозными системами, является востребованной научной задачей.

**Рабочая гипотеза.** Оценка технической возможности участников дорожного движения предотвратить ДТП с участием АТС категории  $M_1$  должна осуществляться с учетом выявленных закономерностей комплексного влияния систем ABS, EBD и BAS на параметры их торможения.

**Цель работы** заключается в разработке методики реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС категории  $M_1$ , оснащенных адаптивными тормозными системами ABS, EBD и BAS.

**Задачи исследования:**

- выполнить анализ современного методического обеспечения реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС;
- обосновать конструктивные и эксплуатационные факторы, влияющие на величину установившегося замедления и время его нарастания для АТС категории  $M_1$  при экстренном торможении;
- экспериментально установить степень и закономерности влияния систем ABS, EBD, BAS на установившееся замедление и время его нарастания для АТС категории  $M_1$  при экстренном торможении в различных условиях движения;
- разработать математические модели для расчета установившегося замедления и времени его нарастания при экстренном торможении АТС категории  $M_1$ , оснащенных системами ABS, EBD и BAS;
- разработать методику реконструкции ДТП по параметрам торможения для АТС категории  $M_1$ , оснащенных системами ABS, EBD и BAS;
- выполнить сравнительный анализ на предмет оценки точности расчетов и достоверности выводов экспертного заключения по типовой и разработанной методикам.

**Объект исследования** – методический аппарат реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС.

**Предметом исследования** является методика реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС категории  $M_1$ , оснащенных адаптивными тормозными системами ABS, EBD и BAS.

**Методика исследований.** Методологической базой диссертационного исследования являются основные положения теории движения колесных

машин и действующих методик реконструкции ДТП, математические методы планирования эксперимента и априорного ранжирования, математические и статистические методы обработки данных экспериментальных исследований, дисперсионный и регрессионный анализ их результатов, метод проверки статистических гипотез.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. При сравнительной оценке эффективности торможения автомобилей категории  $M_1$  необходимо учитывать их конструктивные особенности и эксплуатационные факторы движения, наиболее значимые из которых установлены методом экспертных исследований и представляют собой: оснащение системами ABS, EBD, BAS; коэффициент сцепления колеса с дорогой; тип сезонности шин; загруженность АТС; наличие прицепа категории  $O_1$ .

2. Экспериментально установлены закономерности влияния комплексного воздействия систем ABS, EBD, BAS на формирование установившегося замедления и времени его нарастания для АТС категории  $M_1$  при торможении в различных условиях варьирования эксплуатационными факторами: состояние поверхности дорожного покрытия, сезонность шин, фактическая загруженность АТС, буксировка прицепа категории  $O_1$ .

3. При определении основных параметров экстренного торможения АТС категории  $M_1$ , оснащенных системами ABS, EBD, BAS, в расчетных формулах целесообразно использовать поправочные коэффициенты, корректирующие установившееся замедление и время его нарастания с учетом условий движения, таких как фактическая загруженность АТС, наличие прицепа, состояние поверхности дорожного покрытия и сезонность шин.

4. Полученные в виде уравнений регрессий многофакторные математические модели прогнозирования величин установившегося замедления и времени его нарастания для АТС категории  $M_1$ , оснащенных системами ABS, EBD и BAS, обеспечивают комплексный учет конструктивных (тип и сезонность шин) и эксплуатационных (состояние поверхности дорожного покрытия, загруженность АТС, наличие прицепа) факторов при исследовании процесса экстренного торможения.

5. Разработанная методика реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС категории  $M_1$ , оснащенных системами ABS, EBD и BAS, позволяет исследовать ДТП с более высокой точностью и сделать на основании полученных значений исследуемых факторов объективные выводы экспертного заключения.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

– установлены закономерности влияния на величину установившегося замедления и время его нарастания при экстренном торможении для АТС категории  $M_1$  оснащения их системами ABS, EBD, BAS в условиях

варьирования состоянием поверхности дорожного покрытия, типом сезонности шин, фактической загруженностью АТС и наличием прицепа категории  $O_1$ ;

– определены коэффициенты, корректирующие нормативные значения установившегося замедления и времени его нарастания при торможении АТС категории  $M_1$ , оснащенных системами ABS, EBD и BAS, позволяющие более корректно производить расчеты при реконструкции и экспертизе ДТП;

– разработаны математические модели для прогнозирования величин установившегося замедления АТС категории  $M_1$  и времени его нарастания в условиях экстренного торможения при различных сочетаниях конструктивных и эксплуатационных факторов;

– разработана методика реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС категории  $M_1$ , оснащенных системами ABS, EBD и BAS.

**Теоретическая часть исследования** заключается в определении коэффициентов, корректирующих значения установившегося замедления и времени его нарастания при экстренном торможении в различных условиях эксплуатации АТС категории  $M_1$  с учетом наличия в них систем ABS, EBD, BAS, и в разработанных математических моделях, позволяющих прогнозировать параметры экстренного торможения таких АТС.

**Практическая ценность** заключается в возможности применения экспертами разработанной уточненной методики реконструкции ДТП с участием АТС категории  $M_1$ , оснащенных современными системами ABS, EBD и BAS.

**Апробация работы.** Результаты исследования представлены на научных конференциях и форумах: LVII Международная научно-практическая конференция «Научная дискуссия: вопросы технических наук» (Москва, 2017 г.); XII Международная научно-практическая конференция «Российская наука в современном мире» (Москва, 2017 г.); II и III Всероссийские научные конференции: «Современные образовательные технологии в подготовке специалистов для минерально-сырьевого комплекса» (Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский горный университет, 2018 г., 2020 г.); VI и VII Международные научно-практические конференции «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2018, IPDME-2020» (Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский горный университет, 2018 г.); Международная конференция «Прикладная физика, информационные технологии и инжиниринг» – (APITECH-2019) (Кузбасс, 2019 г.); Международная научно-практическая конференция «Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте» (Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский горный университет, 2020 г.); Международный форум-конкурс молодых исследователей стран БРИКС «Актуальные проблемы

недропользования» (Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский горный университет, 2020 г.); XXII, XXIII Московский международный Салон изобретений и инновационных технологий «АРХИМЕД-2019» (Москва, 2019 г.) и «АРХИМЕД-2020» (Москва, 2020 г.), Выставка НИ-ТЕСН – 2020 (Санкт-Петербург, 2020 г.).

**Внедрение результатов исследования:** внедрены в ООО «Межрегиональный центр экспертиз и консалтинга «Триумф» г. Белгород, в Санкт-Петербургском унитарном предприятии «Пассажиравтотранс», а также в учебном процессе кафедры транспортно-технологических процессов и машин ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет» по специальности «Организация перевозок и безопасность движения».

**Публикации.** Результаты исследования по теме диссертации опубликованы в 15 печатных работах, в том числе 4 научные статьи из перечня рецензируемых научных журналах ВАК, 4 статьи в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования Scopus. По теме исследования получены 2 патента на полезные модели и 3 свидетельства о государственной регистрации на программы для ЭВМ.

**Личный вклад автора.** При проведении исследования диссертант лично сформировал рабочую гипотезу, цели и задачи исследования, разработал теоретические положения и математические модели, спланировал, организовал и активно участвовал в проведении натурного эксперимента и разработках полезных моделей и программ для ЭВМ.

**Область исследования** соответствует требованиям паспорта научной специальности ВАК: 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта», п. 7 «Исследования в области безопасности движения с учетом технического состояния автомобиля, дорожной сети, организации движения автомобилей; проведение дорожно-транспортной экспертизы».

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений, содержит 142 страницы текста, 31 формулу, 28 таблиц и 59 рисунков. Библиографический список включает 150 наименований.

*В введении* обоснована актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы её цели и задачи, представлена научная новизна полученных результатов, выносимых на защиту, а также апробация и практическая значимость работы.

*В первой главе* проведен анализ аварийности, основных видов ДТП и методик, используемых для реконструкции ДТП, их преимущества, недостатки и направления совершенствования.

*Во второй главе* рассмотрены конструктивные особенности тормозного управления современных легковых автомобилей и их влияние на параметры торможения АТС. Обоснованы наиболее значимые

эксплуатационные факторы, влияющие на параметры торможения. Уточнены для АТС категории  $M_1$ , оснащенных системами ABS, EBD и BAS, известные зависимости для расчета скорости движения, остановочного пути, расстояние удаления от места ДТП и остановочного времени посредством введения коэффициентов корректировки установившегося замедления  $j_{уз}$  и времени его нарастания  $t_{нз}$  в различных условиях эксплуатации.

*В третьей главе* содержатся методика и результаты экспериментальных исследований, направленных на определение фактических значений  $j_{уз}$  и  $t_{нз}$  для различных сочетаниях конструктивных и эксплуатационных факторов при экстренном торможении. Полученные результаты представлены в виде графиков, уравнений регрессий и корректирующих коэффициентов, удобных для практического применения.

*В четвертой главе* представлена уточненная методика расчета  $j_{уз}$  и  $t_{нз}$  при реконструкции ДТП с участием АТС, оснащенных системами ABS, EBD и BAS, и выполнена проверка ее работоспособности на примере типового ДТП.

## **II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ:**

**1. При сравнительной оценке эффективности торможения автомобилей категории  $M_1$  необходимо учитывать их конструктивные особенности и эксплуатационные факторы движения, наиболее значимые из которых установлены методом экспертных исследований и представляют собой: оснащение системами ABS, EBD, BAS; коэффициент сцепления колеса с дорогой; тип сезонности шин; загруженность АТС; наличие прицепа категории  $O_1$ .**

При реконструкции ДТП установившееся замедление и время его нарастания являются основными параметрами, по значениям которых в итоге определяется техническая возможность у водителя предотвратить ДТП. Для достоверного расчетного определения этих значений необходимо учитывать дорожные условия на месте ДТП и ряд конструктивных особенностей современных АТС.

На основании результатов предварительного анализа в работе предложено считать наиболее значимыми, определяющими эффективность торможения технически исправного автомобиля, факторы, представленные в таблице 1.

**Факторы, определяющие параметры процесса торможения  
технически исправного АТС**

Факторы условий движения
1. Состояние дорожного покрытия ( $\varphi$ )
2. Наличие прицепа категории $O_1$
3. Загруженность АТС
Конструктивные факторы
4. Тип сезонности шин
5. Наличие систем ABS, BAS, EBD

Обоснование выбора факторов.

1. Коэффициент сцепления колеса с дорогой – основополагающий фактор, учитывающий фактическое состояние дорожной поверхности в момент торможения.

2. Наличие прицепа категории  $O_1$  – АТС используют не только для перевозки пассажиров, но и грузов, что подтверждает статистика увеличения численности зарегистрированных прицепов полной массы до 750 кг – более 2,2 млн. шт. Исследование в качестве фактора влияния на эффективность торможения в условиях ДТП наличия прицепа категории  $O_1$  ранее не проводилось в связи с не характерностью такой ситуации.

3. Загруженность АТС – для автомобилей категории  $M_1$  характерно их движение с различным количеством пассажиров и багажа. Для легкового автомобиля это варьирование существенно отражается на его полной массе в момент ДТП.

4. Тип сезонности шин – эксплуатация АТС предполагается в разных погодно-климатических условиях, а шина является единственным связующим звеном между дорогой и автомобилем.

5. Наличие систем ABS, BAS, EBD – конструктивные особенности современных тормозных систем АТС предполагают широкое применение этих систем для увеличения замедления и уменьшения тормозного пути. Однако возможность извлечения этих параметров из базы бортового компьютера зачастую отсутствует, что требует разработки иных способов оценки их влияния.

Какие – либо возможные технические неисправности АТС, влияющие на эффективность торможения, в том числе недопустимый износ протектора, несоответствие давления воздуха в шинах, неисправности в системах

ABS, BAS, EBD и т. п. в ходе исследования как факторы влияния не рассматривались и не моделировались.

Подтверждение значимости предложенных факторов проводилось на основе экспертного опроса. Статистический анализ материалов экспертного опроса заключался в ранжировании факторов по их значимости и оценке степени согласованности ответов экспертов по каждому из факторов в отдельности и в целом по всему их набору.

Эксперты, компетентные в области эксплуатации АТС категории М<sub>1</sub> были представлены тремя независимыми группами: 1-я группа: преподаватели и научные сотрудники кафедры транспортно-технологических процессов и машин «Санкт-Петербургского горного университета» (9 экспертов); 2-я группа: инженерно-технические специалисты СПб ГУП «Пассажиравтотранс» (9 экспертов); 3-я группа: водители СПб ГУП «Пассажиравтотранс» с примерно одинаковым стажем работы – около 10 лет (6 экспертов).

Полученные результаты опроса по каждой группе специалистов были сведены в таблицы – бальные матрицы, в которых по вертикали указаны номера экспертов, по горизонтали – номера факторов в соответствии с таблицей 1 и их значимость по 5-ти бальной оценке.

На основе полученных данных был определен вес каждого фактора исходя из бальных оценок, предоставленных каждым экспертом.

Согласованность  $W$  мнений экспертов оценивалось с помощью коэффициента конкордации Кендалла по формуле:

$$W = \frac{12S}{m \cdot 2(n^3 - n)}, \quad (1)$$

где  $S$  – сумма квадратов отклонений сумм рангов, полученных каждым экспертом ( $n$ ) от средней суммы рангов,  $m$  – число экспертов,  $n$  – число факторов:

$$S = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2} m(n+1) \right\}^2, \quad (2)$$

где  $j$  – номер эксперта.

В таблице 2 даны результаты расчета по первой группе экспертов с приведением рангов, определением коэффициентов корреляции и коэффициента конкордации Кендалла.

Как видно из полученных коэффициентов весомости для первой группы экспертов, факторы 1, 4, 5 имеют более сильную статистическую взаимосвязь, чем факторы 2 и 3. При этом значение коэффициента конкордации Кендалла ( $W_1$ ), равное 0,63, показывает значимую согласованность оценок экспертов.

По идентичному алгоритму была проведена обработка результатов опроса по второй и третьей группе экспертов, в которых коэффициенты конкордации составили  $W_2 = 0,61$  и  $W_3 = 0,64$ .

Таблица 2

**Ранги факторов первой группы экспертов с результатами вычисления коэффициентов корреляции рангов и коэффициента конкордации Кендалла**

Эксперты	Факторы				
	1	2	3	4	5
1	4,5	1	3	4	4,5
2	5	2	3	3,5	3,5
3	4,5	2	3	4	4,5
4	4,5	1	3	4	4,5
5	4,5	2	3	4	4,5
6	5	1,5	1,5	3,5	3,5
7	4,5	1	3	4	4,5
8	4,5	1,5	1,5	4	4,5
9	5	2	3	3,5	3,5
Сумма рангов $\sum_{j=1}^m a_{ij} = 135$	42	14	24	34,5	37,5
$x_{jcp}$ (ср. балл по критерию)	4,67	1,5	2,66	3,83	4,16
$W$ (весовой коэффициент)	0,27	0,10	0,16	0,22	0,25
Отклонение от средней суммы рангов $\Delta_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} - \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m a_{ij}$	11,6	-16,4	-6,4	4,1	7,1
Квадраты отклонений суммы рангов $\sum_{i=1}^k \Delta_i^2 = 511,7$	134,5	268,9	40,7	16,8	50,4
Коэффициент конкордации $W_1$ группа 1	0,63				

Для определения степени согласованности мнений о важности исследования предлагаемых факторов по всем трем группам определен обобщенный коэффициент конкордации Кендалла, который составил  $W_{\text{общ}} = 0,62$ , что позволяет сделать вывод о значимой согласованности оценок всех экспертных групп, а результаты ранжирования могут быть положены в основу планирования эксперимента.

В соответствии с этими результатами в ходе экспериментов варьирование наиболее значимыми факторами 1, 4 и 5 проводилось по всем возможным их состояниям: состояние дорожного покрытия – сухой, влажный, заснеженный, обледенелый асфальтобетон; объекты исследования – АТС с системами ABS, EBD, BAS и без них; типы шин - шипованные, фрикционные, всесезонные, летние. Менее значимый 3-й фактор оценивался по пяти состояниям загрузки АТС – то 20 % до 100 %, малозначимый 2-й фактор варьировался по двум состояниям прицепа – снаряженной массы и с загрузкой на 50 %.

**2. Экспериментально установлены закономерности влияния комплексного воздействия систем ABS, EBD, BAS на формирование установившегося замедления и времени его нарастания для АТС категории  $M_1$  при торможении в различных условиях варьирования эксплуатационными факторами: состояние поверхности дорожного покрытия, сезонность шин, фактическая загруженность АТС, буксировка прицепа категории  $O_1$ .**

Для выявления указанных закономерностей проведен комплекс экспериментальных исследований в виде натурного эксперимента с использованием образцов АТС категории  $M_1$ , оснащенных системами ABS, EBD, BAS и без таковых. Схема организации экспериментальных исследований представлена на рисунке 1.

Экспериментальные исследования проводились на участке автомобильной дороги 1-й категории в Ленинградской области с охватом всех времен года. В общей сложности в ходе экспериментов было проведено 240 опытов.

Фактические значения коэффициента сцепления на мерном участке в период проведения экспериментов, определенные прибором ППК-МАДИ-ВНИИБД, представлены в таблице 3.

Фактические значения исследуемых параметров экстренного торможения АТС – установившегося замедления и времени его нарастания, определялись с помощью контрольно – измерительного прибора «Эффект – 02».

В результате экспериментального исследования получены фактические значения  $j_{\text{уз}}$  и  $t_{\text{нз}}$  для АТС категории  $M_1$  с учетом наличия и отсутствия в их конструкции систем ABS, EBD, BAS при одинаковых условиях движения машин. В качестве примера экспериментальные значения  $j_{\text{уз}}$  и  $t_{\text{нз}}$ , полученные в ходе исследования по отдельным замерам, представлены в таблицах 4 и 5.

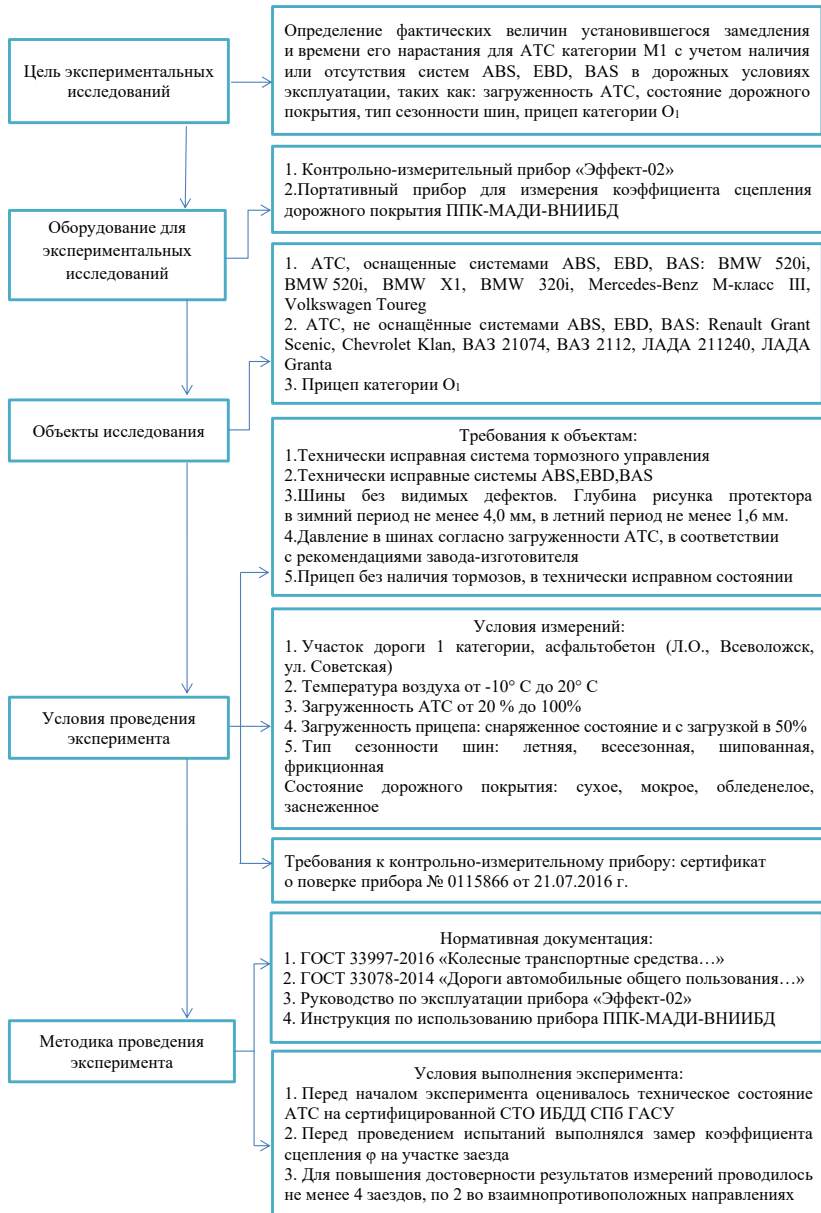


Рисунок 1 – Схема организации экспериментальных исследований



Рисунок 3 – Фрагменты испытаний АТС категории М<sub>1</sub> и прицепа О<sub>1</sub>

Таблица 3

**Фактические значения коэффициента сцепления**

Состояние дорожного покрытия	Коэффициент сцепления (φ)
Сухой асфальтобетон (при +18 °С)	0,74
Мокрый асфальтобетон (при +15 °С)	0,49
Заснеженный асфальтобетон (при –5 °С)	0,38
Обледенелый асфальтобетон (при –11 °С)	0,31

Таблица 4

**Экспериментальные значения  $j_{уз}$  и  $t_{нз}$  для АТС категории М<sub>1</sub>, оснащенных системами ABS, EBD и BAS, с учетом типа шин**

φ	Тип сезонности шин	Одиночный автомобиль, $j_{уз}/t_{нз}$	Автомобиль с прицепом снаряженной массы $j_{уз}/t_{нз}$	Автомобиль с прицепом, загруженным на 50 %, $j_{уз}/t_{нз}$
1	2	3	4	5
загруженность автомобиля 20 %				
0,74	шипованная	5,8/0,35	5,67/0,34	5,54/0,34
	фрикционная	6,9/0,35	6,77/0,34	6,64/0,34
	всесезонная	8,5/0,35	8,37/0,34	8,24/0,34
	летняя	8,7/0,37	8,57/0,36	8,44/0,36
0,49	шипованная	5,3/0,29	5,17/0,28	5,04/0,28
	фрикционная	6,8/0,31	6,67/0,3	6,54/0,3
	всесезонная	7,1/0,32	6,97/0,31	6,84/0,31
	летняя	7,7/0,35	7,57/0,34	7,44/0,34

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5
0,38	всесезонная	3,46/0,29	–	–
	фрикционная	6,5/0,35	–	–
	шипованная	6,3/0,32	–	–
0,31	всесезонная	3,30,25	–	–
	фрикционная	4,7/0,29	–	–
	шипованная	5,3/0,31	–	–

Таблица 5

Экспериментальные значения  $j_{уз}$  и  $t_{нз}$  для АТС категории М<sub>1</sub>, не оснащенных системами ABS, EBD и BAS, с учетом типа шин

φ	Тип сезонности шин	Одиночный автомобиль, $j_{уз} / t_{нз}$	Автомобиль с прицепом снаряженной массы,	Автомобиль с прицепом, загруженным на 50%,
			$j_{уз} / t_{нз}$	$j_{уз} / t_{нз}$
загруженность автомобиля 20 %				
0,74	всесезонная	6,5/0,34	6,33/0,31	6,16/0,31
	фрикционная	6,13/0,32	5,98/0,33	5,83/0,33
	шипованная	5,2/0,32	5,05/0,31	4,9/0,31
	летняя	6,8/0,32	6,63/0,31	6,46/0,31
0,49	всесезонная	5,1/0,31	4,93/0,30	4,76/0,30
	фрикционная	4,9/0,27	4,75/0,26	4,6/0,26
	шипованная	4,7/0,25	4,55/0,24	4,4/0,24
	летняя	5,6/0,3	5,43/0,29	5,26/0,29
0,38	всесезонная	2,9/0,21	–	–
	фрикционная	4,9/0,26	–	–
	шипованная	4,7/0,28	–	–
0,31	всесезонная	2,7/0,22	–	–
	фрикционная	3,5/0,26	–	–
	шипованная	3,9/0,28	–	–

Анализ полученных результатов по всем проведенным замерам показывает, что комплексное воздействие систем ABS, EBD и BAS на формирование значений исследуемых параметров является значимым и требует его учета при выборе в процессе реконструкции ДТП исходных данных по  $j_{уз}$  и  $t_{нз}$ .

Представление результатов в виде трехмерных графиков, учитывающих двухфакторное влияние на  $j_{уз}$  и  $t_{нз}$  коэффициента сцепления и степени загрузки автомобиля (примеры даны на рисунках 5, 6) позволяет определять их значения для любого сочетания этих факторов при любом из рассмотренных эксплуатационных режимов движения.

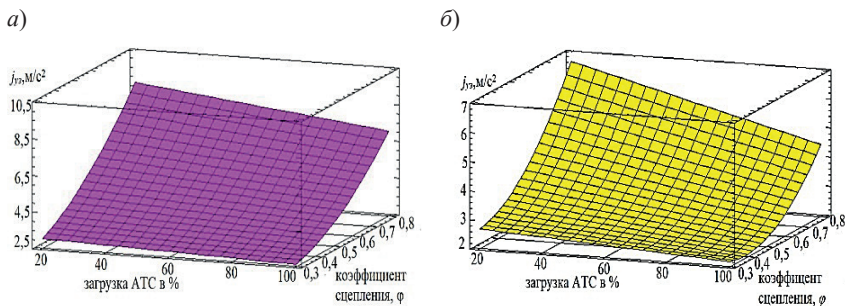


Рисунок 5 – График изменения показателей установившегося замедления  $j_{уз}$  АТС на примере с всесезонной шиной: *а* – при наличии систем ABS, EBD и BAS; *б* – без наличия систем ABS, EBD и BAS

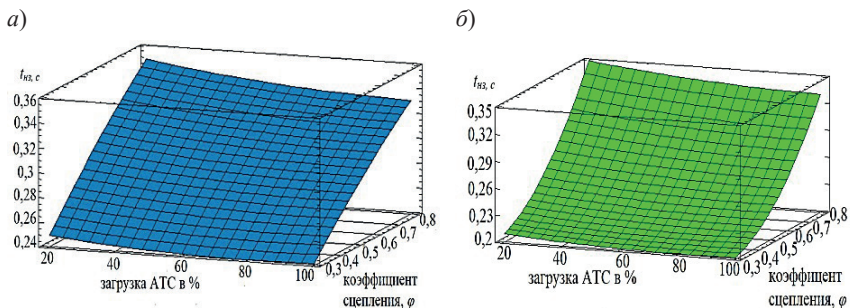


Рисунок 6 – График изменения показателей времени нарастания замедления  $t_{нз}$  АТС на примере с всесезонной шиной: *а* – при наличии систем ABS, EBD и BAS; *б* – без наличия систем ABS, EBD и BAS

Для возможности расчетного определения значений  $j_{уз}$  и  $t_{нз}$  графическое отображение взаимосвязи факторов влияния было интерпретировано в их математическое описание с помощью уравнений регрессий с достоверностью аппроксимации от 93 до 95 %.

В таблице 6 представлены уравнения регрессий для АТС с всесезонной шиной при наличии и отсутствии систем ABS, EBD, BAS.

Таблица 6

**Примеры уравнений регрессии установившегося замедления**

Параметры измерения	Уравнения регрессии, $y = f(x)$	$R^2$
$y$ – установившееся замедление АТС при наличии систем ABS, EBD, BAS на примере всесезонной шины	$y = 4,6825 + 0,52x_1 - 2,574x_2 - 0,312x_1x_2 + 0,6975x_2^2$	93%
$y$ – установившееся замедление АТС при отсутствии систем ABS, EBD, BAS на примере всесезонной шины	$y = 3,145 + 0,68x_1 + 1,584x_2 - 0,432x_1x_2 + 0,855x_2^2$	95%
$y$ – время нарастания замедления АТС при наличии систем ABS, EBD, BAS на примере всесезонной шины	$y = 0,293717 - 0,0065x_1 + 0,048x_2 + 0,00357143x_1^2 - 0,0027x_1x_2 - 0,0045x_2^2$	98%
$y$ – время нарастания замедления АТС при отсутствии систем ABS, EBD, BAS на примере всесезонной шины	$y = 0,245589 - 0,0065x_1 + 0,0675x_2 + 0,00357143x_1^2 - 0,0027x_1x_2 - 0,023625x_2^2$	89%

где,  $y$  – установившееся замедление АТС, м/с<sup>2</sup>, или время нарастания замедления АТС, с,  $x_1$  – загруженность АТС, %,  $x_2$  – коэффициент сцепления.

Апробация этих зависимостей показала, например, что у АТС при наличии систем ABS, EBD и BAS с учетом всесезонной шины, при 20 % нагрузке замедление на сухом асфальтобетоне при  $\varphi = 0,74$  составило  $j_{y3} = 8,5$  м/с<sup>2</sup>, а у АТС при таких же условиях, но без наличия систем  $j_{y3} = 6,5$  м/с<sup>2</sup>, т. е. применение ABS, EBD и BAS способствует увеличению замедления примерно на 13,0 %. Это значения явно превышает вероятную погрешность традиционных методов расчетов, является значимым и необходимым для учета при расчетах.

2. При определении основных параметров экстренного торможения АТС категории М<sub>1</sub>, оснащенных системами ABS, EBD, BAS, в расчетных формулах целесообразно использовать поправочные коэффициенты, корректирующие установившееся замедление и время его нарастания с учетом условий движения, таких как фактическая загруженность АТС, наличие прицепа, состояние поверхности дорожного покрытия и сезонность шин.

Экспериментальные данные, иллюстрирующие конкретную разницу значений  $j_{уз}$  для всех исследованных типов шин в различных условиях сцепления ( $\varphi = 0,31 \dots 0,74$ ) с учетом наличия систем ABS, EBD, BAS и их отсутствия в одинаковых условиях движения приведены, в качестве примера для случая 20% загрузки автомобиля, на рисунке 4.

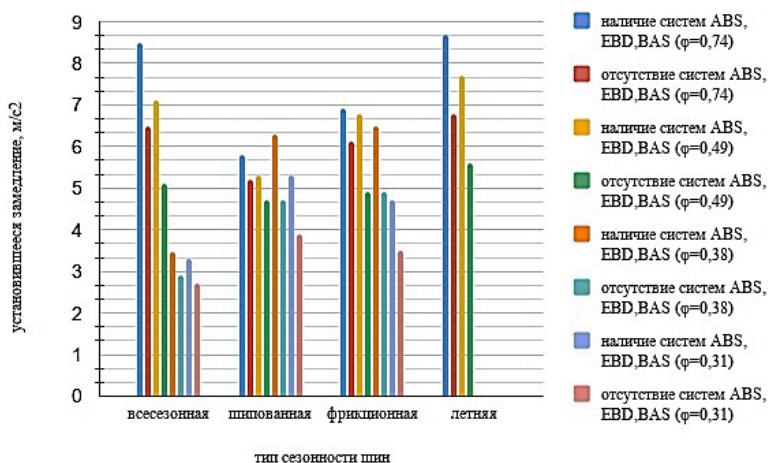


Рисунок 4 – Данные для сравнительного анализа экспериментальных значений  $j_{уз}$  АТС при наличии и отсутствии систем ABS, EBD, BAS при торможении с загруженностью в 20 %

Аналогичные данные для сравнения, в том числе и по времени нарастания замедления, получены для всех исследованных совокупностей значимых факторов варьирования. Сопоставление этих данных для машин, оснащенных системами ABS, EBD, BAS и без таковых, позволяет получить коэффициенты корректировки рекомендованных нормативных данных, учитывающие современную конструкцию тормозных систем.

В качестве таких коэффициентов предлагается использовать соотношение показателей исследуемых параметров в виде:

$$\text{коэффициент корректировки } j_{\text{уз}}: K_{j_{\text{кор}}} = \frac{j_{\text{уз}}^{\Phi} (\text{н/с})}{j_{\text{уз}}^{\Phi} (\text{б/с})}; \quad (3)$$

$$\text{коэффициент корректировки } t_{\text{нз}}: K_{t_{\text{кор}}} = \frac{t_{\text{нз}}^{\Phi} (\text{н/с})}{t_{\text{нз}}^{\Phi} (\text{б/с})}, \quad (4)$$

где  $j_{\text{уз}}^{\Phi} (\text{н/с})$  – экспериментально определенное значение установившегося замедления АТС с системами ABS, EBD, BAS;  $j_{\text{уз}}^{\Phi} (\text{б/с})$  – экспериментальное значение установившегося замедления АТС без систем;  $t_{\text{нз}}^{\Phi} (\text{н/с})$  – экспериментальное значение времени нарастания установившегося замедления АТС категории М<sub>1</sub> с системами;  $t_{\text{нз}}^{\Phi} (\text{б/с})$  – экспериментальное значение времени нарастания установившегося замедления АТС без систем.

Примеры корректирующих коэффициентов установившегося замедления  $K_{j_{\text{кор}}}$  и времени его нарастания  $K_{t_{\text{кор}}}$  для АТС категории М<sub>1</sub>, оснащенных системами ABS, EBD и BAS, представлены в таблицах 7 и 8.

Таблица 7

**Коэффициенты  $K_{j_{\text{кор}}}$ , корректирующие установившееся замедление для АТС категории М<sub>1</sub> с системами ABS, EBD, BAS**

Тип сезонности шины	$K_{j_{\text{кор}}}$			
	загруженность АТС – 100%			
	$\varphi = 0,31$	$\varphi = 0,38$	$\varphi = 0,49$	$\varphi = 0,74$
летняя	–	–	1,72	1,5
всесезонная	1,25	1,46	1,81	1,56
фрикционная	1,48	1,73	1,69	1,23
шипованная	1,48	1,59	1,50	1,21

Таблица 8

**Коэффициенты  $K_{t_{\text{кор}}}$ , корректирующие время нарастания замедление для АТС категории М<sub>1</sub> с системами ABS, EBD, BAS**

Тип сезонности шины	$K_{t_{\text{кор}}}$			
	загруженность АТС – 100%			
	$\varphi = 0,31$	$\varphi = 0,38$	$\varphi = 0,49$	$\varphi = 0,74$
летняя	–	–	1,17	1,16
всесезонная	1,13	1,3	1,03	1,03
фрикционная	1,11	1,35	1,15	1,09
шипованная	1,10	1,14	1,16	1,09

Коэффициенты, корректирующих установившееся замедление  $K_{j_{\text{кор}}}$  и время его нарастания  $K_{t_{\text{кор}}}$  для АТС категории М<sub>1</sub> с учетом условий движения, таких

как фактическая загруженность АТС, наличие прицепа, состояние поверхности дорожного покрытия и сезонности шин предлагается при необходимости вводить в основные расчетные зависимости, определяющие параметры движения АТС при ДТП и используемые при расчетах. В результате чего традиционные расчетные зависимости принимают вид:

– скорость ТС перед торможением, км/ч:

$$V_a = 1,8 \cdot j_{y3} \cdot K_{j_{\text{кор}}} \cdot t_3 \cdot K_{t_{\text{кор}}} + \sqrt{26 \cdot S_{\text{ю}} \cdot j_{y3} \cdot K_{j_{\text{кор}}}}; \quad (5)$$

– остановочный путь ТС при отсутствии следов торможения, м:

$$S_o = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3 \cdot K_{t_{\text{кор}}}) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26 \cdot j_{y3} \cdot K_{j_{\text{кор}}}}; \quad (6)$$

– остановочный путь ТС при наличии следов торможения, м:

$$S_o = (t_1 + t_2 + t_3 \cdot K_{t_{\text{кор}}}) \frac{V_a}{3,6} + S_{\text{ю}}; \quad (7)$$

– расстояние удаления ТС от места ДТП в момент принятия совершенного экстренного торможения, м:

$$S_y = (t_1 + t_2 + t_3 \cdot K_{t_{\text{кор}}}) \frac{V_a}{3,6} + S'_t - B_{\text{тс}} - L_{\text{п.с.}}; \quad (8)$$

– остановочное время ТС путем экстренного торможения, с:

$$T_o = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3 \cdot K_{t_{\text{кор}}}) \frac{V_a}{3,6 \cdot j_{y3} \cdot K_{j_{\text{кор}}}}, \quad (9)$$

где  $V_a$  – скорость движения ТС (при отсутствии следов тормозного юза  $V_a$  устанавливается со слов водителя), км/ч; 1,8; 26 – постоянные коэффициенты (переводные); 3,6; 26 – переводные коэффициенты из км/ч в м/с;  $j_{y3}$  – установившееся замедление ТС, м/с<sup>2</sup>;  $K_{j_{\text{кор}}}$  – коэффициент, корректирующий величину установившегося замедления ТС категории  $M_1$ ;  $t_3$  – время нарастания замедления ТС;  $K_{t_{\text{кор}}}$  – коэффициент, корректирующий величину времени нарастания установившегося замедления ТС категории  $M_1$ ;  $S_{\text{ю}}$  – длина следов тормозного юза, м, (из схемы ДТП);  $t_1$  – время реакции водителя, с;  $t_2$  – время запаздывания срабатывания рабочей тормозной системы, с (для легковых ТС  $t_2 = 0,1$ );  $S'_t$  – расстояние, пройденное ТС от начала образования следов торможения до места наезда на пешехода, зафиксированного на схеме происшествия, м;  $B_{\text{тс}}$  – база ТС, м;  $L_{\text{п.с.}}$  – длина переднего свеса ТС, м.

Для практического выполнения расчетов, с применением корректирующих коэффициентов установившегося замедления  $K_{j_{\text{кор}}}$  и времени его нарастания  $K_{t_{\text{кор}}}$ , вышеуказанные зависимости реализованы для всего многообразия сочетаний условий движения в программе для ЭВМ № 2018614330 «Программа для расчетно-аналитического анализа реконструкции и экспертизы ДТП», разработанной автором.

4. Полученные в виде уравнений регрессий многофакторные математические модели прогнозирования величин установившегося замедления и времени его нарастания для АТС категории М<sub>1</sub>, оснащенных системами ABS, EBD и BAS, обеспечивают комплексный учет конструктивных (тип и сезонность шин) и эксплуатационных (состояние поверхности дорожного покрытия, загруженность АТС, наличие прицепа) факторов при исследовании процесса экстренного торможения.

Обработка результатов экспериментальных исследований с помощью статистического регрессионного анализа позволила получить математические модели установившегося замедления и времени его нарастания, основанные на комплексном учете конструктивных (наличие или отсутствие систем ABS, EBD и BAS, тип сезонности шин) и эксплуатационных (состояние поверхности дорожного покрытия, загруженность АТС, наличие прицепа) факторов, оказывающих влияние на процесс экстренного торможения автомобиля категории М<sub>1</sub>. Варианты уравнений регрессий, представляющие данные модели, приведены в таблице 9.

Таблица 9

Математические модели расчета  $j_{юз}$  и  $t_{юз}$

Условия применения	Уравнения регрессии, $y=f(x)$	$R^2$
Осенне-зимний период, все типы шин, кроме летних, без прицепа, при $\varphi = 0,3 \dots 0,8$	$y_{юз} = 3,37048 + 0,885714x_1 + 0,406536x_2 + 0,758857x_3 + 0,1985x_1x_3 - 0,140333x_1x_4 - 0,74975(x_2)^2 - 0,95175x_1(x_2)^2$	91,2 %
	$y_{юз} = 0,156262 + 0,0487381x_1 + 0,02625x_2 + 0,0112619x_3 - 0,00288889x_4 + 0,01125x_1x_2 + 0,002x_1x_3 - 0,02275(x_2)^2 + 0,00875x_2x_3 - 0,02975x_1(x_2)^2 - 0,0015x_1x_2x_3$	99,7 %
Весенне-летний период, все типы шин, с прицепом при $\varphi = 0,4 \dots 0,8$	$y_{юз} = 5,60057 + 0,666579x_2 + 0,208489x_3 - 0,320513x_1x_2 + 0,0695625x_1x_4 + 0,0536875x_1x_5 + 0,477422(x_2)^2 - 0,112763x_2x_3 + 0,106088x_2x_5 + 0,0601875x_3x_4 - 0,102232(x_4)^2 - 0,195328x_1(x_2)^2 + 0,0672657x_1x_2x_4 + 0,225684x_1x_2x_5 - 0,268542(x_4)^3$	93,2 %
	$y_{юз} = 0,274783 + 0,0262522x_1 + 0,0169398x_2 + 0,00388616x_3 - 0,0046875x_4 + 0,0024442x_5 - 0,0106125x_1x_2 - 0,0038125x_1x_3 + 0,001375x_1x_4 + 0,0144844(x_2)^2 - 0,0031125x_2x_3 - 0,001875x_3x_4 - 0,00660937x_1(x_2)^2 - 0,00615937x_1x_2x_3 - 0,007125x_1x_2x_4 + 0,00139688x_1x_2x_5 + 0,00125x_1x_3x_4 - 0,00514687x_2x_3x_4$	97,7%

где  $y$  – установившееся замедление АТС, м/с<sup>2</sup>, или время нарастания замедления АТС, с;  $x_1$  – коэффициент сцепления,  $x_2$  – тип сезонности шин,  $x_3$  – наличие систем ABS, EBD, BAS,  $x_4$  – загруженность АТС, %,  $x_5$  – наличие прицепа О<sub>1</sub>.

По результатам обработки экспериментальных данных математические модели с достоверностью аппроксимации  $R^2$ , находящиеся в пределах от 91 до 99,7 % и среднеквадратическим отклонением  $\sigma$  в пределах от 0,0031 до 0,2450, указывают на сходимость и достоверность результатов экспериментальных исследований. Также необходимо отметить, что высокий коэффициент детерминации математических моделей отражает правильность выбранных факторов и их влияние на измеряемые параметры.

Для практического применения полученные модели реализованы в программе для ЭВМ № 2019616581 «Программа для прогнозирования параметров процесса торможения транспортного средства категории М1 при реконструкции и экспертизе ДТП».

**5. Разработанная методика реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС категории М<sub>1</sub>, оснащенных системами ABS, EBD и BAS, позволяет исследовать ДТП с более высокой точностью и сделать на основании полученных значений исследуемых факторов объективные выводы экспертного заключения.**

По результатам теоретического и экспериментального исследования автором разработана методика реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС категории М<sub>1</sub>, оснащенных системами ABS, EBD и BAS, представленная в виде структурной схемы на рисунке 5.

Таким образом, для точности расчетов при реконструкции ДТП и объективной оценки технической возможности водителем его предотвратить необходимо применять величины установившегося замедления  $j_{уз}$  и времени его нарастания  $t_{из}$  на основании разработанной методики, а в частности:

– базу данных экспериментальных исследований модели  $j_{уз}$  и  $t_{из}$  для АТС, оснащенных системами ABS, EBD, BAS, реализованных в виде графиков поверхности отклика, в случае, когда реальное ДТП идентично с экспериментальным исследованием;

– коэффициенты, корректирующие значений установившегося замедления  $K_{jкор}$  и времени его нарастания  $K_{tкор}$ , для случаев, когда проведение замера фактических значений не представляется возможным и для использования имеются значения параметров торможения АТС, рекомендованные РФЦСЭ;

– двухфакторные уравнения регрессии установившегося замедления и времени его нарастания для частных совокупностей дорожно-эксплуатационных факторов, таких как: тип сезонности шин, АТС с частичной загруженностью и с прицепом категории О<sub>1</sub> снаряженным и частично груженым, в случае, когда не очевиден поиска значений по графикам отклика;

– многофакторные математические модели, прогнозирующие фактические значения установившегося замедления и времени его нарастания в случае учета всего комплекса совокупности значимых факторов.

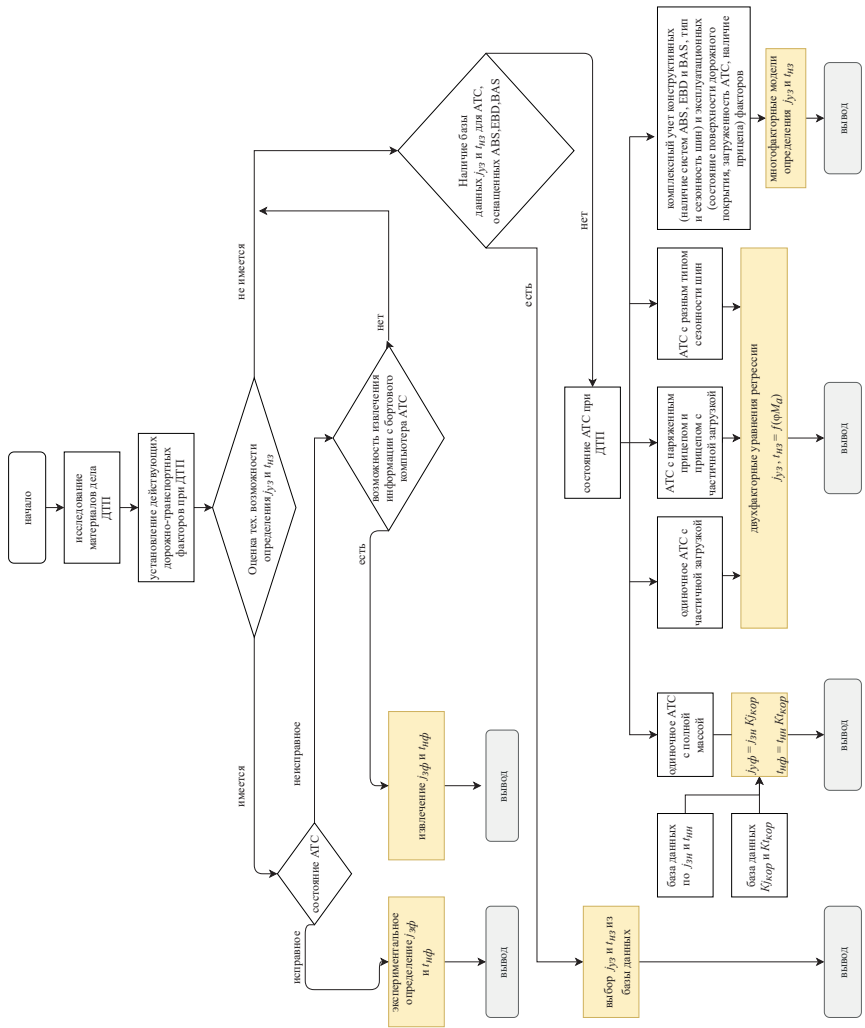


Рисунок 5 – Структурная схема реализации методики расчета  $j_{j3}$  и  $I_{н3}$  для АТС, оснащенных системами ABS, EBD, BAS

Для практического применения методика реализована в программе для ЭВМ № 2020611727 «Программа для реконструкции ДТП по параметрам процесса торможения ТС категории М<sub>1</sub>, оснащенных системами ABS, EBD, BAS», учитывающей полную совокупность значимых факторов.

### III. ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании результатов выполненных теоретических и экспериментальных исследований решена важная научно-техническая задача установления закономерностей влияния систем ABS, EBD и BAS на параметры торможения автомобилей категории М<sub>1</sub>, что обеспечивает научно обоснованное использование полученных расчетных зависимостей для реконструкции и экспертизы ДТП.

Таким образом, по итогам работы над исследованием получены следующие выводы и результаты:

1. Обоснованы значимые факторы варьирования условиями движения АТС для сравнительной оценки эффективности торможения автомобилей категории М<sub>1</sub>, оснащенных системами ABS, EBD, BAS и без них: коэффициент сцепления колеса с дорогой; тип сезонности шин; загруженность АТС; наличие прицепа категории О<sub>1</sub>.

2. Экспериментально подтверждено, что для АТС категории М<sub>1</sub> закономерное влияние на формирование величин установившегося замедления  $j_{уз}$  и времени его нарастания  $t_{нз}$  таких факторов, как наличие систем ABS, EBD, BAS, состояние поверхности дорожного покрытия, тип сезонности шин, фактическая загруженность АТС и наличие прицепа. В среднем по всем исследованным совокупностям воздействующих факторов различие экспериментальных значений для АТС без систем ABS, BAS и EBD и с таковыми составляет 10–15 % в пользу последних.

3. Определены коэффициенты, корректирующие рекомендуемые нормативно-справочные значения установившегося замедления ( $K_{жкор}$ ) и времени его нарастания ( $K_{ткор}$ ) при торможении АТС категории М<sub>1</sub>, оснащенных системами ABS, EBD и BAS, позволяющие более достоверно производить расчеты при реконструкции и экспертизе ДТП с их участием.

4. Уточнены расчетные зависимости для основных параметров экстренного торможения (скорость ТС перед торможением, остановочный путь ТС при отсутствии следов торможения, остановочный путь ТС при наличии следов торможения, расстояние удаления ТС от места ДТП в момент начала экстренного торможения, остановочное время ТС при экстренном торможении) для АТС категории М<sub>1</sub>, оснащенных системами ABS, EBD и BAS, путем введения в них корректирующих коэффициентов установившегося замедления и времени его нарастания, что повышает достоверность расчетов при реконструкции ДТП.

5. Разработаны и предложены к использованию математические модели расчета установившегося замедления и времени его нарастания в виде уравнений регрессий для различных совокупностей факторов влияния на их значения.

6. Разработана методика реконструкции ДТП по параметрам торможения автомобилей категории  $M_1$ , оснащенных системами ABS, EBD и BAS, базирующаяся на использовании полученных коэффициентов, корректирующих величины установившегося замедления и времени его нарастания, двухфакторных уравнений регрессий для частных совокупностей дорожно-эксплуатационных факторов, и многофакторных математических моделей для полной совокупности значимых факторов.

## IV. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

### В изданиях их перечня рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ

1. Афанасьев, А.С. Влияние внешних воздействующих факторов на установившееся замедление автомобиля при проведении дорожно-транспортной экспертизы / А.С. Афанасьев, **Н.В. Чудакова** // Известия международной академии аграрного образования. – 2017. – № 32. – С. 23–27.

2. Афанасьев, А. С. Исследование параметров процесса торможения ТС категории  $M_1$  при реконструкции ДТП / А.С. Афанасьев, С.А. Евтюков, **Н.В. Чудакова** // Вестник гражданских инженеров – 2019. – № 4 (75). – С.113–116.

3. Афанасьев, А.С., Уточнение параметров процесса торможения ТС категории  $M_1$  в условиях эксплуатации Северо-Западного региона / А.С. Афанасьев, **Н.В. Чудакова** // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – № 4(67). – С. 88–96.

4. Афанасьев, А.С., Исследование параметров процесса экстренного торможения АТС категории  $M_1$ , оснащенных системами ABS, EBD, BAS / А.С. Афанасьев, С.А. Евтюков, **Н.В. Чудакова** // Мир транспорта и технологических машин. – 2020. – № 3(70). – С. 46–51.

### В изданиях, индексируемых в Scopus

5. A S Afanasyev, N V Chudakova Experimental study and evaluation of parameters of M 1 vehicle braking process // Journal of Physics: Conference Series.– 2019. — P. 1– 6. DOI: 10.1088/1742-6596/1333/3/032010

6. A S Afanasyev, N V Chudakova Study of braking performance of  $M_1$  category vehicle within autotechnical expertise // Journal of Physics: Conference Series 1118 012001.– 2018. – P. 1– 6. DOI: 10.1088/1742-6596/1118/1/012001

7. A S Afanasyev, S A Evtjukov, N V Chudakova The methods of accident reconstruction according to the parameters of the braking process of vehicles of category  $M_1$  under operating

conditions of the North-West region // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – P. 1–6. DOI: 10.1088/1742-6596/1399/5/055019

8. A S Afanasyev, S A Evtyukov, **N V Chudakova** Experimental study of the factors affecting the parameters of emergency braking for vehicles of category  $M_1$  // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 953 (2020) 012092/ – 2020. – P. 2–6. DOI:10.1088/1757-899X/953/1/012092

### **Остальные положения диссертационной работы опубликованы в следующих работах**

9. Афанасьев, А.С. Анализ существующих методик реконструкции дорожно-транспортного происшествия / А.С. Афанасьев, **Н.В. Чудакова** // Научная дискуссия: вопросы технических наук: сб. ст. по материалам LVII Международной научно-практической конференции «Научная дискуссия: вопросы технических наук». – 2017. – № 4(44). – С. 44 – 48.

10. Афанасьев, А.С. Исследование параметров торможения ТС категории  $M_1$ , влияющих на выводы реконструкции ДТП / А.С. Афанасьев, **Н.В. Чудакова** // III Международная научно-практическая конференция «Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте». – 2019. – С. 279–283.

11. Афанасьев, А.С. Математическое моделирование определения параметров процесса торможения транспортного средства категории  $M_1$  при производстве экспертизы ДТП / А.С. Афанасьев, **Н.В. Чудакова** // Сборник тезисов международной научно-практической конференции «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2018». – 2018. – С. 208.

12. Афанасьев, А.С. Определение установившегося замедления транспортного средства категории  $M_1$  при производстве дорожно-транспортных экспертиз / А.С. Афанасьев, **Н.В. Чудакова** // «Современные образовательные технологии в подготовке специалистов для минерально-сырьевого комплекса». Сборник научных трудов II Всероссийской научной конференции. – 2018. – С. 997–1003.

13. Афанасьев, А.С. Теоретическое исследование факторов, влияющих на реконструкцию ДТП / А.С. Афанасьев, **Н.В. Чудакова** // Сборник статей XII международной научно-практической конференции. «Российская наука в современном мире». – 2017. – С. 60–63.

14. Афанасьев А.С. Реконструкция ДТП по параметрам процесса экстренного торможения АТС категории  $M_1$  с учетом системы BAS / А.С. Афанасьев, **Н.В. Чудакова** // «Современные образовательные технологии в подготовке специалистов для минерально-сырьевого комплекса». Сборник докладов III Всероссийской научной конференции. – 2020. – С. 1165–1172.

15. Афанасьев А.С. Результаты экспериментального исследования параметров процесса экстренного торможения АТС категории  $M_1$  / А.С. Афанасьев, **Н.В. Чудакова** // Сборник тезисов XVIII Всероссийской конференции – конкурс студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования». – 2020. – С. 299–300.

## Полезные модели и свидетельства о государственной регистрации ЭВМ:

1. Патент на полезную модель № 176875 Российская Федерация. Устройство крепления для датчика [Текст] / **Н.В. Чудакова**, А.С. Афанасьев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». – № 2017117095; заявл. 16.05.2017; опубл. 31.01.2018.

2. Патент на полезную модель № 177241 Российская Федерация. Устройство крепления для прибора [Текст] / **Н.В. Чудакова**, А.С. Афанасьев, А.В. Виленская; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». – № 20171139310; заявл. 13.11.2017; опубл. 14.02.2018.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018614330 «Программа для расчетно-аналитического анализа реконструкции и экспертизы ДТП» [Текст] / **Н.В. Чудакова**, А.С. Афанасьев, И.В. Тарасов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». – № 2018611155; заявл. 08.02.2018; опубл. 04.04.2018.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019616581 «Программа для прогнозирования параметров процесса торможения транспортного средства категории М<sub>1</sub> при реконструкции и экспертизе ДТП» [Текст] / **Н.В. Чудакова**, А.С. Афанасьев, И.В. Тарасов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». – № 2019615581; заявл. 14.05.2019; опубл. 24.05.2019.

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020611727 «Программа для реконструкции ДТП по параметрам процесса торможения ТС категории М<sub>1</sub>, оснащенных системами ABS, EBD, BAS» [Текст] / А.С. Афанасьев, **Н.В. Чудакова**; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». – № 2020610193; заявл. 10.01.2020; опубл. 06.02.2020.

Компьютерная верстка *М. В. Смирновой*

Подписано к печати 09.03.2021. Формат 60×84 1/16. Бум. офсетная.

Усл. печ. л. 1,5. Тираж 120 экз. Заказ 6.

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.