

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Санкт-Петербургский горный университет»

На правах рукописи

Чудакова Наталья Вячеславовна

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

05.22.10 – «Эксплуатация автомобильного транспорта»

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
кандидат военных наук, профессор
Афанасьев Александр Сергеевич

Санкт-Петербург – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ	11
1.1 Анализ показателей аварийности на территории Российской Федерации и Северо-Западного региона	11
1.2 Анализ методик, используемых при экспертизе и реконструкции ДТП..	21
1.2.1 Методики реконструкции ДТП, применяемые в российской практике.....	22
1.2.2 Методики реконструкции ДТП, применяемые в зарубежной экспертной практике	29
Выводы по первой главе.....	33
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ДТП ПО ПАРАМЕТРАМ ТОРМОЖЕНИЯ АТС КАТЕГОРИИ М ₁	34
2.1 Конструктивные особенности тормозного управления современных легковых автомобилей и их влияние на параметры торможения АТС.....	34
2.2 Обоснование факторов варьирования условиями движения АТС для сравнительной оценки эффективности торможения автомобилей категории М ₁ , оснащенных системами ABS, EBD, BAS.....	50
2.3 Обоснование разработки методики реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС категории М ₁ , оснащенных системами ABS, EBD и BAS	56
Выводы по второй главе.....	64
ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО – РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОРМОЖЕНИЯ АТС КАТЕГОРИИ М ₁	66
3.1 Условия, ограничения и допущения проведения экспериментального исследования	66
3.2 Методика проведения экспериментальных исследований.....	71
3.3 Обработка экспериментальных исследований	75

3.4 Результаты экспериментальных исследований установившегося замедления и времени его нарастания АТС категории М ₁ , оснащенных системами ABS, EBD и BAS	83
Выводы по третьей главе.....	96
ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДТП ПО ПАРАМЕТРАМ ТОРМОЖЕНИЯ АТС КАТЕГОРИИ М ₁ , ОСНАЩЕННЫХ СИСТЕМАМИ ABS, EBD И BAS.....	97
4.1 Методика реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС категории М ₁ , оснащенных системами ABS, EBD и BAS	97
4.2 Практическое применение методики реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС категории М ₁ , оснащенных системами ABS, EBD и BAS.....	100
Выводы по четвертой главе.....	104
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	105
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	107
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	124
Приложение А	124
Приложение Б	127
Приложение В	130
Приложение Г	135
Приложение Д	136
Приложение Е	137
Приложение Ж	141

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В соответствии с официальной статистикой большинство дорожно-транспортных происшествий (ДТП) связаны с экстренным торможением транспортных средств (ТС) [28,109]. 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 [99]. 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 [114,118].

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 М₁, оснащенных современными тормозными системами, является востребованной научной задачей.

Рабочая гипотеза. Оценка технической возможности участников дорожного движения предотвратить ДТП с участием АТС категории М₁ 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 М₁, 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 М₁ 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» - (АРИТЕСН-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.) (Приложение А).

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» (Приложение Б).

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 натурального 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.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Анализ аварийности на территории Российской Федерации и Северо-Западного региона

Дорожно-транспортные происшествия – это, к сожалению, неотъемлемая часть эксплуатации автомобильного транспорта и весомая по значимости причина смертности людей в мирное время. По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) ежегодно в мире погибают более 1,35 млн. человек и 50 млн. получают ранения [26]. Задача Правительства РФ, органов ГИБДД, РФЦСЭ при МЮ РФ и всех причастных к безопасности дорожного движения (БДД) предотвратить подобные ситуации на дорогах и спасти миллионы жизней, поэтому на сегодняшний день это одна из актуальных сфер изучения современной науки.

Конституция Российской Федерации (РФ) в гл. 2, ст. 20, п.1 гласит, что каждый человек имеет право на жизнь [58]. В связи с этим был издан Федеральный закон от 10.12.1995 N 196-ФЗ (ред. от 27.12.2018) "О безопасности дорожного движения" (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.12.2018), т.к. безопасность на дорогах является одной из значимых социально-экономических и демографических задач страны. Аварийность среди автомобильного транспорта наносит огромный материальный и нравственный ущерб как обществу в целом, так и отдельным гражданам. Дорожно-транспортный травматизм приводит к исключению людей трудоспособного возраста в сфере производства [121].

Ежегодно в РФ происходит около 170 тыс. ДТП (рисунок 1.1), в результате чего погибают и получают ранения свыше 220 тыс. человек (рисунок 1.2) [109].

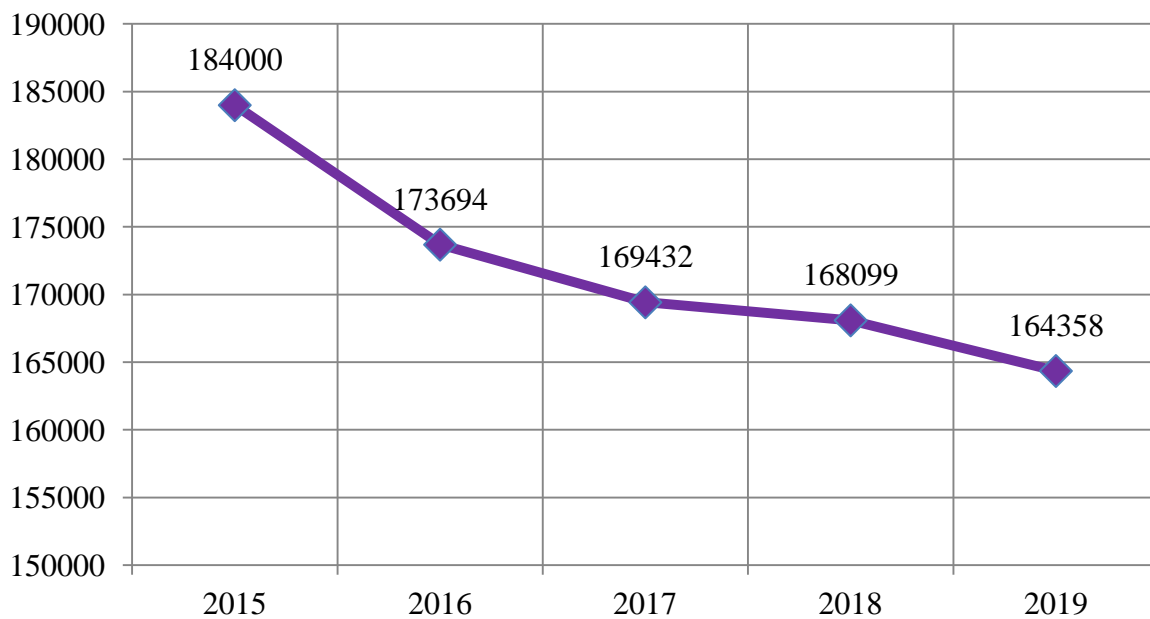


Рисунок 1.1 – Количество ДТП в РФ за 2015-2019 год

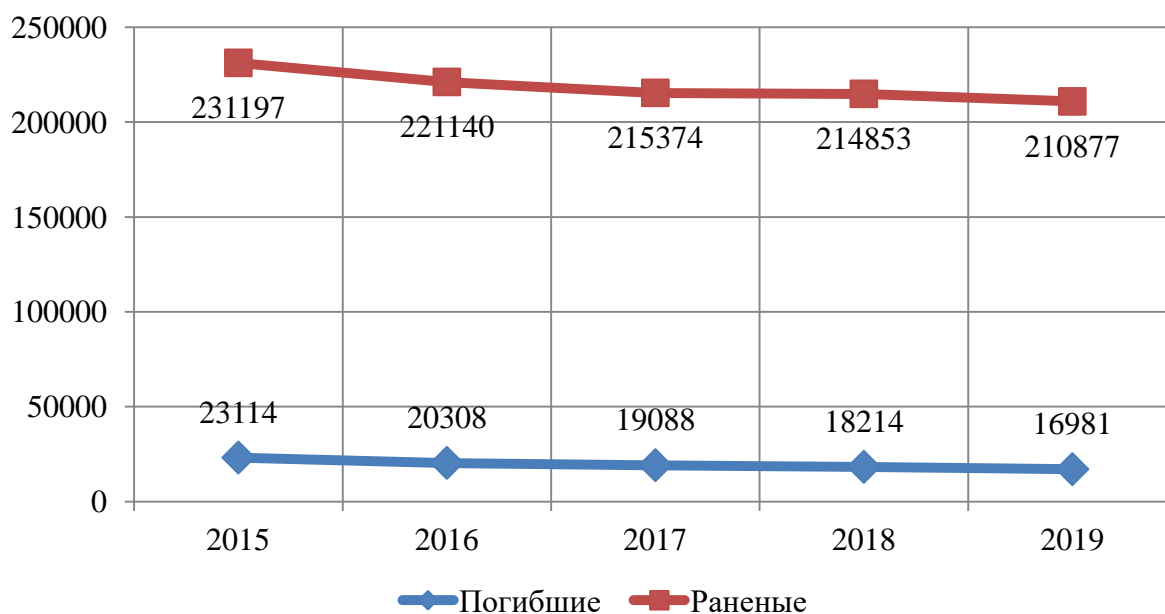


Рисунок 1.2 – Количество раненых и погибших в ДТП за 2015-2019 год

Показатели ДТП в основном связаны с ростом автомобилизации в крупных городах, т.к. это не только увеличение экономической активности, но и ряд негативных издержек, таких как, загрязнение окружающей среды, отсутствие развитых сетей автомобильных дорог, что приводит к заторам на дорогах, а также увеличению числа жертв и аварий [26].

Согласно информации, представленной на официальном сайте ГИБДД РФ [109] по состоянию на 2019 год количество зарегистрированных транспортных средств в РФ составляет около 48 млн. и более 2,2 млн. шт. прицепов и полуприцепов. Причем 40 % сосредоточены в Москве и Московской области, Краснодарском крае, г. Санкт-Петербурге, Ростовской, Свердловской, Челябинской, Самарской областях, Татарстане и Башкортостане [96,109]. Анализ количества зарегистрированных автомобилей, представлен на рисунке 1.3.

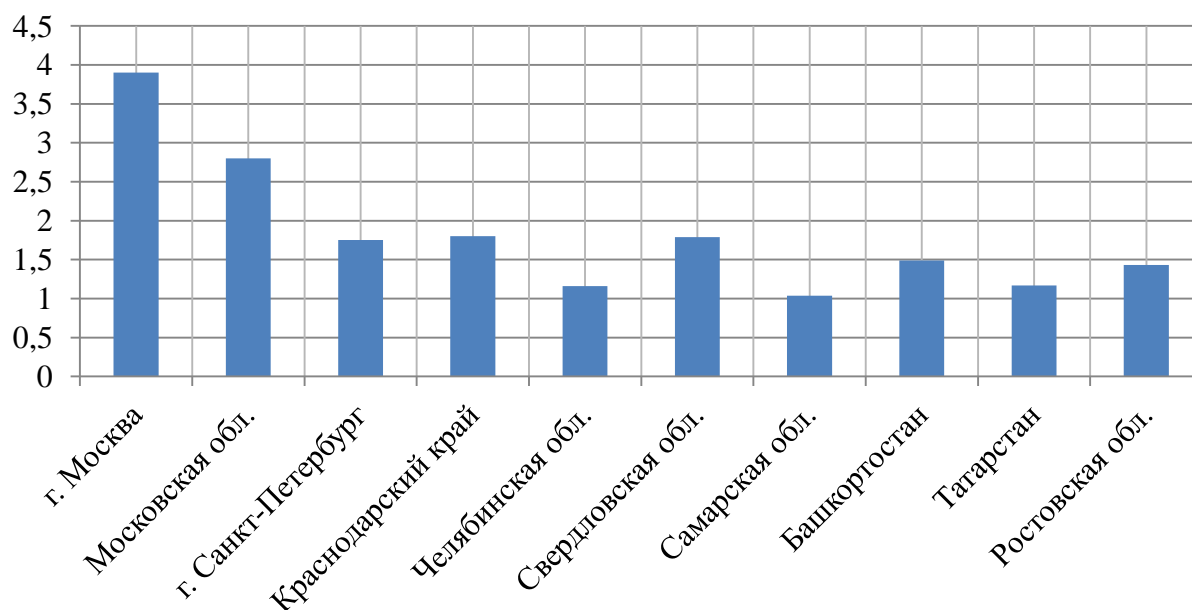


Рисунок 1.3 – Количество зарегистрированных легковых автомобилей по регионам РФ за 2019 год (млн. шт.)

Рассматривая аварийность по субъектам РФ следует отметить, что неблагоприятная ситуация имеет место и в Северо-Западном Федеральном округе (СЗФО), в который входят Республика Карелия, Республика Коми, Архангельская область, Вологодская область, Калининградская область, Ленинградская область, Мурманская и Новгородская области, Ненецкий автономный округ и центр округа – г. Санкт-Петербург (рисунок 1.4).

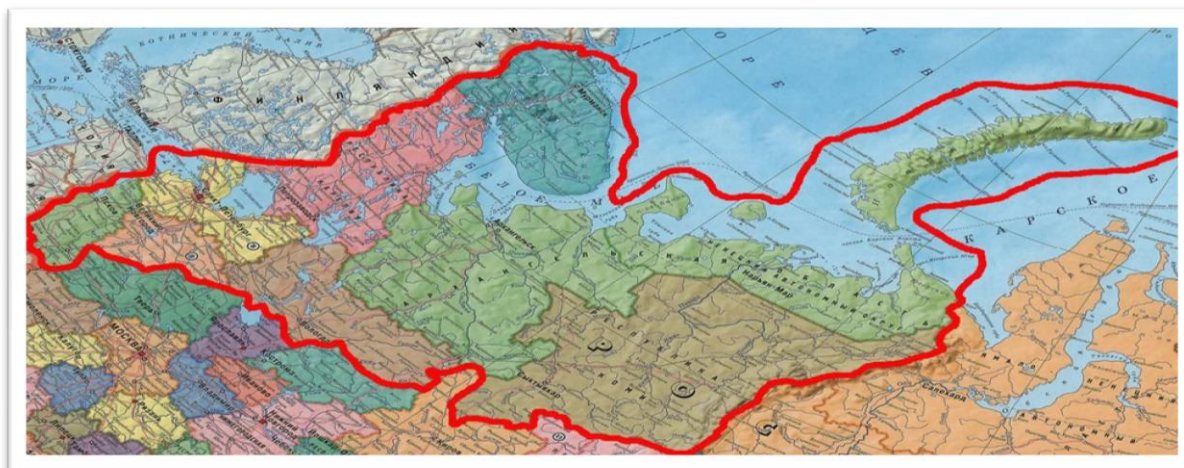


Рисунок 1.4 – Карта Северо-Западного федерального округа

По данным [109] СЗФО входит в четверку наиболее аварийных субъектов РФ, рисунок 1.5. Это связано с тем, что основной объем пассажирских перевозок и грузов обеспечивается автомобильным транспортом и в основном концентрация всех ДТП приходится на крупные регионы и города.

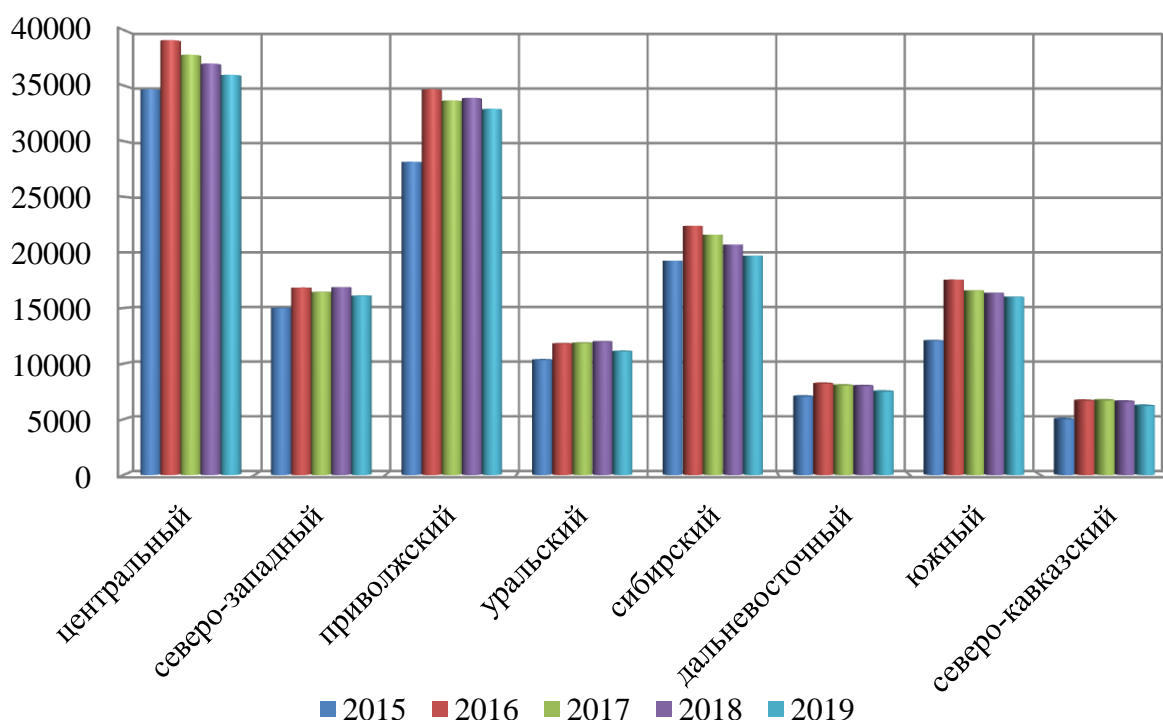


Рисунок 1.5 – Динамика ДТП по субъектам РФ за 2015-2019 гг.

Самым аварийными регионами в СЗФО является г. Санкт-Петербург и Ленинградская область, т.к. за 2019 в них год произошло более 9,5 тыс. ДТП

(рисунок 1.6), из них 6820 тыс. с участием АТС категории М₁ (рисунок 1.7) [85,109].

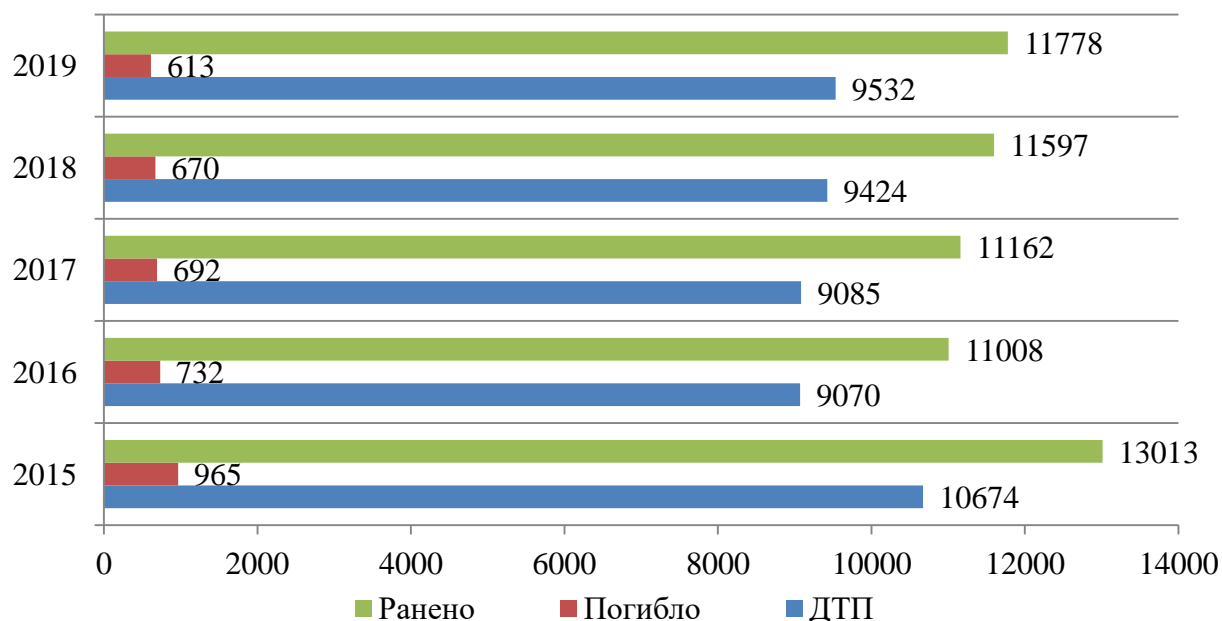


Рисунок 1.6 – Динамика количества ДТП в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области за 2015-2019 гг. с участием ТС категории М₁



Рисунок 1.7 – Количество ДТП в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области по типу транспортных средств за 2019 г.

Анализ аварийности статистики ГИБДД позволил определить и наиболее явные причины возникновения ДТП, где наглядно представлено, что основной

причиной возникновения ДТС является человеческий фактор – нарушение водителем ПДД и превышение скоростного режима (рисунок 1.8).

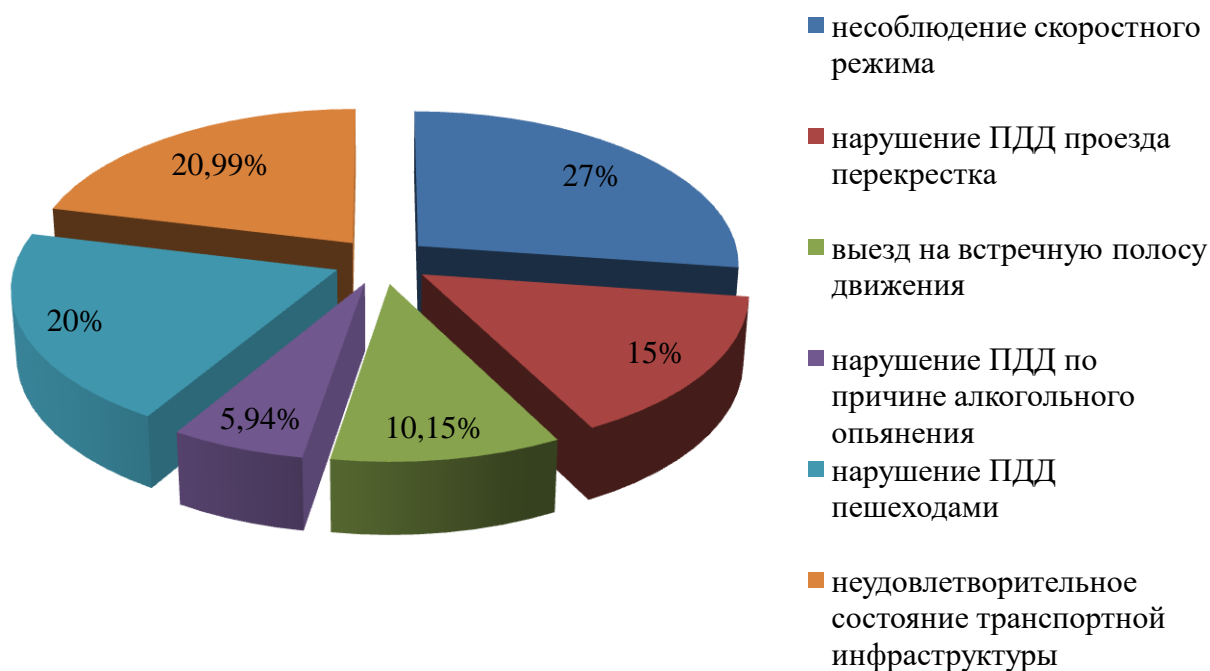


Рисунок 1.8 – Основные причины возникновения ДТП на территории РФ

Для повышения безопасности на дорогах введены в действие Федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2013-2020 годах» и Стратегия безопасности дорожного движения на 2018-2024 годы, реализующие мероприятия для снижения количества ДТП [4]. Для исключения человеческого фактора в возникновении ДТП и помощи водителю на дорогах, в рамках данных программ реализуются и мероприятия направленные на внедрение систем активной безопасности автомобилей, в частности совершенствования тормозной системы управления, т.к. в большинстве случаев ДТП на дорогах связано с процессом торможения [84,94].

Мировые автопроизводители совершенствуют и активно внедряют системы, повышающие активную безопасность автомобилей под общим названием «Advanced Driving Assistance» (ADAS), в частности расширяют возможности интеллектуальных систем, которые ориентированы на помощь водителю в управлении автомобилем [46]. Статистика количества ТС,

оснащенных интеллектуальными системами помощи водителю в различных странах, представлена на рисунке 1.9.

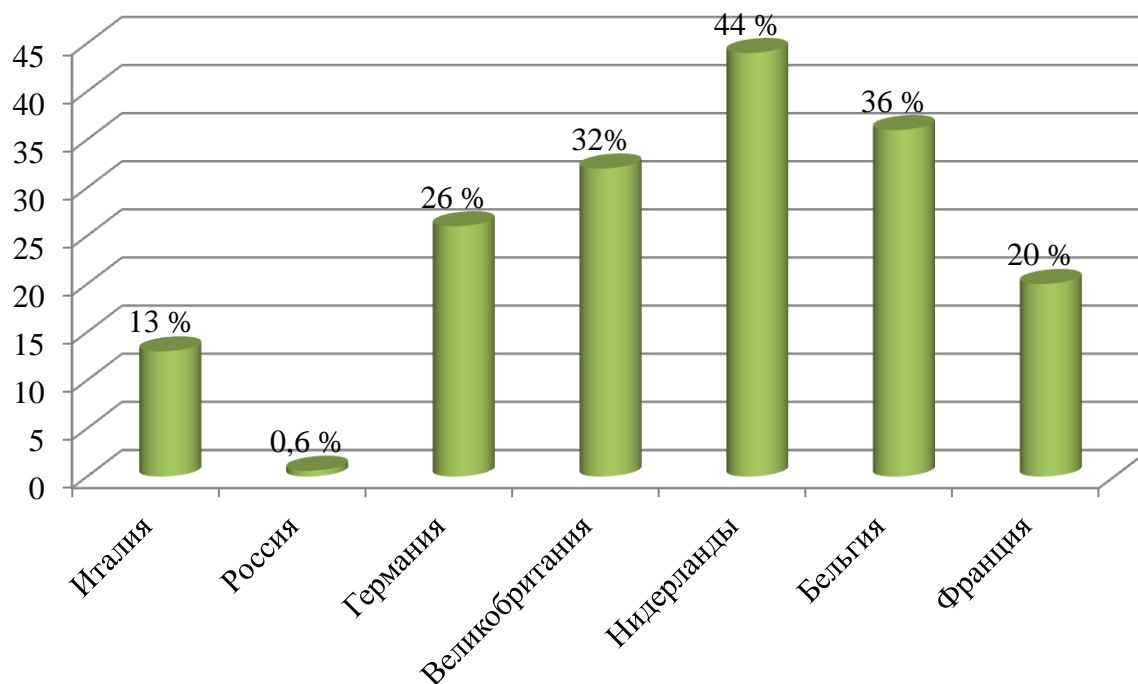


Рисунок 1.9 – Доля автомобилей, оснащенных интеллектуальными системами помощи водителю

Учитывая социальную значимость автотранспортного средства и его потенциальную опасность при эксплуатации, доля автомобилей, оснащенных современными системами активной безопасности непременно возрастет, так как ФГУП НАМИ подготовил пакет № 4 к Техническому Регламенту Таможенного Союза 018/2011 с целью обязательных требований ADAS для автомобилей выводимых на рынок после 2022 года.

Согласно данным компании Bosch, в Германии можно было бы предотвратить до 72% ДТП, связанных с столкновением ТС и в которых пострадали люди, если бы все автомобили были оснащены системами автоматического экстренного торможения (САЭТ). Исследования, проводимые в рамках Европейской программы оценки новых автомобилей (Euro NCAP), показали, что внедрение САЭТ позволит сократить число ДТП на 38%. Также, по мнению Euro NCAP, внедрение данных систем скажется и на экономическом

эффекте, а именно позволит сократить количество аварий на дорогах, а как следствие сократит общий размер страховых выплат [46].

Рассматривая производство легковых автомобилей (марочную структуру автомобильного парка) в РФ в период с 1990 года с прогнозом до 2025 года, то можно утверждать, что большинство владельцев отдают предпочтение отечественному автопрому, но все же автомобилям иностранного производства принадлежит большая доля парка (рисунок 1.10). Это связано с тем, что большинство потребителей уделяют внимание конструктивной безопасности транспортного средства.

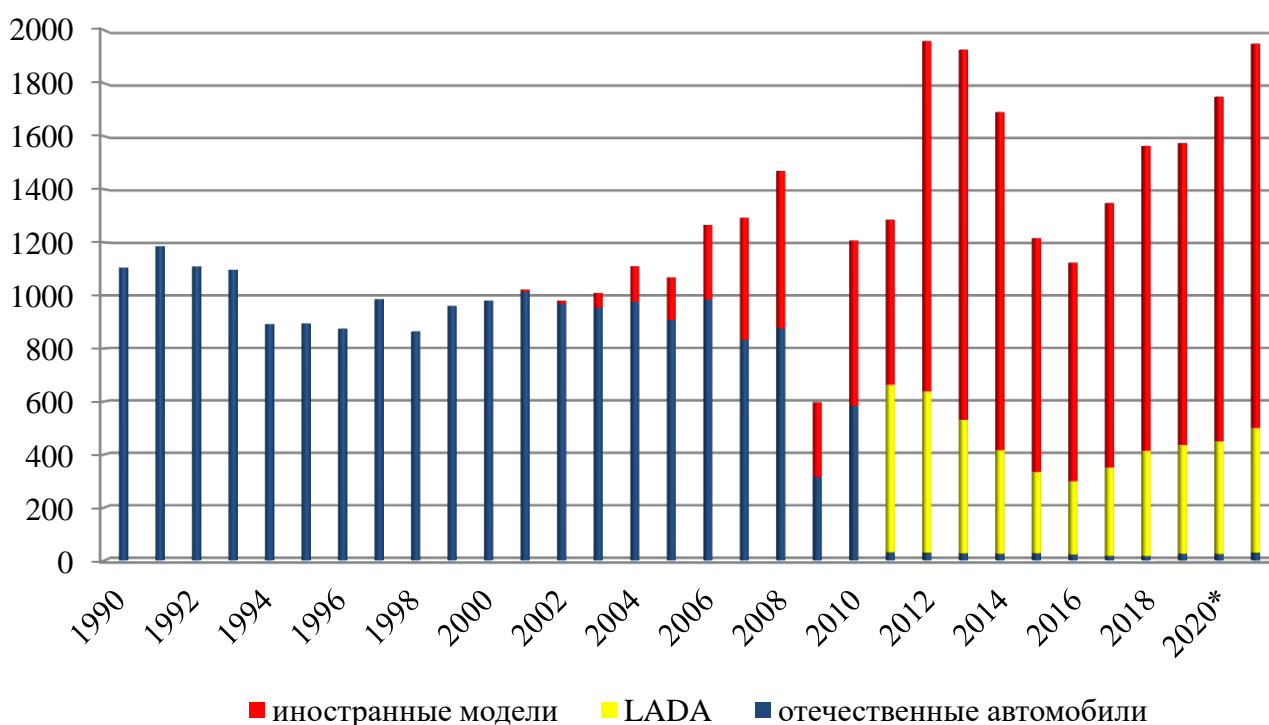


Рисунок 1.10 – Производство легковых автомобилей в РФ, тыс. штук

Необходимо отметить, что на сегодняшний день российский парк довольно стар, так как более половины автомобилей находится в возрасте свыше 10 лет.

На рисунке 1.11 представлена информация об основных показателях возрастной структуры парка легковых автомобилей в РФ [98].

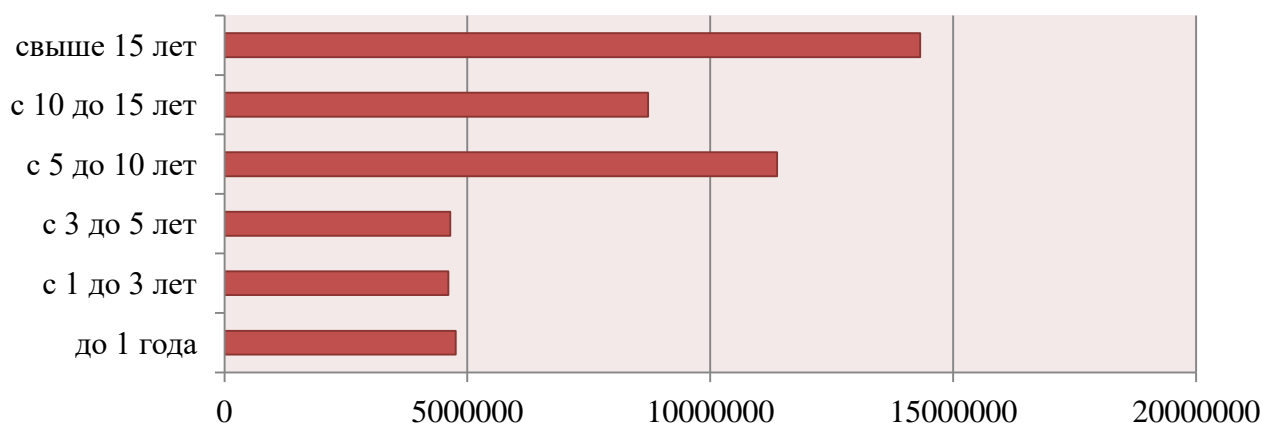


Рисунок 1.11 – Возрастная структура парка легковых автомобилей РФ по состоянию на 2019 год

Но, тем не менее, 40 % автомобилей не старше 5 лет, что подтверждает у них наличие систем, повышающую активную безопасность автомобиля, в том числе и усовершенствованную систему тормозного управления. Наиболее популярные системы, по результатам анализа компании Bosch [46], в качестве стандартного или дополнительного оборудования являются ассистент парковки, слежение за разметкой и автоматическое экстренное торможение (рисунок 1.12).

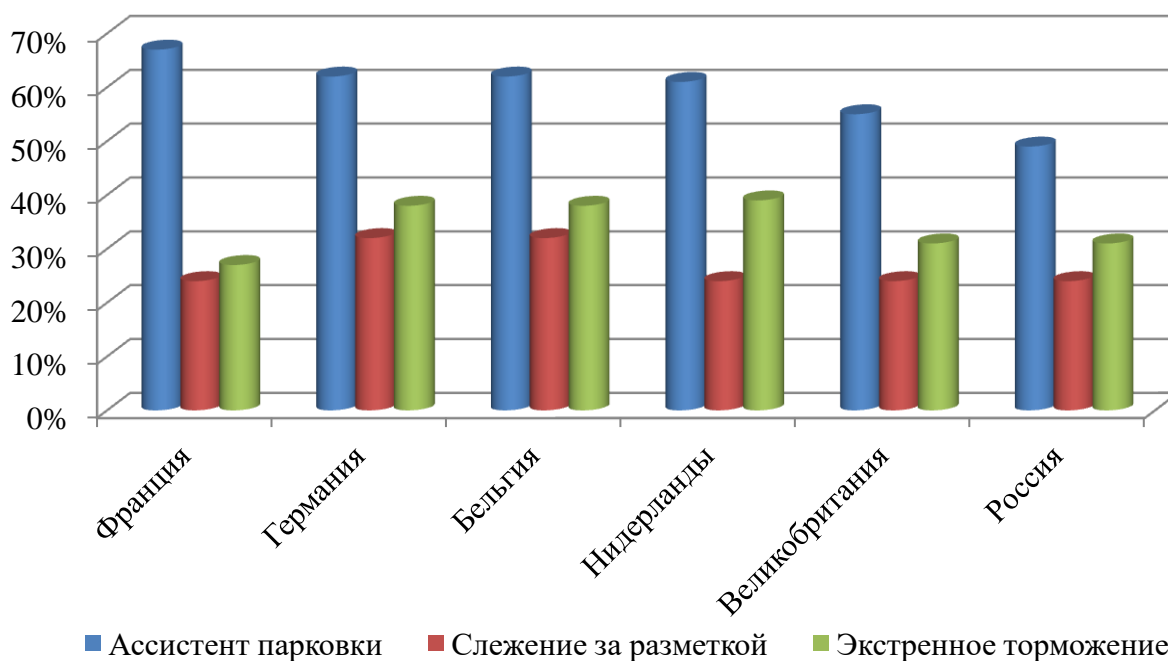


Рисунок 1.12 – Популярные системы помощи водителям по состоянию с 2017 г.

Наиболее популярными марками оснащенными системами активной безопасности в рамках тормозного управления, используемые в нашей стране являются автомобили из числа премиум класса – Lexus, BMW и Mercedes Benz (рисунок 1.13), а из эконом класса – LADA, KIA, Hyundai и т.д. (рисунок 1.14).

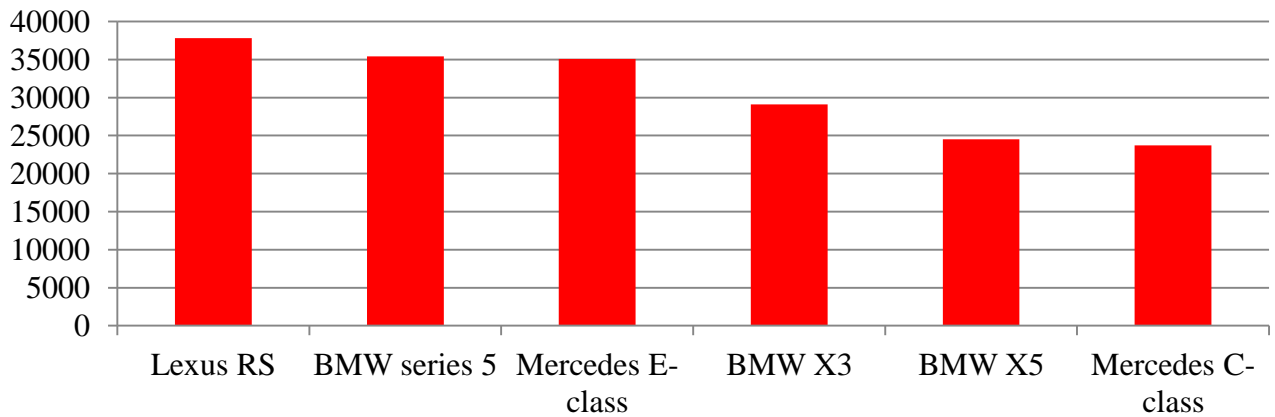


Рисунок 1.13 – Популярные марки автомобилей премиум-класса за 2019 г.
(количество проданных автомобилей, шт.)

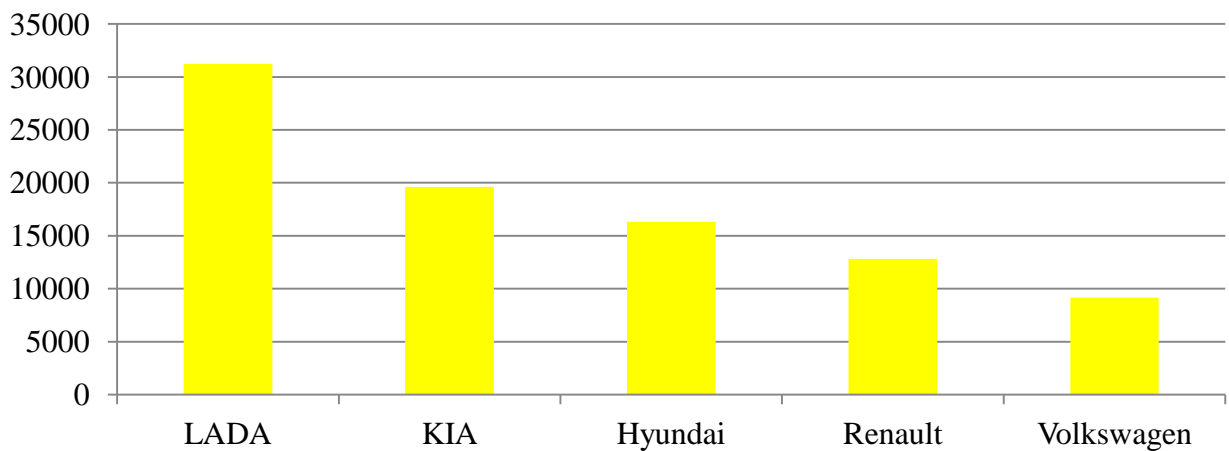


Рисунок 1.14 – Популярные марки автомобилей эконом-класса за 2019 г.
(количество проданных автомобилей, шт.)

Необходимо заметить, что ДТП связаны и с АТС не старше 5 лет даже имеющими усовершенствованные системы тормозного управления. Согласно данным сервиса Авто.ру [108], на рисунке 1.15 представлены марки автомобилей наиболее часто попадающие в ДТП.

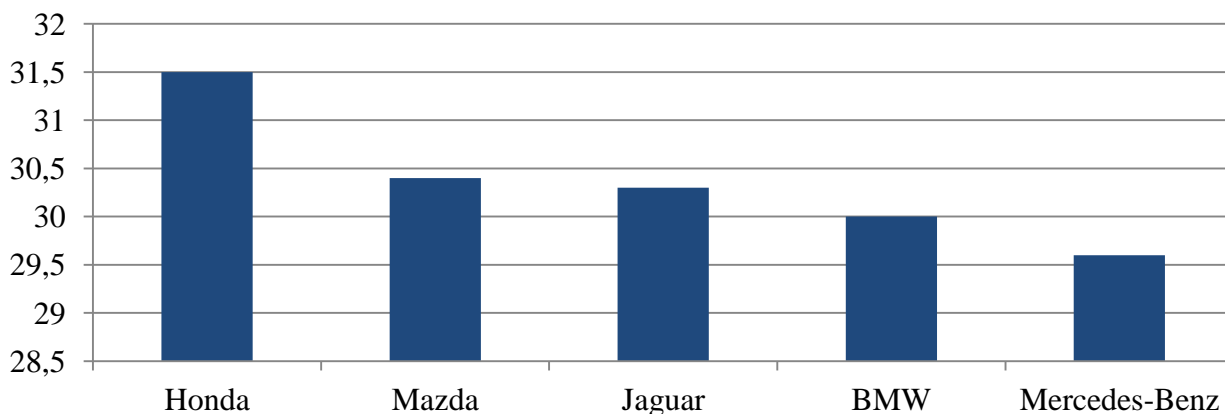


Рисунок 1.15 – Доля автомобилей разных марок, наиболее часто попадающие в ДТП (%)

Таким образом, из анализа количества ДТП и их основных причин, можно сделать вывод, что мероприятия направленные на совершенствование систем активной безопасности автомобиля и их динамическое внедрение, безусловно, положительно повлияют на снижение количества ДТС. Но, это не только позволяет оценивать влияние современных АТС на уровень безопасности дорожного движения на дорогах, но и в связи с их ростом создает основу для детального изучения «поведения» АТС, в частности параметров торможения с учетом конструктивных особенностей тормозного управления в рамках автотехнической экспертизы, что подтверждает актуальность диссертационного исследования.

1.2 Анализ методик, используемых при экспертизе и реконструкции ДТП

Автотехническая экспертиза назначается с целью установления объективных причин и обстоятельств каждого конкретного ДТП для создания технической основы к правовому решению. ДТП является сложным событием, происходящим за короткое время, и при его расследовании требуется помощь специалистов по технике транспорта, строительству и эксплуатации дорог, организации и безопасности дорожного движения, медицине и автотранспортной психологии. Эти специалисты привлекаются на стадии разбирательства в ГИБДД или предварительного следствия в суде, чтобы принимались всесторонние

обоснованные решения по административной, гражданской и уголовной ответственности всех участников ДТП и должностных лиц [16,56,126].

Правовой основой экспертной деятельности являются Конституция РФ, Федеральный закон «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации», Гражданский процессуальный кодекс РФ, Арбитражный процессуальный кодекс РФ, Уголовно-процессуальный кодекс РФ, Кодекс РФ об административных правонарушениях, Таможенный кодекс РФ, Налоговый кодекс РФ, Законодательство РФ о здравоохранении, другие федеральные законы, а также нормативные правовые акты федеральных органов исполнительной власти, регулирующие организацию и производство судебной экспертизы. В этих документах прописаны права и обязанности экспертов, их ответственность, процедуры проведения экспертизы и исследований специалистами [77].

Действующее законодательство Российской Федерации не предусматривает обязательного лицензирования деятельности по экспертизе дорожно-транспортных происшествий (Федеральный закон № 128-ФЗ от 08.08.2001 г. «О лицензировании отдельных видов деятельности», № 20 –ФЗ от 21.03.2005 г.). Технической основой проведения экспертизы ДТП являются государственные стандарты и регламенты по технике транспорта, по автомобильным дорогам и оборудованию их средствами регулирования движением, Правила дорожного движения, научно-техническая документация и нормативные материалы. Эксперты могут использовать учебники, справочники, методические указания для экспертов и монографии известных специалистов и современных исследователей [14,16,19,28,37,40,44,47,55,61,62,63,64,66,71,73,82,91,93,104,110,111,112,113,114,119,122,126,129].

1.2.1 Методики реконструкции ДТП, применяемые в российской экспертной практике

Так как большинство ДТП связано с экстренным торможением ТС, то в соответствии с п. 10.1. ПДД при возникновении опасности для движения, которую водитель в состоянии обнаружить, он должен принять возможные меры

к снижению скорости вплоть до остановки ТС, т.е. применить экстренное торможение [38,86]. Согласно этому условию с помощью методик расчета в рамках реконструкции ДТП, применяемых в российской практике, возможно, определить скорость движения АТС, остановочное время АТС, тормозной и остановочный путь, удаление АТС и пешеходов от места ДТП, оценить техническую возможность предотвращения ДТП и действия водителя, согласно требованиям ПДД [14,34,37,39,40,41,47,60,62,75,111,114,126].

Впервые вопросами судебной автотехнической экспертизы начали заниматься: коллектив известных специалистов д.ю.н., профессор А.Р. Шляхов и Б.Л. Зотов, технические специалисты В.А. Бекасов, Н.М. Кристи и Б.Е. Боровский, д.т.н., профессор В.А. Илларионов, д.ю.н., профессор Ю.Б. Суворов с 1970 года Всесоюзного научно-исследовательского института судебных экспертиз (ВНИИСЭ), позже Российский федеральный центр судебных экспертиз (РФЦСЭ) при Минюсте РФ. Коллективом института было проведено большое количество исследований в этой области и подготовлено научно-методическое обеспечение для судебных экспертов. Были разработаны методики реконструкции ДТП при наезде ТС на препятствие и пешехода, методики исследования превышения скорости, устойчивости и управляемости автомобиля, используемые в экспертной практике по настоящее время [17, 44, 47, 61, 62, 63, 111, 112, 113, 114].

Также были исследованы и рекомендованы к использованию нормативные значения параметров процесса торможения для всех видов ТС, времени реакции водителя, скорости движения пешеходов, коэффициента сцепления с дорогой и т.д. [47,114].

Рекомендуемые нормативные значения установившегося замедления и времени его нарастания, используемые в настоящее время экспертами в основных расчетных зависимостях (таблица 1.1), согласно данным [114], не совсем корректны, с точки зрения применения к современным автомобилям. Так как данные ограничиваются такими факторами, как загрузка автомобиля и коэффициент сцепления колеса с дорогой и рекомендованы для автомобилей отечественного производства, выпущенных до и после 1981 года. Величина

замедления АТС зависит от многих объективных факторов, в том числе от дорожных и погодных условий, от технического состояния и конструктивных особенностей тормозной системы [41].

Таблица 1.1 – Основные расчетные зависимости, используемые при реконструкции ДТП в РФ [2,17,37,40,41,47,91,111,113,126]

Расчетные зависимости	Параметры расчетных зависимостей
<p>Скорость начала торможения</p> $V_a = 1,8 \cdot j_{y3} \cdot t_3 + \sqrt{26 \cdot S_{ю} \cdot j_{y3}},$	<p>j_{y3} – установившееся замедление АТС категории M_1, m/c^2; t_3 – время нарастания замедления АТС категории M_1; $S_{ю}$ – длина следов тормозного юза, м, (из схемы ДТП); 1,8, 26 – постоянные коэффициенты (переводные);</p>
<p>Тормозной путь</p> $s_{тп} = t_2 + 0,5 \cdot t_3 \cdot \frac{V}{3,6} + \frac{V^2}{26 \cdot j_{y3}}$	<p>t_2 – время запаздывания срабатывания рабочей тормозной системы, с (для легковых АТС $t_2 = 0,1$); t_3 – время нарастания замедления АТС категории M_1; V – скорость транспортного средства, км/ч; j_{y3} – установившееся замедление АТС категории M_1, m/c^2; 3,6, 26 – постоянные коэффициенты (переводные);</p>
<p>Остановочный путь</p> $S_o = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26 \cdot j_{y3}}$	<p>t_1 – время реакции водителя, с; t_2 – время запаздывания срабатывания рабочей тормозной системы, с (для легковых АТС $t_2 = 0,1$); t_3 – время нарастания установившегося замедления АТС категории M_1, m/c^2; V_a – скорость движения АТС (при отсутствии следов тормозного юза V_a устанавливается со слов водителя или очевидцев), км/ч; 3,6; 26 – переводные коэффициенты из км/ч в м/с.</p>

<p>Расстояние удаления ТС от места ДТП</p> $S_y = (t_1 + t_2 + t_3) \frac{V_a}{3,6} + S_t - B_{TC} - L_{п.с.}$	<p>S_t – расстояние, пройденное АТС от начала образования следов торможения до места наезда на пешехода, зафиксированного на схеме происшествия, м; B_{TC} – база ТС, м; $L_{п.с.}$ – длина переднего свеса ТС, м.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

На сегодняшний день в данных расчетных зависимостях эксперты применяют значения параметров торможения АТС, рекомендуемые техническим регламентом Таможенного Союза 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011) [118] и ГОСТ 33997-2016 «Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки». В частности, параметры, указанные в стандартах, значение установившегося замедления – это норматив, которому должна удовлетворять тормозная система автомобиля при испытаниях его в заданных условиях, а в связи с появлением автомобилей с современными элементами тормозной системой при эксплуатации их в разных дорожных условиях, то использовать данные значения не совсем корректно при реконструкции и экспертизе ДТП [31].

Вопрос о применении рекомендуемых или нормативных значений параметров торможения (установившегося замедления и времени его нарастания) АТС, используемых в экспертной практике, в настоящее время особенно актуален в связи с качественным и количественным изменением автопарка в РФ и это подчеркивает необходимость дальнейшего исследования вопроса в интересах повышения достоверности результатов экспертного исследования.

В связи с этим ряд современных исследователей внесли вклад в совершенствование методик автотехнической экспертизы ДТП на основе экспериментальных исследований.

Степина П.А. разработала методику совершенствования экспертизы ДТП с помощью экспериментальных данных замедления АТС в зависимости от марки автомобиля, дорожных условий и степени загрузки [110]. Данный подход

заслуживает внимания, и два последних условия будет рассматриваться в данной работе, но по отношению к АТС, оснащенных системами ABS, EBD и BAS.

Подопригора Н.В. совершенствовал методику реконструкции ДТП путем учета дополнительных факторов эксплуатационного характера, влияющих на время торможения и длину остановочного пути [82]. С помощью экспериментальных исследований установил закономерность влияния эксплуатационного износа привода и тормозных механизмов на установившееся замедление ТС.

Куракина Е.В. уточнила расчетные методы автотехнической экспертизы определения остановочного пути и скорости автомобиля, путем введения коэффициентов, обеспечивающих учет влияния на параметры процесса торможения ТС и его эффективности торможения, коэффициента сцепления, состояния дорожного покрытия, шероховатости, гидравлической шероховатости и колеяности [64]. Метод уточнения традиционных расчетных зависимостей с помощью введения разработанных коэффициентов заслуживает внимания и будет частично применен в данной работе.

Брылев И.С. уточнил методику механизма реконструкции ДТП средствами корректировки действующих нормативных значений установившегося замедления, времени его нарастания для ТС категории L₃ с учетом типа тормозной системы ДМТС, степени его нагрузки, типа и состояния дорожного покрытия, наличия АБС и режима торможения для уточнения методики реконструкции ДТП по параметрам процесса торможения [19]. Учтенные факторы и метод расчета коэффициентов могут найти применение и в дальнейшем исследовании.

Тадеев В.Б. совершенствовал методы расчета движения трициклов для повышения достоверности результатов автотехнической экспертизы ДТП с помощью выявления взаимосвязи между скоростью движения и техническими параметрами трициклов, а также факторами места происшествия: тормозного пути (наличие следов торможения), повреждения дорожных сооружений,

насаждений на обочине дороги, места нахождения участников ДТП после аварии и др. [115].

Ковригин В.А. разработал методику экспертизы ДТП, позволяющая уточнить расчеты торможения и маневрирования легкового автомобиля на обледенелых дорогах, с учетом их загруженности, начальной скорости и температуры льда [52].

Лазарев Д.А. усовершенствовал способ определения коэффициента сцепления шины с дорогой с учетом конструктивных особенностей колеса, что дает возможность более достоверно производить расчеты при производстве дорожно-транспортной экспертизы [66].

Масленников В.Г. повысил объективность дорожно-транспортных экспертиз ДТП с участием АТС категории М₁ на основе использования закономерностей сцепления протектора шин с поверхностью асфальтобетонного покрытия дороги при отрицательных температурах в режиме экстренного торможения [72].

Данные исследования и подходы к совершенствованию автотехнической экспертизы непременно заслуживают внимания, но, несмотря на все многообразие исследований в области реконструкции ДТП, уточнения методик и значений параметров процесса торможения, не учтены и в полном объеме не исследованы параметры процесса экстренного торможения АТС категории М₁ оснащенных системами ABS, EBD, BAS в условиях эксплуатации.

Технологии, применяемые для реконструкции ДТП

На сегодняшний день, ввиду высокого количества ДТП увеличился объем работ по автотехническим экспертизам. Для повышения производительности труда и достоверности экспертных заключений РФЦСЭ и ГУ Северо-Западный российский центр судебных экспертиз (СЗРСЦЭ) при МЮ РФ, являющийся разработчиком, рекомендовали к использованию современные программы - «AUTO-GRAF 1.1» и программу от компания «Dr. Steffan Datentechnik» PC-CRASH с модулем PC-Rect, т.к. данные программы самые распространенные и

наиболее функциональные из всех представленных на рынке для использования при экспертизе ДТП [75].

Программа «AUTO-GRAF 1.1» представляет собой графический редактор, позволяющий строить схемы ДТП с учетом требований экспертной практики [88]. Программа проста в использовании и легка в освоении, но тем не менее, не может предоставить эксперту производить расчеты по параметрам процесса торможения АТС категории М₁.

PC-CRASH и программный модуль PC-Rest – сложный лицензионный продукт, предназначенный для моделирования и реконструкции механизма ДТП, симуляции деформации транспортных средств и людей, восстановления сцен ДТП, а также моделирования и проведения автоматизированного расчета (рисунок 1.16, 1.17) [69,78].

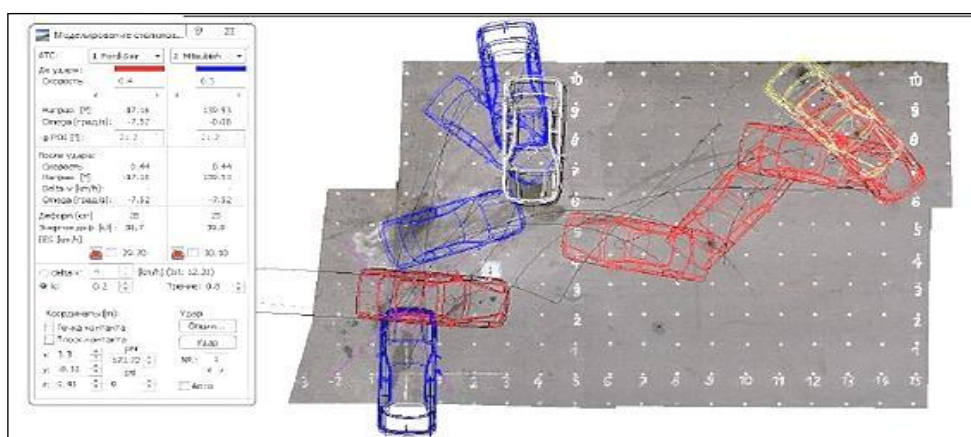


Рисунок 1.16 – Рабочее окно программы PC-CRASH [63]

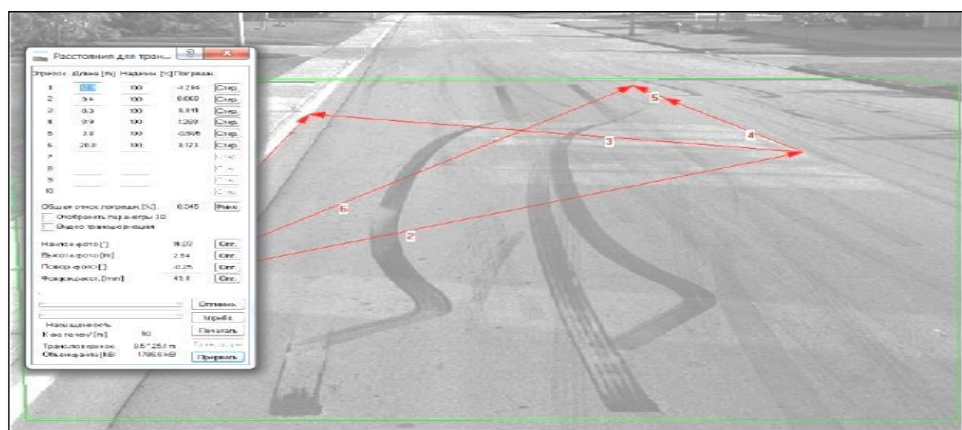


Рисунок 1.17 – Рабочее окно программного модуля PC-Rest [63]

Для экспертов, не имеющих определенного уровня знаний и владения персональным компьютером (ПК), такой программный продукт будет являться достаточно сложным в освоении и потребует дополнительного образования. Для проведения автотехнической экспертизы ДТП с использованием программы PC-CRASH эксперту необходимо пройти обучение и получить сертификат, подтверждающий его компетентность при таком исследовании ДТП. Согласно информации, предоставленной на официальном сайте Союза экспертов техников и оценщиков автотранспорта, ориентировочная стоимость обучения составляет около 30 000 рублей. Так как программа требует постоянного обновления, то для обучения приглашаются специалисты из Германии. Приобретение лицензионного продукта и соглашения на официальном сайте PC-CRASH составит около 330 000 рублей, не считая абонентское обслуживание, ремонт и обновление программы, которое составляет в среднем около 300 000 рублей [78].

Несомненно, в век информационных технологий, использование программ отечественного и зарубежного производства повышает производительность труда экспертов, исключает человеческий фактор, обеспечивает достоверность экспертных исследований. Но не всегда такой метод реконструкции ДТП доступен для бюджетных организаций и негосударственных экспертов. Также в связи с политической обстановкой в мире и санкционными ограничениями в любой момент возможно приостановление к доступу по использованию таких программ [4].

1.2.2 Методики реконструкции ДТП, применяемые в зарубежной экспертной практике

Важно отметить, что зарубежный опыт в первую очередь делает акцент не на реконструкцию и экспертизу ДТП, а на их предупреждение. В экспертной зарубежной практике при реконструкции ДТП используются расчетные методы, основанные на фундаментальных законах физики и механики. В качестве примера в таблице 1.2 представлены некоторые расчетные зависимости при реконструкции ДТП [135,136,138,139,140,141,143,145,146,148,149,150].

Таблица 1.2 – Некоторые расчетные зависимости, применяемые в зарубежной экспертной практике [144,150]

Расчет скорости движения ТС	$V = \sqrt{30Df}$
Расчет коэффициента сцепления	$f = \frac{S^2}{30D}$
Расчет тормозного пути	$D = \frac{S^2}{30f}$
Расчет времени торможения	$T = \frac{V_0 - V}{32,2 \cdot f}$

где: V - скорость движения АТС; D – расстояние в футах; f - коэффициент сцепления; T - время торможения.

Оборудование и технологии, применяемые для реконструкции ДТП

Чаще для экспертизы и реконструкции ДТП используют компьютерное программное моделирование ДТП (CRASH, CARAT, PC-CRASH и др.).

Также некоторые экспертные организации используют в своей работе системы CDR (Crash Data Retrieval). Система представляет собой инструмент, производителем которого является компания Bosch, который предоставляет возможность эксперту считывать с аварийных ТС через устройство EDR (Event Data Recorder) важную информацию за 5-секундный период, предшествующий ДТП. Как правило, такая информация хранится в течение 250 циклов зажигания. На рисунке 1.18 представлено типичное подключения устройства CDR к ТС. EDR – устройство, выполненное по технологии «черного ящика», изначально использовавшееся в авиационной промышленности. Среди транспортных средств, включенных в систему CDR, много произведенных компанией General Motors (GM) с 1994 года, а также некоторые производители Ford, Chrysler и модели Isuzu [134,142].



Рисунок 1.18 – Подключение устройства CDR к АТС [124]

В российской экспертной практике такой метод использовать достаточно сложно, так как нет рекомендованных и утвержденных методик реконструкции ДТП при помощи устройства CDR, а также нормативно-правовых актов, предоставляющие доступ к программному обеспечению правообладателя транспортного средства.

Также в зарубежной практике в последнее время начали использовать лазерный 3D – сканер FARO [147]. Прибор позволяет более тщательно расследовать ДТП, т.к. имеет возможность с большой точностью сканировать все точки и следы столкновения на автомобилях, анализировать траекторию движения ТС, а также повышает производительность экспертизы в сравнении с традиционными методами сбора информации. Общий вид детального сканирования места происшествия с помощью лазерного 3D – сканер FARO представлен на рисунке 1.19.

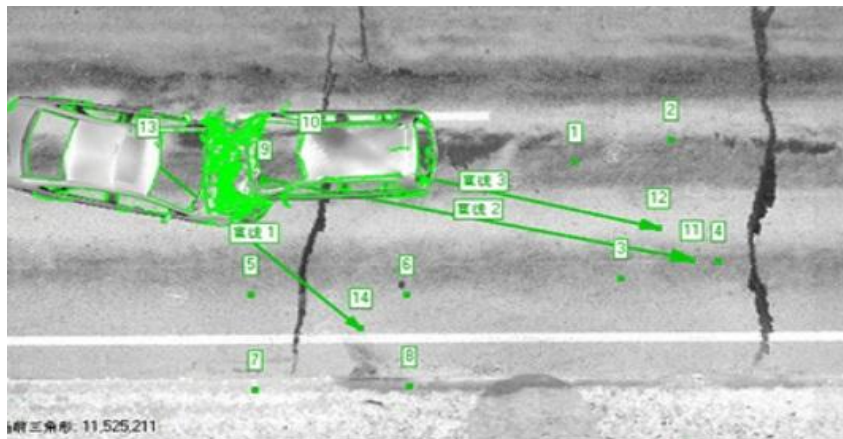


Рисунок 1.19 – Детальное сканирование с места происшествия [147]

Использование данных методов [134,142,147] в российской практике существенно изменит производство реконструкции ДТП. Увеличит объем информации механизма исследуемого ДТП, отпадет необходимость в проведении сложных расчетов и в совокупности позволит создавать полные адекватные модели ДТП и повысить достоверность экспертного заключения. Но, следует согласиться с Балакиным В.Д. [16], который отмечает, что научно-технические разработки по экспертизе ДТП в нашей стране всегда превосходили зарубежный опыт, как по глубине изучения вопросов, так и по методическому содержанию. За рубежом из-за развитой системы страхования преобладает упрощенный подход к рассмотрению ДТП и лишь в последнее время появились работы по моделированию ситуаций и исследованию последствий ДТП для повышения безопасности конструкций ТС [16].

Таким образом, необходимо не только ориентироваться на зарубежный опыт реконструкции ДТП, а использовать имеющиеся отечественные разработки и проводить теоретические и экспериментальные исследования для повышения качества экспертизы ДТП на территории РФ.

Выводы по первой главе

Проведенный в первой главе анализ аварийности ДТП показал, что основной категорией ТС, попадающих в ДТП, являются автомобили категории M_1 . Основными причинами возникновения этих ДТП считается человеческий фактор – нарушение водителем ПДД и превышение скоростного режима.

Установлено, что для повышения уровня безопасности дорожного движения и снижения количества ДТП производителями АТС активно реализуются программы их технического усовершенствования, направленные на обеспечение активной безопасности автомобиля. Рост рынка АТС, оснащенных системами ABS, EBD, BAS и массовое насыщение ими мирового автомобильного парка создают потребность в детальном изучении «поведения» таких АТС на дорогах, в частности параметров торможения (установившееся замедление и время его нарастания), в том числе и в рамках автотехнической экспертизы.

Анализ существующих методик и предлагаемых баз данных по значениям параметров торможения позволили сделать вывод, что использование их при реконструкции ДТП с участием современных автомобилей не всегда корректно для АТС, оснащенных системами ABS, EBD, BAS, т.к. ведет к заранее необъективному выводу экспертного заключения.

В связи с вышеизложенным, целью диссертационного исследования является установление закономерностей влияния систем ABS, EBD и BAS на параметры торможения автомобилей категории M_1 для научно – обоснованного использования при реконструкции и экспертизе ДТП.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- 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.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ДТП ПО ПАРМЕТРАМ ТОРМОЖЕНИЯ АТС КАТЕГОРИИ М₁

2.1 Конструктивные особенности тормозного управления современных легковых автомобилей и их влияние на параметры торможения

Эффективность торможения автомобиля относится к важнейшим из эксплуатационных свойств, определяющих активную безопасность ТС и обеспечивающих снижение вероятности возникновения ДТП, а также тяжести его последствий. Требования к эффективности торможения АТС категории М₁ изложены в ГОСТ Р 41.13-Н-99 (Правила ЕЭК ООН N 13-Н) и TP 018/2011, где основными критериями оценки работоспособности и эффективности тормозной системы определены показатели установившегося замедления и тормозной путь ТС с учетом действия системы ABS (таблица 2.1) [33,118]. Нормативные показатели величин установившегося замедления и времени срабатывания тормозной системы представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Нормативы эффективности торможения ТС при проверках в
дорожных условиях согласно [118]

Категория транспортного средства	Усилие на орган управления, P_n , H , не более	Установившееся замедление, $J_{уст}$, m/c^2 , не менее	Время срабатывания тормозной системы, $\tau_{ср}$, с, не более
М1	490	4,9	0,6
М1*	490	3,9	0,6
М2, М3	686	4,9	0,8

Примечания: * Для транспортного средства с прицепом без тормозной системы

Торможение автомобиля бывает служебным и экстренным и представляет собой процесс, зависящий от коэффициента сцепления колеса с дорогой φ , конструктивных факторов тормозной системы и эксплуатационного состояния автомобиля [13,15,20,21,23,29,35,47,67,90,92,97,105,107,128]. На рисунке 2.1

представлены все силы и моменты, действующие на автомобиль при торможении в общем случае [27,125].

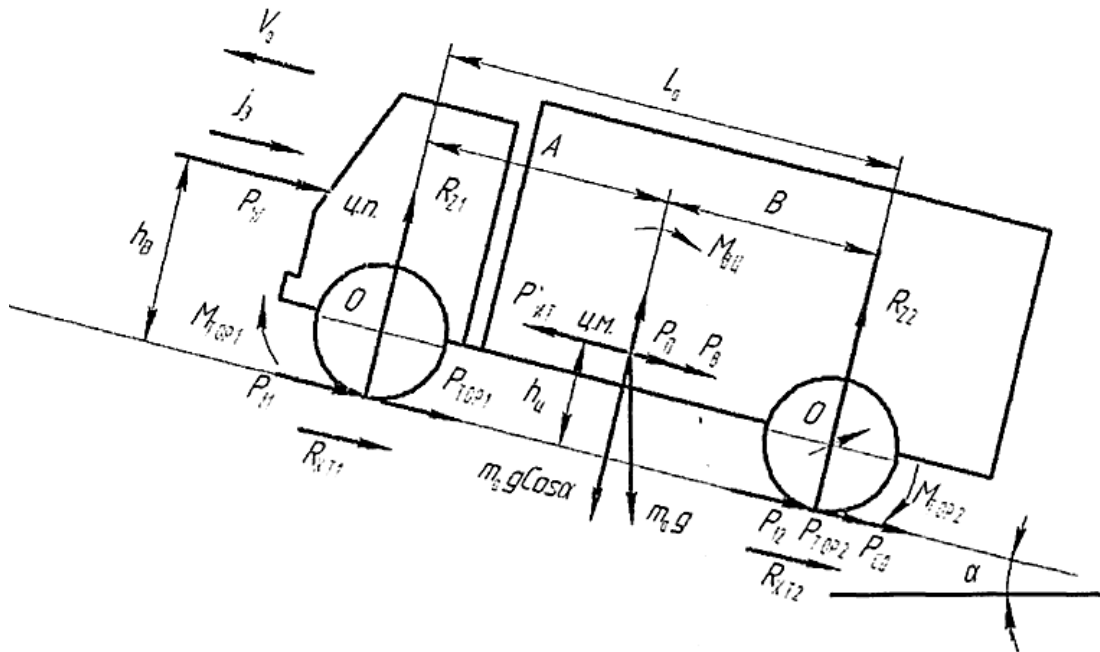


Рисунок 2.1 – Схема сил, действующих на автомобиль при торможении [27]

При экстренном торможении ТС движущей силой является сила инерции P_u , а основной силой сопротивления движению – суммарная тормозная сила всех колес $P_{тор}$. Если максимальная тормозная сила больше силы сцепления шины с дорогой $P_{сц}$, то колесо блокируется (движется юзом), вследствие чего кинетическая энергия тормозящего автомобиля рассеивается в пятне контакта [15,21,23,27,35,48,59,95,105,120,127].

Необходимо заметить, что на величину коэффициента сцепления φ в основном влияет тип и состояние дорожного покрытия, а так как колесо является единственным связующим звеном между автомобилем и дорожным покрытием, то добиться максимального значения сцепления с дорогой, возможно, если учитывать и тип сезонности шин, т.к. эксплуатация АТС предполагается в разных погодных-климатических условиях [13,15,17,41,92,97,36].

На сегодняшний день при выборе ключевых факторов, влияющих на эффективность торможения АТС для реконструкции ДТП не учитывается тип сезонности шин, укомплектованных на АТС во время ДТП. Согласно, ПДД РФ

шины должны использоваться в летнее время – летние, в зимнее время – зимние. Но, при нарушении водителем данного обстоятельства и, не принимая во внимания данный факт при исследовании ДТП, значения установившегося замедления и времени его нарастания могут существенно искажаться, что ведет к недостоверной экспертной оценке о технической возможности водителем избежать ДТС [3,22,57].

Таким образом, тип сезонности шин необходимо учитывать, как конструктивный фактор, влияющий на параметры торможения АТС, т.к. его учет без проведения натурного эксперимента невозможен.

Согласно схеме, представленной на рисунке 2.2, теоретически учитывается, что при экстренном торможении тормозные силы и моменты достигаются максимальных значений и если коэффициент сцепления колеса с дорогой φ постоянен и равен φ_{max} , то и установившееся замедление будет максимальным j_{max} , что не всегда возможно при эксплуатации ТС в реальных условиях движения [17,19,64,82,110,114,119].

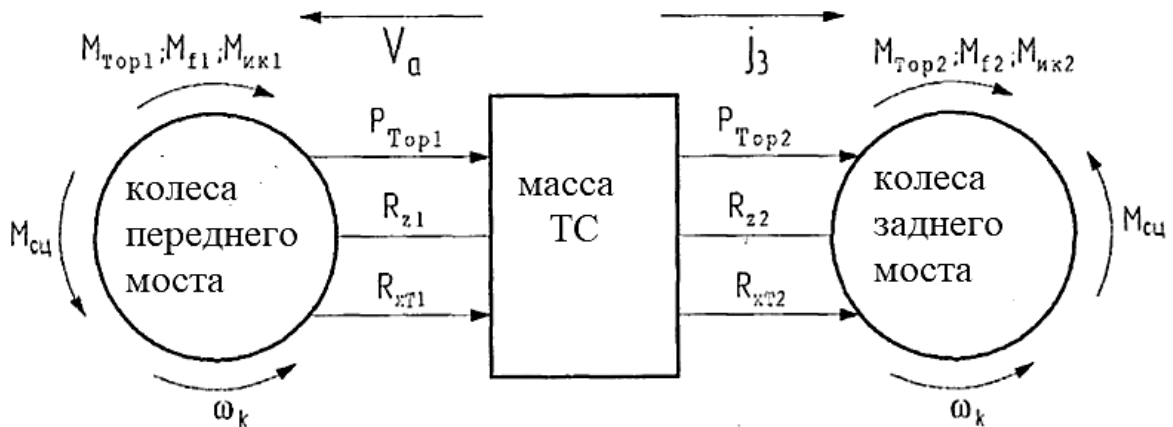


Рисунок 2.2 – Схема баланса сил и оценочных параметров при экстренном торможении

Определить максимальное значение установившегося замедления возможно по формуле [17,41,111]:

$$j = \frac{\varphi}{K_3} g(\cos \alpha \pm \sin \alpha), \quad (2.1)$$

где, j – установившееся замедление, m/c^2 ; φ – коэффициент сцепления шин с дорогой, K_9 – коэффициент эффективности торможения, g – ускорение свободного падения.

В классической теории автомобиля принято считать, что эффективность торможения автомобиля будет максимальной, когда нормальные реакции на его колесах всегда пропорциональны вертикальным нагрузкам, а их значения, возможно, определить исходя из выражения [27]:

$$R_{z1} = g \cdot m_a \cdot (B + \gamma_T \cdot h_{ц}) / L_a \text{ и } R_{z2} = g \cdot m_a \cdot (A - \gamma_T \cdot h_{ц}) / L_a, \quad (2.2)$$

где $\gamma_T = P_{тор} / m_a \cdot g$ – удельная тормозная сила всех колёс автомобиля.

В этом случае суммарная тормозная сила распределяется между мостами автомобиля так, что обоими мостами полностью используются сцепные свойства шин с дорогой [27]:

$$P_{тор} = \varphi \cdot R_{z1} + \varphi \cdot R_{z2} = \varphi \cdot m_a \cdot g. \quad (2.3)$$

Следовательно, в условиях полного использования сцепления шин с дорогой, удельная тормозная сила автомобиля равна коэффициенту сцепления $\gamma_T = \varphi$.

В полном объеме использование сцепления возможно, когда тормозные силы на колесах мостов пропорциональны нормальным реакциям дороги, а характер распределения тормозных сил между мостами автомобиля, не имеющего специальных регулирующих устройств, является постоянным и определяется конструкцией тормозных механизмов и привода.

На сегодняшний день максимальная эффективность торможения у одиночного автомобиля с прицепом и без него может быть достигнута различными современными конструктивными мерами при помощи регуляторов тормозных сил, изменяющих значения тормозной силы на колесах моста в зависимости от нагрузки, приходящейся на мост, например, антиблокировочной системой (ABS) и системой распределения тормозных усилий (EBD), а также системой BAS, повышающей эффективность тормозной системы автомобиля, в случае экстренного торможения.

При эксплуатации легкового автомобиля его используют не только для

перевозки пассажиров, но и грузов, что подтверждает статистика увеличения на рынке зарегистрированных прицепов полной массы до 750 кг – более 2,2 млн. шт. [109].

В теории автомобиля, прицеп не выделяется как отдельный объект, а рассматривается в совокупности с автомобилем и его влиянием на управляемость и устойчивость во время движения или торможения (рисунок 2.3).

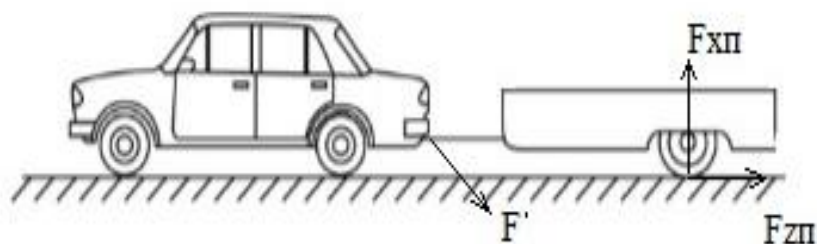


Рисунок 2.3 – Общий вид АТС категории M_1 и прицепа

(F' – реакция в сцепном устройстве, действующая со стороны прицепа на автомобиль, $F_{xп}$ – тормозные моменты прицепа, $F_{zп}$ – опорная реакция колеса)

Эффективность торможения АТС категории M_1 с прицепом массой до 750 кг без тормозной системы определяется [118] и имеет следующие значения: тормозной путь S_m не более 19,8 м; установившееся замедление $j_{уст}$ не менее 3,9 м/с²; время срабатывания тормозной системы $t_{ср}$ не менее 0,6 с.

В более ранних исследованиях в рамках реконструкции ДТП в качестве фактора влияния на эффективность торможения в условиях ДТП наличие прицепа категории O_1 не учитывалось в связи с не характерностью такой ситуации. Поэтому предлагается наличие прицепа рассматривать, как эксплуатационный фактор в дальнейших исследованиях [74,95,127].

Таким образом, можно утверждать, что при рассмотрении классической теории автомобиля не учитывается ряд современных систем тормозного управления, влияющих на изменение значений его параметров, то предлагается рассматривать системы ABS, EBD, BAS в качестве конструктивных факторов,

формирующих значения установившегося замедления и времени его нарастания для последующего их использования в рамках автотехнической экспертизы.

В теории данного диссертационного исследования всевозможные 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., как факторы влияния не рассматривались и не моделировались, поэтому принцип работы систем ABS, EBD, BAS и их технические возможности ниже рассматриваются в общем виде.

Антиблокировочная система представляет собой систему, предназначенную для предотвращения блокировки колес автомобиля, таким образом, сохраняя стабилизацию и манёвренность для минимизации тормозного пути и максимизации установившегося замедления. Общий вид устройства системы ABS представлен на рисунке 2.4 [119].

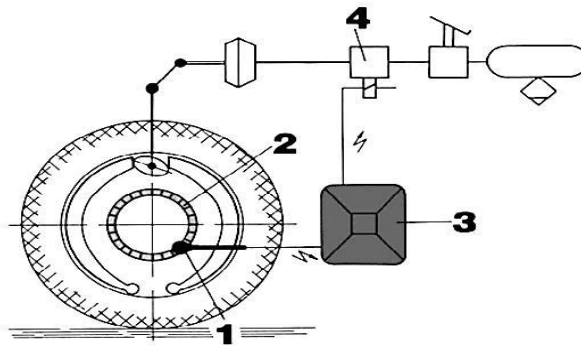


Рисунок 2.4 – Общий вид антиблокировочной системы ABS (1- датчик скорости, 2 – полюсное колесо сенсор, 3 – электронный блок управления, 4 – электромагнитный клапан) [119]

ABS в большинстве случаев сокращает тормозной путь, так как у колес в не заблокированном состоянии увеличивается тормозная сила за счет увеличения коэффициента сцепления колеса с дорогой по мере снижения коэффициента скольжения (рисунок 2.5) [116,125].

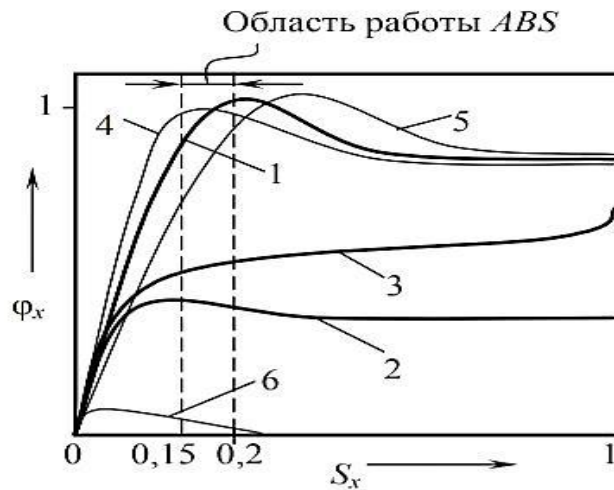


Рисунок 2.5 – Зависимость коэффициента продольного сцепления шины с дорогой φ_x от коэффициента скольжения S_x в их контакте (1 – на сухом асфальтобетоне, 2 – на льду или укатанном снегу, 3 - на асфальтобетоне, покрытым песком или рыхлым снегом, 4,5 – при избыточном или недостаточном давлении в шинах, 6 – при аквапланировании) [125]

Система ABS рассматривалась как фактор, влияющий на параметры процесса торможения АТС в ранее проведенных исследованиях [3,42] по определению величин установившегося замедления и времени его нарастания для АТС категории M_1 . Замеры фактических величин проводились с помощью контрольно-измерительного прибора «LWS-2MC», предоставленного ИБДД СПбГАСУ. Тормозная диаграмма процесса торможения представлена на рисунке 2.6.

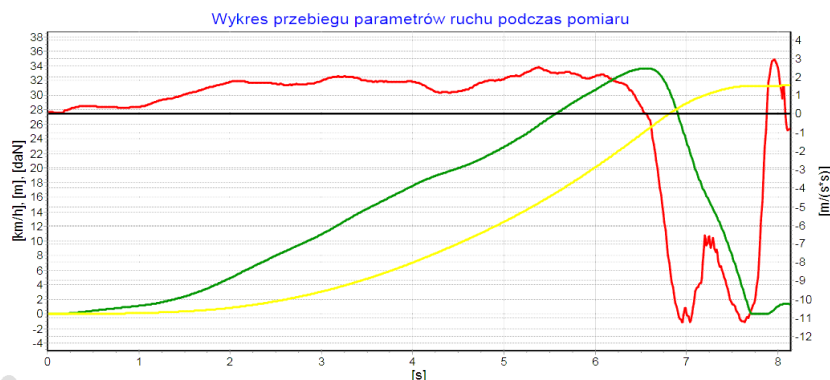


Рисунок 2.6 – Тормозная диаграмма прибора «LWS-2MC» для испытуемого автомобиля оснащенного системой ABS на сухом и мокром асфальте [3]

Результаты экспериментальных данных подтвердили закономерность влияния системы ABS на величины установившегося замедления и время его нарастания, и как следствие на величину тормозного пути ТС. На рисунке 2.7 представлен анализ фактических значений установившегося замедления и времени его нарастания и рекомендуемых, согласно [114].

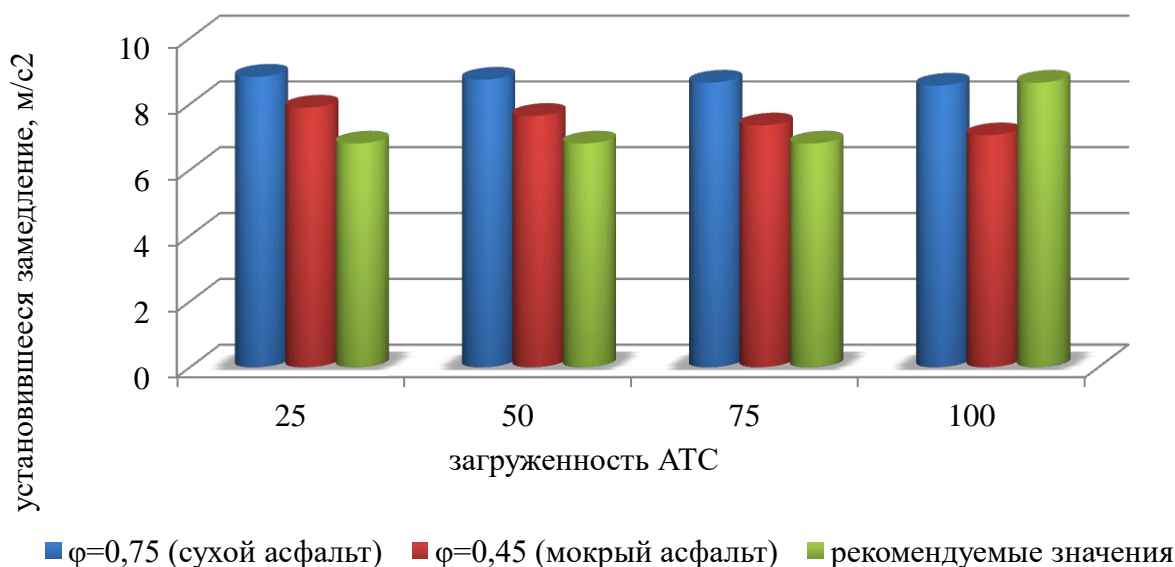


Рисунок 2.7 – Сравнительный анализ фактических значений установившегося замедления АТС и его времени нарастания согласно [42] с рекомендуемыми с учетом оснащения АТС системой ABS

Для обеспечения полного использования сцепной массы автомобиля при экстренном торможении необходимо, чтобы соотношение между тормозными силами на колесах мостов изменялось в зависимости от состояния дороги (коэффициента сцепления колеса с дорогой), что возможно сделать при использовании системы EBD, т.к. система вычисляет массу автомобиля m_a (и его загруженность) по давлению (p_0) в главном тормозном цилиндре и по замедлению ($j_{юз}$) автомобиля [125]:

$$m_a = \frac{p_0 \cdot K_{EBD}}{j_{юз}}, \quad (2.4)$$

где K_{EBD} – коэффициент пропорциональности между давлением в главном тормозном цилиндре и тормозной силой.

Следовательно, при малых замедлениях на задние колеса подается большее давление – задняя ось тормозит эффективнее, что особенно актуально при торможении на скользком дорожном покрытии в осенне-зимний период, характерный для Северо-Западного региона. Использование системы EBD позволяет добиться идеального тормозного баланса, следовательно, сокращается тормозной путь автомобиля (рисунок 2.8) [59,125].

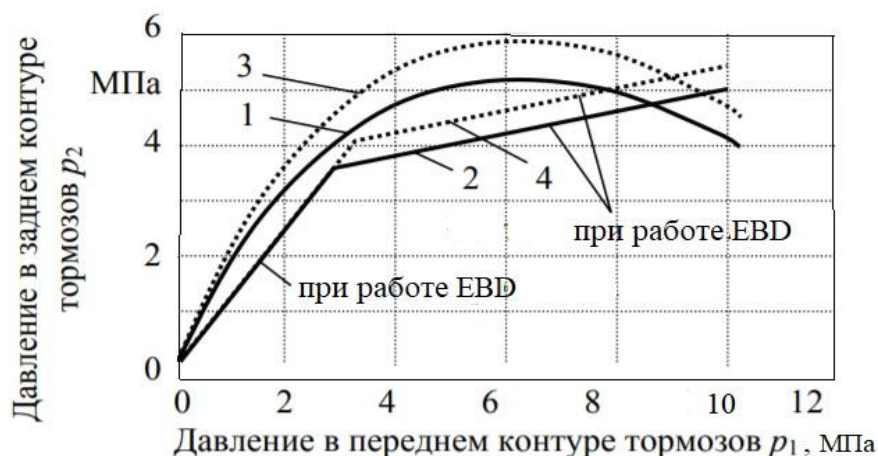


Рисунок 2.8 – Диаграмма давления в контуре тормозов при работе системы EBD (1,3 – идеальная характеристика работы системы EBD; 2,4 – реальная характеристика работы системы EBD; 1,2 – расчетная загрузка ТС; 3,4 – полная загрузка ТС) [125]

Таким образом, в исследовании предлагается рассматривать частичную загруженность для автомобилей категории M_1 , что характерно для движения ТС с различным количеством пассажиров и багажа. Для легкового автомобиля это варьирование существенно отражается на его полной массе в момент ДТП [10,11,47,64,82,110,114].

Конструкция и составляющие ABS со встроенной системой EBD представлены на рисунке 2.9 [99].

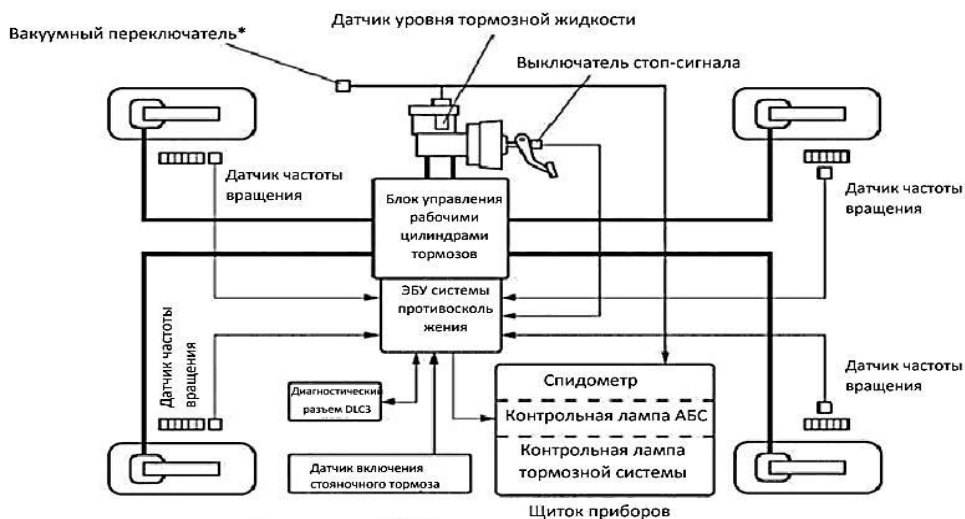


Рисунок 2.9 – Антиблокировочная система ABS и система распределения тормозных усилий EBD [99]

В связи с высокими показателями аварийных ситуаций на дороге во всем мире и смертностью людей [26], специалисты в области автомобилестроения разработали и внедрили в тормозное управление такой элемент, как система помощи водителю при экстренном торможении BAS. Цель внедрения такой системы в конструкцию автомобиля – увеличить активную безопасность автомобиля и снизить количество ДТП [18].

Система BAS предназначена для повышения эффективности торможения автомобиля в критических ситуациях и работает исключительно при взаимодействии с системами ABS и EBD. Анализируя скорость прикладываемого водителем усилия к педали тормоза и в случае, резкого воздействия, срабатывает тормозной механизм, развивающий максимально возможное усилие вне зависимости от реакции человека. Применение данной системы обосновано результатами многочисленных исследований, проведенными компанией Mercedes-Benz, в ходе которых сделаны выводы, что при экстренном торможении водитель нажимает на педаль тормоза резко, но с недостаточным усилием [99]. На рисунке 2.10 представлено расположение всех компонентов системе BAS в вакуумном усилителе тормозов.

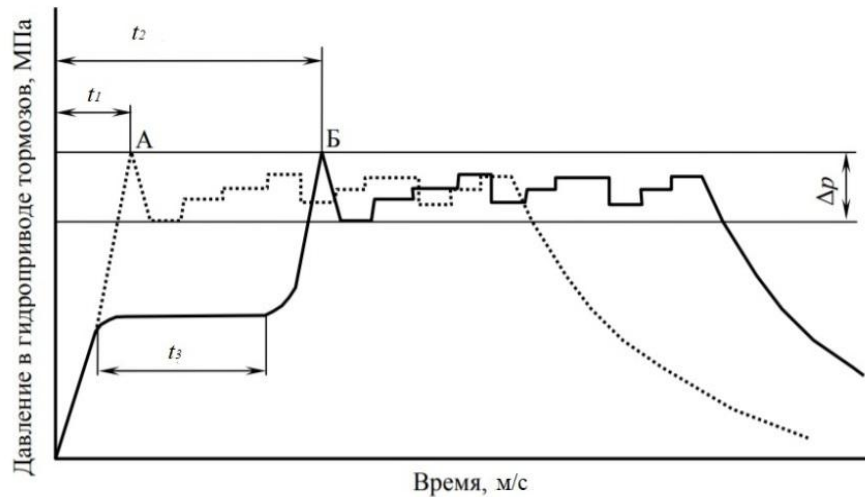


Рисунок 2.10 – Диаграмма работы системы экстренного торможения BAS (А, Б – точка включения системы ABS и BAS и без нее; t_1, t_2 – время срабатывания тормозного привода с системой BAS и без нее; t_3 – время преодоления тормозными колодками зазора до тормозного диска; Δp – диапазон изменения давления в гидроприводе тормозов при работе ABS) [125]

Согласно информации [106], важным моментом является то, что система BAS сокращает тормозной путь в среднем на 20 %, что подтверждает влияние на параметры торможения ТС. Это и доказывают проведенные исследования компании WABCO, представленные на официальном сайте [18]. Поэтому при реконструкции ДТП и определении значений установившегося замедления и времени его нарастания для дальнейших расчетов, необходимо учитывать действие системы, как фактор, влияющий на процесс торможения АТС (рисунок 2.11).

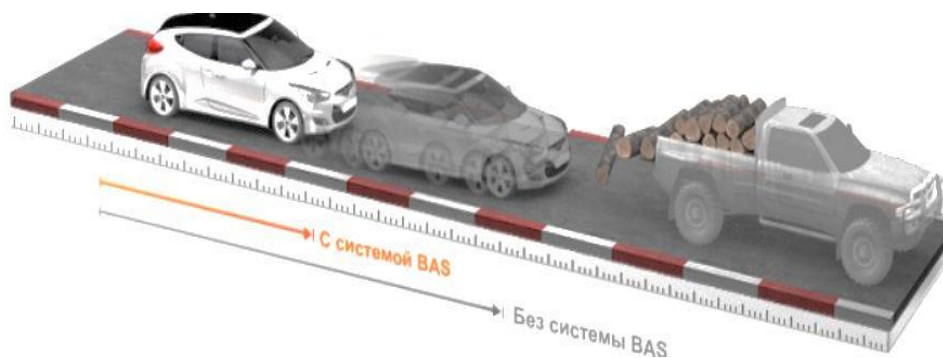


Рисунок 2.11 – Работа системы BAS [106]

Рассматривая процесс торможения ТС в рамках реконструкции ДТП, то он сводится к определению значений установившегося замедления и тормозного пути, что позволяет объективно оценить техническую возможность водителя предотвратить ДТП.

Если во время торможения коэффициент φ не изменяется, то установившееся замедление $j_{уз}$ остается в рамках постоянной величины, не зависящей от скорости движения ТС, а реакции $R_{хт1}$ и $R_{хт2}$ достигают максимальных значений одновременно на всех колёсах. В этом случае процесс торможения может быть представлен диаграммой торможения, представленной на рисунке 2.12 [16,17,37,39,41,93].

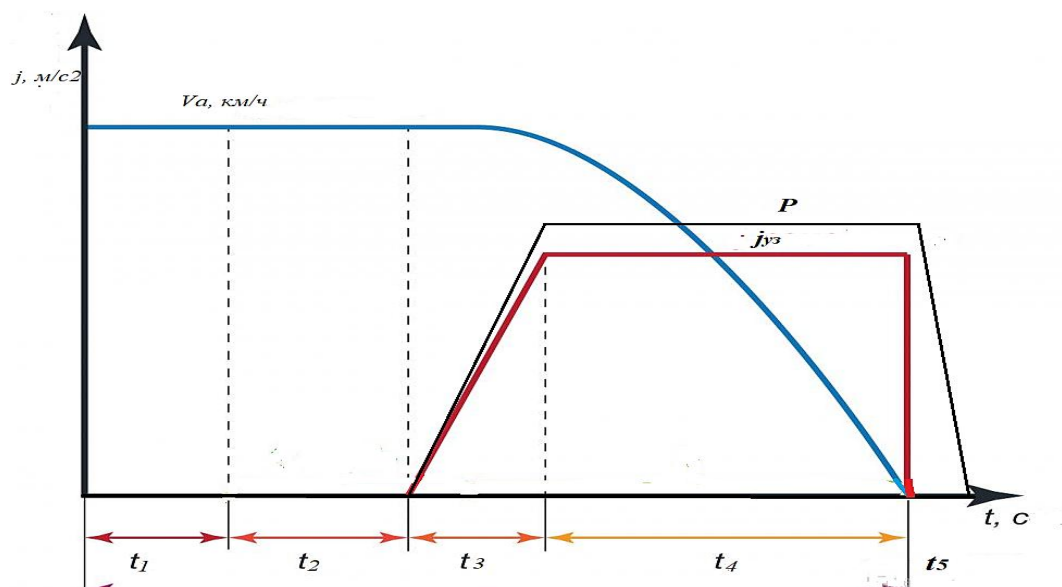


Рисунок 2.12 – Классическая тормозная диаграмма ТС (t_1 – время реакции водителя, с; t_2 – время запаздывания тормозного привода (подвод колодок), с; t_3 – время нарастания замедления (время нарастания давления в тормозной системе), с; t_4 – время полного торможения, с; t_5 – время растормаживания, с, P – давление в тормозном цилиндре) [41]

Диаграмма представляет зависимости скорости автомобиля Va и установившегося замедления $j_{уз}$ от времени торможения t . Но, учитывая в процессе торможения автомобиля задействованные в нем системы ABS, EBD и BAS, можно предположить, что учитывая работу систем, повышается

эффективность торможения в качестве увеличения замедления и сокращается время торможения, а значит и тормозной путь автомобиля. Тормозная диаграмма АТС с учетом зоны работы систем ABS, EBD и BAS представлена на рисунке 2.13.

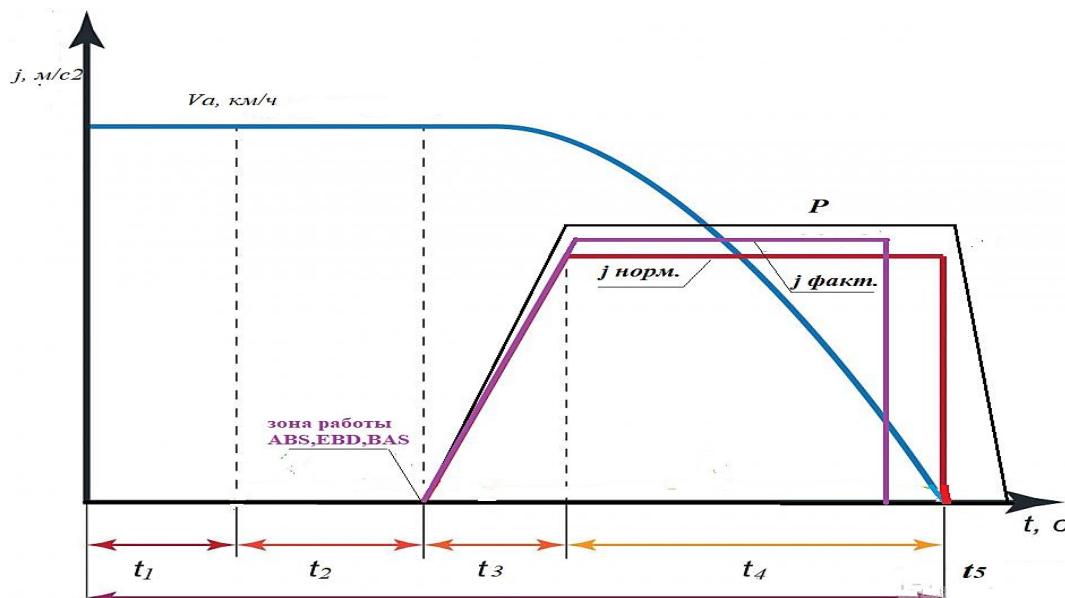


Рисунок 2.13 – Тормозная диаграмма АТС с зоной работы систем ABS, EBD и BAS

Рассмотрим основные параметры торможения, представленные на диаграммах.

Время реакции водителя (t_1). В автотехнической экспертизе временем реакции водителя принято считать период времени с момента раздражителя в поле зрения водителя до начала воздействия на органы управления ТС (педаль тормоза, сцепления, акселератор или рулевое колесо) [47]. Как правило, эксперты в качестве исходных данных, используют нормативное время реакции водителя при экстренном торможении, представленное в таблице 2.2 [91].

Таблица 2.2 – Нормативные значения времени реакции водителя [41,91]

Характеристика ДТС	t_1 , с
ДТС свидетельствовала о весьма большой вероятности возникновения ДТП	0,6

Продолжение таблицы 2.2

ДТС свидетельствовала о большой вероятности возникновения ДТП	0,8
ДТС не содержала явных признаков возникновения ДТП	1,0
ДТС, предшествовавшая ДТП, но не содержала признаков возникновения препятствия	1,2
ДТС свидетельствовала о минимальной вероятности возникновения ДТП	1,4

Время срабатывания тормозной системы (t_2) в экспертной практике считается отрезок времени с момента нажатия водителем на педаль тормоза до момента контакта тормозных механизмов и принимается для АТС категории M_1 и M_2 равной 0,1 с, для остальных категорий – 0,2 с [17,41].

Временем нарастания замедления АТС (t_3) принято считать отрезок времени с момента появления замедления при экстренном торможении АТС до момента, когда оно достигает максимального установившегося значения. Как правило, эксперты в качестве исходных данных используют нормативные значения времени нарастания замедления в зависимости от нагрузки АТС и его загруженности по данным [114], представленные в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Нормативные значения времени нарастания замедления ТС, производство которых начато до и после 01.01.1981 г. по данным [114]

Категория ТС	Коэффициент сцепления шин с дорогой для ТС																				
	в снаряженном состоянии							с 50%-ой нагрузкой							с полной массой						
	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
M_1	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05

Произвести расчет времени нарастания установившегося замедления на дорогах с коэффициентом сцепления $\varphi > j/g$ или $\varphi < j/g$ при наличии следов торможения от всех колес АТС возможно по формуле [92]:

$$t_3' = \frac{g \cdot \varphi}{j_H} \cdot t_3, \quad (2.4)$$

где g – ускорение свободного падения, m/c^2 ; φ – коэффициент сцепления шин с дорогой, j_H – нормативная или экспериментальная величина установившегося замедления АТС, m/c^2 .

Установившееся замедление АТС ($j_{уз}$), m/c^2 – среднее значение замедления движения АТС в период торможения с момента окончания его нарастания до момента прекращения торможения и до начала растормаживания (полной остановки АТС) [40,50].

Более достоверное значение установившегося замедления АТС возможно получить из натурального эксперимента в дорожных условиях с помощью контрольно-измерительных приборов [31], а также на стендах по методикам инструментального контроля тормозных свойств АТС в эксплуатации [47]. Но часто, у экспертов не имеется таких возможностей из-за отсутствия лабораторной базы, инструментария и опыта работы с ним.

Из анализа в первой главе установлено, что эксперты прибегают к использованию нормативных значений из методической литературы ФБУ РФЦСЭ при Минюсте РФ, разработанной впервые ВНИИСЭ в 1966 г. и введенных в действие с 01.01.1991 с учетом коэффициента сцепления и нагрузки на ТС и с ограничением по технической возможности тормозной системы для автомобилей выпуска до и после 1981 г. [114], которые считаются усредненными и не отображают весь спектр факторов и условий, влияющих на процесс торможения, что собственно делает вывод эксперта также предположительным [117]. Такие данные представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Нормативные значения установившегося замедления ТС (выпуск до и после 01.01.1981 г.), согласно данным [114]

Категория ТС	Коэффициент сцепления шин с дорогой для ТС																		
	в снаряженном состоянии						с 50%-ой нагрузкой						с полной массой						
	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2 0,1	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2 0,1	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2 0,1	
	одиночные ТС (выпуск ТС до 01.01.1981 г.)																		
M ₁	6,7	5,9	4,9 3,9 2,9 2,0 1,1				6,5	5,9	4,9 3,9 2,9 2,0 1,1				6,3	5,9	4,9	3,9 2,9 2,0 1,0			
M ₂	6,0	5,9					5,3	5,3					4,5	4,5	4,5				
M ₃	5,3	5,3					4,9	4,9					4,5	4,5	4,5				
Одиночные ТС (выпуск ТС после 01.01.1981 г.)																			
M ₁	6,8	5,9	4,9 3,9 2,9 2,0 1,1				6,6	5,9	4,9 3,9 2,9 2,0 1,1				6,3	5,9	4,9	3,9 2,9 2,0 1,0			
M ₂	6,8	5,9					6,1	5,9					5,4	5,4	4,9				
M ₃	5,7	5,7					5,6	5,6					5,4	5,4	4,9				

Достоверность такого расчета исходит только от принятого коэффициента сцепления, который в свою очередь тоже зависит от ряда факторов, таких как: типа и состояния дорожного покрытия, свойства шин по реализации сцепления, нагрузки ТС, скорости движения и др. [16].

На основании теоретического исследования рассмотрены конструктивные особенности рабочей тормозной системы современного АТС, в частности, системы ABS, EBD и BAS и сделан вывод, что тормозная система действительно претерпела значительных изменений, тем самым подтверждая необходимость в исследовании фактических значений установившегося замедления АТС категории M₁ и его времени нарастания для использования в рамках автотехнической экспертизы.

Так как системы управляются в современном автомобиле с помощью бортового компьютера, то при реконструкции ДТП, эксперт, при наличии должного оборудования, имеет возможность извлечь с него требуемые значения параметров торможения для использования в своих расчетах. Однако извлечение ее после ДТП не всегда представляется возможным. Это бывает связано как с полным повреждением компьютера, например, в результате последующего пожара, или ограничением разработчиками доступа эксперта к программному обеспечению компьютера. В такой ситуации представляется целесообразным

использование традиционных методов, доработанных в части учета влияния на результаты расчетов наличия на автомобиле систем ABS, EBD и BAS.

Но, решение этой научно – практической задачи без проведения научного исследования невозможно, так как требует статистической оценки их влияния.

Таким образом, для дальнейшего исследования определены факторы, определяющие эффективность торможения технически исправного автомобиля, такие как: наличие систем ABS, EBD и BAS; коэффициент сцепления колеса с дорогой; тип сезонности шин; загруженность АТС; наличие прицепа категории O_1 . Ниже с помощью экспертного опроса будет определена важность рассмотрения предлагаемых факторов, а методом априорного ранжирования определены наиболее весомые факторы, влияющие на параметры торможения АТС, категории M_1 .

2.2 Обоснование факторов варьирования условиями движения АТС для сравнительной оценки эффективности торможения автомобилей категории M_1 , оснащенных системами ABS, EBD, BAS

Исходя из рабочей гипотезы о значимом влиянии на параметры торможения АТС условий движения и конструктивных особенностей транспортного средства, предложен ряд ключевых факторов, определяющих фактические значения установившегося замедления и времени его нарастания при экстренном торможении, представленные в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Факторы, определяющие параметры торможения технически исправного АТС

Факторы условий движения
Эксплуатационные факторы
1. Состояние дорожного покрытия
2. Наличие прицепа категории O_1
3. Загруженность АТС

Конструктивные факторы
4. Тип сезонности шин
5. Наличие систем ABS, BAS, EBD

Подтверждение значимости и актуальности исследования предложенных факторов проводилось на основе экспертного опроса, который традиционно включал в себя его организацию и обработку результатов методами математической статистики. 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. При проведении настоящего исследования эти задачи решались в ходе реализации следующих его этапов: формулировка цели экспертизы и разработка процедур опроса; формирование групп экспертов; проведение опроса; анализ и обработка информации, полученной от экспертов.

Для получения экспертной информации были разработаны опросные анкеты для оценки значимости исследуемых факторов по бальной системе [1,51,130].

Эксперты, компетентные в области эксплуатации АТС категории М₁ были разделены на 3 независимые группы:

1 группа: преподаватели и научные сотрудники кафедры транспортно-технологических процессов и машин «Санкт-Петербургского горного университета» (9 экспертов);

2 группа: инженерно-технические специалисты СПб ГУП «Пассажиравтотранс» (9 экспертов);

3 группа: водители СПб ГУП «Пассажиравтотранс» с примерно одинаковым стажем работы – около 10 лет (6 экспертов).

Пример анкеты для бальной оценки факторов представлен в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Анкета для бальной оценки факторов, определяющих фактические значения установившегося замедления и времени его нарастания

№ фактора	Факторы	Ответ
	Факторы (значимость фактора оценить по 5-ти бальной системе: наименее значимый – 1 балл, наиболее значимый – 5 баллов)	Оценочный балл
1	Состояние дорожного покрытия	
2	Наличие прицепа категории О ₁	
3	Загруженность АТС	
4	Тип сезонности шин	
5	Наличие систем ABS, BAS, EBD	

Полученные результаты опроса по каждой группе специалистов были сведены в таблицы - бальные матрицы, пример которых представлен в таблице 2.7. По вертикали в матрицах указаны номера экспертов, по горизонтали – номера факторов.

Таблица 2.7 – Бальная матрица результатов опроса по факторам первой группы

Номер эксперта		Номер фактора				
		1	2	3	4	5
1 группа	1	5	1	3	4	5
	2	5	2	3	4	4
	3	5	2	3	4	5
	4	5	1	3	4	5
	5	5	2	3	4	5
	6	5	3	3	4	4
	7	5	1	3	4	5
	8	5	3	3	4	5
	9	5	2	3	4	4

На основе полученных данных был определен вес каждого фактора исходя из бальных оценок, проставленных каждым экспертом, по формуле 2.5:

$$r_{ij} = \frac{h_{ij}}{\sum_{j=1}^n h_{ij}}, \quad (2.5)$$

где r_{ij} – вес j -го показателя, определенный i -м экспертом, h_{ij} – балл i -го эксперта, выставленный j -му фактору, n – количество факторов. Окончательные весовые коэффициенты показателей определялись по формуле 2.6:

$$w_j = \frac{\sum_{i=1}^m r_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m r_{ij}}, \quad (2.6)$$

где m – число экспертов.

Так, для пяти факторов и 9 экспертов (таблица 2.8) весовые коэффициенты приняли следующие значения:

$$w_1 = \frac{2,428}{9,0} = 0,27, \quad w_2 = \frac{0,907}{9,0} = 0,10, \quad w_3 = \frac{1,457}{9,0} = 0,16, \\ w_4 = \frac{1,943}{9,0} = 0,22, \quad w_5 = \frac{2,265}{9,0} = 0,25$$

Первым этапом обработки полученных результатов экспертных оценок явилось ранжирование показателей, т.е. каждому члену ряда показателей присваивался свой ранг. Самому важному показателю соответствует ранг n (в нашем случае максимальное количество факторов – 5), следующему – $(n - 1)$ и т.д. Ранг, равный 1, имеет наименее важный показатель. В случае, когда один и тот же фактор у одного эксперта имел одинаковое балльное значение, и в результате число рангов N оказывалось не равным числу ранжируемых факторов n , то в таких ситуациях факторам приписывались стандартизированные ранги, значение которых представляют собой среднее суммы мест, поделенных между объектами с одинаковыми рангами (таблица 2.8).

$$w_1 = \frac{4,387}{15,1} = 0,292, \quad w_2 = \frac{1,774}{15,1} = 0,118, \quad w_3 = \frac{4,232}{15,1} = 0,288, \quad w_4 = \frac{2,742}{15,1} = \\ 0,183, \quad w_5 = \frac{1,871}{15,1} = 0,125, \quad w_2 = \frac{1,774}{15,1} = 0,118, \quad w_3 = \frac{4,232}{15,1} = 0,288, \quad w_4 = \frac{2,742}{15,1} = \\ 0,183, \quad w_5 = \frac{1,871}{15,1} = 0,125$$

Таблица 2.8 – Определение весовых коэффициентов методом прописывания баллов

Эксперты	Баллы факторов					Сумма	Веса показателей				
	h_{i1}	h_{i2}	h_{i3}	h_{i4}	h_{i5}		r_{i1}	r_{i2}	r_{i3}	r_{i4}	r_{i5}
1	5	1	3	4	5	18	0,278	0,056	0,167	0,222	0,278
2	5	2	3	4	4	18	0,278	0,111	0,167	0,222	0,222
3	5	2	3	4	5	19	0,263	0,105	0,158	0,211	0,263
4	5	1	3	4	5	18	0,278	0,056	0,167	0,222	0,278
5	5	2	3	4	5	19	0,263	0,105	0,158	0,211	0,263
6	5	3	3	4	4	19	0,263	0,158	0,158	0,211	0,211
7	5	1	3	4	5	18	0,278	0,056	0,167	0,222	0,278
8	5	3	3	4	5	20	0,250	0,150	0,150	0,200	0,250
9	5	2	3	4	4	18	0,278	0,111	0,167	0,222	0,222
Сумма						167	2,428	0,907	1,457	1,943	2,265

Например, согласно таблице 2.8 первый и пятый факторы у эксперта №1 имеют одинаковый балл 5, т.е. являются самыми важными. Стандартизированные ранги для них будут иметь следующий вид: $(1+2)/2 = 1,5$, где 2 – количество объектов с одинаковыми баллами.

Определение согласованности W мнений экспертов оценивалось с помощью коэффициента конкордации Кендалла по формуле 2.6 [1]:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3-n)}, \quad (2.6)$$

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

$$S = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2} m(n+1) \right\}^2, \quad (2.7)$$

где j – номер эксперта.

Таким образом,

$$W = \frac{12 \cdot 511,7}{9^2(5^3 - 5)} = 0,63$$

Далее приведена таблица 2.9 по первой группе экспертов с приведением рангов, определением коэффициентов корреляции и коэффициента конкордации Кендалла.

Таблица 2.9 – 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_i (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 ранг $\sum_{i=1}^k \Delta_i^2 = 511,7$	134,5	268,9	40,7	16,8	50,4
Коэффициент конкордации $W_{1 \text{ группа}}$	0,63				

Как видно из полученных коэффициентов весомости для первой группы экспертов, факторы 1, 4, 5 имеют более сильную статистическую взаимосвязь, чем факторы 2, 3. Но при этом значение коэффициента конкордации Кендалла, равное 0,63 дает значительную согласованность экспертов.

По идентичному алгоритму была проведена обработка результатов опроса по второй и третьей группе экспертов, где коэффициенты конкордации Кендалла равны $W_{2 \text{ группа}} = 0,61$, $W_{3 \text{ группа}} = 0,64$.

Для определения степени согласованности мнений о важности исследования предлагаемых факторов по всем трем группам коэффициент конкордации Кендалла равен $W_{общ} = 0,62$, что позволяет сделать вывод о целесообразности исследования всей группы факторов [4,11]. В соответствии с этими результатами в ходе экспериментов варьирование наиболее значимыми факторами 1, 4 и 5 будет проводиться 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 предложен, оцениваться по пяти состояниям загрузки АТС-то 20% до 100%, малозначимый 2-й фактор по двум состояниям прицепа – снаряженной массы и с загрузкой на 50%.

2.3 Обоснование разработки методики реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС категории М₁, оснащенных системами ABS, EBD и BAS

Автотехническая экспертиза исследования ДТП путем логического анализа и инженерных расчетов устанавливает технические причинно-следственные, функциональные, временные и другие связи, действовавшие в процессе дорожно-транспортного происшествия [16].

Для производства экспертизы и реконструкции ДТП эксперту предоставляются исходные данные из материалов дела (протокол с места осмотра ДТП, схема ДТП, показания водителя и свидетелей и т.д.). При таких условиях эксперт определяет недостающие для расчета величины параметров торможения АТС, после чего приступает к исследованию [65,104].

Так как ДТП происходит за очень короткое время, то эксперту воссоздать действительную картину ситуации практически невозможно. Поэтому актуальной задачей является исследование механизма (реконструкции) ДТС. Как правило, механизм ДТП и его исследование происходит на фазе опасной обстановки, где возможно определить скорость движения ТС, тормозной путь, наличие или

отсутствие технической возможности у водителя предотвратить ДТП и действовал ли водитель согласно ПДД в условиях дорожной обстановки. Данные вопросы, как правило, лежат в основе содержания заключения эксперта. Последовательность развития ДТП представлена на рисунке 2.14 [39].

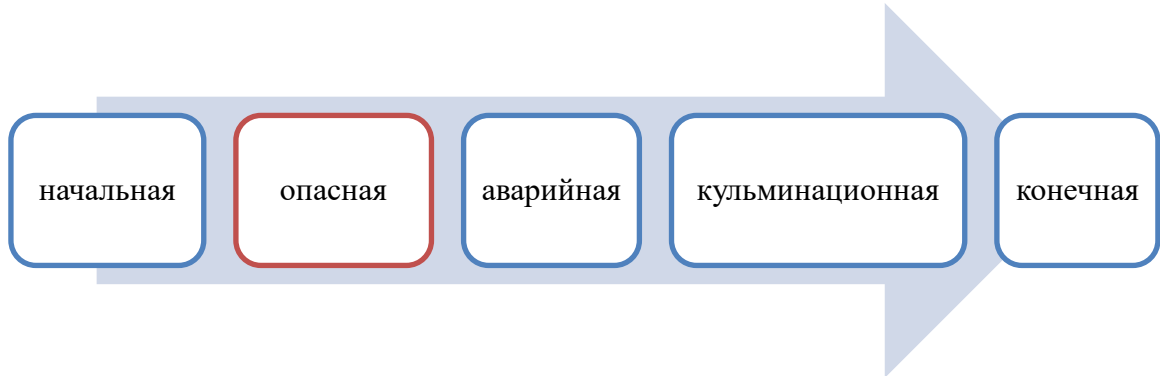


Рисунок 2.14 – Фазы развития ДТП

Для расчета скорости движения АТС, в зависимости от обстоятельств ДТС, в экспертной практике разработано множество формул, но наиболее объективным показателем, с помощью которого можно определить скорость АТС в момент перед столкновением или наездом, являются следы торможения (следы юза). В таком случае, скорость движения АТС может быть определена [17,40,41]:

$$V_a = 1,8 \cdot j_{юз} \cdot t_3 + \sqrt{26 \cdot S_{юз} \cdot j_{юз}}, \quad (2.8)$$

где 1,8; 26 – постоянные коэффициенты (переводные); $j_{юз}$ – установившееся замедление АТС категории M_1 , m/c^2 ; t_3 – время нарастания замедления АТС категории M_1 ; $S_{юз}$ – длина следов тормозного юза, м, (из схемы ДТП). В случае отсутствия следов торможения АТС на дорожном полотне, скорость движения устанавливается со слов водителя или очевидцев.

Тормозной путь АТС определяется по формуле [111]:

$$S_{тп} = t_2 + 0,5 \cdot t_3 \cdot \frac{V}{3,6} + \frac{V^2}{26 \cdot j_{юз}}, \quad (2.9)$$

где t_2 – время запаздывания срабатывания рабочей тормозной системы, с (для легковых АТС $t_2 = 0,1$); 3,6; 26 – постоянные коэффициенты (переводные); t_3 – время нарастания замедления АТС категории M_1 ; V – скорость транспортного средства, км/ч; $j_{юз}$ – установившееся замедление АТС категории M_1 , m/c^2 .

Определить техническую возможность у водителя предотвратить ДТП чаще всего возможно из расчета и оценки скорости движения АТС (V_a), его тормозного (S_T) и остановочного пути (S_o), а также от расстояния удаления АТС от места ДТП (наезда или столкновения) (S_y), рисунок 2.15 [110].



Рисунок 2.15 – Путь АТС, пройденный в опасной обстановке

Применение методик и их расчетных зависимостей для определения технической возможности у водителя избежать ДТП принимаются в зависимости от вида ДТП и дорожных условий. Исходя из анализа первой главы и определения основных видов ДТП – наезд на пешехода и столкновение ТС, то далее представлены основные расчетные зависимости, используемые в данных случаях при реконструкции ДТП [14,16,17,37,41].

Наличие технической возможности у водителя АТС предотвратить наезд на пешехода, а также предотвратить столкновение с другим ТС может быть выражено следующим неравенством [41,47,104,113]:

$$S_o < S_y, \quad (2.10)$$

где S_o – остановочный путь АТС, м; S_y – удаление АТС от места наезда на пешехода в момент возникновения опасности для движения.

Определение остановочного пути АТС при отсутствии следов торможения S_o рассчитывается по формуле [91, 126]:

$$S_o = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26 \cdot j_{y3}}, \quad (2.11)$$

где t_1 – время реакции водителя, с; t_2 – время запаздывания срабатывания рабочей тормозной системы, с (для легковых АТС $t_2 = 0,1$); t_3 – время нарастания установившегося замедления АТС категории М₁, м/с²; V_a – скорость движения АТС (при отсутствии следов тормозного юза V_a устанавливается со слов водителя или очевидцев), км/ч; 3,6; 26 – переводные коэффициенты из км/ч в м/с.

Определение расстояния удаления АТС S_y без торможения для условий наезда (столкновения) вычисляется из выражения [110,111,114,126]:

$$S_y = S_n \cdot \frac{V_a}{V_n}, \quad (2.12)$$

где S_n – расстояние, которое преодолел пешеход в зоне опасности до момента наезда; V_a – скорость движения АТС (при отсутствии следов тормозного юза V_a устанавливается со слов водителя); V_n – скорость движения пешехода, км/ч.

Таким образом, если остановочный путь меньше чем расстояние удаления от места ДТП $S_o < S_y$, то эксперт может сделать вывод о том, что водитель имел техническую возможность предотвратить ДТП (наезд на пешехода), своевременно и полностью применив меры к снижению скорости при возникновении опасности для движения. Если $S_o > S_y$, то водитель не имел технической возможности предотвратить ДТП (наезд на пешехода).

В случае если водитель применял торможение и на дорожном покрытии имеются следы торможения, то решение вопроса будет начинаться с расчета о скорости движения АТС по формуле 2.8.

Расчет остановочного пути АТС при наличии следов торможения в данном случае будет определяться по формуле [37,40,113]:

$$S_o = (t_1 + t_2 + t_3) \frac{V_a}{3,6} + S_{\text{ю}}. \quad (2.13)$$

Расчет расстояния удаления АТС от места наезда на пешехода в момент принятия решения о совершении экстренного торможения будет определяться по формуле [91,126]:

$$S_y = (t_1 + t_2 + t_3) \frac{V_a}{3,6} + S_t - B_{\text{тс}} - L_{\text{п.с.}}, \quad (2.12)$$

где S_t – расстояние, пройденное АТС от начала образования следов торможения до места наезда на пешехода, зафиксированного на схеме происшествия, м; $B_{ТС}$ – база ТС, м; $L_{п.с.}$ – длина переднего свеса ТС, м.

Выводы о наличии технической возможности предотвратить ДТП у водителя будут аналогичны с предыдущими.

Все расчетные зависимости (2.8 – 2.12) указанные выше будут использованы для разработки методики реконструкции ДТП по параметрам торможения автомобилей категории M_1 , оснащенных системами ABS, EBD и BAS, с учетом дорожно-транспортных условий эксплуатации, таких как: фактическая загруженности АТС, наличие прицепа категории O_1 , состояние поверхности дорожного покрытия и типа сезонности шин.

Для реализации методики реконструкции ДТП предлагается производить расчет значений установившегося замедления и времени его нарастания при локальном случае, когда учитываются коэффициент сцепления колеса с дорогой φ и загруженность автомобиля по двухфакторным регрессионным моделям для одиночного АТС, оснащенного системами ABS, EBD и BAS, со снаряженным прицепом и с загрузкой, а также с разным типом сезонности шин:

$$j_{юз}, t_{нз} = f(\varphi, M_a), \quad (2.14)$$

где φ – коэффициент сцепления колеса с дорогой; M_a – загруженность АТС.

Также предлагается использовать обобщенные математические модели прогнозирования исследуемых величин для АТС, оснащенных ABS, EBD и BAS и без них в равных условиях эксплуатации с учетом всех влияющих факторов:

$$y_{юз} = b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_k x_k \quad (2.15)$$

$$y_{твр} = b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_k x_k, \quad (2.16)$$

где y – установившееся замедление АТС, m/s^2 , или время нарастания замедления АТС, с; b_0, b_1, b_k – коэффициенты регрессионной модели, x_1, x_k – факторы (коэффициент сцепления, x_2 – тип сезонности шин, x_3 – наличие систем ABS, EBD, BAS, x_4 – загруженность АТС, %, x_5 – наличие прицепа категории O_1).

Данные модели актуально использовать в случаях, когда проведение натурного эксперимента не представляется возможным в ходе расследования и

реконструкции ДТП.

Также после проведения экспериментальных исследований предлагается сопоставить данных значений установившегося замедления и времени его нарастания для машин, оснащенных системами ABS, EBD, BAS и без таковых, что позволит получить коэффициенты корректировки рекомендованных нормативных данных, учитывающие современную конструкцию тормозных систем [130].

Для расчета таких коэффициентов предлагается использовать ранее апробированный метод в качестве соотношения показателей исследуемых значений в виде [19,64]:

коэффициент корректировки $j_{уз}$:

$$K_{j_{кор}} = \frac{j_{уз}^{\phi}(\text{н/с})}{j_{уз}^{\phi}(\text{б/с})}, \quad (2.17)$$

коэффициент корректировки $t_{нз}$:

$$K_{t_{кор}} = \frac{t_{нз}^{\phi}(\text{н/с})}{t_{нз}^{\phi}(\text{б/с})}, \quad (2.18)$$

где $K_{j_{кор}}$ – коэффициент, корректирующий значений установившегося замедления АТС категории M_1 , оснащенных системами ABS, EBD, BAS; $j_{уз}^{\phi}(\text{н/с})$ – фактическое (экспериментальное) значение установившегося замедления АТС с учетом наличия систем; $j_{уз}^{\phi}(\text{б/с})$ – фактическое (экспериментальное) значение установившегося замедления АТС с учетом отсутствия систем; $K_{t_{кор}}$ – коэффициент, корректирующий время нарастания установившегося замедления АТС категории M_1 , оснащенных системами ABS, EBD, BAS; $t_{нз}^{\phi}(\text{н/с})$ – фактическое (экспериментальное) значение времени нарастания установившегося замедления АТС категории M_1 с учетом наличия систем; $t_{нз}^{\phi}(\text{б/с})$ – фактическое (экспериментальное) значение времени нарастания установившегося замедления АТС с учетом отсутствия систем.

Коэффициенты, корректирующих установившееся замедление $K_{j_{кор}}$ и время его нарастания $K_{t_{кор}}$ для АТС категории M_1 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:

$$V_a = 1,8 \cdot j_{юз} \cdot K_{j\text{ коп}} \cdot t_3 \cdot K_{t\text{ коп}} + \sqrt{26 \cdot S_{ю} \cdot j_{юз} \cdot K_{j\text{ коп}}} \cdot \quad (2.19)$$

– остановочный путь ТС при отсутствии следов торможения, м:

$$S_o = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3 \cdot K_{t\text{ коп}}) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26 \cdot j_{юз} \cdot K_{j\text{ коп}}} \cdot \quad (2.20)$$

– остановочный путь ТС при наличии следов торможения, м:

$$S_o = (t_1 + t_2 + t_3 \cdot K_{t\text{ коп}}) \frac{V_a}{3,6} + S_{ю} \cdot \quad (2.21)$$

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

$$S_y = (t_1 + t_2 + t_3 \cdot K_{t\text{ коп}}) \frac{V_a}{3,6} + S_t - B_{TC} - L_{п.с} \cdot \quad (2.22)$$

– остановочное время ТС путем экстренного торможения, с:

$$T_o = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3 \cdot K_{t\text{ коп}}) \frac{V_a}{3,6 \cdot j_{юз} \cdot K_{j\text{ коп}}}, \quad (2.23)$$

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; $j_{юз}$ – установившееся замедление ТС, м/с²; $K_{j\text{ коп}}$ – коэффициент, корректирующий величину установившегося замедления ТС категории М₁; t_3 – время нарастания замедления ТС; $K_{t\text{ коп}}$ – коэффициент, корректирующий величину времени нарастания установившегося замедления ТС категории М₁; $S_{ю}$ – 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_{TC} – база ТС, м; $L_{п.с}$ – длина переднего свеса ТС, м.

Таким образом, для подтверждения рабочей гипотезы и реализации методики реконструкции ДТП по параметрам торможения для современных автомобилей категории М₁, необходимо проведение экспериментальных исследований с целью оценки влияния систем ABS, EBD и BAS на формирование значений установившегося замедления и времени его нарастания.

Выводы по второй главе

Теоретические исследования конструктивных факторов тормозного управления АТС категории M_1 , в виде систем ABS, EBD, BAS и типа сезонности шин в дорожно-транспортных условиях эксплуатации, таких как: фактическая загруженность АТС, наличие прицепа категории O_1 и состояния поверхности дорожного покрытия позволило более емко проанализировать и предположить их влияние на параметры торможения АТС. Таким образом, подтверждается целесообразность определения фактических значений установившегося замедления и времени его нарастания с помощью экспериментальных исследований, так как требуется статистическая оценка влияния исследуемых факторов для использования в рамках автотехнической экспертизы.

Экспертным опросом определена важность предлагаемых к рассмотрению факторов, а методом априорного ранжирования определены наиболее значимые факторы для проведения дальнейших экспериментальных исследований. Это подтверждает обобщенный коэффициент конкордации по трем группам экспертов $W = 0,62$. В соответствии с этими результатами в ходе планируемых экспериментов варьирование наиболее значимыми факторами 1, 4 и 5 будет рассматриваться 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 оценивается по пяти состояниям загрузки АТС- то 20% до 100%, малозначимый 2-й фактор по двум состояниям прицепа – снаряженной массы и с загрузкой на 50%.

Предложены регрессионные модели для АТС категории M_1 наиболее точно характеризующие величины установившегося замедления j_{uz} и время его нарастания t_{ep} с учетом наличия или отсутствия систем ABS, EBD и BAS, что позволят оптимально спланировать и организовать натурный эксперимент, а также коэффициенты, корректирующие величины установившееся замедления и

времени его нарастания, с учетом условий движения, таких как фактическая загруженность АТС, наличие прицепа, состояние поверхности дорожного покрытия и сезонности шин, которые предлагаются вводить в основные расчетные зависимости, определяющие параметры движения АТС, используемые при расчетах реконструкции ДТП.

Таким образом, для подтверждения теоретического исследования, необходимо выполнить следующие задачи:

- 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.

ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО - РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОРМОЖЕНИЯ АТС КАТЕГОРИИ М₁

Целью экспериментальных исследований являлось подтверждение рабочей гипотезы и теоретических исследований о влиянии конструктивных факторов тормозного управления АТС категории М₁, в виде систем ABS, EBD, BAS и типа сезонности шин в дорожно-транспортных условиях эксплуатации, таких как: фактическая загруженность АТС, наличие прицепа категории О₁ и состояния поверхности дорожного покрытия на формирование значений установившегося замедления и времени его нарастания.

Для решения поставленной цели выполнены следующие задачи:

- установлена степень и закономерность влияния систем ABS, EBD и BAS на исследуемые величины для АТС при экстренном торможении в различных условиях движения;
- разработаны математические модели для расчета установившегося замедления и времени его нарастания при экстренном торможении АТС категории М₁, оснащенных системами ABS, EBD и BAS.

3.1 Условия, ограничения и допущения экспериментальных исследований

Для реализации указанных выше задач проведен комплекс экспериментальных исследований в виде натурного эксперимента с использованием 6-ти образцов АТС категории М₁, оснащенных системами ABS, EBD и BAS, и 6-ми образцов без оснащения такими системами. Перед проведением эксперимента проводилась оценка технического состояния образцов на предмет соответствия их нормативным требованиям. Замеры производились при экстренном торможении на выделенном мерном участке пути заезда после измерения на нем коэффициента сцепления φ . Для обеспечения достоверности полученных результатов параметры торможения установившегося замедления $j_{уз}$ и времени его нарастания $t_{нз}$ по каждой серии замеров регистрировались в ходе не

менее чем 4-х заездов, по два во взаимно противоположных направлениях. При выполнении эксперимента проводилось варьирование четырьмя указанными факторами. Все прочие условия организации и проведения экспериментов соответствовали требованиям ГОСТ 33997-2016 Межгосударственный стандарт. «Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки» [31]. Схема организации экспериментальных исследований представлена на рисунке 3.1.

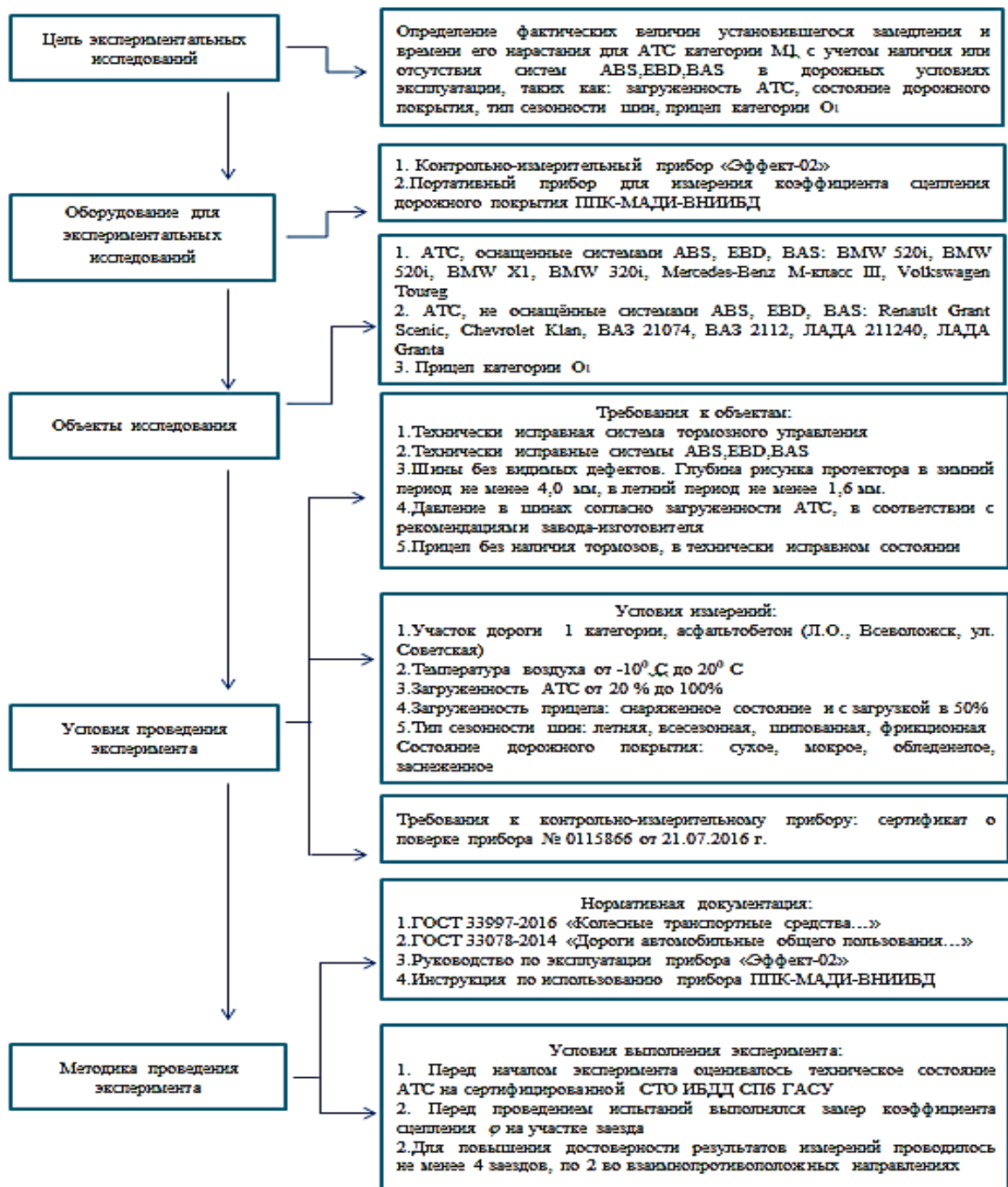


Рисунок 3.1 – Схема организации экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования проводились на участке автомобильной дороги 1-й категории в Ленинградской области (район г. Всеволожск) с охватом всех времен года в период с ноября 2016 г. по октябрь 2017 г. (рисунок 3.2). В общей сложности в ходе экспериментов было проведено 240 опытов [4].



Рисунок 3.2 – Фрагменты испытаний АТС категории М₁ и прицепа категории О₁

Техническое состояние прицепа и его тягово-сцепного устройства, также как и автомобили принимались, как работоспособные после осмотра на сертифицированной СТО ИБДД СПб ГАСУ. При проведении эксперимента прицеп использовали исключительно в весенне-летний период, т.к. при использовании его в остальное время года, когда коэффициент сцепления ϕ ниже 0,3 не представлялось возможным в связи с безопасностью дорожного движения [121]. Автомобили и прицеп, используемые для проведения эксперимента представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Исследуемые АТС категории М₁ и прицеп О₁

Марка, модель	Тип АТС	Масса без нагрузки, кг	Разрешенная max масса, кг	наличие систем ABS, BAS, EBD
BMW 520i (2014 г.в)	седан	1595	1615	да
BMW 520i (2017 г.в)	седан	1595	1615	да
BMW X1	кроссовер	1585	2145	да
BMW 320	седан	1425	1870	да
Volkswagen Touareg	внедорожник	2148	2890	да
Mercedes-Benz	внедорожник	2155	2900	да

Renault Grant Scenic	универсал	1561	2146	нет
Chevrolet Klan	седан	1300	1660	нет
Lada 219010 Granta	седан	1160	1560	нет
ВАЗ 21074	седан	1060	1460	нет
ВАЗ 2112	универсал	1400	1800	нет
ЛАДА 211240	седан	1060	1515	нет
LAV 81011	прицеп	175	700	нет

Системы ABS, EBD и BAS принимались как работоспособные после контроля световых индикаторов на щитке приборов в автомобилях, согласно [31].

При проведении эксперимента все автомобили были укомплектованы шинами, согласно погодным условиям и сезонности. Все шины имели допустимый износ, который определялся с помощью индикатора износа. Остаточная глубина износа не превышала для летних шин более 1,6 мм, а для зимних 4,0 мм. Давление в шинах было установлено в соответствии с рекомендациями заводов-изготовителей транспортных средств [86].

Во время эксперимента в период «весна-лето» использовались летние, всесезонные, шипованные и фрикционные шины, а в период «осень-зима» всесезонные, шипованные и фрикционные шины. Летние шины в зимний период времени не применялись при экспериментах, так как это не обеспечивало безопасность дорожного движения [121] и прямое нарушение ПДД [86]. Тип сезонности шин, используемых в эксперименте, представлены на рисунке 3.3.

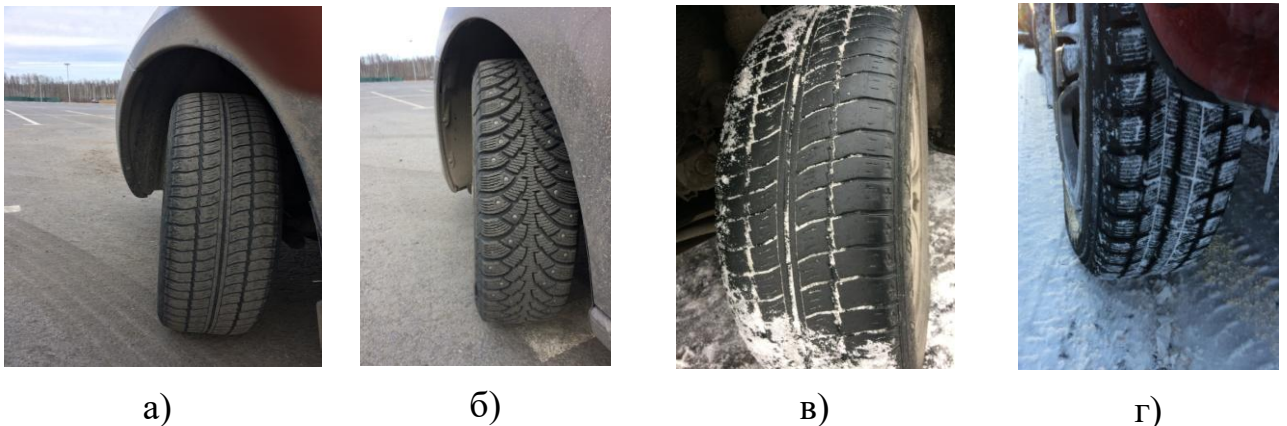


Рисунок 3.3 - Тип сезонности шин: а) летняя, б) шипованная, в) всесезонная, г) фрикционная

Экспериментальные исследования проводились на асфальтобетонном покрытии с разным состоянием, согласно сезонности и температурному режиму окружающей среды (рисунок 3.4).



а)



б)



в)



г)

Рисунок 3.4 – Состояние асфальтобетонного покрытия: а) сухое, б) мокрое, в) заснеженное, г) обледенелое

Фиксация величин установившегося замедления и времени его нарастания во время эксперимента была выполнена посредством прибора для определения эффективности тормозной системы автомобиля типа «Эффект-02» научно-производственной фирмы «Мета» [87], представленного на рисунке 3.5.



Рис. 3.5 - Внешний вид контрольно-измерительного прибора «Эффект-02»

Основные технические данные прибора представлены в Приложении Г. Прибор имеет сертификат о поверке № 0115866 от 21.07.2016 г., погрешность прибора при определении установившегося замедления не превышала $\pm 0,39 \text{ м/с}^2$ (Приложение Д).

3.2 Методика проведения экспериментального исследования

Эксперимент по замеру фактических величин установившегося замедления АТС и времени его нарастания был проведен согласно ГОСТ 33997-2016 [31] и руководством по эксплуатации контрольно-измерительных приборов [32,87].

Перед каждым опытом с помощью прибора ППК-МАДИ-ВНИИБД (рисунок 3.6) был определен коэффициент сцепления колеса с дорогой (таблица 3.2)

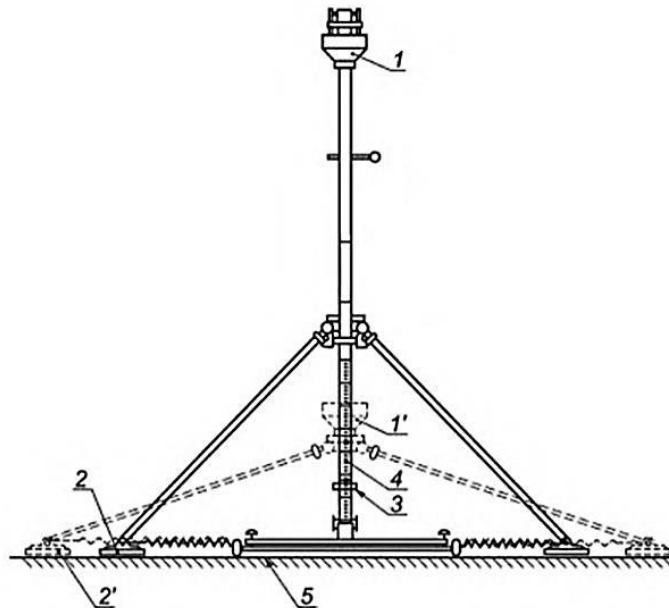


Рисунок 3.6 – Общий вид прибора ППК-МАДИ-ВНИИБД

(1' - положение груза до проведения испытаний; 1 – положение груза после проведения испытаний; 2 – положение имитаторов до проведения испытаний; 2' - положение имитаторов после проведения испытаний; 3 – измерительное кольцо; 4 – шкала значений прибора; 5 – дорожное покрытие)

Таблица 3.2 – 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

Во время эксперимента по замеру установившегося замедления и времени его нарастания электронный блок прибора располагался строго в вертикальном положении на боковом ветровом стекле транспортного средства, представленный на рисунке 3.7, а датчик усилия на педали тормоза, рисунок 3.8, согласно руководству по эксплуатации.



Рисунок 3.7 - Установка блока на боковом ветровом стекле



Рисунок 3.8 - Установка датчика на педали тормоза

Предоставленный для проведения эксперимента СПб ГУП «Пассажиравтотранс» специалист-водитель разгонял АТС до 40 ± 4 км/ч, затем применял экстренное торможение с помощью рабочей тормозной системы. В то время, когда процесс торможения был закончен, специалист снимал показания фактического значения установившегося замедления и времени его нарастания с использованием прибора, далее значения заносятся в протокол. Каждый заезд был произведен не менее четырех раз [31,122,124].

Транспортные средства, согласно обоснованным эксплуатационным факторам варьирования (таблица 2.5) во время эксперимента имели разную фактическую загрузженность, а именно от 20 до 100 %, где: 20% – снаряженная масса ТС + водитель; 40% – водитель + 1 пассажир; 60% – водитель + 2 пассажира; 80% – водитель + 3 пассажира; 100% – водитель + 4 пассажира. Прицеп использовался, как в снаряженном состоянии, так и с загрузкой в 50 %. В качестве груза были использованы мешки с цементов общим весом в 250 кг. Прицеп во время экспериментального исследования представлен на рисунке 3.9.



Рисунок 3.9 – Прицеп категории O_1 во время экспериментального исследования

В результате экспериментальных исследований, автором было произведено 240 опытов, в каждом по четыре заезда [123,124], что в последующем позволило получить эмпирические значения измеряемых величин, произвести сравнительный анализ, определить корректирующие коэффициенты и математические модели для расчета установившегося замедления и времени его нарастания.

Во время экспериментального исследования и в процессе работы с контрольно – измерительным прибором «Эффект-02» были установлены недостатки, связанные со штатным креплением. Таким образом, автором разработаны патенты на полезные модели [80,81], в виде устройств крепления, относящиеся к области автомобильного сервиса, в частности, к контрольно-измерительному (диагностическому) оборудованию. Данные устройства позволяют надежно зафиксировать электронный блок на ветровом стекле ТС и датчик усилия нажатия на педали тормоза, тем самым повышая точность в

измерениях при движении АТС и значительно экономя время на их установку [6]. Разработанные устройства крепления представлены на рисунках 3.10-3.12 и в Приложении В.



Рисунок 3.10 – Разработанные полезные модели в виде макета

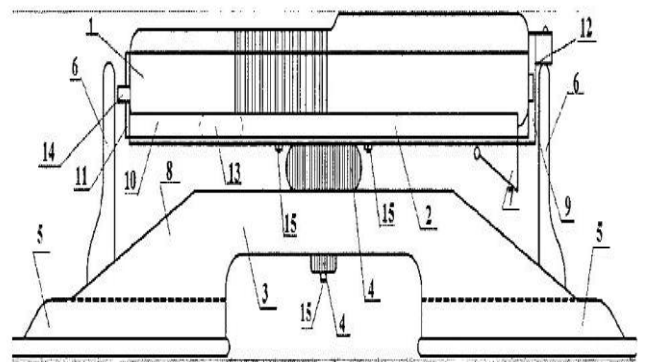
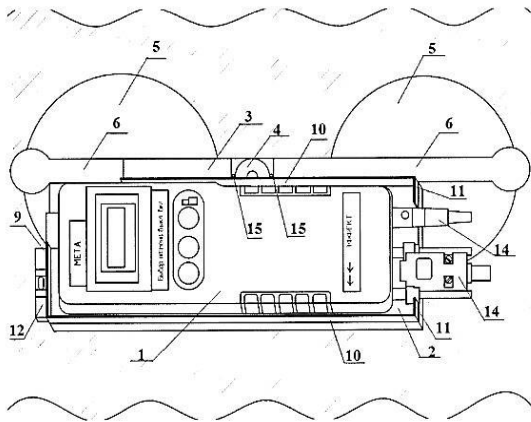


Рисунок 3.11 – Фигуры устройства крепления для прибора (1-блок, 2-поворотная площадка, 3- ручка стеклодомкрата, 4-подвижное шарнирное устройство, 5- вакуумные присоски, 7-ручка-зажим, 8-стеклодомкрат, 9-верхняя стопорная стенка, 10-стопорные стенки боковые, 11-стопорная стенка нижняя, 12-уровень наклона прямолинейности, 13-присоска, 14-крепление разъёмов кабелей, 15- шурупы) [6,80]

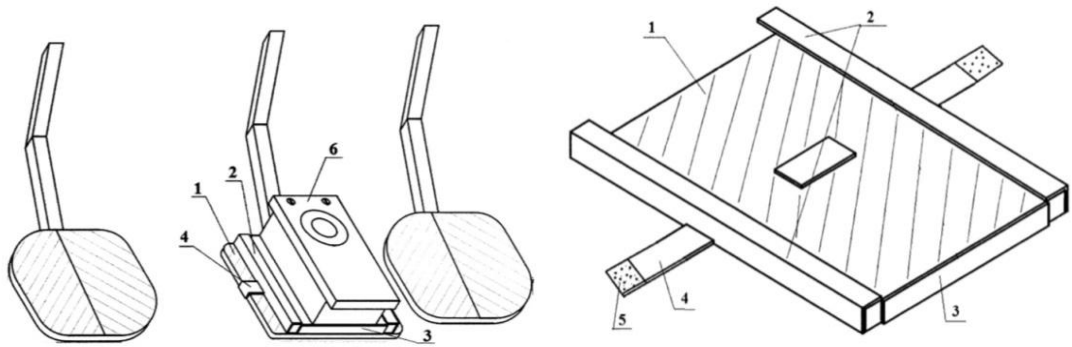


Рисунок 3.12 – Фигуры устройства крепления для датчика (1- металлическая площадка, 2- направляющий паз, 3- нижняя стоп-планка, 4- эластичный ремень, 5- застежка-липучка, 6- датчик усилия нажатия педаль) [6,81]

3.3 Обработка экспериментальных исследований

Обработка и анализ полученных результатов эксперимента проводилась с применением общепринятой стандартной математической статистики, реализованной в системе STATGRAPHICS Plus версии v5.1 [89]. Математическое обоснование адекватности регрессионных моделей было проведено с учетом дорожно-транспортных факторов: одиночное АТС и АТС с частичной загрузкой, АТС с наряженным прицепом и его частичной загрузкой, АТС с разным типом шин. На основании вышеизложенного в таблице 3.3 в качестве примера представлены факторы и их уровни варьирования для двухфакторного эксперимента [12].

Таблица 3.3 - Факторы и их уровни варьирования

№	Название фактора	Уровни
x_1	загруженность ТС	20%-водитель (-1) 40%-водитель+1 пассажир (-0,5) 60%-водитель+2 пассажира (0) 80%-водитель+3 пассажира (+0,5) 100%-водитель+4 пассажира (+1)
x_2	тип и состояние дорожного покрытия (коэффициент сцепления φ)	асфальт сухой/ $\varphi = 0,74$ (-1) асфальт мокрый/ $\varphi = 0,49$ (-0,333333) асфальт, покрытый снегом/ $\varphi = 0,38$ (+0,333333) обледенелый асфальт/ $\varphi = 0,31$ (+1)

По результатам экспериментальных исследований получены фактические значения установившегося замедления $j_{уз}$ и времени его нарастания $t_{нз}$ для АТС категории М₁ с учетом наличия и отсутствия в их конструкции систем ABS, EBD и BAS при одинаковых условиях движения машин. В качестве примера экспериментальные значения $j_{уз}$ и $t_{нз}$, полученные в ходе исследования, представлены в таблицах 3.4 – и 3.8 [4,5,6,8,11,12]. В полном объеме результаты представлены в Приложении Е.

Таблица 3.4 – Экспериментальные значения установившегося замедления $j_{уз}$ и времени его нарастания $t_{нз}$ для АТС категории М₁, оснащенных системами ABS, EBD и BAS, в зависимости от типа шин при загрузке в 20 %

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%, $j_{уз}/t_{нз}$
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
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 3.5 – Экспериментальные значения установившегося замедления $j_{уз}$ и времени его нарастания $t_{нз}$ для АТС категории М₁, оснащенных системами ABS, EBD и BAS, в зависимости от типа шин при загрузке в 40 %

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%, $j_{уз}/t_{нз}$
загруженность автомобиля 40 %				
0,74	всесезонная	8,11/0,34	7,98/0,34	7,85/0,34
	фрикционная	6,51/0,34	6,38/0,34	6,25/0,34
	шипованная	5,41/0,34	5,28/0,34	5,15/0,34
	летняя	8,31/0,36	8,18/0,36	8,05/0,36
0,49	всесезонная	6,71/0,31	6,58/0,31	6,45/0,31
	фрикционная	6,41/0,30	6,28/0,30	6,15/0,30
	шипованная	4,91/0,28	4,78/0,28	4,65/0,28

Продолжение таблицы 3.5

	летняя	7,31/0,34	7,18/0,34	7,05/0,34
0,38	всесезонная	3,33/0,28	–	–
	фрикционная	6,37/0,34	–	–
	шипованная	6,17/0,31	–	–
0,31	всесезонная	3,17/0,24	–	–
	фрикционная	4,57/0,28	–	–
	шипованная	5,17/0,30	–	–

Таблица 3.6 – Экспериментальные значения установившегося замедления $j_{уз}$ и времени его нарастания $t_{нз}$ для АТС категории М₁, оснащенных системами ABS, EBD и BAS, в зависимости от типа шин при загрузке в 60 %

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%, $j_{уз}/t_{нз}$
загруженность автомобиля 60 %				
0,74	всесезонная	7,72/0,34	7,59/0,34	7,46/0,34
	фрикционная	6,12/0,34	5,99/0,34	5,86/0,34
	шипованная	5,02/0,34	4,89/0,34	4,76/0,34
	летняя	7,92/0,36	7,79/0,36	7,66/0,36
0,49	всесезонная	6,32/0,31	6,19/0,31	6,06/0,31
	фрикционная	5,89/0,30	5,76/0,30	5,63/0,30
	шипованная	4,52/0,28	4,39/0,28	4,26/0,28

Продолжение таблицы 3.6

	летняя	6,92/0,34	6,79/0,34	6,66/0,34
0,38	всесезонная	3,2/0,28	–	–
	фрикционная	6,24/0,34	–	–
	шипованная	6,04/0,31	–	–
0,31	всесезонная	3,04/0,24	–	–
	фрикционная	4,44/0,28	–	–
	шипованная	5,04/0,30	–	–

Таблица 3.7 – Экспериментальные значения установившегося замедления $j_{уз}$ и времени его нарастания $t_{нз}$ для АТС категории М₁, не оснащенных системами ABS, EBD и BAS, в зависимости от типа шин при загрузке в 20 %

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%, $j_{уз}/t_{нз}$
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	–	–

Таблица 3.8 – Экспериментальные значения установившегося замедления $j_{уз}$ и времени его нарастания $t_{нз}$ для АТС категории М₁, не оснащенных системами ABS, EBD и BAS, в зависимости от типа шин при загрузке в 40 %

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%, $j_{уз}/t_{нз}$
загруженность автомобиля 40 %				
0,74	всесезонная	5,99/0,33	5,82/0,33	6,65/0,33
	фрикционная	5,68/0,31	5,33/0,31	5,38/0,31
	шипованная	4,75/0,31	4,6/0,31	4,45/0,31
	летняя	6,29/0,31	6,12/0,31	6,95/0,31
0,49	всесезонная	4,59/0,30	4,42/0,30	4,25/0,30
	фрикционная	4,45/0,26	4,3/0,26	4,15/0,26
	шипованная	4,25/0,24	4,1/0,24	3,95/0,24
	летняя	5,09/0,29	4,92/0,29	4,75/0,29
0,38	всесезонная	2,73/0,20	–	–
	фрикционная	4,73/0,25	–	–
	шипованная	4,53/0,27	–	–
0,31	всесезонная	2,53/0,21	–	–
	фрикционная	3,33/0,25	–	–
	шипованная	3,73/0,27	–	–

Результаты опытов обрабатывались методами математической статистики, с построением алгебраического уравнения, выражающего зависимость исследуемого параметра в зависимости от исходных факторов [1].

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + \dots + b_{(n-1)n}x_{n-1}x_n, \quad (3.1)$$

где y – функция отклика (оптимизируемый параметр); b_0 – среднее значение функции; b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 – коэффициенты регрессии, учитывающие влияние каждого из факторов в отдельности; $b_{12}, b_{13}, b_{14}, b_{23}, b_{24}, b_{34}$ – коэффициенты регрессии, учитывающие влияние парных факторов, x_1, x_2, \dots, x_n – варьируемые факторы.

Коэффициенты регрессии для откликов $y_{juz}, y_{тер}$ вычисляли по формулам и в программе STATGRAPHICS [89]:

$$b_0 = \sum y_u / N, \quad (3.2)$$

$$b_i = \sum x_{iu} y_u / N, \quad (3.3)$$

$$b_{ij} = \sum x_{iu} x_{ju} y_u / N, \quad (3.4)$$

где y_u – среднее значение исследуемого свойства в u -м опыте; x_{iu} – значение фактора x_i в u -м опыте; x_{ju} – значение фактора x_j в u -м опыте ($j \neq i$); N – количество опытов по плану.

Анализ полученных результатов 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 $t_{нз}$ (рисунок 3.13 – 3.16).

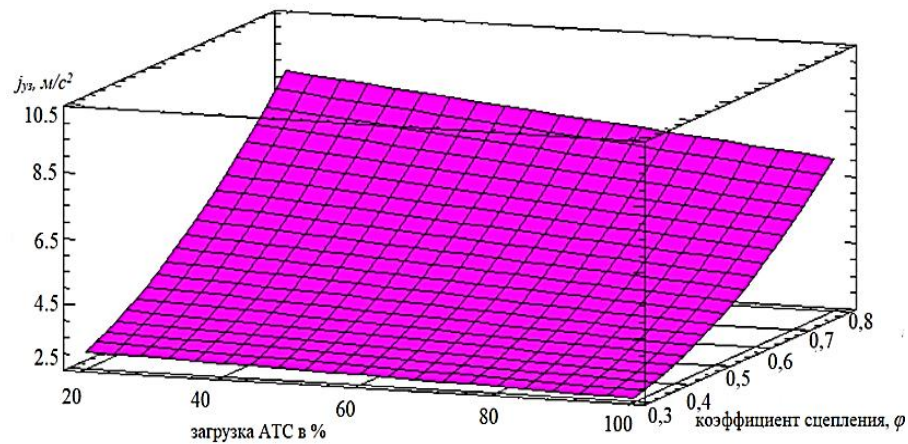


Рисунок 3.13 – График изменения показателей установившегося замедления $j_{уз}$ АТС на примере с всесезонной шиной при наличии систем ABS, EBD и BAS

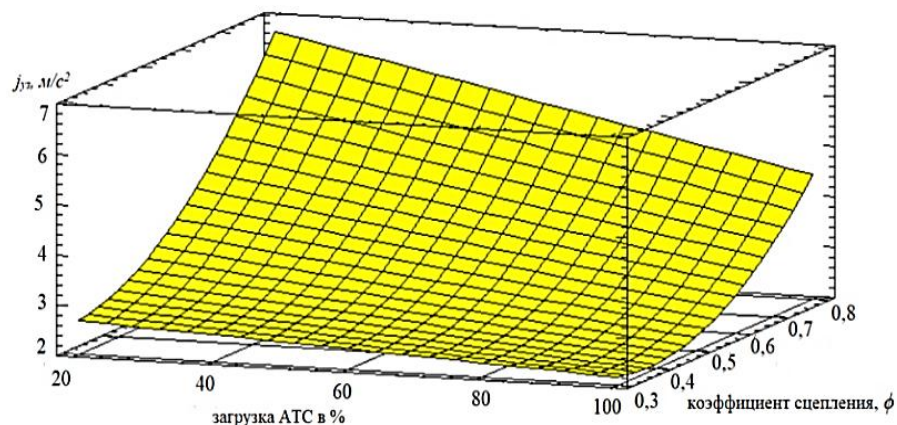


Рисунок 3.14 – График изменения показателей установившегося замедления $j_{уз}$ АТС на примере с всесезонной шиной без наличия систем ABS, EBD и BAS

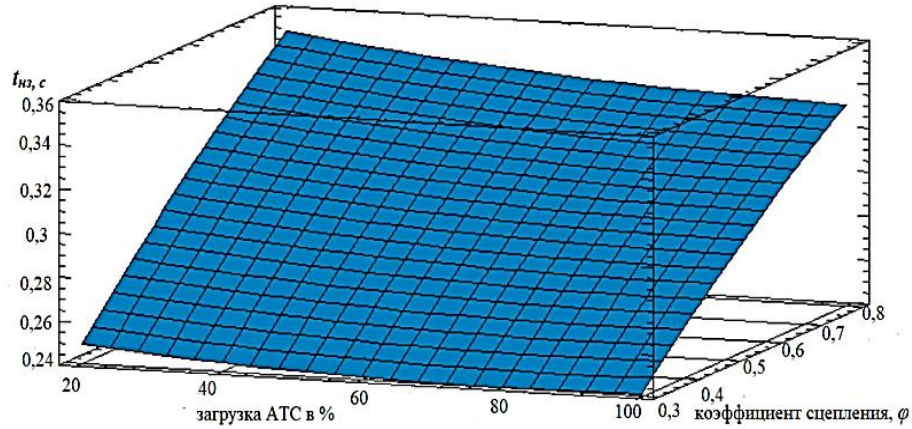


Рисунок 3.15 – График изменения показателей времени нарастания замедления $t_{нз}$ АТС на примере с всесезонной шиной при наличии систем ABS, EBD и BAS

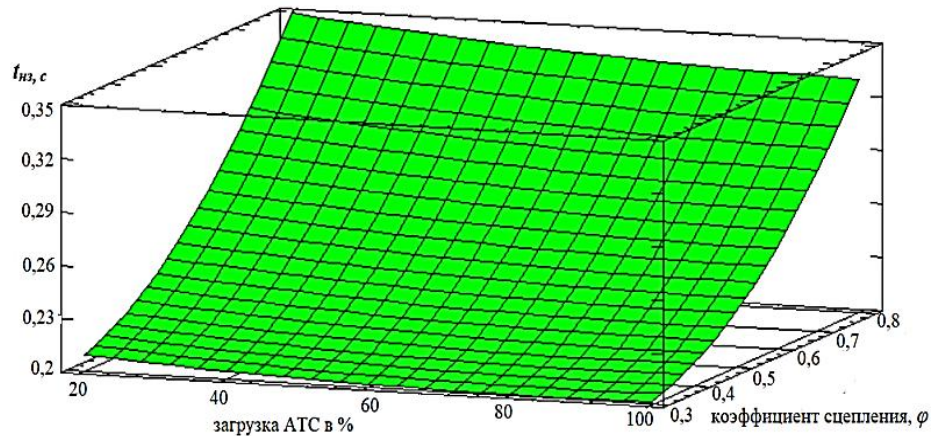


Рисунок 3.16 – График изменения показателей времени нарастания замедления $t_{нз}$ АТС на примере с всесезонной шиной без наличия систем ABS, EBD и BAS

По виду графика на рисунке 3.13 можно сделать вывод, что при наличии систем ABS, EBD, BAS значение установившегося замедления имеет более высокий показатель при равных условиях в сравнении с автомобилями, не имеющими таких систем.

Обработка результатов экспериментальных значений позволила получить уравнения регрессии с достоверностью аппроксимации от 93 до 95 %, что указывает на достоверность результатов исследования, представленные в таблице 3.9. Уравнения регрессии, позволяют получить единичное значение установившегося замедления для любого АТС категории M_1 с учетом исследуемых факторов [4,7,8,11,12] .

Таблица 3.9 – Примеры уравнений регрессии установившегося замедления и его времени нарастания

№	Параметры измерения	Уравнения регрессии, $y=f(x)$	R^2
1	у – 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%
2	у – 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%
3	у – 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%
4	у – 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^2 , или время нарастания замедления АТС, с; x_1 – загруженность АТС, %, x_2 – коэффициент сцепления.

Результаты исследований показывают, например, что у АТС при наличии систем ABS, EBD и BAS с учетом всесезонной шины, при 20 % загрузке замедление на сухом асфальтобетоне при $\varphi = 0,74$ составило $j_{yz} = 8,5 \text{ м/с}^2$, а у АТС при таких же условиях, но без наличия систем $j_{yz} = 6,5 \text{ м/с}^2$, т.е. применение ABS, EBD и BAS способствует увеличению замедления примерно на 13,0 %. Это значения явно превышает вероятную погрешность традиционных методов расчетов и является значимым.

3.4 Результаты экспериментальных исследований установившегося замедления и времени его нарастания АТС категории М₁, оснащенных системами ABS, EBD, BAS

По результатам обработки экспериментальных данных определены значения установившегося замедления $j_{уз}$ и времени его нарастания $t_{нз}$ для АТС, оснащенных системами ABS, EBD и BAS по каждому типу фактора для использования их в качестве базы данных при реконструкции ДТП [5]. База данных реализована в виде графиков поверхности отклика, представленных на рисунках 3.17 – 3.22. В полном объеме графики представлены в Приложении Ж.

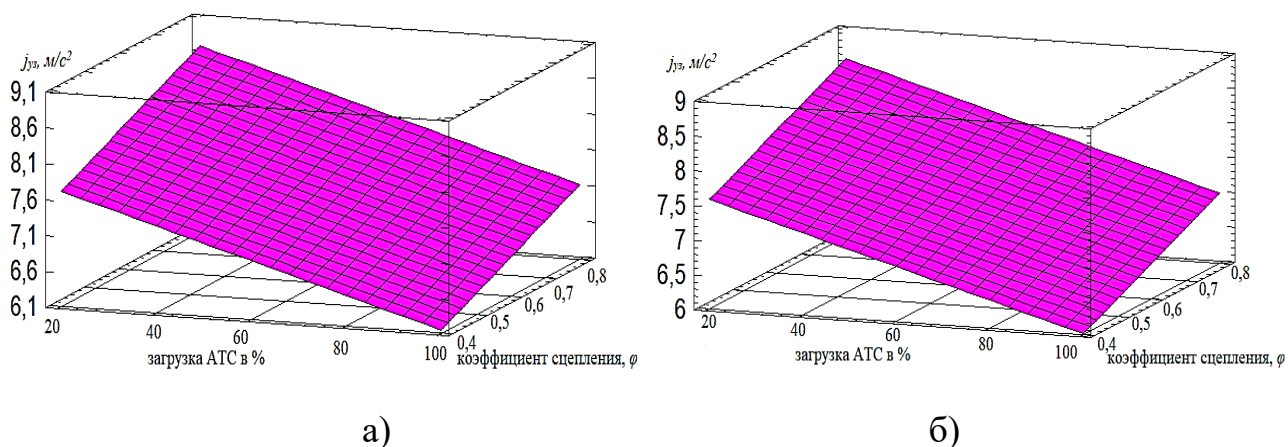


Рисунок 3.17 – График показателей установившегося замедления $j_{уз}$ АТС на примере с летней шиной: а) одиночное АТС, б) АТС со снаряженным прицепом

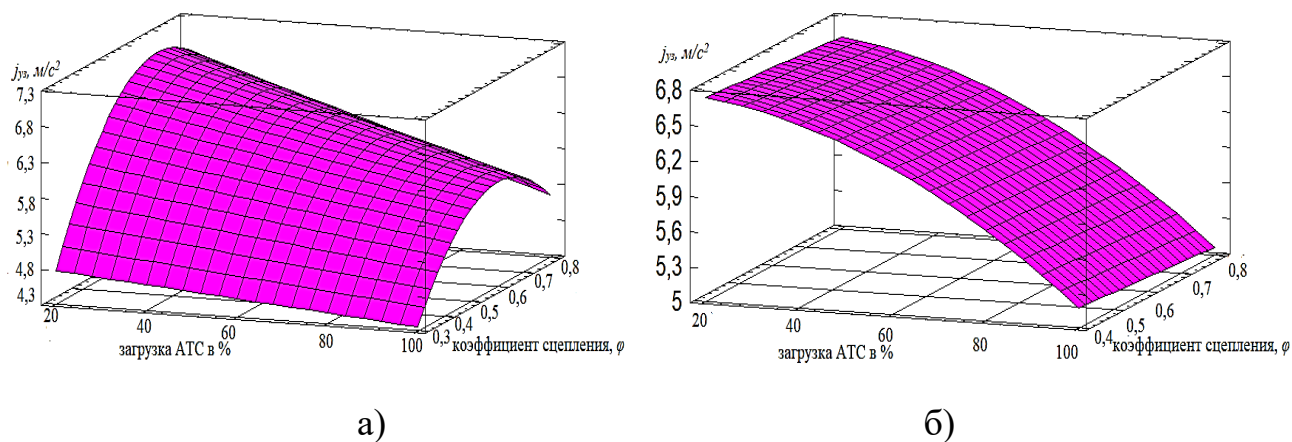
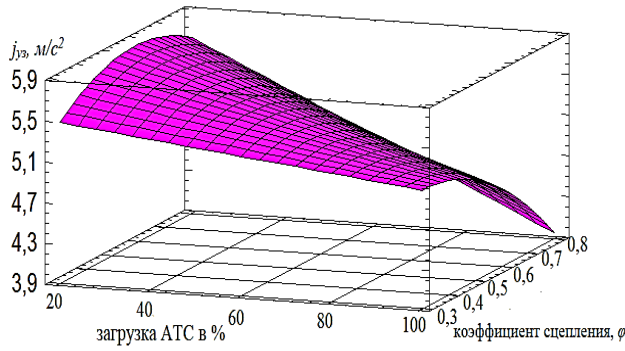
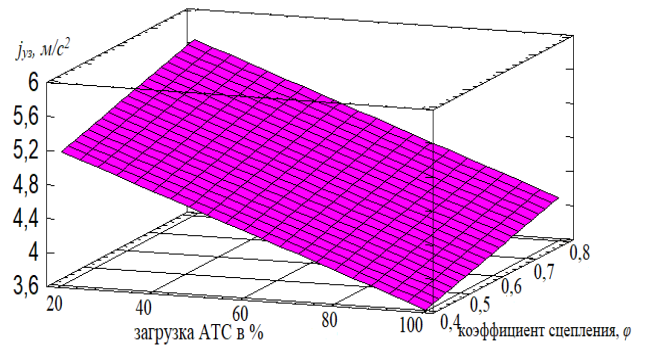


Рисунок 3.18 – График показателей установившегося замедления $j_{уз}$ АТС на примере с фрикционной шиной: а) одиночное АТС, б) АТС со снаряженным прицепом

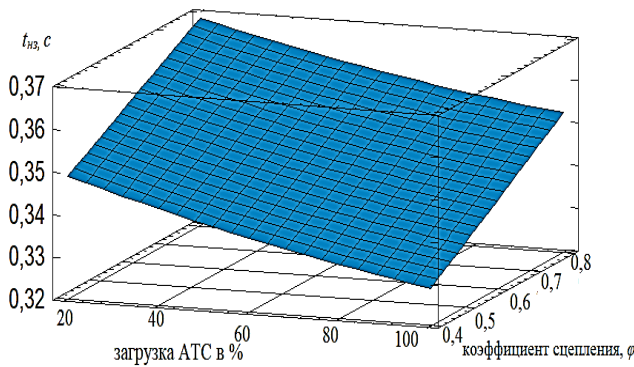


а)

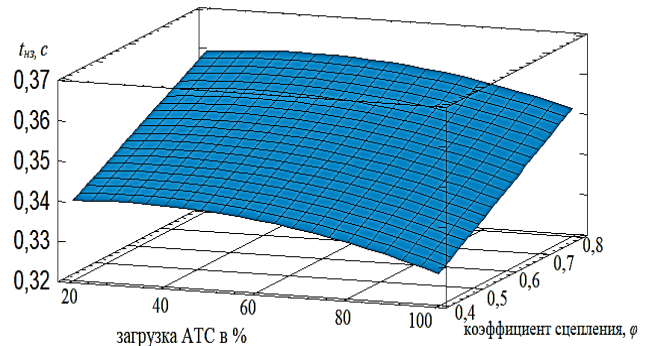


б)

Рисунок 3.19 – График показателей установившегося замедления j_{uz} АТС на примере с шипованной шиной: а) одиночное АТС, б) АТС со снаряженным прицепом

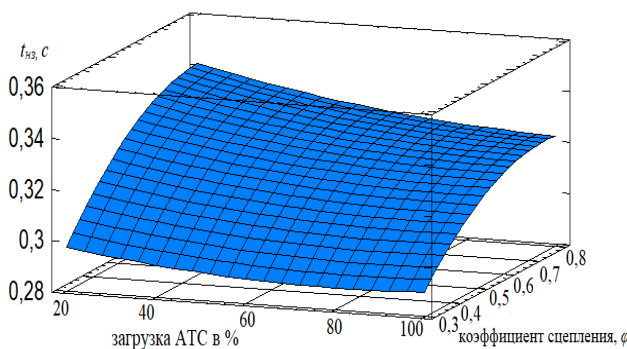


а)

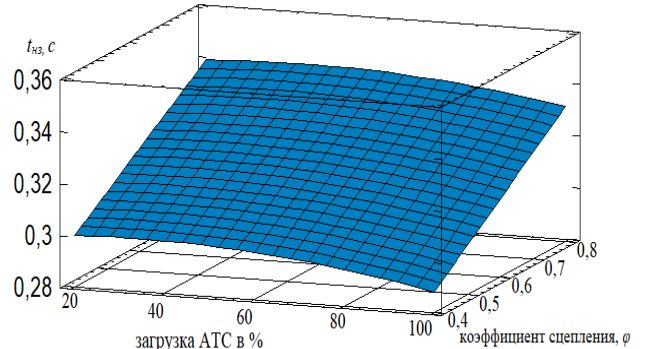


б)

Рисунок 3.20 – График показателей времени нарастания замедления t_{uz} АТС на примере с летней шиной: а) одиночное АТС, б) АТС со снаряженным прицепом



а)



б)

Рисунок 3.21 – График показателей времени нарастания замедления t_{uz} АТС на примере с фрикционной шиной: а) одиночное АТС, б) АТС со снаряженным прицепом

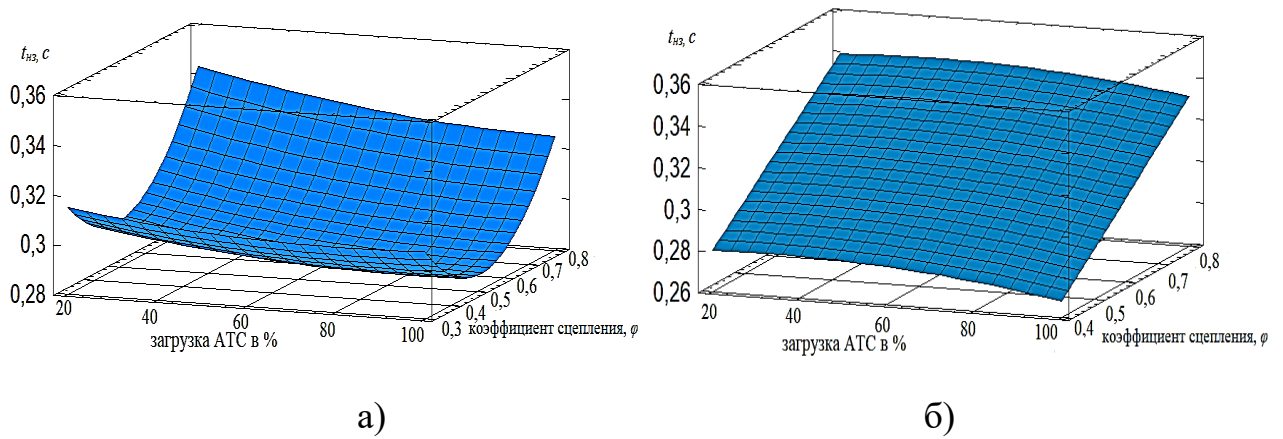


Рисунок 3.22 – График показателей времени нарастания замедления $t_{нз}$ АТС на примере с шипованной шиной: а) одиночное АТС, б) АТС со снаряженным прицепом

Также разработаны двухфакторные регрессионные модели с учетом дорожно-транспортных условий для АТС, оснащенных системами ABS, EBD, BAS, представленные в таблице 3.10. Данные уравнения возможно использовать при реконструкции ДТП при локальных случаях.

Таблица 3.10. – Двухфакторные регрессионные модели значений установившегося замедления и времени его нарастания для АТС, оснащенных системами ABS, EBD и BAS

№	Параметры измерения	Уравнения регрессии, $y=f(x)$	R^2
1	y – установившееся замедление одиночного АТС на примере всесезонной шины	$y=4,6825+0,52x_1-2,574x_2-0,312x_1x_2+0,6975x_2^2$	93%
2	y – установившееся замедление АТС с прицепом снаряженной массы на примере всесезонной шины	$y= 6,89-0,78x_1+0,7x_2$	95%
3	y – установившееся замедление АТС с прицепом, загруженным на 50% на примере всесезонной шины	$y= 6,76-0,78x_1+0,7x_2$	95%

Продолжение таблицы 3.10

4	у – установившееся замедление одиночного АТС на примере фрикционной шины	$y=6,23625-0,52x_1-0,723x_2-0,312x_1x_2+0,0095625x_2^2$	85,5%
5	у – установившееся замедление АТС с прицепом снаряженной массы на примере фрикционной шины	$y=6,18286+0-0,78x_1-0,5x_2-0,285714x_1^2$	83%
6	у – установившееся замедление АТС с прицепом, загруженным на 50% на примере фрикционной шины	$y= 5,81-0,78x_1+0,05x_2$	99%
7	у – установившееся замедление одиночного АТС на примере шипованной шины	$y=5,31125-0,52x_1-0,237x_2-0,312x_1x_2+0,28128x_2^2$	86%
8	у – установившееся замедление АТС с прицепом снаряженной массы на примере шипованной шины	$y= 4,64-0,78x_1+0,25x_2$	99%
9	у – установившееся замедление АТС с прицепом, загруженным на 50% на примере шипованной шины	$y= 4,51-0,78x_1+0,25x_2$	99%
10	у – установившееся замедление одиночного АТС на примере летней шины	$y= 7,42-0,78x_1+0,5x_2$	99%
11	у – установившееся замедление АТС с прицепом снаряженной массы на примере летней шины	$y= 7,29-0,78x_1+0,05x_2$	99%
12	у – установившееся замедление АТС с прицепом, загруженным на 50% на примере летней шины	$y=6,98857-0,88x_1+0,6x_2+0,142857x_1^2+0,1x_1x_2$	85,4%
13	у – время нарастания замедления одиночного АТС на примере всесезонной шины	$y=0,294554-0,0055x_1+0,0489x_2+0,0021486x_1^2-0,045x_1x_2-0,005625x_2^2$	98%
14	у – время нарастания замедления АТС с прицепом снаряженной массы на примере всесезонной шины	$y=0,324143-0,005x_1+0,016x_2-0,00428571x_1^2+0,001x_1x_2$	97%
15	у – время нарастания замедления АТС с прицепом, загруженным на 50% на примере всесезонной шины	$y=0,322429-0,006x_1+0,015x_2-0,00285714x_1^2$	96%

Продолжение таблицы 3.10

16	у – время нарастания замедления одиночного АТС на примере фрикционной шины	$y=0,245589-0,0065x_1+0,0675x_2+0,00357143x_1^2-0,0027x_1x_2-0,023625x_2^2$	89%
17	у – время нарастания замедления АТС с прицепом снаряженной массы на примере фрикционной шины	$y=0,319143-0,005x_1+0,021x_2-0,00428571x_1^2+0,001x_1x_2$	98%
18	у – время нарастания замедления АТС с прицепом, загруженным на 50% на примере фрикционной шины	$y=0,317429-0,006x_1+0,02x_2-0,00285714x_1^2$	98%
19	у – время нарастания замедления одиночного АТС на примере шипованной шины	$y=0,289964-0,0065x_1+0,012x_2+0,0000357143x_1^2-0,0027x_1x_2+0,02925x_2^2$	85%
20	у – время нарастания замедления АТС с прицепом снаряженной массы на примере шипованной шины	$y=0,309143-0,05x_1+0,031x_2-0,00428571x_1^2+0,001x_1x_2+0,02925x_2^2$	99%
21	у – время нарастания замедления АТС с прицепом, загруженным на 50% на примере шипованной шины	$y=0,307429-0,006x_1+0,03x_2-0,00285714x_1^2$	99%
22	у – время нарастания замедления одиночного АТС на примере летней шины	$y=0,348286-0,009x_1+0,011x_2+0,00142857x_1^2$	92%
23	у – время нарастания замедления АТС с прицепом снаряженной массы на примере летней шины	$y=0,3449143-0,005x_1+0,011x_2-0,00428571x_1^2+0,001x_1x_2$	95%
24	у – время нарастания замедления АТС с прицепом, загруженным на 50% на примере летней шины	$y=0,347429-0,006x_1+0,01x_2-0,00285714x_1^2$	93%

где у – установившееся замедление АТС, м/с², или время нарастания замедления АТС, с; x_1 – загруженность АТС, %, x_2 – коэффициент сцепления.

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 и сезонность шин) и эксплуатационных (состояние поверхности дорожного покрытия, загруженность АТС, наличие прицепа) факторов, оказывающих влияние на процесс экстренного торможения автомобиля категории M_1 .

Для обеспечения адекватности описания регрессионных моделей эксперимент был рассчитан по 2 выборкам в зависимости от условий временного сезона, а именно «весенне-летний» период и «осенне-зимний». В каждой выборке проводился полнофакторный эксперимент (ПФЭ) типа 2^4 - «осень-зима» и 2^5 - «весна-лето» для входных параметров y_{jyz} – установившегося замедления АТС и для y_{tnz} – времени его нарастания.

В результате обработки получены полные адекватные математические модели для откликов $y_{jyz(о-з)}$, $y_{tnz(о-з)}$, $y_{jyz(в-л)}$, $y_{tnz(в-л)}$:

$$y_{jyz(о-з)} = 3,37048 + 0,885714 x_1 + 0,406536 x_2 + 0,758857 x_3 - 0,325389 x_4 - 0,00575 x_1x_2 + 0,1985 x_1x_3 - 0,140333 x_1x_4 - 0,74975 x_2^2 + 0,09975 x_2x_3 + 0,033 x_2 x_4 - 0,0746667 x_3x_4 - 0,0709524 x_4^2 - 0,95175 x_1(x_2)^2 - 0,6935 x_1x_2x_3 + 0,092 x_1x_2x_4 - 0,011 x_1x_3x_4 - 0,0514286 x_1(x_4)^2 + 0,0(x_2)^2 x_3 + 0,0 (x_2)^2 x_4 - 0,46125 x_2x_3x_4 + 0,0114286 x_2(x_4)^2 + 0,0242857 x_3(x_4)^2 + 0,0722222 (x_4)^3 \quad (3.5)$$

$$y_{tnz(о-з)} = 0,156262 + 0,0487381 x_1 + 0,02625 x_2 + 0,0112619 x_3 - 0,00288889 x_4 + 0,01125 x_1x_2 + 0,002 x_1x_3 + 0,000333333 x_1x_4 - 0,02275 (x_2)^2 + 0,00875 x_2x_3 + 0,0 x_2x_4 - 0,000333333 x_3x_4 + 0,00047619 (x_4)^2 - 0,02975 x_1(x_2)^2 - 0,0015 x_1x_2x_3 + 0,001 x_1x_2x_4 + 0,000333333 x_1x_3x_4 - 0,00047619 x_1(x_4)^2 + 0,0 (x_2)^2x_3 + 0,0 (x_2)^2x_4 + 0,00075 x_2x_3x_4 + 0,0 x_2(x_4)^2 + 0,00047619 x_3(x_4)^2 + 0,00222222 (x_4)^3 \quad (3.6)$$

$$y_{jyz(в-л)} = 5,60057 - 0,00371657x_1 + 0,666579x_2 + 0,208489x_3 + 0,115182x_4 + 0,0583014x_5 - 0,320513x_1x_2 - 0,0148125x_1x_3 + 0,0695625x_1x_4 + 0,0536875x_1x_5 + 0,477422(x_2)^2 - 0,112763x_2x_3 + 0,0682125x_2x_4 + 0,106088x_2x_5 + 0,0601875x_3x_4 - 0,0313125x_3x_5 - 0,102232(x_4)^2 - 0,0331875x_4x_5 - 0,195328x_1(x_2)^2 - 0,173728x_1x_2x_3 + 0,0672657x_1x_2x_4 + 0,225684x_1x_2x_5 + 0,0224375x_1x_3x_4 - 0,0115625x_1x_3x_5 + 0,0238393x_1(x_4)^2 + 0,0396161x_1x_4x_5 + 0,178734(x_2)^3 + 0,0(x_2)^2x_3 + 0,0(x_2)^2x_4 + 0,0(x_2)^2x_5 - 0,165075x_2x_3x_4 - 0,128081x_2x_3x_5 + 0,026625x_2(x_4)^2 + 0,129966x_2x_4x_5 - 0,0216964x_3(x_4)^2 + 0,0874911x_3x_4x_5 - 0,268542(x_4)^3 + 0,0(x_4)^2x_5 \quad (3.7)$$

$$\begin{aligned}
y_{\text{инз(6-л)}} = & 0,274783 + 0,0262522 x_1 + 0,0169398 x_2 + 0,00388616 x_3 - 0,0046875 \\
& x_4 + 0,0024442 x_5 - 0,0106125 x_1 x_2 - 0,0038125 x_1 x_3 + 0,001375 x_1 x_4 - 0,0001875 x_1 x_5 + \\
& 0,0144844(x_2)^2 - 0,0031125 x_2 x_3 + 0,0003 x_2 x_4 - 0,0000374999 x_2 x_5 - 0,001875 x_3 x_4 + \\
& 0,0000625 x_3 x_5 + 0,000714286(x_4)^2 + 0,0005 x_4 x_5 - 0,00660937 x_1(x_2)^2 - 0,00615937 \\
& x_1 x_2 x_3 - 0,007125 x_1 x_2 x_4 + 0,00139688 x_1 x_2 x_5 + 0,00125 x_1 x_3 x_4 - 0,0000625 x_1 x_3 x_5 + \\
& 0,00196429 x_1(x_4)^2 - 0,000982143 x_1 x_4 x_5 + 0,0018281 (x_2)^3 + 0,0 (x_2)^2 x_3 + 0,0 (x_2)^2 x_4 + 0,0 \\
& (x_2)^2 x_5 - 0,00514687 x_2 x_3 x_4 - 0,005475 x_2 x_3 x_5 + 0,00171429 (x_4)^2 - 0,00394777 x_2 x_4 x_5 - \\
& 0,000178571 x_3(x_4)^2 - 0,000482143 x_3 x_4 x_5 - 0,00125 (x_4)^3 + 0,0 (x_4)^2 x_5 \quad (3.8)
\end{aligned}$$

Далее с помощью дисперсионного анализа проверили статистическую значимость каждого из факторов и их взаимодействие для исследуемых параметров. Для наглядного примера результаты дисперсионного анализа представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 - Результаты дисперсионного анализа с оценкой межблокового эффекта для $y_{\text{юз(0-3)}}$

Source	Sum of Squares	F-Ratio	P-Value
A:Ks	10,6286	85,59	0,0000
B:Shina	2,72212	21,92	0,0000
C:ABS	7,80203	62,83	0,0000
D:Zagruzka	0,288031	2,32	0,1365
AB	0,0013225	0,01	0,9184
AC	2,36414	19,04	0,0001
AD	0,590803	4,76	0,0358
BB	7,495	60,36	0,0000
BC	0,398003	3,21	0,0818
BD	0,02178	0,18	0,6778
CD	0,167253	1,35	0,2535
DD	0,0528595	0,43	0,5183
ABB	12,0777	97,26	0,0000
ABC	0,0308025	0,25	0,6215
ABD	0,47432	3,82	0,0585
ACD	0,00363	0,03	0,8652

Дисперсионный анализ показал наиболее значимые факторы и их сочетания, и когда факторы имели наименьшее значение P-value = 0,05, а значение критерия Фишера (F-Ratio) наибольшее, то это позволило сделать вывод о их несущественном взаимодействии, поэтому в дальнейшем были исключены из математической модели.

Уравнения регрессий, представляющие данные оптимальные математические модели, приведены в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Математические модели расчета установившегося замедления и времени его нарастания

Условия применения	Уравнения регрессии, $y=f(x)$	σ	R^2
Осенне-зимний период, все типы шин, кроме летних, без прицепа, при $\varphi = 0,3 \dots 0,8$	$y_{jyz} = 3,37048 + 0,885714x_1 + 0,406536x_2 + 0,758857x_3 + 0,1985x_1x_3 - 0,140333x_1x_4 - 0,74975(x_2)^2 - 0,95175x_1(x_2)^2$	0,2450	91,2 %
	$y_{inz} = 0,156262 + 0,0487381x_1 + 0,02625x_2 + 0,0112619x_3 - 0,00288889x_4 + 0,01125x_1x_2 + 0,002x_1x_3 - 0,02275(x_2)^2 + 0,00875x_2x_3 - 0,02975x_1(x_2)^2 - 0,0015x_1x_2x_3$	0,0054	99,7 %
Весенне-летний период, все типы шин, с прицепом при $\varphi = 0,4 \dots 0,8$	$y_{jyz} = 5,60057 + 0,666579x_2 + 0,208489x_3 - 0,320513x_1x_2 + 0,0695625x_1x_4 + 0,0536875x_1x_5 + 0,477422(x_2)^2 - 0,112763x_2x_3 + 0,106088x_2x_5 + 0,0601875x_3x_4 - 0,102232(x_4)^2 - 0,195328x_1(x_2)^2 + 0,0672657x_1x_2x_4 + 0,225684x_1x_2x_5 - 0,268542(x_4)^3$	0,2357	93,2 %
	$y_{inz} = 0,274783 + 0,0262522x_1 + 0,0169398x_2 + 0,00388616x_3 - 0,0046875x_4 + 0,0024442x_5 - 0,0106125x_1x_2 - 0,0038125x_1x_3 + 0,001375x_1x_4 + 0,0144844(x_2)^2 - 0,0031125x_2x_3 - 0,001875x_3x_4 - 0,00660937x_1(x_2)^2 - 0,00615937x_1x_2x_3 - 0,007125x_1x_2x_4 + 0,00139688x_1x_2x_5 + 0,00125x_1x_3x_4 - 0,00514687x_2x_3x_4$	0,0031	97,7 %

где y – установившееся замедление АТС, m/c^2 , 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 O_1 .

По результатам обработки экспериментальных данных математические модели с достоверностью аппроксимации R^2 , находящиеся в пределах от 91 до 99,7 % и среднеквадратическим отклонением σ 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. Практическая значимость математических моделей заключается в возможности их использования для расчета установившегося замедления и времени его нарастания для АТС категории M_1 с учетом исследуемого комплекса факторов в случаях, когда проведение натурного эксперимента не представляется возможным в ходе расследования ДТП. Для практического применения данные модели реализованы в программе для ЭВМ № 2019616581 «Программа для прогнозирования параметров процесса торможения транспортного средства категории M_1 при реконструкции и экспертизе ДТП» (Приложение В) [101].

Экспериментальные данные [9,10], 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 3.23.

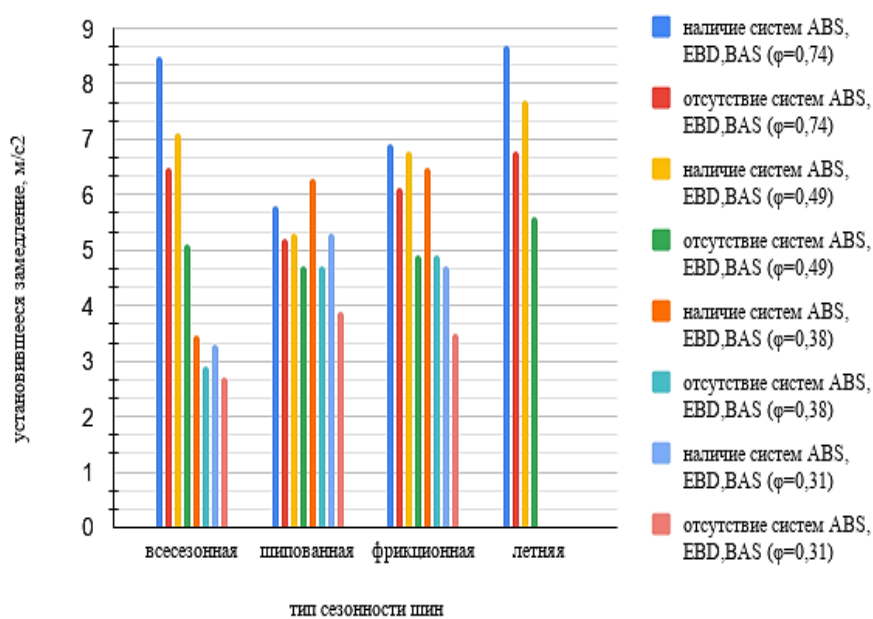


Рисунок 3.23 – Данные для сравнительного анализа экспериментальных значений установившегося замедления АТС при наличии или отсутствии систем ABS, EBD, BAS при торможении с загруженностью АТС в 20 %

Таким образом, аналогичные данные для сравнения, в том числе и по времени нарастания замедления, получены для всех вариантов загрузки всех исследованных автомобилей и для вариантов их движения без прицепа и с прицепом различного состояния по загрузке. Сопоставление этих данных позволило получить коэффициенты корректировки рекомендованных нормативных данных, учитывающие современную конструкцию тормозных систем, согласно формулам 2.17-2.18. В полном объеме корректирующие коэффициенты значений установившееся замедление $K_{j\text{кор}}$ и его времени нарастания $K_{t\text{кор}}$ для АТС категории М₁, оснащенных системами ABS, EBD, BAS в зависимости от типа сезонности шин коэффициенты представлены в таблицах 3.13– 3.16 [12].

Таблица 3.13 – Коэффициенты, корректирующие установившееся замедление $K_{j\text{кор}}$ и его время нарастания $K_{t\text{кор}}$ для АТС категории М₁, оснащенных системами ABS, EBD, BAS на примере летней шины

ТС	$K_{j\text{кор}}/K_{t\text{кор}}$			
	загруженность АТС – 20%			
	$\varphi = 0,31$	$\varphi = 0,38$	$\varphi = 0,49$	$\varphi = 0,74$
одиночный	–	–	1,38/1,16	1,28/1,15
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,39/1,16	1,29/1,15
с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,41/1,16	1,31/1,15
	загруженность АТС – 40%			
одиночный	–	–	1,44/1,16	1,32/1,15
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,46/1,16	1,34/1,15
с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,48/1,17	1,35/1,15
	загруженность АТС – 60%			
одиночный	–	–	1,51/1,17	1,37/1,15
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,54/1,17	1,39/1,15
с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,57/1,17	1,41/1,16
	загруженность АТС – 80%			
одиночный	–	–	1,60/1,17	1,43/1,16
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,64/1,17	1,45/1,16
с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,68/1,17	1,5/1,16
	загруженность АТС – 100%			
одиночный	–	–	1,72/1,17	1,5/1,16
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,77/1,17	1,53/1,16
с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,83/1,17	1,56/1,16

Таблица 3.14 – Коэффициенты, корректирующие установившееся замедление $K_{кор}$ и его время нарастания $K_{t\text{кор}}$ для АТС категории М₁, оснащенных системами ABS, EBD, BAS на примере всесезонной шины

АТС	$K_{j\text{кор}}/K_{t\text{кор}}$			
	загруженность АТС – 20%			
	$\varphi = 0,31$	$\varphi = 0,38$	$\varphi = 0,49$	$\varphi = 0,74$
одиночный	1,22/1,13	1,19/1,38	1,39/1,03	1,31/1,02
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,41/1,03	1,32/1,02
с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,44/1,03	1,34/1,02
	загруженность АТС – 40%			
одиночный	1,16/1,13	1,32/1,38	1,46/1,03	1,35/1,02
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,49/1,03	1,37/1,02
с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,52/1,03	1,39/1,02
	загруженность АТС – 60%			
одиночный	1,19/1,13	1,36/1,38	1,55/1,03	1,41/1,02
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,58/1,03	1,43/1,03
с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,62/1,03	1,45/1,03
	загруженность АТС – 80%			
одиночный	1,22/1,13	1,40/1,38	1,66/1,03	1,41/1,03
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,71/1,03	1,50/1,03
с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,76/1,03	1,53/1,03
	загруженность АТС – 100%			
одиночный	1,25/1,13	1,46/1,39	1,81/1,03	1,56/1,03
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,87/1,03	1,59/1,03
с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,94/1,03	1,62/1,03

Таблица 3.15 – Коэффициенты, корректирующие установившееся замедление $K_{кор}$ и его время нарастания $K_{t\text{кор}}$ для АТС категории М₁, оснащенных системами ABS, EBD, BAS на примере фрикционной шины

ТС	$K_{j\text{кор}}/K_{t\text{кор}}$			
	загруженность АТС – 20%			
	$\varphi = 0,31$	$\varphi = 0,38$	$\varphi = 0,49$	$\varphi = 0,74$
одиночный	1,34/1,11	1,33/1,34	1,39/1,16	1,13/1,09
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,40/1,16	1,13/1,09
с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,42/1,16	1,14/1,09
	загруженность АТС – 40%			
одиночный	1,37/1,11	1,35/1,34	1,44/1,16	1,15/1,09
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,46/1,16	1,15/1,09

Продолжение таблицы 3.15

с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,48/1,17	1,16/1,09
	загруженность АТС – 60%			
одиночный	1,41/1,11	1,37/1,34	1,51/1,17	1,17/1,09
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,53/1,17	1,18/1,09
с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,56/1,17	1,19/1,09
	загруженность АТС – 80%			
одиночный	1,44/1,11	1,39/1,35	1,59/1,17	1,20/1,09
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,62/1,17	1,21/1,09
с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,65/1,17	1,22/1,09
	загруженность АТС – 100%			
одиночный	1,48/1,11	1,42/1,35	1,69/1,17	1,23/1,09
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,73/1,17	1,25/1,09
с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,78/1,17	1,26/1,09

Таблица 3.16 – Коэффициенты, корректирующие установившееся замедление K_j и его время нарастания $K_{t\text{кор}}$ для АТС категории М₁, оснащенных системами ABS, EBD, BAS на примере шипованной шины

ТС	$K_{j\text{кор}}/K_{t\text{кор}}$			
	загруженность АТС – 20%			
	$\varphi = 0,31$	$\varphi = 0,38$	$\varphi = 0,49$	$\varphi = 0,74$
одиночный	1,36/1,10	1,34/1,14	1,13/1,16	1,28/1,09
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,27/1,16	1,12/1,09
с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,28/1,16	1,10/1,09
	загруженность АТС – 40%			
одиночный	1,37/1,10	1,36/1,14	1,30/1,16	1,11/1,09
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,31/1,16	1,12/1,09
с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,33/1,16	1,12/1,09
	загруженность АТС – 60%			
одиночный	1,42/1,10	1,39/1,14	1,35/1,16	1,13/1,09
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,37/1,16	1,14/1,09
с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,39/1,16	1,15/1,09
	загруженность АТС – 80%			
одиночный	1,45/1,10	1,41/1,14	1,41/1,16	1,16/1,09
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,44/1,16	1,17/1,09
с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,47/1,16	1,18/1,09
	загруженность АТС – 100%			
одиночный	1,48/1,10	1,44/1,14	1,50/1,16	1,20/1,09
с прицепом снаряженной массы	–	–	1,53/1,17	1,23/1,09
с прицепом, загруженным на 50%	–	–	1,57/1,17	1,24/1,09

Коэффициенты, корректирующих установившееся замедление $K_{j\text{кор}}$ и время его нарастания $K_{t\text{кор}}$ для АТС категории M_1 , оснащенных системами ABS, EBD и BAS с учетом условий движения, таких как фактическая загруженность АТС, наличие прицепа O_1 , состояние поверхности дорожного покрытия и сезонности шин предлагается вводить в основные расчетные зависимости, согласно формулам 2.19-2.23, что позволит более точно производить расчеты при реконструкции ДТП и объективно оценить техническую возможность водителя предотвратить ДТП [132].

Для практического применения корректирующих коэффициентов установившегося замедления $K_{j\text{кор}}$ и времени его нарастания $K_{t\text{кор}}$ АТС категории M_1 вышеуказанные зависимости реализованы в программе для ЭВМ № 2018614330 «Программа для расчетно-аналитического анализа реконструкции и экспертизы ДТП» (Приложение В) [100].

Выводы по третьей главе

В результате экспериментальных исследований определены фактические значения установившегося замедления $j_{уз}$ и времени его нарастания $t_{нз}$ для АТС категории M_1 , с учетом конструктивных (наличие систем ABS, EBD и BAS, тип и сезонность шин) и эксплуатационных (состояние поверхности дорожного покрытия, загруженность АТС, наличие прицепа категории O_1) факторов, где установлена степень и закономерность влияния систем ABS, EBD и BAS на исследуемые величины установившегося замедления $j_{уз}$ и времени его нарастания $t_{нз}$ при экстренном торможении в различных условиях движения.

По результатам обработки экспериментальных данных исследуемые величины параметров торможения для АТС категории M_1 , оснащенных системами ABS, EBD и BAS представлены в виде трехмерных графиков, двухфакторных уравнениях регрессии и многофакторных математических моделях для расчета установившегося замедления и времени его нарастания при экстренном торможении.

Математические модели с достоверностью аппроксимации R^2 , находящиеся в пределах от 91 до 99,7 % и среднеквадратическим отклонением σ в пределах от 0,0031 до 0,2450, указывают на сходимость и достоверность результатов экспериментальных исследований, а также отражает правильность выбранных факторов и их влияние на измеряемые параметры.

Сравнительный анализ исследуемых величин, полученные для всех совокупностей значимых факторов варьирования и сопоставление этих данных для машин, оснащенных системами ABS, EBD, BAS и без таковых, позволил получить коэффициенты, корректирующие рекомендованные значения установившееся замедление $K_{жкор}$ и время его нарастания $K_{ткор}$ для АТС категории M_1 .

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДТП ПО ПАРАМЕТРАМ ТОРМОЖЕНИЯ АТС КАТЕГОРИИ М₁, ОСНАЩЕННЫХ СИСТЕМАМИ ABS, EBD и BAS

По результатам теоретического и экспериментального исследований доказано влияние на формирование величин установившегося замедления и времени его нарастания таких факторов, как наличие систем ABS, EBD и BAS, состояние поверхности дорожного покрытия, тип сезонности шин, фактическая загруженность АТС и наличие прицепа категории О₁ и на основании вышеизложенного определены коэффициенты, корректирующие рекомендуемые нормативно-справочные значения установившегося замедления ($K_{жкор}$) и времени его нарастания ($K_{ткор}$), а также разработаны математические модели для расчета исследуемых величин в виде уравнений регрессий для различных совокупностей факторов влияния на их значение.

Таким образом, на основании вышеизложенного разработана методика реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС категории М₁, оснащенных системами ABS, EBD и BAS, представленная в виде структурной схемы ее реализации в рамках автотехнической экспертизы.

4.1 Методика реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС категории М₁, оснащенных системами ABS, EBD и BAS

При проведении автотехнической экспертизы, как правило, необходимо ответить на ряд вопросов, основные из которых приведены ниже [17,47].

1. Какова была скорость движения АТС?
2. Как должен был действовать водитель в данной ДТС?
3. Располагал ли водитель технической возможностью предотвратить ДТП?
4. Соответствовали ли действия водителя в данной ДТС с позиции требований ПДД РФ?

Для исследования ДТП эксперту поступают материалы дела, такие как: протокол места осмотра ДТП, схема места осмотра ДТП, протоколы осмотра ТС,

справки о ДТП, протоколы следственных экспериментов, фото АТС и места происшествия. Так как в большинстве случаев ДТП связаны с процессом торможения, то после ознакомления материалов дела, эксперт определяет параметры, характеризующие эффективность торможения ТС, в частности определяет основные параметры для расчетов – значения установившегося замедления и время его нарастания [17,41,47,56].

Для повышения качества проведения автотехнической экспертизы и объективного экспертного вывода при реконструкции ДТП в результате диссертационного исследования автором разработана методика реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС категории М₁, оснащенных системами ABS, EBD и BAS, отличающейся от классической коэффициентами, корректирующими величины установившееся замедления и времени его нарастания, двухфакторными уравнениями регрессий для частных совокупностей дорожно-эксплуатационных факторов, и многофакторными математическими моделями для полной совокупности значимых факторов, таких как: наличие систем ABS, EBD и BAS, тип и сезонность шин, состояние поверхности дорожного покрытия, загруженность АТС, наличие прицепа категории О₁ [5,133]. Структурная схема реализации методики в части определения ключевых факторов влияния на параметры торможения ($j_{yз}$ и $t_{нз}$) представлена на рисунке 4.1.

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

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

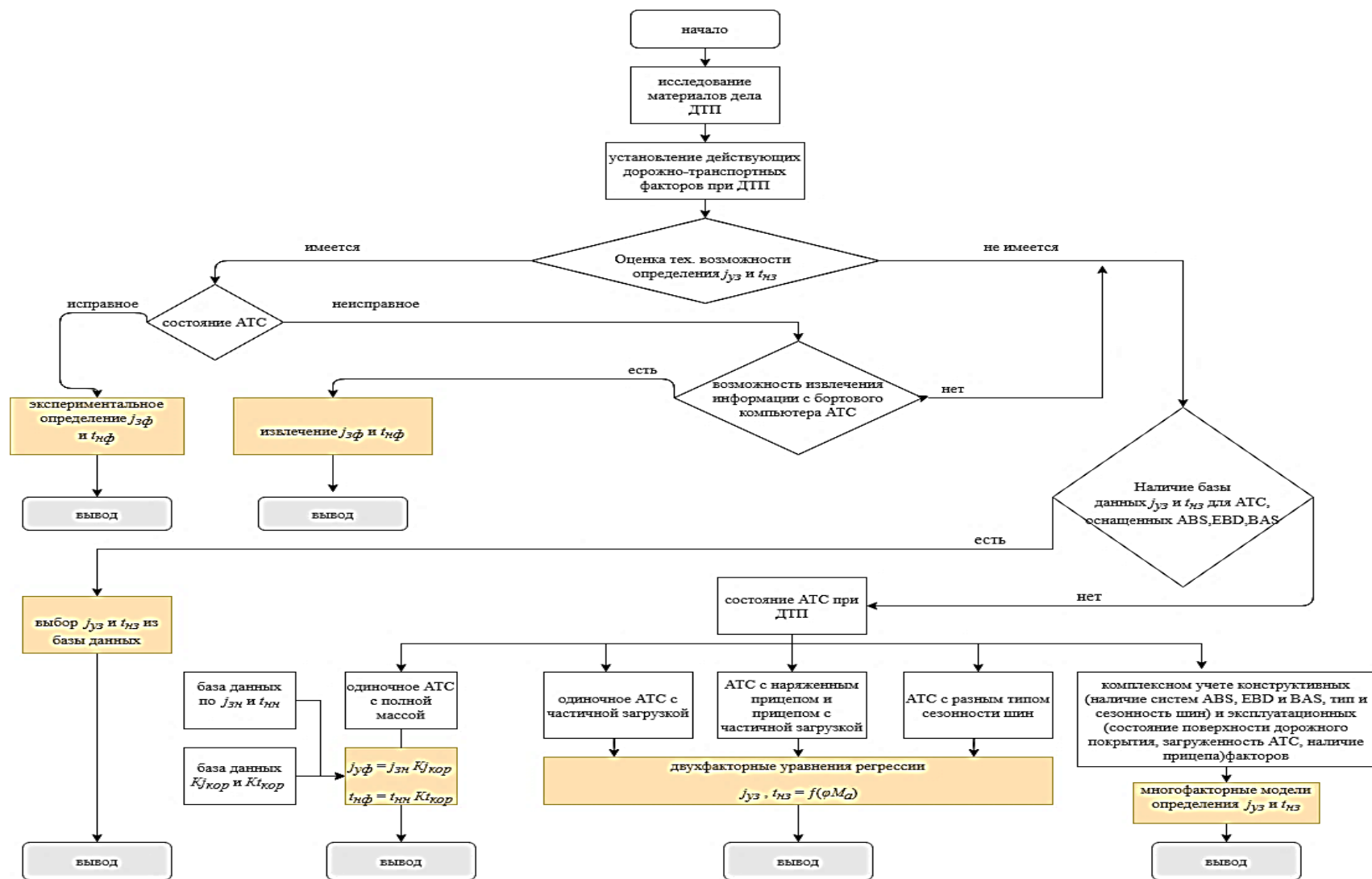


Рисунок 4.1 – Структурная схема реализации методики расчета j_{y3} и t_{n3} для АТС, оснащенных системами ABS, EBD, BAS.

– коэффициенты, корректирующие значения установившегося замедления K_{jkor} и времени его нарастания K_{tkop} , 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 O_1 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.

4.2. Практическое применение методики реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС категории M_1 , оснащенных системами ABS, EBD и BAS

Для оценки эффективности результатов и практической значимости методики реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС категории M_1 , оснащенных системами ABS, EBD и BAS, базирующаяся на использовании полученных коэффициентов, корректирующих величины установившееся замедления и времени его нарастания, двухфакторных уравнений регрессий для частных совокупностей дорожно-эксплуатационных факторов, и многофакторных математических моделей для полной совокупности значимых факторов произведен сравнительный анализ расчетов между методикой с использованием рекомендованных значений параметров торможения, согласно РФЦСЭ [61,114,130,131,132].

В качестве примера произведен расчет скорости движения АТС, остановочного пути и расстояния удаления от места ДТП на примере коэффициентов, корректирующих значения установившегося замедления и времени его нарастания (таблица 4.1.).

Таблица 4.1 – Сравнительный расчет

Тип ТС: АТС категории М ₁ , оснащенного системами ABS, EBD и BAS. Условия эксплуатации: фактическая загруженность АТС 20% (водитель); наличие прицепа О ₁ – да; состояние поверхности дорожного покрытия – сухой асфальт/φ = 0,74; тип сезонности шин - летняя		
Исследование по методике диссертационного исследования	Исследование по классической методике	Разница в расчетах, %
<p>Скорость движения АТС $V_a = 51,6$ км/ч</p> $V_a = 1,8 \cdot j_{уст} \cdot K_{Jкор} \cdot t_3 \cdot K_{tкор} + \sqrt{26 \cdot S_{ю} \cdot j_{юз} \cdot K_{Jкор}}$ <p>где $j_{уст} = 6,63$ м/с²; $K_{Jкор} = 1,29$; $t_3 = 0,31$ с; $K_{tкор} = 1,15$; $S_{ю} = 15$ м</p>	<p>Скорость движения АТС составляла $V_a = 55,7$ км/ч</p> $V_a = 1,8 \cdot j_{юз} \cdot t_3 + \sqrt{26 \cdot S_{ю} \cdot j_{юз}}$ <p>где $j_{уст} = 6,8$ м/с²; $t_3 = 0,35$ с</p>	7,36 %
<p>Остановочный путь составил $S_o = 38,4$ м:</p> $S_o = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3 \cdot K_{tкор}) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26 + j_{юз} \cdot K_{Jкор}}$	<p>Остановочный путь составил $S_o = 40,3$ м:</p> $S_o = \frac{(t_1 + t_2 + 0,5 + t_3) \cdot V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26 \cdot j_{юз}}$	4,71 %
<p>Расстояние удаления АТС от столкновения $S_y = 28,7$ м:</p> $S_y = (t_1 + t_2 + t_3 \cdot K_{tкор}) \frac{V_a}{3,6} + S_t - B_{ТС} - L_{п.с.}$	<p>Расстояние удаления АТС от места столкновения $S_y = 32$ м:</p> $S_y = (t_1 + t_2 + t_3) \frac{V_a}{3,6} + S_t - B_{ТС} - L_{п.с.}$	10,31 %

Из расчетов следует, что при использовании рекомендуемых значений установившегося замедления и времени его нарастания РФЦСЭ для АТС категории М₁, оснащенных системами ABS, EBD, BAS, расчетные значения остановочного пути, расстояния удаления АТС и скорость движения завышены.

Таким образом, можно утверждать, что уровень достоверность такого расчета неоднозначен и приводит к необъективному выводу экспертного о технической возможности водителя избежать ДТП. Сравнительный анализ расчетов представлен на рисунке 4.2.

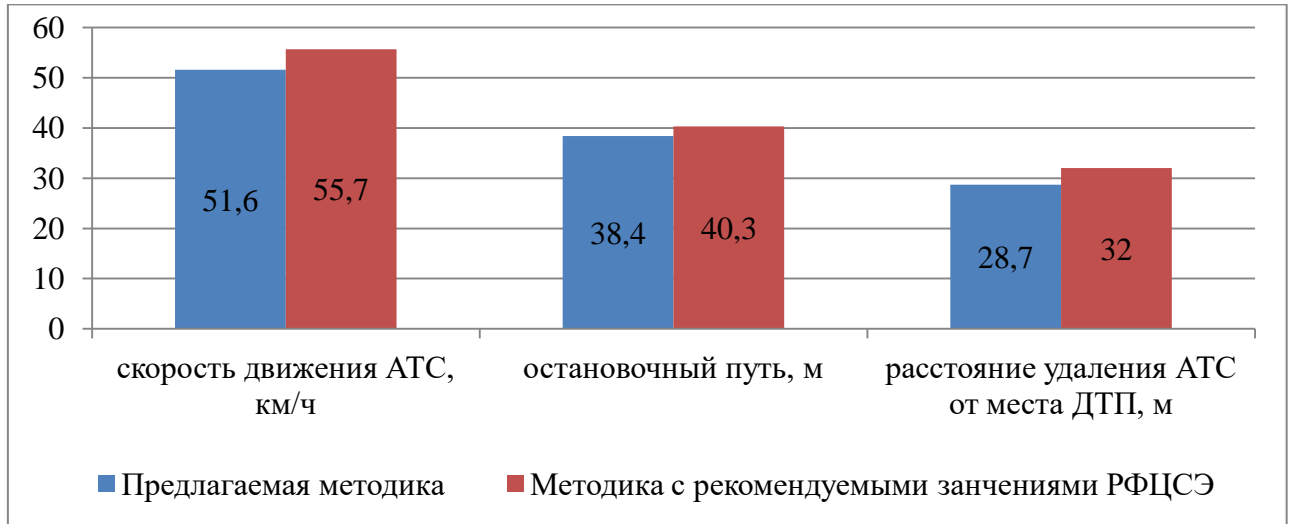


Рисунок 4.2 – Сравнительный анализ расчетов

Разработанная методика реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС категории M_1 , оснащенных системами ABS, EBD и BAS имеет прикладной характер и может использоваться специалистами в экспертных учреждениях, органами предварительного следствия, ГИБДД РФ и в учебном процессе.

Для повышения производительности работы экспертов и исключения случайных ошибок в расчетах (человеческий фактор), разработанная методика реализована в программе для ЭВМ «Методика реконструкции ДТП по параметрам процесса торможения АТС категории M_1 » [100,101,102]. Свидетельство о государственной регистрации ЭВМ представлено в Приложении В.

Практическая ценность предлагаемой методики заключается в применении фактических (экспериментальных) величин установившегося замедления АТС и его времени нарастания при реконструкции ДТП для АТС категории M_1 , оснащенных системами ABS, EBD, BAS в случае, когда

определить характер параметров экстренного торможения для реального автомобиля не представляется возможным, например тотальной «гибели» ТС или при отсутствии специального оборудования для снятия параметров с электронного блока.

Так как реконструкция и экспертиза дорожных происшествий оказывает значимое содействие следствию и суду в установлении обстоятельств и их причинно-следственных связей, способствующих наступлению весьма негативных последствий [83], то применение разработанной методики реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС с учетом их оснащения систем ABS, EBD и BAS в экспертной практике, позволяет повысить обоснованность процессуальных решений, а также исключает повторные назначения экспертных исследований ДТП.

В качестве рекомендаций автор предлагает использовать результаты экспертиз по разработанной методике совместно с Федеральной службой государственной статистики, т.к. позволяет проводить анализ о причинах возникновения единичных ДТП, что является основой для принятия решений в области обеспечения безопасности дорожного движения, в том числе и по совершенствованию ее организации.

Выводы по четвертой главе

На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований разработана методика реконструкции ДТП по параметрам торможения автомобилей категории M_1 , оснащенных системами ABS, EBD и BAS, базирующаяся на использовании полученных коэффициентов, корректирующих величины установившееся замедления и времени его нарастания, двухфакторных уравнений регрессий для частных совокупностей дорожно-эксплуатационных факторов, и многофакторных математических моделей для полной совокупности значимых факторов, таких как: наличие систем ABS, EBD и BAS, тип и сезонность шин, состояние поверхности дорожного покрытия, загруженность АТС, наличие прицепа категории O_1 .

Сравнительный анализ расчета скорости движения АТС, остановочного пути и расстояния удаления АТС от места ДТП при реконструкции ДТП показал, что разница между разработанной методикой и методикой с рекомендуемыми значениями установившегося замедления и времени его нарастания составила в среднем 10-15 % .

Разработанная методика реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС категории M_1 , оснащенных системами ABS, EBD и BAS реализована в программе для ЭВМ, тем самым повышая производительность работы экспертов и в целом автоматизируя процесс реконструкции ДТП, исключив случайные ошибки в расчетах (человеческий фактор).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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 М₁, 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 М₁, оснащенных системами ABS, EBD, BAS и без них: коэффициент сцепления колеса с дорогой; тип сезонности шин; загруженность АТС; наличие прицепа категории О₁.

2. Экспериментально подтверждено, что для АТС категории М₁ закономерное влияние на формирование величин установившегося замедления и времени его нарастания 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 М₁, 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 M_1 , 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий: программир. введение в планирование эксперимента / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. - Москва: Наука, 1971. – 282 с.
2. 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). – 2017. – С. 44 - 48.
3. 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.
4. Афанасьев, А.С. Исследование параметров процесса торможения ТС категории М1 при реконструкции ДТП / А.С. Афанасьев, С.А. Евтюков, Н.В. Чудакова // Вестник гражданских инженеров – 2019. - № 4 (75). – С.113-116.
5. Афанасьев, А.С., Исследование параметров процесса экстренного торможения АТС категории М₁, 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.
6. Афанасьев, А.С. Исследование параметров торможения ТС категории М1, 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.
7. Афанасьев, А.С. Математическое моделирование определения параметров процесса торможения транспортного средства категории М1 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.

8. Афанасьев, А.С. Определение установившегося замедления транспортного средства категории M_1 при производстве дорожно-транспортных экспертиз / А.С. Афанасьев, Н.В. Чудакова // «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2018». Международная научно-практическая конференция. — 2018. — С. 997-1003.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. Бабков, В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов / В. Ф Бабков. – М.: Транспорт, 1993.– 271 с.

14. Байэтт, Р. Расследование дорожно-транспортных происшествий / Пер. с англ. / Р. Байэт, Р. Уоттс. – М.: Транспорт, 1983. - 288 с.
15. Балабин, В.Д. Автомобильные и тракторные колеса и шины / В.Д. Балабин, В.А. Путин, И.С. Чабунин. – МГТУ «МАМИ», 2012. – 920 с.
16. Балакин, В.Д. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учебное пособие / В.Д. Балакин. –2-изд., перераб. и доп. – Омск: СибАДИ, 2010. – 136 с.
17. Боровский, Б.Е. Безопасность движения автомобильного транспорта / Б.Е. Боровский. – Л: Лениздат, 1984. – 304 с.
18. Борщенко, Я.А. Электронные и микропроцессорные системы автомобилей: Учебное пособие / Я.А. Борщенко, В.И. Васильев – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2007.– 207 с.
19. Брылев, И.С. Реконструкция ДТП по параметрам процесса торможения двухколесных механических транспортных средств: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.22.10 / Брылев Илья Сергеевич. – СПб., 2015. – 21 с.
20. Бухарин, Н. А. Автомобили / Н.А. Бухарин, В.С. Прозоров, М.М. Щукин. - М.: Машиностроение, 1965. – 465 с.
21. Бухарин, Н. А. Тормозные системы автомобилей / Н.А. Бухарин. М.-Л.: Машгиз, Ленинградское отд-ние, 1950. – 292 с.
22. Васильев, А. П. Состояние дорог и безопасность движения автомобилей в сложных погодных условиях / А.П. Васильев. – М.: Транспорт, 1976. – 217 с.
23. Вахламов, В. К. Автомобили: Основы конструкции: учебник для студ. высш. учеб. Заведений / В. К. Вахламов – М.: Изд. центр «Академия», 2004. - 528с.
24. Веденяпин, Г.М. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. Изд. 3-е, перераб. и доп. / Г.М. Веденяпин. — М.: Колос, 1973. – 195 с.

25. Витковский, С.Л. Оценка тормозного пути автомобиля с антиблокировочной системой в дорожных испытаниях/ С.Л. Витковский // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. — 2016. — №1 (49). — С. 179–183.

26. ВОЗ призывает к активизации усилий по борьбе с основными причинами смертности в городах [Электронный ресурс]: Всемирная организация здравоохранения. – Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/feature-stories/detail/new-who-report-to-bolster-efforts-to-tackle-leading-causes-of-urban-deaths> (дата обращения: 05.11.2019).

27. Волков, Е.В. Теория движения автомобиля: монография / Е.В. Волков. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2018. – 204 с.

28. Волошин, Г.А. Анализ дорожно-транспортных происшествий / Г.А. Волошин, В.П. Мартынов, А.Г. Романов. - М.: Транспорт, 1987. – 240 с.

29. Генбом, Б.Б. Вопросы динамики торможения и теории рабочих процессов тормозных систем автомобилей / Б.Б. Генбом. – Львов: Высшая школа, 1974. — 234 с.

30. Головкин, В.В. Основы безопасности дорожного движения. Учеб. Пособие / В.В. Головкин, В.И. Майоров. - Изд-во «Эксмо», 2008. – 176 с.

31. ГОСТ 33997-2016. Межгосударственный стандарт. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки (утв. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18.07.2018 N 708-ст) [Электронный ресурс]: КонсультантПлюс. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_135713/ (дата обращения: 27.11.2019).

32. ГОСТ 33078-2014. Межгосударственный стандарт. Методы измерения сцепления колеса автомобиля с покрытием (утв. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14.08.2015 N 1164-ст) [Электронный ресурс]: КонсультантПлюс. – Режим доступа:

<http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=STR&n=19736#04771194491649451> (дата обращения: 27.05.2016).

33. ГОСТ Р 41.13-Н-99 (Правила ЕЭК ООН N 13-Н) Единые предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей в отношении торможения [Электронный ресурс]: Электронный фонд нормативной и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200027803> (дата обращения: 05.11.2018).

34. Григорян, В.Г. Применение реконструкции при определении технической возможности у водителя предотвратить наезд на пешехода / В.Г. Григорян, В.В. Малаха, В.М. Липатов // Теория и практика судебной экспертизы. — 2008. — № № 1 (9) . — С. 114-122.

35. Гуревич, Л.В. Тормозное управление автомобиля / Л.В. Гуревич, Р.А. Меламуд. - М.: Транспорт, 1978. – 152 с.

36. Гуслицер, Р.Л. Шина и автомобиль / Р.Л. Гуслицер. - М.: Научно-технический центр «НИИШП», 2007. – 283 с.

37. Домке, Э.Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ Э.Р. Домке. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 288 с.

38. Евтюков, С.А. Безопасность и правила движения на автотранспорте: учебное пособие / С.А. Евтюкова, А.Е. Щербаков - СПб.: СПбГАСУ, 1993.- 168 с.

39. Евтюков, С.А. Дорожно-транспортные происшествия: расследование, реконструкция, экспертиза./ С.А. Евтюкова, Я.В. Васильев – СПб.: Изд-во ДНК, 2008. – 392 с.

40. Евтюков, С.А. Расследование и экспертиза дорожно - транспортных происшествий / С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. - СПб.: Изд-во ДНК, 2-ое издание, 2005. – 288 с.

41. Евтюков, С.А. Судебная автотехническая экспертиза дорожно-транспортных происшествий / С.А. Евтюков, В.А. Пучкин. — СПб.: ИД "Петрополис", 2017. — 416 с.

42. Евтюков, С.С. Применение установившегося замедления в экспертной практике / С.С. Евтюков, Н.В. Чудакова // сборник трудов IV международной научно-практической конференции «Инновации на транспорте в машиностроении» - 2016. – С. 48 – 52.

43. Зедгинидзе, И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем / И.Г. Зедгинидзе. — М.: "Наука", 1976. — 390 с.

44. Зотов, Б.Л. Автотехническая экспертиза / Б.Л. Зотов, Г.Г. Индиченко, Г.Я. Боград, В.А. Бекасов. — М. : Юрид. лит., 1967. — 255 с.

45. Иванов, А.М. Основы конструкции современного автомобиля: учебник для вузов / А.М. Иванов, А.Н. Солнцев, В.В. Гаевский и др. – М: «За рулем», 2012. – 335 с.

46. Иванов, А.М. Системы автоматического экстренного торможения / А.М. Иванов, С.Р. Кристальный, Н.В. Попов. — М.: МАДИ, 2018. — 180 с.

47. Иларионов, В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: Учебник для вузов / В.А. Иларионов. – М.: Транспорт, 1989. – 255 с.

48. Иларионов, В.А. Эксплуатационные свойства автомобиля / В.А. Иларионов. – М.: Машиностроение, 1966. – 280с.

49. Какие существуют современные тормозные системы для автомобилей [Электронный ресурс]: Автомобильные советы. – Режим доступа: <https://drivertip.ru/osnovy/vidy-sovremennyh-tormoznyh-sistem.html> (дата обращения: 10.11.2019)

50. Калявин, В.П. Транспорт: толковый словарь / В.П. Калявин – СПб.: «Элмо», 2003. – 488 с.

51. Коваленко, И.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие для втузов / И.Н. Коваленко, А.А. Филиппова. — М.: "Высшая школа", 1973. — 368 с.

52. Ковригин, В.А. Повышение безопасности автомобилей в условиях эксплуатации на основе анализа характеристик сцепления их шин

со льдом: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.22.10 / Ковригин Владимир Александрович. – Омск, 2014. – 23 с.

53. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях: офиц. текст. - М.: ГроссМедиа, 2008. – 272 с.

54. Колесников, А.И. Система эксплуатационных свойств вооружения и военной техники (БТВТ и ВАТ): Научно-технический сборник №1/ А.И. Колесников, В.Н. Добромиров. - Бронницы, 2000. – 121с.

55. Коллинз, Д. К. Анализ дорожно-транспортных происшествий: пер. с англ. / Д.К. Коллинз, Д.Л. Моррис. – М.: Транспорт. 1971. – 128 с.

56. Комаров, Ю.Я. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий в примерах и задачах / Ю.Я. Комаров, С.В. Ганзин, Р.А. Жирков и др. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 289 с.

57. Комаров, Ю.Я. Факторы, повышающие объективность автотехнической экспертизы / Ю.Я. Комаров, С.И. Тихомиров // Транспорт Российской Федерации, специальный выпуск – 2015.– С.32 – 34.

58. Конституция Российской Федерации: офиц. текст. – М.: Астрель, 2012. – 63 с.

59. Кравец, В.Н. Теория автомобиля: учебное пособие / В.Н. Кравец – Нижний Новгород: НГТУ, 2007. – 368 с.

60. Кривицкий, А.М. Использование специальных познаний в расследовании ДТП: методическое пособие / А.М. Кривицкий А.М., Ю.И. Шапаров. – Изд-во «Харвест», 2004.– 128 с.

61. Кристи, Н.М. Методические рекомендации по производству автотехнической экспертизы / Н.М. Кристи. – М.: ЦНИИСЭ, 1971. – 124 с.

62. Кристи, Н.М. Методические рекомендации по производству автотехнической экспертизы / Н.М. Кристи, В.А. Бекасов. – М.: ЦНИИСЭ, 1966. – 94 с.

63. Кристи, Н.М. Решение отдельных типовых задач судебной автотехнической экспертизы: Справочное пособие для экспертов-автотехников / Н.М. Кристи. – М.: ВНИИСЭ, 1988. – 69 с.

64. Куракина, Е.В. Научно-методическое обеспечение автотехнической экспертизы, учитывающей техническое состояние автомобиля и дорожной среды: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Куракина Елена Владимировна. – СПб, 2014. – 20 с.

65. Кутафин, В.Н. Расследование ДТП: практическое руководство / В.Н. Кутафин. - Изд-во «Феникс», 2007.– 256 с.

66. Лазарев, Д.А. Совершенствование дорожно-транспортной экспертизы на основе исследования процесса торможения автомобиля: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.22.10 / Лазарев Дмитрий Александрович. – Орел, – 2018. – 19 с.

67. Лакеев, А.С. Метод оценки параметров торможения транспортных средств с учетом требований технического регламента / А.С. Лакеев, Ю.И. Молев, Д.Н. Прошин // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева – 2011. – №3(90).– С.156 – 161.

68. Литвинов, А.С. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств: учебник для вузов / А.С. Литвинов, Я.Е. Фаробин. — М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.

69. Лицензионная программа PC-CRASH [Электронный ресурс]: PC-Crash. Home collision & trajectory physics simulation. – Режим доступа: <https://www.pc-crash.com/> (дата обращения: 26.11.2019).

70. Ломакин, В. В. Безопасность автотранспортных средств: учебник для вузов. / В.В. Ломакин, Ю.Ю. Покровский, И.С. Степанов и др. – М: МГТУ «МАМИ», 2011. – 299 с.

71. Маркоишвили, Ю.И. Уточненные дифференцированные значения параметров торможения некоторых транспортных средств / Проблемы судебной автотехнической экспертизы. Сб. науч. тр. ВНИИСЭ / Ю.И. Маркоишвили. – М., 1983.

72. Масленников, В. Г. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий с участием автотранспортных средств категории М1 при

отрицательных температурах асфальтобетонного покрытия дороги: дис. ... канд. тех. наук: 05.22.10 / Маслеников Василий Геннадьевич. - Чита, 2019. – 143 с.

73. Методические рекомендации по исследованию причин ДТП с особо тяжкими последствиями. - М.: ФГУМ НИИАТ, 2003. – 56 с.

74. Михолап, Л.А. Повышение маневренности малотоннажного автопоезда с одноосным прицепом при транспортировке невибростойких грузов в сложных дорожных условиях: дис. ... канд. тех. наук: 05.05.03 / Михолап Леонид Александрович. - ВолГТУ, 2016. – 128 с.

75. Никонов, В. Н. Реконструкция обстоятельств ДТП. Введение в современные методы экспертных исследований. Использование краш-тестов / В.Н. Никонов. — Уфа : Литагент Ридеро, 2017. — 66 с.

76. Новицкий, П.В. Оценка погрешностей результатов измерений / П.В. Новицкий, И.А. Зограф. – Л.: Энергоатомиздат, 1991.– 301 с.

77. О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации: [федер. закон: принят Гос. думой 05.04.2001]. – М.: АО «Кодекс», 2001. – 37 с.

78. О программе PC-CRASH [Электронный ресурс]: Компьютерное моделирование обстоятельств ДТП. – Режим доступа: <https://drivertip.ru/osnovy/vidy-sovremennyh-tormoznyh-sistem.html> (дата обращения: 10.11.2019).

79. Описание и принцип работы системы EBD [Электронный ресурс]: Про автомобили. В деталях. – Режим доступа: <https://techautoport.ru/hodovaya-chast/tormoznaya-sistema/sistema-ebd.html> (дата обращения: 05.11.2019).

80. 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.

81. 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». – № 2017139310; заявл. 13.11.2017; опубл. 14.02.2018.

82. Подопригора, Н.В. Методика определения параметров процесса торможения автотранспортных средств при реконструкции и экспертизе дорожно-транспортных происшествий: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.22.10 / Подопригора Николай Владимирович. – СПб., 2013. – 22 с.

83. Попов, Е.А. Расследование дорожно-транспортных происшествий, совершенных с участием большегрузных автомобилей: дис. ... канд. юрид. наук: 12.00.12 / Попов Евгений Александрович. – Калининград, 2018. – 252 с.

84. Постановление Правительства РФ от 03.10.2013 N 864 (ред. от 13.12.2017) "О федеральной целевой программе "Повышение безопасности дорожного движения в 2013 - 2020 годах" [Электронный ресурс]: КонсультантПлюс. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_152847 / (дата обращения: 26.11.2019).

85. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 17.06.2014 N 489 (ред. от 15.08.2019) «О государственной программе Санкт-Петербурга "Обеспечение законности, правопорядка и безопасности в Санкт-Петербурге» [Электронный ресурс]: КонсультантПлюс. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=SPB&n=216151#0650216487257983> (дата обращения: 26.11.2019).

86. Правила дорожного движения Российской Федерации: офиц. текст. – М.: Третий Рим, 2016. - 72 с.

87. Прибор "Эффект-02" [Электронный ресурс]: Компания "МЕТА". – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902320557> (дата обращения: 10.11.2019).

88. Применение компьютерного моделирования при проведении автотехнических экспертиз [Электронный ресурс]: Автотехническая экспертиза. – Режим доступа: <http://avtotrasolog.ru/content/view/25/5/> (дата обращения: 10.11.2019).

89. Программное обеспечение для статистической обработки данных Statgraphics [Электронный ресурс]: Statgraphics. – Режим доступа: <http://www.statgraphics.com/> (дата обращения: 06.11.2017).

90. Пугачев, И.Н. Организация и безопасность движения / И.Н. Пугачев, А.Э. Горев, Е.М. Олещенко. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 272 с.

91. Пучкин, В.А. Судебная автотехническая экспертиза. Анализ дорожно-транспортных происшествий: научно-практическое пособие / В.А. Пучкин. – Ростов н/Д: Профпресс, 2015. – 360 с.

92. Пучкин, В.А., Основы экспертного анализа дорожно-транспортных происшествий / В.А. Пучкин. – Ростов н/Д: ИПО ПИ ЮФУ, 2010.– 400 с.

93. Пушнов, А.В. Применение параметров замедления автомобилей иностранного и отечественного производства в экспертной практике: методические рекомендации. Ч.2 / А.В. Пушнов, А.А. Каплиев, Ю.А. Миронова. – М.: ГУЭКЦ МВД России, 2003. – 128 с.

94. Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2018 N 1-р "Об утверждении Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018 - 2024 годы" [Электронный ресурс]: КонсультантПлюс. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_288413/ (дата обращения: 25.11.2019).

95. Ревин, А.А. Комплексная технология моделирования тормозной динамики автомобиля: монография / А.А. Ревин. – Волгоград, 2000.– 92 с.

96. Рейтинг России по обеспеченности легковыми автомобилями [Электронный ресурс]: Аналитическое агентство АВТОСТАТ. - Режим доступа: www.autostat.ru (дата обращения: 28.03.2019).

97. Розанов, В.Г. Торможение автомобиля и автопоезда / В.Г. Розанов – М.: Машиностроение, 1964.- 244с.

98. Российский парк легковых автомобилей [Электронный ресурс]: Аналитическое агенство "АВТОСТАТ". – Режим доступа: http://www.meta-moscow.ru/ru/store/diagnosticheskoe-oborudovanie/effekt02.html#product_downloads (дата обращения: 10.11.2019).

99. Сафиуллин, Р.Н., Керимов М.А. Интеллектуальные бортовые системы на автомобильном транспорте / Р.Н. Сафиуллин, М.А. Керимов — М., Берлин: Директ-Медиа, 2017. — 354 с.

100. 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.

101. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019616581 «Программа для прогнозирования параметров процесса торможения транспортного средства категории М1 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.

102. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020611727 «Программа для реконструкции ДТП по параметрам процесса торможения ТС категории М1, 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.

103. Свод методических и нормативно-технических документов в области экспертного исследования обстоятельств дорожно-транспортных происшествий / Ю.Б. Суворов. – М.: ВНИИСЭ, 1993. – 320 с.

104. Селиванов, Н.Д. Расследование дорожно-транспортных происшествий. Справочно-методическое пособие / Н.Д. Селиванов, А.И. Дворкин, Б.Д. Завидов и др. – М.: Лига Разум, 1998. – 448 с.
105. Селифонов, В.В. Теория автомобиля: учебное пособие / В.В. Селифонов, А.Ш. Хусаинов, В.В. Ломакин. – М.: МГТУ «МАМИ», 2007. – 102 с.
106. Системы экстренного торможения автомобиля. [Электронный ресурс]: Про автомобили. В деталях. – Режим доступа: <https://techautoport.ru/hodovaya-chast/tormoznaya-sistema/sistema-ekstrennogo-tormozheniya.html> (дата обращения: 05.11.2019).
107. Смирнова, С.А. Судебная экспертиза на рубеже XXI века. Состояние, развитие, проблемы. 2-е изд., перераб. и доп. / С.А. Смирнова. – СПб.: Питер, 2004. – 875 с.
108. Стало известно, какие машины часто попадают в ДТП [Электронный ресурс]: Журнал «За рулем». – Режим доступа: <https://www.zr.ru/content/news/914473-vyyasnilos-kakie-mashiny-chashche/#> (дата обращения: 20.08.2020).
109. Статистика ДТП [Электронный ресурс]: Показатели состояния безопасности дорожного движения. – Режим доступа: <http://www.gibdd.ru/stat/> (дата обращения: 26.11.2019).
110. Степина, П.А. Разработка методики совершенствования автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий: дис. ... канд. тех. наук: 05.22.10 / Степина Полина Александровна. - СПб, 2010.– 168 с.
111. Столяров, В.В. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий на основе теории риска: учебное пособие / В.В. Столяров. – Саратов: СГТУ, 1996. – 176 с.
112. Суворов, Ю.Б. Определение в экспертной практике параметров торможения автотранспортных средств: метод. рекомендации / Ю.Б. Суворов, Е.В. Осепчугов. – М., 1983.

113. Суворов, Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза. Судебно - экспертная оценка действий водителей и других лиц, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения, на участках ДТП: учебное пособие / Ю.Б. Суворов. – М.: Издательство «Экзамен», издательство «Право и закон», 2003. – 208с.

114. Судебная автотехническая экспертиза: Пособие для экспертов-автотехников, следователей и судей. ч.2. / Под. ред. А.В. Илларионова. – М.: ВНИИСЭ, 1980. – 491 с.

115. Тадеев, В.Б. Расчет движения трицикла при автотехнической экспертизе дорожно-транспортных происшествий: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.22.10 / Тадеев Вадим Ботазович. – Волгоград, 2011. - 16 с.

116. Тарасик, В.П. Теория движения автомобиля: учебник для вузов / В.П. Тарасик. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 478 с.

117. Тартаковский, Д.Ф. Проблемы неопределенности данных при экспертизе дорожно-транспортных происшествий / Д.Ф. Тартаковский. - СПб.: Юридический центр Пресс, 2006. – 268 с.

118. ТР ТС 018/2011 Технический регламент Таможенного Союза "О безопасности колесных транспортных средств" (с изменениями на 16 февраля 2018 года) [Электронный ресурс]: Электронный фонд нормативной и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902320557> (дата обращения: 05.11.2019).

119. Туренко, А.Н. Исследование тормозной динамики автомобиля при анализе дорожно-транспортного происшествия / А.Н. Туренко, В.И. Клименко, А.В. Сараев и др. // Автомобильный транспорт. — 2010. — № 26. — С. 17–22.

120. Фалькевич, Б.С. Теория автомобиля: учебник для вузов / Б.С. Фалькевич. - М.: Машгиз, 1963. – 239 с.

121. Федеральный закон "О безопасности дорожного движения" от 10.12.1995 N 196-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». – Режим доступа:

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8585/ (дата обращения: 11.11.2019).

122. Федоров, В.А. Расследование ДТП / Под. ред. Федорова В.А., Гаврилова Б.Я. Изд. 2-е, перераб., доп. – М.: Экзамен, 2003.- 464 с.

123. Федотов, А.И. Методика подготовки диссертации: учебно-методическое пособие для аспирантов и докторантов специальности 05.22.10 "Эксплуатация автомобильного транспорта" / А.И. Федотов — Иркутск: Иркутский государственный технический университет, 2016. — 118 с.

124. Федотов, А.И. Основы научных исследований на автомобильном транспорте. / А.И. Федотов. – Иркутск, ИрГТУ, 2012. – 86 с.

125. Хусаинов, А.Ш. Эксплуатационные свойства автомобиля / А.Ш. Хусаинов. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 115 с.

126. Чава, И.И. Судебная автотехническая экспертиза. Исследование обстоятельств ДТП / И.И. Чава. — М.: Библиотека эксперта, 2007. — 289 с.

127. Чудаков, Е.А. Теория автомобиля: учебник для высш. техн. учеб. заведений. 3-е изд., доп. и перераб. / Е.А. Чудаков. – М.: Изд-во и 1-я тип. Машгиза в Л., 1950. – 344 с.

128. Эльвик, Р., Мюсен, А.Б., Во, Т. Справочник по безопасности дорожного движения / Пер. с норв. под ред. Сильянова В.В.- М.: МАДИИ (ГТУ), 2001. – 754 с.

129. Якимов, О.Ю. Дорожно-транспортное происшествие. Выпуск 5 / О.Ю. Якимов. – М.: Юрайт-Издат, 2008. – 175 с.

130. 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.

131. A S Afanasyev, N V Chudakova Study of braking performance of M1 category vehicle within autotechnical expertise // Journal of Physics: Conference Series 1118 012001. – 2018. — P. 1– 6.

132. A S Afanasyev, S A Evtyukov, N V Chudakova. The methods of reconstruction of an accident according to the parameters of the braking process of

vehicles of category M1 under operating conditions of the North-West region // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. — P. 1– 6.

133. A S Afanasyev, S A Evtuykov, N V Chudakova Experimental study of the factors affecting the parameters of emergency braking for vehicles of category M₁ // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 953 (2020) 012092/ – 2020. – P. 2 – 6.

134. Accident reconstruction expert witness [Электронный ресурс]: The Expert Institute. – Режим доступа: <https://www.theexpertinstitute.com/expert-witness/accident-reconstruction/> (дата обращения: 11.11.2019).

135. Adam Reza, Jacek Wierciński, Stanisław Gaca. Wypadki drogowe - Vademecum biegłego sadowego. — Wydanie II. — Krakow: Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sadowych, 2011. 1094 p.

136. Alan J. Watts. Accident Reconstruction Science 4th Edition. – Lawyers & Judges Publishing Company, 2011. 416 p.

137. Anti-Lock Braking System (ABS) and Anti-Slip Regulation (ASR) // WABCO. URL: www.wabco-auto.com (дата обращения: 05.11.2019).

138. Daniel J. Parkka. Equation Directory for the Reconstructionist. – IPTM, 1996. 186 p.

139. David Brill. Advanced Techniques in Traffic Crash Investigation. – IPTM, 2004. 333 p.

140. Donald E. Struble, Ph.D. Automotive Accident Reconstruction: Practices and Principles. – Reference, 2017. 498 p.

141. Elvin Aycock. Accident Reconstruction Fundamentals: A Guide To Understanding Vehicle Collisions Paperback. – Speakeasy Marketing, 2015. 136 p.

142. Harold F., Darren F. Mathematical Methods for Accident Reconstruction: A Forensic Engineering Perspective. - CRC Press, 2009. – 328 p.

143. John Daily, Nathan Shigemura, Jeremy Daily. Fundamentals of Traffic Crash Reconstruction Volume 2 of the Traffic Crash Reconstruction Series. – IPTM, 8th Printing, 2018.768 p.

144. M. J. Lofgren. Handbook for the accident reconstructionist. — Institute of police traffic management university of north Florida, 1979. 317 p.
145. Matthew Huang. Vehicle Crash Mechanics 1st Edition. – Reference, 2002. 504 p.
146. Mike W. Reade and Tony L. Becker. Fundamentals of Pedestrian/Cyclist Traffic Crash Reconstruction 1st Edition. – IPTM, 2016. 256 p.
147. Modern-day sherlock holmes — where 3d scanning technology meets forensic science // FARO. URL: <https://www.faro.com/en-in/case-studies/modern-day-sherlock-holmes-where-3d-scanning-technology-meets-forensic-science/> (дата обращения: 11.11.2019).
148. Nathan S. Shigemura. Mathematics for the Traffic Accident Investigator and Reconstructionist. – IPTM, 1996. 157 p.
149. R.W. Rivers. Training and Reference Manual for Traffic Crash Investigation 3rd edition. – IPTM, 2010. 507 p.
150. Slawomir Golebiowski, Jozef Gurgul, Jan Polony. Wypadki drogowe - elementy analizy technicznej i opiniowania. – Warszawa: Wydawnictwa Komunikacji i Laczności, 1985. 239 p.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

XXII Московский международный Салон изобретений и инновационных технологий «АРХИМЕД-2019»



XXIII Московский международный
Салон изобретений и инновационных технологий



«АРХИМЕД 2020»

ДИПЛОМ

Решением Международного Жюри
награждается

СЕРЕБРЯНОЙ МЕДАЛЬЮ

Федеральное Государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Санкт-Петербургский горный университет»

авторы: Афанасьева А.С., Чудакова Н.В., Виленская А.В.,
Тарасов И.В.

за проект: «Приборы и средства для реконструкции дорожно-
транспортных происшествий»

Председатель
Международного Жюри,
академик,
член президиума РАН

С.М. Алдошин

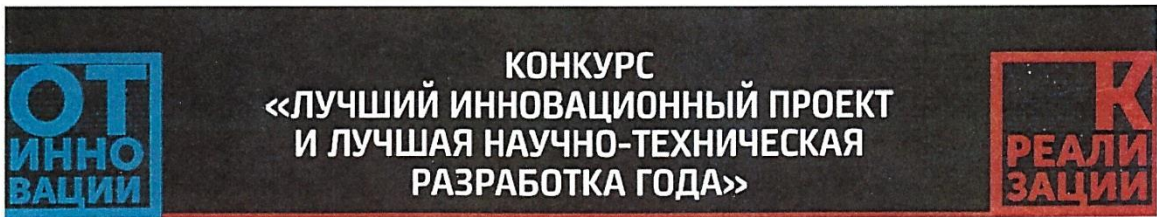
Президент Салона

Д.И. Зезюлин

Руководитель
Федеральной службы
по интеллектуальной
собственности

Г.П. Ивлиев

Россия, Москва, 24.03 - 27.03.2020 г.



ДИПЛОМ

с вручением
СПЕЦИАЛЬНОГО ПРИЗА

награждается

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»

за разработку

**«ПРИБОРЫ И СРЕДСТВА ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ
ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ»**

авторы

Афанасьев А.С., Чудакова Н.В., Виленская А.В.

в номинации

Лучший инновационный проект (разработка) в области: дороги, мосты, технологии строительства, содержания и ремонта, новые материалы, оборудование, регулирование дорожного движения

Директор Северо-Западного
центра экспертизы ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ,
академик-секретарь
СПб отд. МАНИПТ «Инновации и экспертизы
в информационных цифровых технологиях»

Сопредседатель Конкурсной комиссии,
генеральный директор ООО «ВО «РЕСТЭК»

 С.П. Фалеев
 Д.А. Никитин

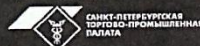
В рамках
выставки:



Организатор:



При поддержке:



19 СЕНТЯБРЯ 2020
Санкт-Петербург

Приложение Б

Акты внедрения результатов диссертационного исследования

ООО «Межрегиональный центр экспертиз и консалтинга «Триумф»
308009 г. Белгород, ул. Горького 56а кабинет 34; ОГРН 1123123015289; ИНН 3123306717;
КПП 312301001; Тел. (4722) 41-49-49; факс (4722) 55-83-73; эл. почта: Triumpf31@bk.ru

«Утверждаю»
Директор
ООО «МЦК «Триумф»
Махонин В.Л.

04 сентября 2020 г.



АКТ

о практической реализации результатов НИР

Настоящим подтверждается, что результаты научно-исследовательской работы Чудаковой Натальи Вячеславовны на тему ««Методика реконструкции дорожно-транспортных происшествий по параметрам торможения транспортного средства категории М₁»» внедрены в практическую деятельность ООО «МЦК «Триумф» для производства автотехнических экспертиз, в частности «Программа для расчетно-аналитического анализа реконструкции и экспертизы дорожно-транспортного происшествия» и «Программа для прогнозирования параметров процесса торможения транспортного средства категории М₁ при реконструкции и экспертизе ДТП» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018614330 и №2019616581). Использование программ позволяет повысить качество исследования ДТП и объективность его результатов, путем получения полных данных о параметрах торможения АТС, оснащенных системами ABS, EBD, BAS.

Ст. эксперт ООО «МЦК «Триумф» _____ Гопченко Л.В.

Эксперт ООО «МЦК «Триумф» _____ Демьянов В.А.



Продолжение Приложения Б

УТВЕРЖДАЮ
СПб ГУП «Пассажиравтотранс»
Автобусный парк №1
«14» _____ 2020 г.

АКТ

о внедрении результатов научно-исследовательской работы

Выдан Чудаковой Наталье Вячеславовне для предоставления в диссертационный совет.

Свидетельствует о том, что результаты научно-исследовательской работы на тему «Методика реконструкции дорожно-транспортных происшествий по параметрам торможения транспортного средства категории М₁» внедрены в практическую деятельность, в частности применяются устройства крепления для датчика и прибора при использовании прибора «Эффект-02» (Патент РФ на полезную модель № 176875 и 177241).

Главный инженер
СПб ГУП Пассажиравтотранс
Автобусный парк №1

Е.А. Прошин

Продолжение Приложения Б**АКТ**

о внедрении в учебный процесс результатов диссертационного исследования
Чудаковой Натальи Вячеславовны, выполненной на тему: «Методика
реконструкции ДТП по параметрам торможения АТС категории М₁,
оснащенных системами ABS, EBD и BAS»

Теоретические и практические результаты диссертационного исследования внедрены на кафедре транспортно-технологических процессов и машин Санкт-Петербургского горного университета, т.к. имеют прикладной характер и позволяют производить расчет скорости движения АТС, остановочного и тормозного пути с учетом конструктивных особенностей тормозного управления современных автомобилей, в частности систем ABS, EBD, BAS. В учебный процесс внедряются в качестве презентационного материала: макеты полезных моделей «Устройство крепления для датчика» № 176875 и «Устройство крепления для прибора» № 177241, программы для ЭВМ №2018614330 и № 2019616581. Результаты исследования используются для проведения лабораторных работ по дисциплине «Организация перевозок и безопасность движения» по направлению 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» на основании решения заседания кафедры, протокол №4 от 19 ноября 2019 г.

Зам. зав. кафедрой ТТП и М



Кацуба Ю.Н.

Секретарь



Пантелеева Н.С.

Приложение В

Патенты на полезные модели, свидетельства о программах ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ
НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ
№ 177241

УСТРОЙСТВО КРЕПЛЕНИЯ ДЛЯ ПРИБОРА

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Чудакова Наталья Вячеславовна (RU), Афанасьев Александр Сергеевич (RU), Виленская Анастасия Викторовна (RU)*

Заявка № 2017139310
Приоритет полезной модели 13 ноября 2017 г.
Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 14 февраля 2018 г.
Срок действия исключительного права на полезную модель истекает 13 ноября 2027 г.



Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2018614330

ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО
АНАЛИЗА РЕКОНСТРУКЦИИ И ЭКСПЕРТИЗЫ
ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет» (RU)*

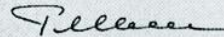
Авторы: *Чудакова Наталья Вячеславовна (RU), Афанасьев
Александр Сергеевич (RU), Тарасов Иван Владимирович (RU)*

Заявка № 2018611155

Дата поступления 08 февраля 2018 г.

Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ 04 апреля 2018 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2019616581

ПРОГРАММА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ
ПРОЦЕССА ТОРМОЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО
СРЕДСТВА КАТЕГОРИИ М₁ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ И
ЭКСПЕРТИЗЕ ДТП

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет» (RU)*

Авторы: *Афанасьев Александр Сергеевич (RU), Чудакова Наталья
Вячеславовна (RU), Тарасов Иван Владимирович (RU)*



Заявка № 2019615581

Дата поступления 14 мая 2019 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 24 мая 2019 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Излев Г.П. Излев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ
№ 2020611727

**ПРОГРАММА ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ДТП ПО
ПАРАМЕТРАМ ПРОЦЕССА ТОРМОЖЕНИЯ ТС
КАТЕГОРИИ М1 ОСНАЩЕННЫХ СИСТЕМАМИ ABS,
EBD, BAS**

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет» (RU)*

Авторы: *Афанасьев Александр Сергеевич (RU),
Чудакова Наталья Вячеславовна (RU)*

Заявка № **2020610193**
Дата поступления **10 января 2020 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **06 февраля 2020 г.**



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.И. Волков Г.И. Волков

Приложение Г

Основные технические характеристики прибора «Эффект-02»

1 ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Диапазон контролируемых параметров:

установившееся замедление $J_{уст}$, m/s^2 $0 \div 9,81$

усилие нажатия на педаль P_n , кгс (Н) $10 \div 100(98 \div 980)$

тормозной путь S_t , м $0 \div 50$

начальная скорость торможения V_0 , км/ч $20 \div 50$

пересчитанная норма тормозного пути S_t^* , м $0 \div 50$

время срабатывания тормозной системы $t_{ср}$, с $0 \div 3$

Пределы основной допускаемой относительной погрешности:

- установившееся замедление, % ± 4

- усилие нажатия на тормозную педаль, % ± 5

- время срабатывания тормозной системы, с $\pm 0,1^{**}$

Напряжение питания, В 12 ± 2

Потребляемая мощность, Вт, не более 2

Габаритные размеры прибора, мм

- модификация «Эффект-02»:

электронный блок $206 \times 75 \times 38$

датчик усилия $135 \times 95 \times 70$

- модификация «Эффект- 02.01»:

электронный блок $206 \times 75 \times 38$

датчик усилия $135 \times 95 \times 70$

подставка $220 \times 100 \times 70$

Масса прибора, кг,

- модификация «Эффект-02»:

электронный блок 0,4

датчик усилия 0,5

- модификация «Эффект-02.01»:

электронный блок 0,4

датчик усилия 0,5

подставка 0,5

* **Примечание** - Согласно ГОСТ Р51709-2001 "Автотранспортные средства. Требования к техническому состоянию и методы проверки" введенного с 01.01.2002г. параметр эффективности торможения "Время срабатывания тормозной системы" — исключен из числа нормируемых метрологических характеристик и является справочной характеристикой тормозных систем.


** - Справочная величина

Приложение Д

Сертификат о поверке прибора «Эффект-02»

Федеральное бюджетное учреждение
«Государственный региональный центр стандартизации,
метрологии и испытаний в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области»
(ФБУ «Тест-С.-Петербург»)
Регистрационный номер аттестата аккредитации RA.RU.311483

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ № 0115866

ГМС  096193133

Действительно до "20" июля 2017 г.

Средство измерений Прибор для определения эффективности тормозной системы автомобиля тип "Эффект",
наименование, тип, модификация, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (если в состав средства измерений входят несколько автономных измерительных блоков, то приводится их перечень и заводские номера)

рег. № 16946-03

серия и номер знака предыдущей поверки отсутствует
(если такие серия и номер имеются)

заводской номер (номера) 8380


поверено в диапазоне измерения установившегося замедления 0-9,81 м/с²
наименование величины, диапазон, на которых поверено средство измерений

поверено в соответствии с "Методика поверки эффективности тормозных систем автомобилей М 016.000.00 МП"
наименование документа, на основании которого выполнена поверка

с применением эталонов: Динамометр ДОСМ-3-0,25 3 разряд; квадрант оптический КО-60 ПГ±30";
наименование, тип, заводской номер, регистрационный номер (при наличии), разряд, класс или погрешность эталона, применяемого при поверке

при следующих значениях влияющих факторов: Температура окружающего воздуха 21,3°С, относительная влажность 37%
приводят перечень влияющих факторов, нормированных в документе на методику поверки, с указанием их значений

и на основании результатов первичной (периодической) поверки признано соответствующим установленным в описании типа метрологическим требованиям и пригодным к применению в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений.

Знак поверки 

Начальник отдела №437 Н.П. Трусов
подпись, фамилия

Поверитель А.В. Дюков
подпись, фамилия

Дата поверки "21" июля 2015 г.

Приложение Е

Результаты экспериментальных значений установившегося замедления $j_{уз}$ и времени его нарастания $t_{нз}$ для АТС категории М₁ с учетом наличия и отсутствия в их конструкции систем ABS, EBD, BAS при одинаковых условиях движения машин

Таблица Е.1 – Экспериментальные значения установившегося замедления $j_{уз}$ и времени его нарастания $t_{нз}$ для АТС категории М₁, оснащенных системами ABS, EBD и BAS, в зависимости от типа шин при загрузке в 80 %

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%, $j_{уз}/t_{нз}$
загруженность автомобиля 80 %				
0,74	всесезонная	7,33/0,34	7,2/0,34	7,07/0,34
	фрикционная	5,6/0,34	5,47/0,34	5,34/0,33
	шипованная	4,63/0,34	4,5/0,34	4,37/0,33
	летняя	7,53/0,36	7,4/0,36	7,27/0,35
0,49	всесезонная	5,93/0,30	5,8/0,30	5,67/0,30
	фрикционная	5,63/0,29	5,5/0,29	5,37/0,29
	шипованная	4,13/0,27	4,0/0,27	3,87/0,27
	летняя	6,53/0,33	6,4/0,33	6,27/0,33
0,38	всесезонная	3,07/0,28	–	–
	фрикционная	6,11/0,34	–	–
	шипованная	5,91/0,31	–	–
0,31	всесезонная	2,91/0,24	–	–
	фрикционная	4,31/0,28	–	–
	шипованная	4,91/0,30	–	–

Продолжение Приложения Е

Таблица Е.2 – Экспериментальные значения установившегося замедления $j_{уз}$ и времени его нарастания $t_{нз}$ для АТС категории М₁, оснащенных системами ABS, EBD и BAS, в зависимости от типа шин при загрузке в 100 %

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%, $j_{уз}/t_{нз}$
загруженность автомобиля 100 %				
0,74	всесезонная	6,94/0,33	6,81/0,33	6,68/0,33
	фрикционная	5,34/0,33	5,21/0,33	5,08/0,33
	шипованная	4,24/0,33	4,11/0,33	3,98/0,33
	летняя	7,14/0,35	7,01/0,35	6,88/0,35
0,49	всесезонная	5,54/0,30	5,41/0,30	5,28/0,30
	фрикционная	5,24/0,29	5,11/0,29	4,98/0,29
	шипованная	3,74/0,27	3,61/0,27	3,48/0,27
	летняя	6,14/0,33	6,01/0,33	5,88/0,33
0,38	всесезонная	2,94/0,28	–	–
	фрикционная	5,98/0,34	–	–
	шипованная	5,78/0,31	–	–
0,31	всесезонная	2,78/0,24	–	–
	фрикционная	4,18/0,28	–	–
	шипованная	4,78/0,30	–	–

Таблица Е.3 – Экспериментальные значения установившегося замедления $j_{уз}$ и времени его нарастания $t_{нз}$ для АТС категории М₁, не оснащенных системами ABS, EBD и BAS, в зависимости от типа шин при загрузке в 60 %

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%, $j_{уз}/t_{нз}$
загруженность автомобиля 60 %				
0,74	всесезонная	5,48/0,33	5,31/0,33	5,14/0,32
	фрикционная	5,23/0,31	5,08/0,31	4,93/0,31
	шипованная	4,3/0,31	4,15/0,31	4,0/0,31
	летняя	5,78/0,31	5,61/0,31	5,44/0,31

Продолжение Приложения Е

Продолжение таблицы Е.3

0,49	всесезонная	4,08/0,30	3,91/0,30	3,74/0,30
	фрикционная	4,0/0,26	3,85/0,26	3,7/0,26
	шипованная	3,8/0,24	3,65/0,24	3,5/0,24
	летняя	4,58/0,29	4,41/0,29	4,24/0,29
0,38	всесезонная	2,56/0,20	–	–
	фрикционная	4,56/0,25	–	–
	шипованная	4,36/0,27	–	–
0,31	всесезонная	2,36/0,21	–	–
	фрикционная	3,16/0,25	–	–
	шипованная	3,56/0,27	–	–

Таблица Е.4 – Экспериментальные значения установившегося замедления $j_{уз}$ и времени его нарастания $t_{нз}$ для АТС категории М₁, не оснащенных системами ABS, EBD и BAS, в зависимости от типа сезонности шин при загрузке в 80 %

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%, $j_{уз}/t_{нз}$
загруженность автомобиля 80 %				
0,74	всесезонная	4,97/0,33	4,8/0,33	4,63/0,32
	фрикционная	4,78/0,31	4,63/0,31	4,48/0,30
	шипованная	3,85/0,31	3,7/0,31	3,55/0,30
	летняя	5,27/0,31	5,1/0,31	4,93/0,30
0,49	всесезонная	3,57/0,29	3,4/0,29	3,23/0,29
	фрикционная	3,55/0,25	3,4/0,25	3,25/0,25
	шипованная	3,35/0,23	3,2/0,23	3,05/0,23
	летняя	4,07/0,28	3,9/0,28	3,73/0,28
0,38	всесезонная	32,29/0,20	–	–
	фрикционная	4,39/0,25	–	–
	шипованная	4,19/0,27	–	–
0,31	всесезонная	2,19/0,21	–	–
	фрикционная	2,99/0,25	–	–
	шипованная	3,39/0,27	–	–

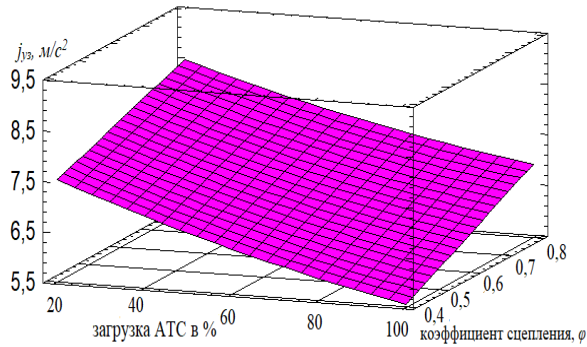
Продолжение Приложения Е

Таблица Е.5 – Экспериментальные значения установившегося замедления $j_{уз}$ и времени его нарастания $t_{нз}$ для АТС категории М₁, не оснащенных системами ABS, EBD и BAS, в зависимости от типа сезонности шин при загрузке в 100 %

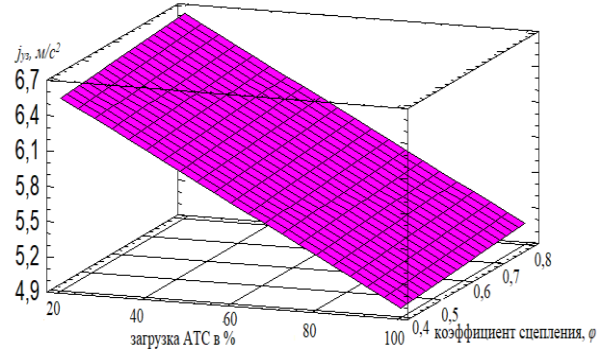
φ	Тип сезонности шин	Одиночный автомобиль, $j_{уз}/t_{нз}$	Автомобиль с прицепом снаряженной массы, $j_{уз}/t_{нз}$	Автомобиль с прицепом, загруженным на 50%, $j_{уз}/t_{нз}$
загруженность автомобиля 100 %				
0,74	всесезонная	4,46/0,32	4,29/0,32	4,12/0,32
	фрикционная	4,33/0,30	4,18/0,30	4,03/0,30
	шипованная	3,4/0,30	3,25/0,30	3,1/0,30
	летняя	4,76/0,30	4,59/0,30	4,42/0,30
0,49	всесезонная	3,06/0,29	2,89/0,29	2,72/0,29
	фрикционная	3,1/0,25	2,95/0,25	2,8/0,25
	шипованная	2,9/0,23	2,75/0,23	2,6/0,23
	летняя	3,56/0,28	3,39/0,28	3,22/0,28
0,38	всесезонная	2,22/0,20	–	–
	фрикционная	4,22/0,25	–	–
	шипованная	4,02/0,27	–	–
0,31	всесезонная	2,02/0,21	–	–
	фрикционная	2,82/0,25	–	–
	шипованная	3,22/0,27	–	–

Приложение Ж

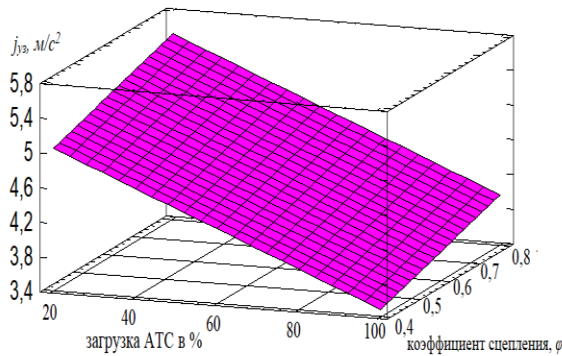
Графики показателей установившегося замедления $j_{уз}$ для АТС, оснащенных системами ABS, EBD, BAS



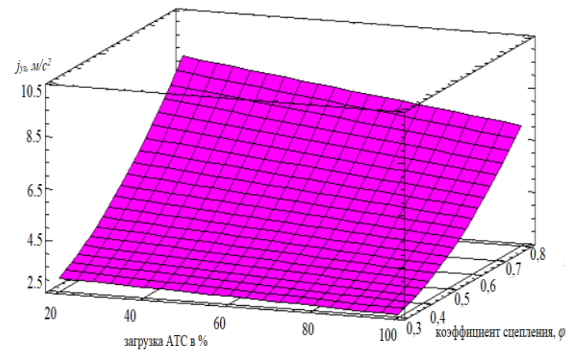
а) на примере летней шины с прицепом груженым на 50 %



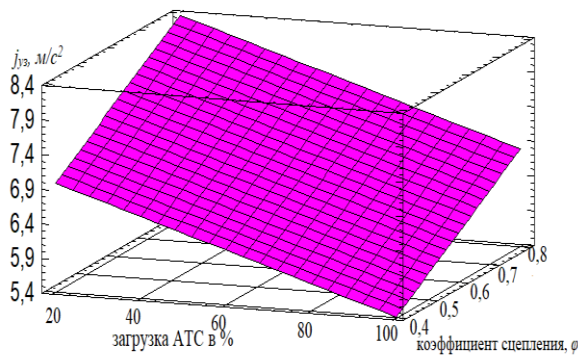
б) на примере фрикционной шины с прицепом груженым на 50 %



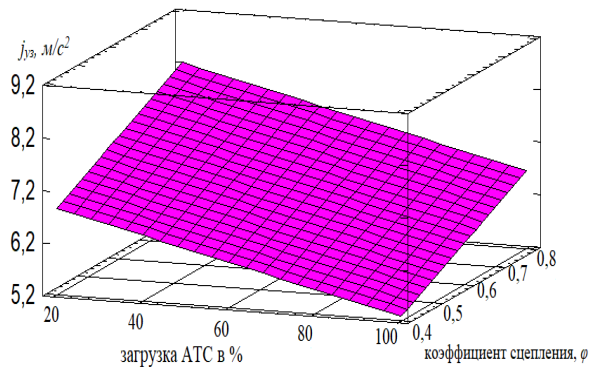
в) на примере шипованной шины с прицепом груженым на 50 %



г) одиночное АТС на примере всесезонной шины

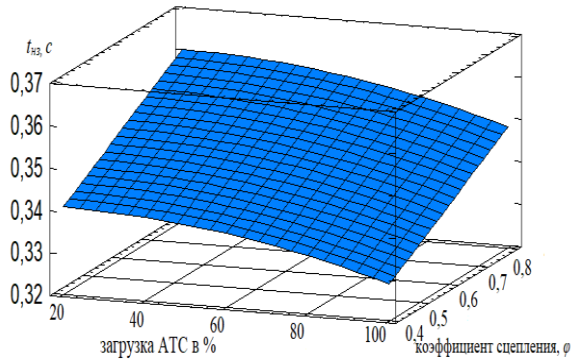


д) АТС на примере всесезонной шины с снаряженным прицепом

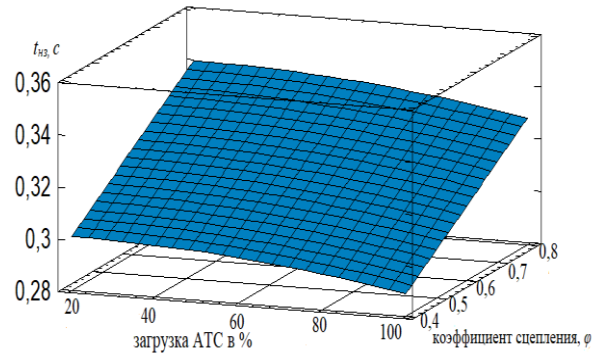


е) на примере всесезонной шины с прицепом груженым на 50 %

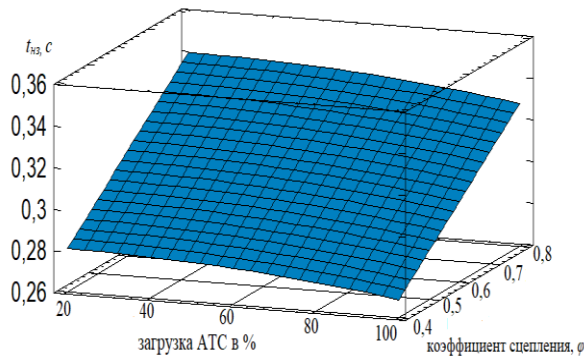
Продолжение Приложения Ж

Графики показателей времени нарастания $t_{нз}$ для АТС, оснащенных системами ABS, EBD, BAS

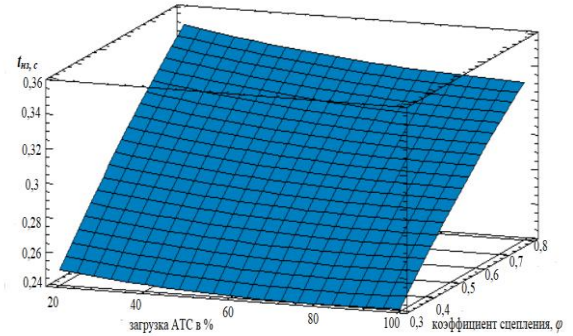
а) на примере летней шины с прицепом груженым на 50 %



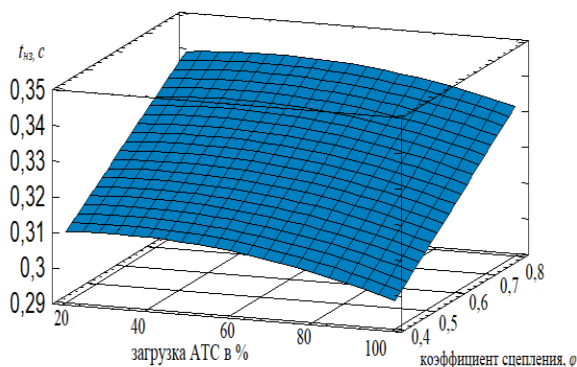
б) на примере фрикционной шины с прицепом груженым на 50 %



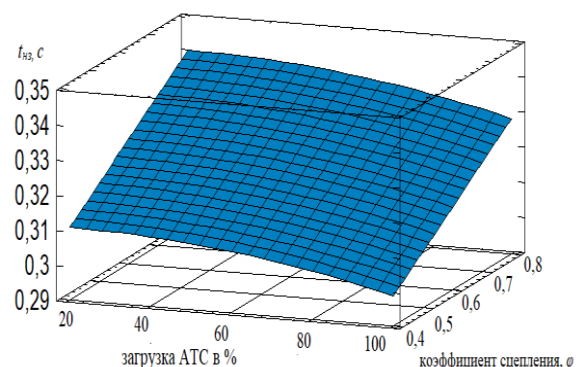
в) на примере шипованной шины с прицепом груженым на 50 %



г) одиночное АТС на примере всесезонной шины



д) АТС на примере всесезонной шины с снаряженным прицепом



е) на примере всесезонной шины с прицепом груженым на 50 %