

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

На правах рукописи

ГЛАДУШЕВСКИЙ ИЛЬЯ СЕРГЕЕВИЧ

**МЕТОД ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ШИН НА
ЗАМЕДЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ КАТЕГОРИИ М₁**

05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
д.т.н., доцент Евтюков С.С.

Санкт-Петербург – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ МИРОВОГО И ОТЕЧЕСТВЕННОГО ОПЫТА В ЧАСТИ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШИН	12
1.1 Анализ безопасности дорожного движения и причин дорожно-транспортных происшествий	12
1.1.1 Показатели аварийности на дорогах	12
1.1.2 Возрастная структура ТС	15
1.1.3 Анализ дорожно-транспортных экспертиз Санкт-Петербурга и Ленинградской области	16
1.2 Классификации транспортных средств категории М1 в России и за ее пределами.....	18
1.2.1 Классификация ТС в России	18
1.2.2 Классификация легковых ТС в странах Евросоюза	19
1.2.3 Классификация легковых ТС в Соединенных Штатах Америки.....	21
1.2.4 Классификация легковых ТС в Японии и странах Азии.....	21
1.3 Сцепные свойства шин с дорожным покрытием	24
1.3.1 Замедление легковых транспортных средств.....	30
1.4 Влияние факторов на взаимодействие протектора шины с дорожным покрытием	31
1.5 Требования к колесам и шинам транспортных средств.....	34
1.5.1 Применение шипованных шин	37
1.5.2 Функционал активной системы безопасности ТС.....	39
1.5.3 Период эксплуатации шин	41
ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ.....	43
ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЗАМЕДЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ КАТЕГОРИИ М₁.....	45
2.1 Анализ методов экспертного определения замедления	45
2.2 Математическое моделирование процесса замедления	49
2.3 Анализ факторов, влияющих на замедление	58
2.4 Теоретическое исследование процессов замедления ТС.....	59
2.5 Определение сцепления и площади пятна контакта.....	67
ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ.....	71
ГЛАВА 3. ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	72
3.1 Цели и задачи экспериментальных исследований.....	72
3.2 Планирование полнофакторного экспериментального исследования..	72

3.3 Проведение экспериментальных исследований замедления по классам ТС в соответствии с классификацией Европейской экономической комиссии.....	82
3.3.1 Проведение экспериментальных исследований сегмента А	91
3.3.2 Проведение экспериментальных исследований сегмента В.....	92
3.3.3 Проведение экспериментальных исследований сегмента С.....	92
3.3.4 Проведение экспериментальных исследований сегмента D	93
3.3.5 Проведение экспериментальных исследований сегмента Е.....	93
3.3.6 Проведение экспериментальных исследований сегмента F	94
3.3.7 Проведение экспериментальных исследований сегмента J.....	95
3.3.8 Проведение экспериментальных исследований сегмента М.....	95
3.4 Обработка полученных экспериментальных данных.....	96
ВЫВОДЫ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ.....	103
ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	105
4.1 Метод оценки тормозного пути ТС категории М₁.....	105
4.2 Исследование замедления по уточненной методике	124
4.3 Применение на практике метода расчета при производстве ДТЭ.....	131
4.4 Оценка эффективности разработанной методики в сравнении с действующими методами ДТЭ	132
4.4.1 Дорожно-транспортное происшествие ТС категории М ₁ сегмента М летними шинами и пешеход.....	134
4.4.2 Дорожно-транспортное происшествие ТС сегмента В с зимними шипованными шинами категории М ₁ и пешеход	135
4.4.3 Дорожно-транспортное происшествие ТС сегмента J летними шинами категории М ₁ и пешеход.....	137
ВЫВОДЫ ПО ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ.....	140
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	142
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	143
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	147
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	156
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	158
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	159
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	160
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	171
ПРИЛОЖЕНИЕ Е	173
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	176

ПРИЛОЖЕНИЕ З	179
ПРИЛОЖЕНИЕ И	183
ПРИЛОЖЕНИЕ К.....	191
ПРИЛОЖЕНИЕ Л.....	199

ВЕДЕНИЕ

Актуальность выбранной темы. Мировое технологическое развитие влияет на технологии, используемые в автомобилестроении, в том числе развитие шинной промышленности и прогрессирующие системы безопасности оказывают определенное влияние на улучшение управляемости транспортных средств (ТС). Индивидуальные характеристики ТС не позволяют описывать процесс замедления имеющимся математическим. Совершенствующиеся технологии, внедряемые в эксплуатируемую технику, нуждаются в определении методов оценки, в частности параметров замедления ТС категории M_1 .

Сезонная смена шин на ТС категории M_1 требует более глубокого исследования ввиду явно выраженного отличия зимних шипованных и нешипованных шин от летних в части характеристик протектора. Используемые в экспертной практике данные для определения замедления ТС категории M_1 должным образом описывают замедление отечественных ТС XX века, и не дают возможность оценить реальные значения замедления современных автомобилей. Таким образом не удастся порой определить техническую возможность предотвращения ДТП водителем ТС.

Применение имеющегося математического аппарата, характеризующего замедление ТС XX века, определяет равные значения установившегося замедления для ТС категории M_1 с различными техническими характеристиками. Определение индивидуальных характеристик ТС, рассматриваемых в диссертационном исследовании сгруппировано по сегментам(классам), в соответствии с классификацией Европейской экономической комиссии.

Определенные значимые факторы, влияющие на значение установившегося замедления, удовлетворяют условиям разделения транспортных средств категории M_1 по сегментам, в соответствии с классификацией Европейской экономической комиссии.

Проведенные экспериментальные исследования по определению установившегося замедления, с использованием деселерометра модели «LWS-

2МС», для 52 ТС категории M_1 при различных погодных-климатических условиях для летнего и зимнего (шипованного и нешипованного) типа протектора, показывают отличие полученных значений установившегося замедления, в зависимости от сегментов транспортных средств категории M_1 , от расчетных.

Предварительная проверка технического состояния рассматриваемых ТС позволяла убедиться в их исправности и допуске к эксплуатации на дорогах общего пользования. Соответствие размерности шин рекомендациям заводов производителей проверялась индивидуально для каждого ТС.

В результате проведенных экспериментальных исследований была сформирована база значений установившегося замедления. На основании полученных данных были определены значения установившегося замедления индивидуально для каждого сегмента.

Полученные, в результате математического обоснования, уравнения множественной регрессии, для различных сегментов ТС категории M_1 с учетом эксплуатации летнего и зимнего (шипованного и нешипованного) типа протектора позволяют должным образом охарактеризовать процесс замедления.

Произведен сравнительный расчет с использованием математического аппарата, применяемого в экспертной практике и предложенного метода. Представлены поправочные коэффициенты, учитывающих индивидуальные характеристики ТС, сезонность и износ протектора шины, корректирующие расчетные значения замедления, полученные в результате применения математического аппарата, применяемого в экспертной практике.

Актуализация значений замедления, формирование расчетной базы для различных типов шин, используемых на легковых ТС категории M_1 , учитывая тип протектора является первостепенной задачей для установления возможности предотвращения ДТП.

Степень разработанности темы исследования. Вопросами исследования замедления и реконструкцией ДТП занимались зарубежные и отечественные ученые, среди них: А.В. Шемякин, А.И. Рябчинский, А.И. Федотов, А.М.

Плотников, А.Н. Новиков, Б.Е. Боровский, В.А. Иларионов, В.А. Пучкин, В.В. Сильянов, В.Д. Кондратьев, В.И. Рассоха, В.Н. Басков, В.Н. Добромиров, В.Э. Клявин, В.Ю. Гиттис, Г. Гинзбург, Д.В. Капский, Е.В. Куракина, И.А. Новиков, Н.В. Подопрigора, И.С.Брылев, Н.М. Кристи, П.А. Кравченко, П.А. Пегин, П.А. Стёпина, С.А. Евтюков, С.В. Жанказиев, С.С. Евтюков, Э.Р. Домке, Я.В. Васильев, В.Ф. Бабков, и другие. Несмотря на широкий обзор данной тематики, технологическое развитие требует ежегодного обновления значений установившегося замедления. Использование устаревших значений замедления, в совокупности с современными транспортными средствами, приводит к недостоверным данным, что не позволяет экспертам установить, как начальную скорость торможения, так и фактический тормозной и остановочные пути. Оснащение ТС современными антиблокировочными системами сказывается на отсутствие явных следов торможения. Использование усредненных значений замедления ТС приводит к введению в расчетную модель заниженных показателей, что негативно сказывается на значения пройденного тормозного пути.

Взаимодействие протектора шины с дорожным покрытием является одним из основных значений при установлении замедления. Мгновенное нарастание замедления позволяет поддерживать усилие на протяжении всего периода замедления. Ввиду совершенствования техники и применяемых технологий, применение устаревших значений замедления, введенных в прошлом веке, к современным ТС является нецелесообразным и требует дополнительных исследований.

Цель исследования заключается в создании метода оценки замедления ТС категории M_1 , способной повысить точность реконструкции ДТП расчетным методом и обеспечить объективность заключений в ходе экспертных исследований.

Задачи исследования:

1. Анализ применяемых в экспертной практике расчетно-аналитических методов оценки замедления ТС категории M_1 ;

2. Оценка существующих расчетно-аналитических методов определения замедления к современным транспортным средствам;

3. Разработка плана экспериментального исследования с целью обоснования и учета значимо влияющих факторов;

4. Проведение экспериментальных исследований влияния типов протектора шин на величину установившегося замедления ТС категории M_1 ;

5. Разработка метода оценки замедления ТС категории M_1 при движении по различным покрытиям в различных погодных-климатических условиях.

Объект исследования – протекторы шин, установленных на различные транспортные средства категории M_1 .

Предмет исследования – процесс взаимодействия протектора шины транспортного средства с дорожным покрытием при замедлении.

Научная новизна исследования заключается в достижении следующих результатов:

1. Экспериментально обоснованы значимые факторы, влияющие на замедление транспортных средств категории M_1 различных сегментов;

2. Получены статистические уравнения регрессии оценки влияния характеристик шин, позволяющие определить замедление транспортных средств категории M_1 различных сегментов;

3. Усовершенствована методика оценки замедления транспортных средств категории M_1 введением поправочных коэффициентов, учитывающих индивидуальные характеристики.

Теоретическая значимость исследования заключается в: расширении базы значений установившегося замедления, полученных в результате экспериментальных исследований, для транспортных средств категории M_1 , оснащенных различными шинами и эксплуатируемых при различных погодных-климатических условиях; представленных математических моделях, обеспечивающих учет факторов, позволяющих определить значение замедления ТС категории M_1 .

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в возможности использования разработанного метода оценки, обеспечивающей получение более точных результатов расчетов, основанной на проведенных экспериментальных исследованиях при производстве ДТЭ; имеет прикладной характер, используемый при: подготовке кадров-экспертов, в области автотехнической экспертизы; оценке замедления современных ТС категории M_1 в деятельности автотехнических экспертов, при реконструкции ДТП; использовании сформированной базы данных характеристик замедления транспортных средств категории M_1 при различных погодных-климатических условиях.

Область исследования – соответствует требованиям паспорта научной специальности ВАК 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта, п.5 «Обеспечение экологической и дорожной безопасности автотранспортного комплекса; **совершенствование методов автодорожной и экологической экспертизы**, методов экологического мониторинга автотранспортных потоков»; п. 7 «Исследования в области безопасности движения с учетом технического состояния автомобиля, дорожной сети, организации движения автомобилей; **проведение дорожно-транспортной экспертизы**».

Методология и методы исследования основаны на: анализе актуальных статистических данных дорожно-транспортных экспертиз, базисном положении методов, определяющих замедление ТС категории M_1 , применяемых в экспертной практике в России; математических методах планирования полно факторных экспериментальных исследований ТС категории M_1 ; методах обработки результатов экспериментальных исследований, математическими методами моделирования процессов замедления ТС категории M_1 .

Положения, выносимые на защиту.

1. Факторы, влияющие на замедление ТС категории M_1 в зависимости от индивидуальных характеристик транспортных средств;
2. Экспериментально определенные значения замедления для современных ТС категории M_1 в зависимости от обоснованных факторов и погодных-климатических условий;

3. Статистические уравнения регрессии оценки влияния характеристик шин, позволяющие определить замедление транспортных средств категории М1 для различных сегментов;

4. Усовершенствованная методика оценки замедления транспортных средств категории М₁ с учетом поправочных коэффициентов, учитывающих индивидуальные характеристики транспортных средств категории М₁.

Обоснованность и достоверность результатов исследования, заключений и рекомендаций обеспечивается корректным математическим расчетом, применением признанных методов, использованием значений исходных данных, полученных экспериментальным путем для решения расчетных задач, анализе и системной оценке полученных данных, использованием поверенного оборудования, сравнении значений расчетных моделей и установленных, в ходе экспериментальных исследованиях, данных.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научных конференциях:

1. «Всероссийский научный семинар «Повышение доступности Арктических регионов, развитие устойчивых, в том числе к климатическим воздействиям, сетей и систем транспорта», Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, (Санкт-Петербург, 31 октября 2019 года);

2. «VII Международной научно-практической конференции «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: Irdme-2020» Санкт-Петербургский Горный университет, (Санкт-Петербург, 24-25 апреля 2020 года);

3. «VI Международной научно-практической конференции. «Информационные технологии и инновации на транспорте», Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева (г. Орел, 19 - 20 мая 2020 года);

4. «International Scientific Conference «2021 Systems of signals generating and processing in the field of on board communications» (IEEE Conference # 51389)»,

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, (Москва, 16-18 марта 2021 года);

5. «VII Международной научно-практической конференции «Информационные технологии и инновации на транспорте», Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева (г. Орёл, 17 - 20 мая 2021 года);

6. «Международная конференция «Транспортная доступность Арктики: сети и системы» («International Conference on Arctic transport accessibility: networks and systems»), АТА-2021, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, (Санкт-Петербург, 2-4 июня 2021 года);

7. «Международной научно-практической конференции «Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте» - ИИТТ'2022», Липецкий государственный технический университет (г. Липецк, 20-21 апреля 2022 года).

Публикации содержание диссертации отражено в 14 печатных трудах, из них 8 статей - из списка рецензируемых журналов ВАКа, 3 статьи – из списка индексируемых журналов SCOPUS, 1 монография.

Структура и объем диссертационной работы. Работа изложена на 204 листах печатного текста, состоит из введения, четырех глав с выводами по каждой главе, заключения, списка литературы, включающего 97 источников и 11 приложений на 49 лист. В работе представлена 121 формула, 49 таблиц и 53 рисунка.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ МИРОВОГО И ОТЕЧЕСТВЕННОГО ОПЫТА В ЧАСТИ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШИН

1.1 Анализ безопасности дорожного движения и причин дорожно-транспортных происшествий

Одной из важнейших задач обеспечения БДД, описанной в Федеральном законе от 10.12.1995 N 196-ФЗ "О безопасности дорожного движения" [1-3], является задача по защите интересов общества и государства путем предупреждения дорожно-транспортных происшествий, снижения тяжести их последствий. Определение истинных причин ДТП позволяет предупредить их и снизить тяжесть последствий.

Статистика ДТП за 2020 [4] год не является показательной, так как количество рабочих дней было снижено, а большая часть населения России переведена на удаленный режим работы и учебы из-за развивающейся коронавирусной инфекции (COVID - 2019), что повлияло на снижение количества ТС на дорогах общего пользования. Так в обзоре ДТП в РФ за 2020 год МВД РФ Научным центром БДД было отмечено в заключении - «Значительное влияние на дорожно-транспортную аварийность оказало распространение новой коронавирусной инфекции COVID-19. Действие ограничительных мер привело к сокращению доли населения, вовлеченного в дорожное движение, в результате этого в период наиболее строгих ограничений (апрель и май) количество ДТП сократилось на 33,3%, число погибших на 16,6%, раненых на 33,4%.» [5]. Дальнейший анализ [6] статистики за предшествующие 2020 и 2021 год не является целесообразным, и предлагается рассматривать период – предшествующие 5 лет.

1.1.1 Показатели аварийности на дорогах

За 2019 год на автомобильных дорогах России зафиксировано 164,4 тыс. единиц (ед.) ДТП, подробная статистика ДТП по видам транспорта за 2019 год приведена на рисунке 1.1., в которых погибло (погибшим в результате ДТП

считается лицо, погибшее на месте ДТП либо умершее в течение 30 последующих суток после ДТП [7]) 17,0 тыс. человек, и было ранено 210,9 тыс. человек, из них 119,02 тыс. ед. на легковом транспорте. Общее количество ДТП за 2019 год на 20,0 тыс. ед. меньше, чем за 2015 год, где было зафиксировано 184,0 тыс. ед. ДТП, в которых погибло 23,1 тыс. человек и было ранено 231,2 тыс. человек. Данные изменения целевого показателя смертности в мире за 2017 год и России с 2010 по 2021 года представлены на рисунках 1.2 и 1.3 соответственно [8]. Так, в 2021 году удалось достичь минимума по целевому показателю смертности. В 2021 году общее число ДТП на сократилось до 133,3 тыс. ед., число погибших снизилось до 14,8 тыс. чел, а ранено 167,8 тыс. чел.



Рисунок 1.1 – ДТП по видам транспорта за 2019 год

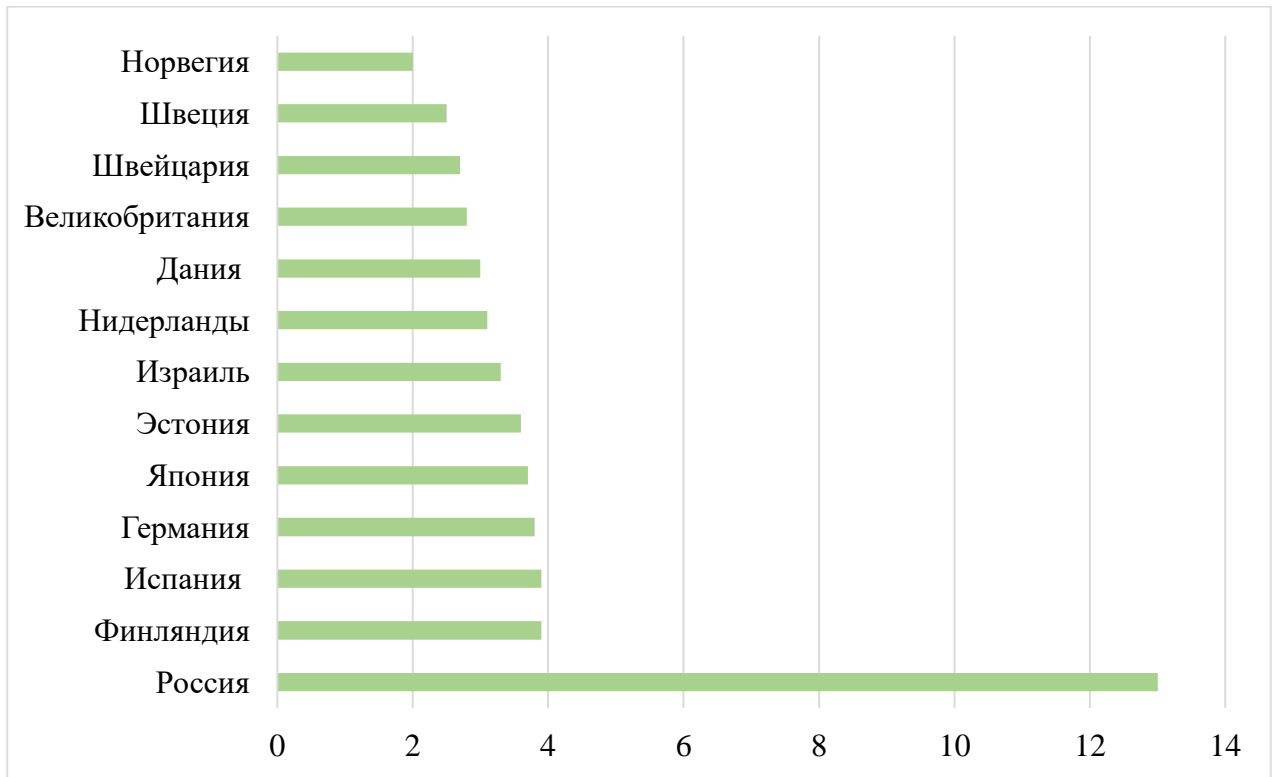


Рисунок 1.2 – Целевой показатель смертности в мире при ДТП за 2017 год

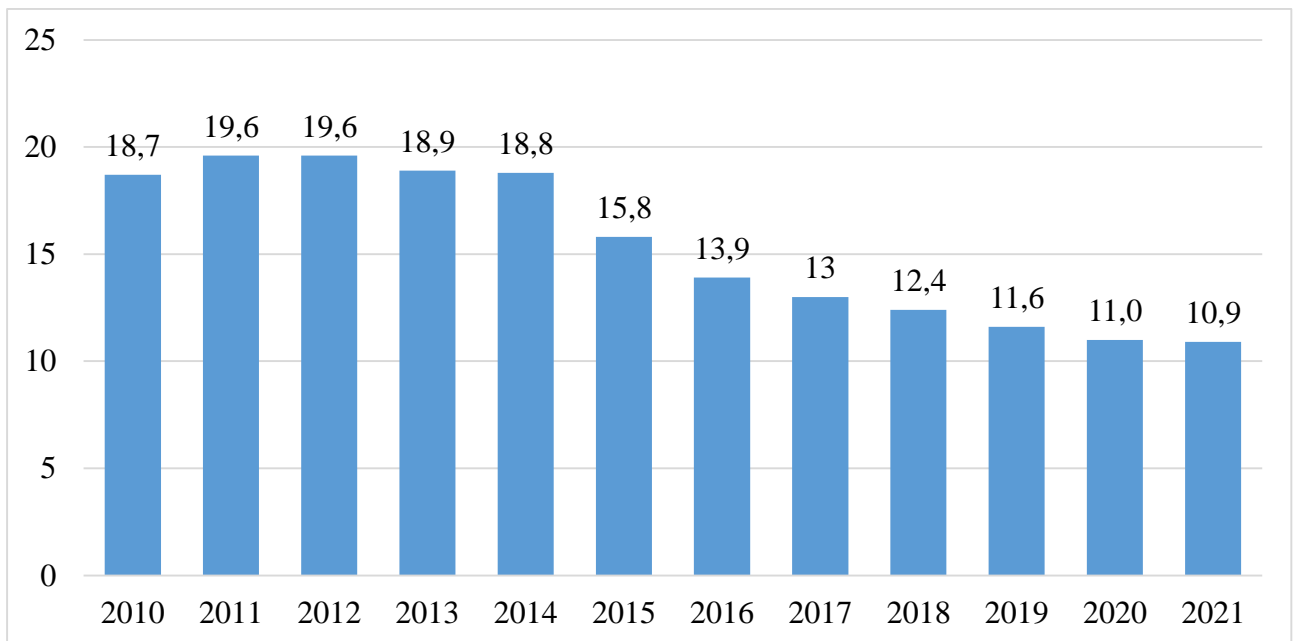


Рисунок 1.3 – Целевой показатель смертности в РФ при ДТП с 2010 года по 2021 год

1.1.2 Возрастная структура ТС

Согласно данным Росстат [5], не стоит забывать про увеличившееся до 49,3 млн., чуть более чем на 10% за последние 5 лет, количество легковых ТС, зарегистрированных в Российской Федерации и допущенных к передвижению по дорогам общего пользования представлено на рисунке 1.4.

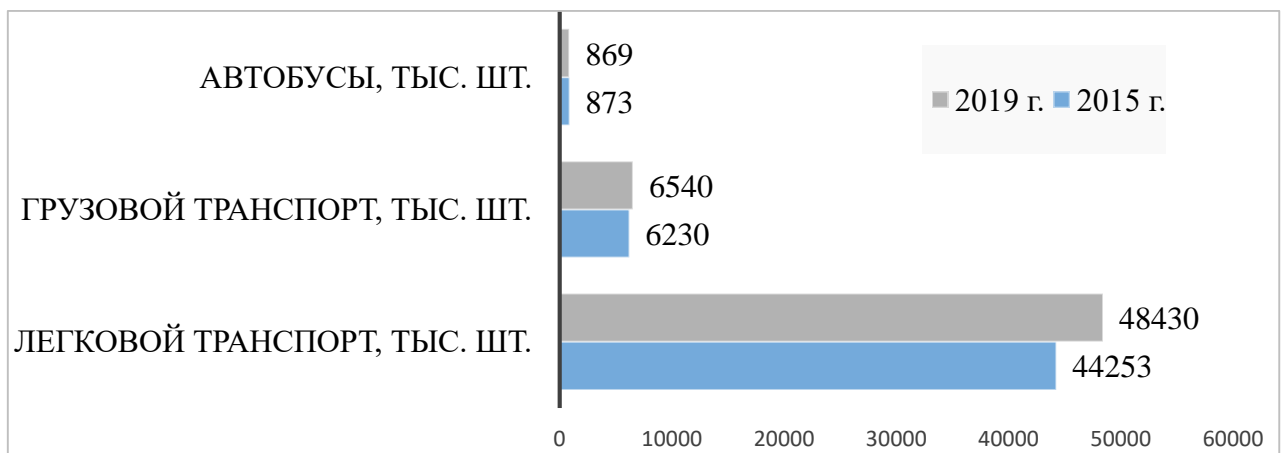


Рисунок 1.4 – Количество зарегистрированных автомобилей на конец 2015 г. и 2019 г.

Где возрастная структура легкового транспорта определена в процентном соотношении и представлена на рисунке 1.5 за 2015 и 2019 года и делится на три возрастных группы: легковые ТС возрастом до 5 лет, легковые ТС возрастом от 5,1 лет до 9 лет и легковые ТС возрастом более 10 лет.

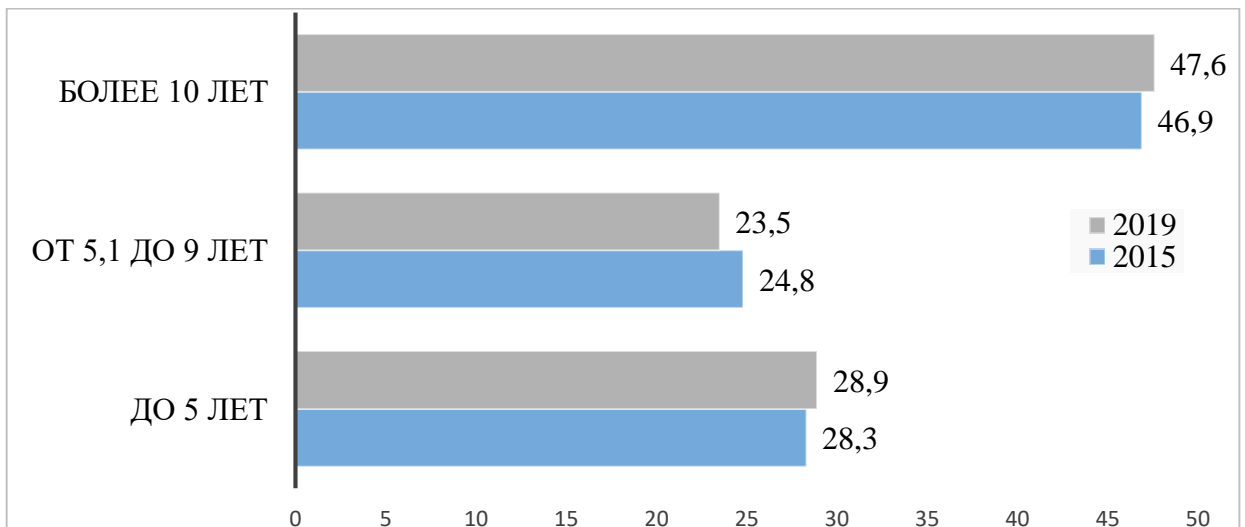


Рисунок 1.5 - Возрастная структура автомобилей на конец 2015 г. и 2019 г.,
в %

1.1.3 Анализ дорожно-транспортных экспертиз Санкт-Петербурга и Ленинградской области

В результате проведенного анализа 1846 дорожно-транспортных экспертиз (ДТЭ) за период 2015-2019 года, находившихся в производстве в экспертных организациях Санкт-Петербурга, была сформирована сравнительная таблица показателей аварийности (таблица 1.1).

К рассмотрению принимались выводы ДТЭ, в которых достигнутая цель исследования не допускает отклонений.

Таблица 1.1 - Результаты анализа показателей аварийности выборки в СПб и
Лен. обл.

Показатели по исследуемым ДТЭ		Период исследования, год				
		2015	2016	2017	2018	2019
Кол-во проанализированных заключений		337	349	325	412	423
Заключения, в которых установленное превышение скорости связано с ДТП		64%	62%	63%	65%	64%
Из общего числа заключений в исследуемый период, по видам ДТП в %:	столкновение ТС	59%	61%	63%	62%	63%
	наезд на пешехода	32%	31%	29%	28%	27%
	потеря устойчивости	7%	7%	7%	8%	9%
	иные виды	2%	1%	1%	2%	1%
Имеется категоричный вывод (в % от всех заключений в исследуемом периоде):	по месту ДТП	43%	45%	58%	57%	59%
	по скорости движения до ДТП	44%	43%	45%	56%	60%
	по состоятельности версий	48%	50%	54%	58%	61%
	по траектории перемещений	52%	54%	59%	68%	72%
	по причинам потери устойчивости	51%	52%	52%	54%	54%
Транспортные средства оснащены системами безопасности	антиблокировочная тормозная система	36%	34%	36%	32%	30%
	антиблокировочная тормозная система + система курсовой устойчивости	16%	19%	20%	27%	33%
	отсутствует	48%	47%	44%	41%	37%
Расчет скорости движения объектов исследования	расчет не выполнялся, приняты заданные значения или дан	48%	56%	63%	58%	56%

	мотивированный отказ от расчета					
	расчет выполнен экспертом, вывод не имеет вариативных или вероятностных положений	52%	44%	37%	42%	44%
Примененные методы расчета скорости движения объектов исследования	только по следам торможения	69%	67%	67%	54%	44%
	через работу сил	28%	28%	30%	40%	46%
	через моменты инерции в ПО	2%	4%	2%	2%	3%
	по видеозаписи	<1%	<1%	<1%	4%	7%
Возрастная структура транспортных средств	Менее 5 лет	31%	29%	28%	29%	28%
	От 5,1 до 9 лет	25%	28%	27%	25%	23%
	Более 9 лет	44%	43%	45%	46%	49%
Снаряженная масса рассматриваемых транспортных средств	Менее 1 т.	2%	<1%	3%	<1%	<1%
	от 1 т. до 1,5 т.	14%	12%	14%	10%	12%
	от 1,5 т. до 2 т.	25%	28%	22%	24%	27%
	от 2 т. до 2,5 т.	34%	32%	32%	37%	29%
	от 2,5 т. до 3 т.	24%	27%	29%	27%	30%
	от 3 т. до 3,5 т.	<1%	<0%	<0%	<1%	<1%
Период проведения ДТЭ	зима	36%	40%	39%	37%	34%
	весна	24%	21%	22%	23%	30%
	лето	13%	10%	14%	12%	9%
	осень	27%	29%	25%	28%	27%

При этом, в исследуемых ДТЭ, информативность, в части такой подсистемы как транспортное средство, является:

- полной в 1% рассматриваемых ДТЭ;
- достаточной для принятия категоричного решения в 34% рассматриваемых ДТЭ,
- минимальной в 65% рассматриваемых ДТЭ.

А именно, отсутствие четких значений коэффициента сцепления колес ТС с дорожным покрытием, начальная скорость торможения, видимость, внешние и техническое состояние ТС. В свою очередь, полнота и достоверность информации напрямую влияет на достоверность и качество экспертного исследования. Соответственно, от организации сбора информации на месте ДТП зависит принятие решения, для которого эксперту предоставляется объем информации ниже среднего уровня.

1.2 Классификации транспортных средств категории М1 в России и за ее пределами

В развитых странах отнесение легкового транспортного средства к тому или иному сегменту влияет как на систему налогообложения, так и характеризует его уровень безопасности.

1.2.1 Классификация ТС в России

Для определения сегмента и системы обозначений, с целью отнесения ТС категории М₁ к тому или иному классу (сегменту), в 1966 году была введена отраслевая норма ОН 025 270-66 [9]. Классификатор, номер, состоит из четырех цифр типа MSDB, определенных таблицами 1.2-1.3, где М – класс, размерность ТС; S – тип кузова ТС; D и В – указывают на индивидуальный номер модели.

Таблица 1.2 – Определение первой цифры классификации

Цифра	Класс	Группа	Рабочий объём двигателя, см ³	Сухая масса, кг	Примеры
1	Особо малый	1	...<849	...<649	ЗАЗ-965, ВАЗ-1111 Ока
		2	850<...<1099	650<...<799	Москвич-400, ЗАЗ-966, ЗАЗ-1102 «Таврия»
2	Малый	1	1 100<...<1299	800<...<899	«Москвич-402», ВАЗ-2101
		2	1 300<...<1 499	900<...<1 049	«Москвич-408», ВАЗ-2103
		3	1 500<...<1 799	1 050<...<1 149	«Москвич-412», ВАЗ-2106
3	Средний	1	1 800<...<2 499	1 150<...<1 299	ГАЗ-М-20 «Победа»
		2	2 500<...<3 499	1 300<...<1 499	ГАЗ-21 «Волга»
4	Большой	1	3 500<...<4 999	1 500<...<1 899	ЗИМ (ГАЗ-12)
		2	5 000>...	1 900>...	ГАЗ-13 «Чайка»
5	Высший	—	(не регламентируется)		ЗИЛ-111, ЗИЛ-114

Таблица 1.3 – Определение второй цифры

Цифра	Тип
1	легковой автомобиль
2	автобус
3	грузовой автомобиль
4	тягач
5	самосвал
6	автоцистерна
7	фургон
8	-
9	специальный транспорт

На сегодняшний день, принятая классификация ТС в России и утверждена письмом Минюста России от 21 сентября 2009 г. № 03-2609 [10], ссылающимся на распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 14 марта 2008 г. N АМ-23-р «О введении в действие методических рекомендаций «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте» [11], где в приложении №3 приведена классификация АТС. В данном приложении категория легковых транспортных средств характеризуется как категория М₁ – «АТС, используемые для перевозки пассажиров и имеющие не более 8 мест (кроме места водителя) включающая легковые автомобили, в том числе повышенной проходимости и с не регламентированной максимальной массой». Также из распоряжения следует, что помимо новой классификации применяется вышеупомянутая отраслевая нормаль ОН 025 270-66, определяющая класс и систему обозначений. Система разграничений позволяет отнести транспортное средство к той или иной группе по характеристикам кузова, массе, объему ДВС.

1.2.2 Классификация легковых ТС в странах Евросоюза

Классификация Европейской экономической комиссии (таблица 1.4) определяет целевой рынок в большей степени чем характеристики ТС. Определение характеристик, сужающих отношение к той или иной категории не

было востребовано, в следствии чего осталось неопределенным. Зачастую используются символ «+», «-» и т.д.

Таблица 1.4 - Классификация Европейской экономической комиссии

Сегмент	Описание	Длина, м.	Ширина, м.	Размерность шин, ср. зн.	Масса, кг. ср. зн.
A:	особо малый класс или «микроавтомобили»	<3,6	<1,6	R15 175x60	900
B:	малый класс или «компактный класс»	3,6 - 3,9	1,5 – 1,7	R15 195x60	1175
C:	низший средний класс или «гольф-класс»	3,9 - 4,4	1,6 – 1,75	R16 215x50	1350
D:	средний класс или «семейный класс»	4,4 - 4,8	1,7 – 1,8	R17 225x50	1475
E:	высший средний класс или «бизнес-класс»	>4,8	>1,7	R18 235x50	1800
F:	верхний класс или «представительский класс»	>5	>1,7	R19 245x45	>2000
J:	практичный спортивный автомобиль или «внедорожники»	-	-	R17 235x60	>1500
M:	многоцелевые автомобили или «минивэны»	-	-	R16 205x60	>1300
S:	спортивные купе или «спорткупе»	-	-	R19 245x35	-

Комитет по проведению краш-тестов - EuroNCAP применяет для оцениваемых ТС, свою классификацию:

- Superminis (соответствует сегменту А и В);
- Small family cars (а также седаны-супермини вроде Renault Logan);
- Large family cars;
- Executive cars (дорогие автомобили длиной более 4,8 м);
- Roadsters (двухместные открытые автомобили);

- Small off-roaders (маленькие внедорожники);
- Large off-roaders (большие внедорожники);
- Small MPVs (маленькие минивэны);
- Large MPVs (большие минивэны) [12; 13; 14; 15].

Разделение ТС по значению показателей массы, типа и размеров кузова позволяют получить более точные результаты при проведении экспериментальной деятельности.

1.2.3 Классификация легковых ТС в Соединенных Штатах Америки

Соединенные Штаты Америки также пользуются классификацией Европейского экономического союза, так как большая часть современных производителей имеет там начало, но и с 1985 года, в соответствии с признанными классами сравниваемых автомобилей, классифицируют легковые ТС по объему салона, определенного футами:

- Мини (minicompact car, до 85 фут), примерно соответствует европейским А-В;
- Субкомпактный (sub-compact cars, subcompacts, 85-99,9 фут), примерно соответствует европейскому В;
- Компактный (compact cars, compacts, 100—109,9 фут), примерно соответствует европейскому С;
- Среднеразмерные автомобили (mid-size cars, intermediates, 110—119,9 фут), примерно соответствует европейскому D-E;
- Полноразмерные автомобили (large cars, full-size cars, standard size cars, 120 фут и более), примерно соответствует европейскому F [16].

1.2.4 Классификация легковых ТС в Японии и странах Азии

Классификация автомобилей в Японии приводит к разделению легкового транспорта на:

- Кейкары - лёгкий или малый класс, позволяющий получать большое количество льгот, длиной не более 3,4 м, шириной, не превосходящей 1,48 м., а высотой не более 2 м, включающие двигатель объемом не более 660 куб. сантиметров;
- Малый размер - длиной не более 4,7 м, шириной, не превосходящей 1,7 м., а высотой не более 2 м, включающие двигатель объемом более 2000 куб. сантиметров;
- Нормальный размер - длиной более 4,7 м, шириной, превосходящей 1,7 м., а высотой более 2 м, включающие двигатель объемом не более 2000 куб. сантиметров [17].

Классификации применяемая в Китайской Народной Республике приближена к Японской, но разделение и название классов приближено к европейской:

- Small cars, или A0-segment: длина до 4 м (приблизительно соответствует европейским А- и В);
- Category A (A-segment): автомобили с двух-объёмными кузовами длиной от 4 до 4,5 м, или с трех-объемным двигателем до 1600 куб. сантиметров;
- Category B (B-segment): автомобили длиннее 4,5 м с двигателями свыше 1600 куб. сантиметров;
- Multi-Purpose Vehicles, или MPV: более 2х рядов сидений;
- Sport Utility vehicles, или SUV: внедорожники [18].

Проводя сравнение между вышеприведенными классификациями, была составлена таблица соответствия классификаций ТС различных стран (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Соответствие классификаций

РФ	США	Великобритания	Европа	Euro NCAP 1997-2009
Мотоколяска	Microcar	Microcar, Bubble car	А-класс	Supermini
Городской автомобиль	Subcompact car	City car		
Малый класс		Supermini	В-класс	
Гольф-класс, Малый средний	Compact car	Small family car	С-класс	Small family car

Средний класс	Mid-size car	Large family car	D-класс	Large family car
	Entry-level luxury car	Compact executive car		
Полноразмерный а/м	Full-size car	Executive car	E-класс	Executive car
Бизнес-класс	Mid-size luxury car			
Представительский класс	Full-size luxury car	Luxury car	F-класс	—
Спорткар	Sports car	Sports car	S-класс	—
Гран туризмо	Grand tourer	Grand tourer		
Суперкар	Supercar	Supercar		
Кабриолет	Convertible	Convertible		
Родстер	Roadster	Roadster		Roadster sports
—	—	Leisure activity vehicle	M-класс	Small MPV
Микровэн	—	Mini MPV		
Компактвэн	Compact minivan	Compact MPV, Midi MPV		
Минивэн	Minivan	Large MPV		
—	Mini SUV	Mini 4×4	J-класс	Small Off-Road 4×4
Компактный кроссовер	Compact SUV	Compact 4×4		
Внедорожное купе	—	Coupe SUV		—
Средний внедорожник	Mid-size SUV	Large 4×4		Large Off-Road 4×4
Тяжёлый внедорожник	Full-size SUV			
Пикап	Мини-пикап	Пикап	-	Pick-up
	Среднеразмерный пикап			
	Полноразмерный пикап			
	Пикап-гигант			

Представленные классификации позволяют различать ТС по массе, габаритам, количеству мест, условному центру тяжести, типу кузова, размеру колес и прочим индивидуальным характеристикам. Используемое Европейской экономической комиссией разделение наиболее точно характеризует каждый сегмент, рассмотренный в таблице 1.5.

Так за 2019 год в России было продано 1 632,4 тыс. штук (шт.) легковых автомобилей категории М₁, что на 2,3% меньше, чем в 2018 году. [19] Подробная динамика продаж новых автомобилей по сегментам, соответствующим классификации Европейской экономической комиссии, за 2019 год представлена на рисунке 1.6.

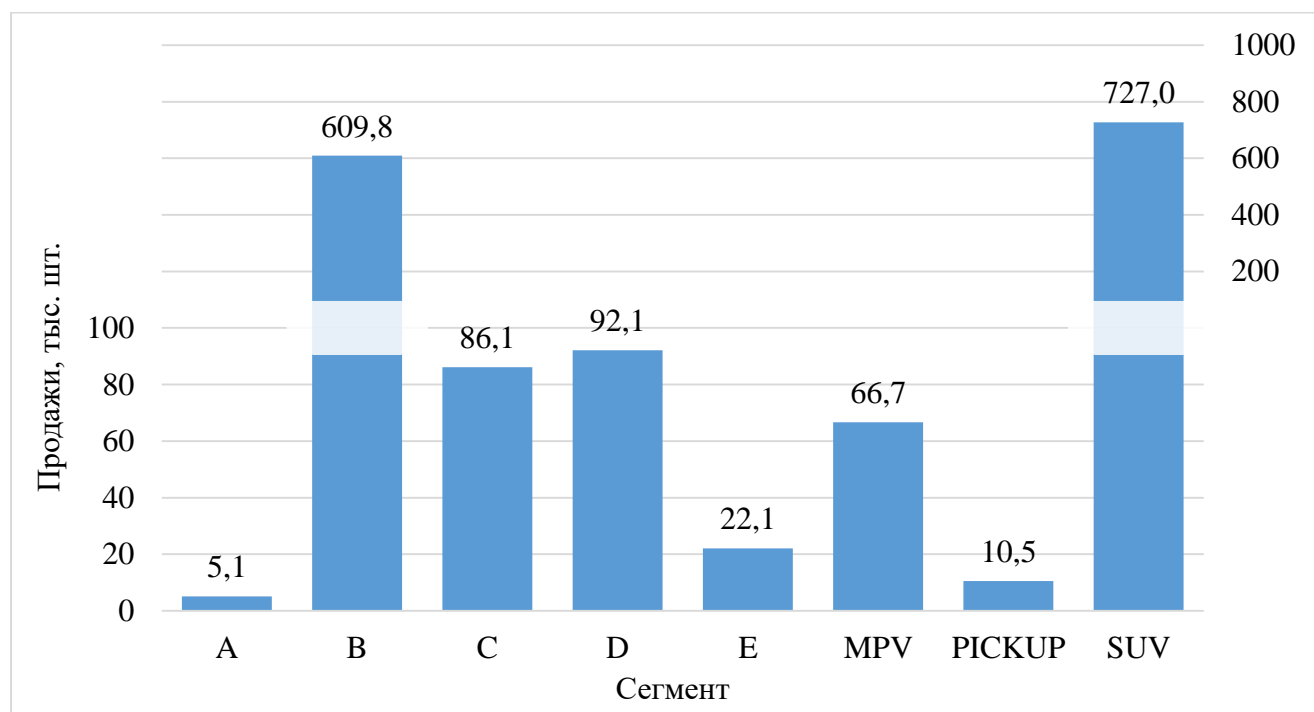


Рисунок 1.6 - Динамика продаж новых автомобилей по сегментам за 2019 год

1.3 Сцепные свойства шин с дорожным покрытием

Первая работа, описывающая сцепление шины, установленной на ТС, с дорожным покрытием, является работа на соискание ученой степени кандидата наук 1948 года С.М. Цукерберга [20]. Описанием конструктивных особенностей шины и ее поведением на дорожном покрытии занимались ученые Ш.А. Паршин [21, 22], В.И. Кроноз [23], И.В. Иванов [24], О.Г. Подлих [24], В.А. Астров [26], И.П. Петров [27], А.В. Кучеренко [28] и др. Зарубежные ученые, такие как Б. Альберт [29], Д. Булгин [30, 31], К.А. Грош [32, 33], В.Е. Гоф [34, 35, 36], Т. Френч [37, 38], В. Хорна [39-41], В. Хофферберт [42] и др. Одним из основных параметров, определяющим безопасность движения на автомобильном транспорте, является коэффициент сцепления шины с дорожным покрытием. Высокие показатели сцепных свойств протектора шины с дорожным покрытием повышает безопасность движения ТС. Сцепные характеристики протектора шины с дорожным покрытием оценивают коэффициентом сцепления – φ , значение которого получается из отношения максимальной касательной реакции T_{\max} в зоне пятна контакта к нормальной нагрузке на одно колесо G_k . Движение колеса ТС

можно описывать как: качение без проскальзывания, качение с проскальзыванием, проскальзывание без качения, вращение без качения. Ввиду этого установлено, что коэффициент сцепления является отличным: движение колеса без проскальзывания и буксования; с учетом движения в плоскости качения, наличием проскальзывания и букса шины; с учетом движения под углом к плоскости его вращения. [43].

Коэффициент сцепления протектора шины определяют при взаимодействии шины с дорожным покрытием. Соответственно, определением коэффициента сцепления будет являться отношение отрицательного ускорения J (замедления, возникающего при торможении) к ускорению силы тяжести $g=9,81$ м/с². Значением поперечного коэффициента сцепления протектора шины с дорожным покрытием принято называть отношение центростремительного ускорения ТС к ускорению силы тяжести.

Значение коэффициента сцепления протектора шины с дорожным покрытием зависит от конструктивных особенностей шины, индекса нагрузки на шину, индекса скорости шины, состояния дорожного покрытия, погодных условий, скоростных характеристик и др. Значения установленных и определенных в России коэффициентов сцепления для различных типов покрытий приведены в таблице 1.6 [44]. В приложении А приведены значения коэффициентов сцепления, применяемые европейской ассоциацией реконструкции ДТП.

Таблица 1.6 - Установленные коэффициенты сцепления для различных типов дорожных покрытий

Тип покрытия	Состояние	
	Сухое	Мокрое
Асфальтобетонное или цементобетонное	0,70 - 0,80	0,35 - 0,45
Щебеночное	0,60 - 0,70	0,30 - 0,40
Грунтовая дорога	0,50 - 0,60	0,20 - 0,40
Дорога, покрытая укатанным снегом	0,20 - 0,30	0,20 - 0,30
Обледенелая дорога	0,10-0,20	0,10-0,20

Характеристики дорожного покрытия и погодно-климатические условия значимо влияют на значение коэффициента сцепления.

Установленные нормы для сцепных свойств дорожных покрытий отражены в таблице 1.7 [45].

Таблица 1.7 - Коэффициенты сцепления при движении по влажной поверхности при различных условиях

Условия	Характеристика дорожного покрытия	Коэффициент сцепления
Легкие	Прямые участки дорожного полотна с кривизной $R > 1000$ метров и уклонами $< 30\%$, при наличии элементов поперечного профиля, с укрепленными обочинами, без пересечений в одном уровне, при уровне загрузки $< 0,3$	0,45
Затрудненные	Участки с кривизной $250 < R < 1000$ м. и уклоном $30\% < \dots < 60\%$, наличие сужений возникших при ремонтных работах и более интенсивной загрузке $0,3 < \dots < 0,5$	0,50
Опасные	Кривизна $R < 250$, плохая видимость, уклоны $> 60\%$ отнесенные к легким и затрудненным условиям, при уровне загрузки $> 0,5$	0,60

Установление фактических коэффициентов сцепления для рассматриваемых дорожных покрытий [46] происходит при работе динамометрического прицепа - прибором ПКРС-2 (ГОСТ 30413-96), спроектированным и применяемым для определения технико-эксплуатационных характеристик дорожного полотна, рисунок 1.7 и рисунок 1.8. Работа динамометрического прицепа и определение значений происходит при скорости 60 км/час и норме увлажненного покрытия в $1 \pm 0,2$ л/м². Колесо динамометрического прицепа полностью заблокировано, а увлажнение начинается за 0,5 сек. до начала торможения.



Рисунок 1.7 - Дорожная лаборатория КП-514 РДТ на базе «Газель» NEXТ с динамометрическим прицепом типа ПКРС-2 РДТ



Рисунок 1.8 - Динамометрический прицеп типа ПКРС-2 РДТ

Применение нормативов, относящихся к дорожным покрытиям, в части сцепных характеристик, к шинам невозможно, так как сцепные характеристики протектора шины с дорожным покрытием будут зависеть от давления воздуха в шине, установленным заводом изготовителем ТС, нагрузке на шину, размерности шины, типа жесткости борта шины, типа RunFlat и являются индивидуальной характеристикой для каждой модели шины [47, 48, 49].

Установленный норматив сцепных характеристик шин определяет коэффициенты бокового и продольного скольжения шины со смоченной поверхностью и устанавливает его не менее 0,4 на всей допустимой скорости движения ТС [50]. Проведение стендовых испытаний шин подразумевает получение максимального значения касательной силы P_{kmax} , наиболее информативно описывающей тормозные свойства шины при работе антиблокировочной системы, и значения касательной силы при проскальзывании колеса $P_{кюз}$, наиболее информативно описывающей торможения при блокировке колес, где максимальное касательное значение силы превосходит силу при юзе колеса на 20-25%.

По данному принципу устроена схема работы антиблокировочных систем ABS поддерживающая значения тормозных сил близкими к их максимальным значениям. Соответственно определить из стандарта какая из этих сил нормируется невозможно.

Описанные требования к безопасности и техническому состоянию ТС включают требования к замедлению, а именно проведение испытаний и установление замедления ТС с дальнейшей возможностью расчета и определения коэффициента сцепления [51].

Сцепные характеристики протектора шины с дорожным покрытием влияют на активную безопасность автомобиля и определяются методами, рассмотренными на рисунке 1.9.

Существенные изменения при формировании сцепных свойств протектора шины с дорожным покрытием вносят ее конструктивные особенности, тип дорожного покрытия, масса ТС, давление в шине, высота протектора.

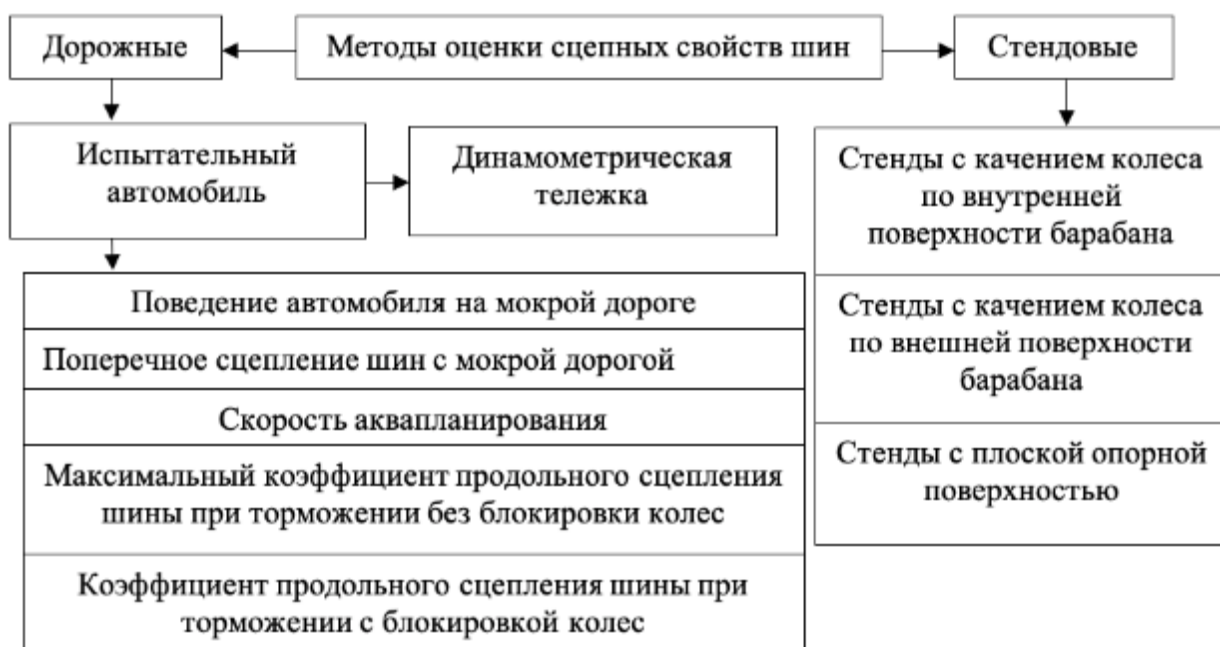


Рисунок 1.9 – Определение сцепных свойств шин

Оценка сцепных свойств протектора шин при помощи испытательного автомобиля является комплексом испытаний, который разделяется на испытания: поведение ТС на мокрой дороге (является субъективным методом ввиду наличия человеческого фактора), поперечное сцепления протектора шины с мокрым дорожным покрытием (является субъективным методом ввиду наличия человеческого фактора); скорости начала аквапланирования (оценка взаимодействия протектора шины с толщей воды, критическая скорость для начала аквапланирования возможна на горизонтальной плоскости с распределенной толщей воды при наличии электромеханического прибора, фиксирующего отклонение от первоначального курса, скорость движения, пройденное расстояние); максимальное значение при торможении с активной антиблокировочной системой ABS и деактивированной (оценка взаимодействия протектора шины с дорожным покрытием, возможна на горизонтальной плоскости при наличии электромеханического прибора, фиксирующего замедление, скорость движения и пройденное расстояние).

Оценка сцепных свойств протектора шин при помощи динамометрической тележки позволяет определить максимальные и пиковые значения коэффициентов сцепления протектора шины с дорожным покрытием, в том числе значения при юзе

или скольжении. Методика оценки позволяет более детально ознакомиться с особенностями взаимодействия протектора шины с дорожным покрытием.

Оценка сцепных свойств при помощи стендового оборудования [52] позволяет отобразить весь потенциал взаимодействия протектора шины с барабаном, а именно определяются коэффициенты: сопротивление боковому уводу; бокового и продольного сцепления шины; сопротивления качению колеса и стабилизирующий момент. Данный метод также способен более детально отобразить с характеристики взаимодействия протектора шины с опорной поверхностью.

1.3.1 Замедление легковых транспортных средств

В соответствии с ГОСТом указанным в рекомендациях ВНИИСЭ [53, 54, 55] в экспертной практике применяется среднее допустимое значение замедления равное $6,8 \text{ м/с}^2$.

Установленная зависимость, определяющая замедление легковых транспортных средств, характеризует ТС началом выпуска до 01.01.1981 г. отображена в таблице 1.8., характеризует ТС началом выпуска после 01.01.1981 г. и отображена в таблице 1.9. [56]

Таблица 1.8 – Зависимость значений установившегося замедления ТС категории M_1 от нагрузки и коэффициента сцепления шин с дорогой, для ТС началом выпуска до 01.01.1981 г.

Усилитель в тормозно м приводе	Коэффициент сцепления шин с дорогой для ТС																	
	в снаряженном состоянии						с 50% нагрузкой						с поной массой					
	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
Есть	6,4	5,9	4,9	3,9	2,9	2,0	6,0	5,9	4,9	3,9	2,9	2,0	5,5	4,9	4,9	3,9	2,9	2,0
Нет	6,7						6,3						4,9					

Таблица 1.9 – Зависимость значений установившегося замедления ТС категории М₁ от нагрузки и коэффициента сцепления шин с дорогой, для ТС началом выпуска после 01.01.1981 г.

Усилитель в тормозном приводе	Коэффициент сцепления шин с дорогой для ТС																	
	в снаряженном состоянии						с 50% нагрузкой						с поной массой					
	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
Есть	6,8	5,9	4,9	3,9	2,9	2,0	6,6	5,9	4,9	3,9	2,9	2,0	6,3	5,9	4,9	3,9	2,9	2,0

В представленных обобщенных данных, характеризующих замедление транспортных средств при максимальном коэффициенте сцепления 0,7, отсутствует градация по массе транспортных средств, тормозным механизмам, характеристикам шин и информация по значению установившегося замедления при коэффициенте сцепления более 0,7. Также стоит отметить, что в таблице 1.8 принимаются обобщенные значения для ТС выпущенных после 01.01.1981 года, а фактическое значение замедления для современных транспортных средств может отличаться.

1.4 Влияние факторов на взаимодействие протектора шины с дорожным покрытием

Сцепные характеристики протектора шины с дорожным покрытием зависят от типа покрытия, свойств протектора шины, конструктивных особенностей автомобиля, погодных условий. Определение установленных факторов, значимо влияющих на сцепные характеристики протектора шины с дорожным покрытием приведена на рисунке 1.10. Представленное значение «дополнительные факторы» на рисунке 1.10 отображает возможные факторы или группу факторов. Для примера можно рассмотреть такой фактор как ширина протектора шины, его группой будет являться размерность шины, в которую входят показатели: ширина, высота, диаметр, характеристики жёсткости и скорости. Как правило, при

отдельном рассмотрении факторов, представленных в группе, значения начинают коррелировать, что не позволяет должным образом оценить вес факторов.

Помимо этого, установлена схема влияния характеристик дорожного покрытия на коэффициент сцепления, отображенная на рисунке 1.11 [57, 58].

От высоты рисунка протектора шины зависят сцепные качества колеса с дорожным покрытием. При повышенном износе протектора уменьшаются сцепные характеристики при движении на мокром и рыхлом покрытиях, ввиду уменьшения глубины ламелей, отводящих воду, но увеличиваются на сухом и твердом покрытиях, ввиду увеличения площади пятна контакта.



Рисунок 1.10 – Факторы, влияющие на сцепные свойства протектора шины ТС с дорожным покрытием

При увеличении скорости на мокрых и влажных дорожных покрытиях уменьшается коэффициент сцепления, но интенсивность его изменений зависит от высоты неровностей макрошерховатостей.

Различие шерховатости покрытий определено ГОСТами и зависит от размера зерна крошки покрытия [59]. Соответственно покрытия автомобильных дорог можно разделить на несколько типов, основными из которых будут мелкошерховатые и крупношерховатые.

Значение коэффициента сцепления во время движения при малой скорости на мокром мелкошерховатом покрытии будет приближаться к значению на сухом покрытии, так как протектор шины будет успевать удалить воду из зоны пятна контакта шины с дорожным покрытием, а при увеличении скорости движения сцепление протектора шины будет значительно уменьшаться [60].



Рисунок 1.11 Схема влияния характеристик дорожного покрытия на коэффициент сцепления

Значения сцепных характеристик протектора шины с мокрым крупношерховатым дорожным покрытием имеют более стабильные значения и изменяются не столь существенно при увеличении скорости.

При изменении давления в протекторе шины изменяется площадь пятна контакта и жёсткость боковины, что может негативно сказаться на управляемости. Максимальные и минимальные значения давления для бескамерных шин определяются заводом изготовителем, но при установке на ТС требует определенного значения, установленного заводом-производителем ТС. Эти значения указаны в области лючка бензобака или же на стойке со стороны водителя.

1.5 Требования к колесам и шинам транспортных средств

Основные требования к колесам и шинам ТС изложены в п. 5 Постановлении Правительства РФ от 12.07.2017 N 832 [61], где к ТС категории М₁ можно отнести такие требования как:

- глубина рисунка протектора шины более 1,6 мм (не менее индикатора износа, при его наличии);
- отсутствие повреждений шин, а именно разрывы, порезы, отслоение каркаса, протектора и боковины.
- наличие болтов и гаек крепления диска, отсутствие трещин в дисках, отсутствие видимых деформаций диска.
- соответствие размера и допустимой нагрузке шины ТС.
- соблюдение требований БДД установки на одну ось ТС однотипных шин.

Высота нового протектора летнего типа шин составляет 7 - 8 мм, а средний срок службы до полного износа, индикатора, как правило, не превышает 3-5 сезонов.

Высота нового шипованного и не шипованного протектора, без учета выступа шипа, совпадает и составляет 9 - 11 мм, но производители также

выпускают протекторы шин для больше проходимости, там высота протектора будет варьироваться от 10 до 20 мм.

Остаточная высота протектора шины зависит от таких факторов:

- годовой пробег;
- естественное старение шины, соблюдения условий хранения;
- использование шин с неправильным давлением;
- неисправность подвески ТС;
- балансировка колеса в сборе;
- стиль вождения;
- тип дорожного покрытия;
- масса ТС и др.

Соответственно, ввиду вышеперечисленных эксплуатационных факторов, износ шин можно разделить на две группы – нормальный и преждевременный, где к нормальному износу шины можно будет отнести резину, отработавшую весь пробег без повреждений и ремонтов, а к преждевременному износу отнести резину, отработавшую с повреждениями: прокол, грыжа, наличие трещин, неравномерный износ протектора, расслоение.

Неравномерный остаточная высота протектора шины может быть выявлена после того, как шины проедут несколько тысяч километров. Стиль вождения, а именно старт с пробуксовкой, резкие повороты, резкое торможение, усугубляет ситуацию и могут вызвать преждевременное истирание протектора.

Под действием силы тяжести ТС протектор шины деформируется и равномерно распределяется на опорной поверхности, образуя пятно контакта. Площадь пятна контакта шины напрямую зависит от ширины протектора шины, количества и глубины ламелей.

При меньшей высоте протектора шины, или же при меньшем количестве ламелей, пятно контакта протектора шины с опорной поверхностью будет больше, чем при чем при большей высоте протектора и большем количестве ламелей, но это только для сухих асфальтобетонных покрытий, а при эксплуатации шины на

влажном и мокром покрытии взаимосвязь будет обратной. Высота протектора, наличие ламелей, их глубина и расположение необходимы для отвода воды.

Так, на рисунке 1.12 и 1.13 представлено место пятна контакта протектора шины, а в таблице 1.10 представлены значения пятна контакта протектора шины на влажном асфальтобетонном покрытии в зависимости от скорости и износа.

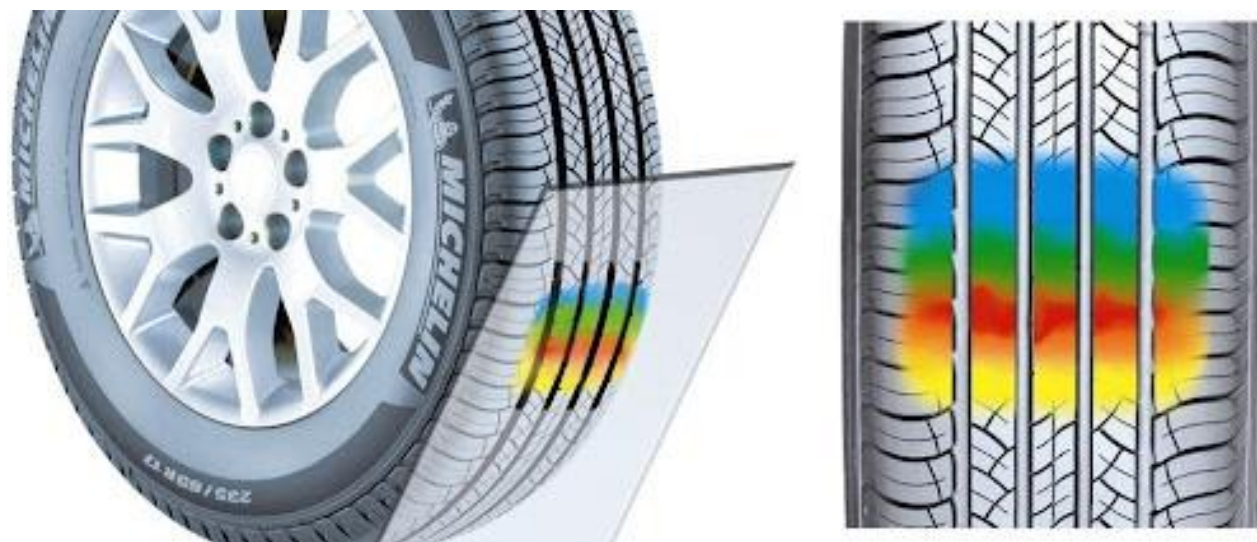


Рисунок 1.12 Пятно контакта протектора шины с дорожным покрытием



Рисунок 1.13 - Пятно контакта протектора шины с дорожным покрытием

Производители ТС рассчитывают необходимые требования для шин помимо ширины, высоты и диаметра, а именно нагрузку на шину, индекс скорости и дают рекомендации по выбору давления. Неправильный выбор давления шины может вызвать преждевременный износ протектора, представленный на рисунке 1.14 и, как следствие, изменение пятна контакта протектора шины с опорной поверхностью. Установлено, что во время эксплуатации давление в шине

увеличивается ввиду температурных изменений, так в летний период изменение давления может достигать 0.4 Бар, а в зимний период доходит до 0.15 Бар.



Рисунок 1.14 - Износ протектора шины в зависимости от давления.

Таблица 1.10 – Значение пятна контакта протектора шины в зависимости от скорости и высоты рисунка протектора шины на влажном асфальтобетонном покрытии

Скорость, км/ч	Высота рисунка протектора, мм		
	8	4	1,6
5	100%	100%	100%
60	74%	58%	16%
100	47%	11%	6%

Изменение давления в шине влечет за собой изменение пятна контакта протектора шины с дорожным покрытием и большую истираемость нагруженного участка. Так, если в шине будет пониженное давление, то более нагруженным будет внутренний участок протектора, а при повышенном давлении внешние участки, что при нормализации давления повлияет на пятно контакта.

1.5.1 Применение шипованных шин

Изменение значения давления в зависимости от размера шины ТС обусловлено разной массой ТС и разными размерными характеристиками.

Эксплуатация ТС на обледенелых участках дорожного покрытия стала возможна с развитием шипованных шин в 50-х годах XX века. Первоначально

вместо шипов использовались заклепки с твердосплавной вставкой. Шипы имели определенную высоту 14 мм, диаметр 9 мм и вес 3 г. Ввиду большого износа дорожного покрытия к 90-м годам XX века, шипы были изменены и получили размеры в высоту 11 мм, диаметр 8 мм и вес 1,1 г. В дальнейшем шипы начали производить из алюминия со вставкой из карбида вольфрама с примесью карбидов титана и ниобия. Эксплуатация шипованных шин позволяет повысить сцепные характеристики протектора с дорожным покрытием.

Количество шипов в протекторе шины до 2013 года было принято считать, как:

- шины 13 и 14 диаметра – не более 90 шипов на одну шину;
- шины 15 диаметра – 110 шипов на одну шину;
- шины 16 диаметра – не более 130 шипов на одну шину.

После 2013 года рядом Скандинавских стран было принято решение об уменьшении количества шипов на одном колесе, до 50 шипов на погонный метр окружности, с целью уменьшения негативного влияния на асфальтобетонное покрытие. Помимо этого, производители шинной продукции также выпускают шины с усредненным количеством не более 130 шипов и увеличенным количеством – от 170 до 190 шипов на одно колесо. Так на рисунке 1.15 представлены однофланцевые, двухфланцевые и трехфланцевые шипы, применяемые при производстве шин в настоящее время.



Рисунок 1.15 - Шипы, применяемые при производстве шинной продукции

Можно отметить, что не у всех представленных шипов имеется неметаллическая вставка. В России определен размер и вес шипа ГОСТ Р 52747-

2007 [62], где сказано, что масса одного шипа для легковых шин должна быть не более 2,4 гр., высота выступа износостойкого элемента шипа ($1,2 \pm 0,3$) мм., а сила удержания шипа в протекторе шины быть не менее 150 Н (15 кгс) [33].

Эксплуатация шипованных шин в зимний период позволяет уменьшить количество ДТП на дорогах общего пользования за счет улучшенных характеристик взаимодействия протектора шины, оснащённого шипами, с обледенелой дорожной поверхностью [63].

Стоит отметить, что ряд европейских стран, а именно: Болгария; Босния и Герцеговина; Венгрия; Германия; Нидерланды; Польша; Португалия; Румыния; Северная Македония; Сербия; Словакия; Словения; Турция; Хорватия; Черногория; Чехия и Бельгия вовсе не допускают эксплуатацию шипованных шин.

1.5.2 Функционал активной системы безопасности ТС

Технологическое развитие в области машиностроения позволяет внедрять в ТС усовершенствованные системы пассивной и активной безопасности, для примера можно рассмотреть систему автоматического распознавания препятствий в полосе движения ТС, позволяющую произвести как автоматизированное торможение, так и воздействовать на систему торможения совместно с водителем, с целью поддержания давления в тормозном контуре для снижения скорости приближения к препятствию и предотвращения столкновения. Данная система устанавливается последние 8 лет на ТС современных производителей и показывает положительные результаты не только в странах производства.

Индивидуальные характеристики ТС не позволяют идентифицировать и предотвратить проблематику общей массы. Помимо всего прочего, заводы-производители выпускают ТС одной модели с отличным функционалом. Так расширение опций комплектации позволяет оснастить базовую модель ТС спортивными или внедорожными характеристиками такими как: улучшенной тормозной системой, улучшенной системой амортизации кузова, увеличенным размером колесных дисков или размером шин. Данные изменения приводят к

отличным показателям от базового исполнения не только в части расширения количества опций ТС, но и увеличению массы ТС.

Базовый функционал вспомогательных торможению систем [64], обеспечивающий активную безвестность ТС категории M_1 , представлен на рисунке 1.16 и включает в себя [65]:

1. ABS / ESP - гидравлический блок со встроенным электронным блоком управления;
2. Датчик скорости вращения колеса;
3. Датчик угла поворота руля;
4. Датчик положения кузова с интегрированным датчиком ускорения;
5. Электронный блок управления двигателем.

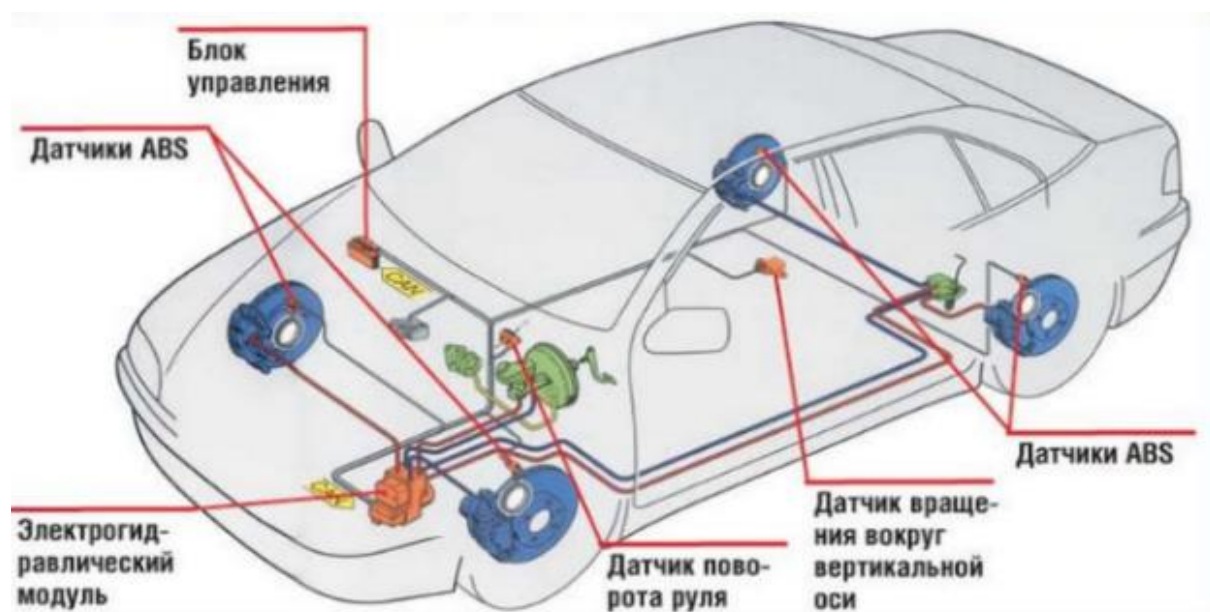


Рисунок 1.16 - Базовый функционал вспомогательных торможению систем современных ТС

Расширенный функционал активной безопасности, он же максимальный, подразумевает наличие в ТС опций как: радар-детектора в переднем бампере и на лобовом стекле осуществляющие контроль полосы и контроль препятствий; датчики сближения, в переднем и заднем бампере; датчики бокового сближения, в переднем и заднем бампере; датчики контроля полосы, установленные в зеркалах ТС; радар-детектор качества дорожного покрытия, в переднем бампере; датчик

внимания водителя, установленный в салоне ТС, приборной панели, и распознающий лицо водителя, отличие блока ABS / ESP, со встроенным электронным блоком управления, установленным в подкапотном пространстве. Поступающие сигналы в блок управления оповещают об отклонении или о нормальных условиях движения автомобиля.

Помимо расширенного функционала существует множество дополнительных функции блока ABS / ESP, позволяющих не только упростить управление автомобилем, но и поддерживать его на должном уровне:

HBA; ARP; M-ABS; EBD; ASR; CBC; LDE; HVV; OHB-V; AEM; FBS; DSR; BDW.

1.5.3 Период эксплуатации шин

Износ протектора влияет на срок эксплуатации шины. Проведенный опрос среди жителей города Санкт-Петербурга и Ленинградской области показал, что срок эксплуатации летних и зимних шин, графическое сравнение результатов представлено на рисунке 1.17, около 3 лет для летних шин у 35% опрошенных и для зимнего типа шин у 34%. Короткий срок эксплуатации зимнего типа шин обусловлен потерей шипов. Стоит отметить, что опрос проводился среди всех слоев населения, эксплуатируемых ТС категории М₁, а среднегодовой пробег опрошенных людей, в %, представлен на рисунке 1.18.

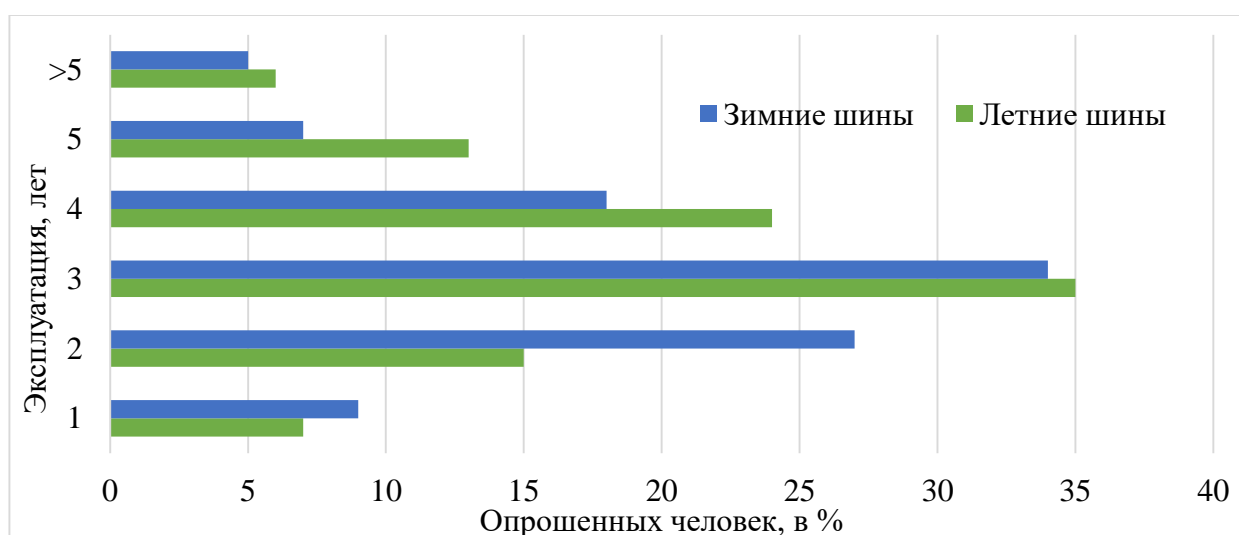


Рисунок 1.17 – Срок эксплуатации летних и зимних шин, в %

Также определены более популярные виды кузовов ТС категории М₁ среди опрошенных жителей, где места распределились следующим образом:

1. Седан;
2. Кроссовер;
3. Хэтчбэк;
4. Внедорожник;
5. Минивен и др.

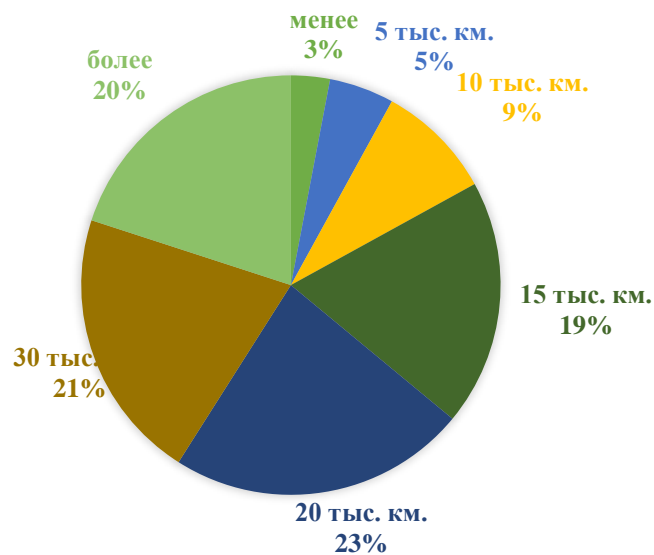


Рисунок 1.18 Среднегодовой пробег опрошенных жителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области, чел. в %

Следующий вопрос заключался в определении года выпуска ТС. Где количество владельцев машин не старше 4 лет оказалось 16%, владельцев машин от 4 до 10 лет – 38%, а более 10 лет – 46%, градация определена периодичностью прохождения технического осмотра [66].

ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ

За последние 5 лет отмечено снижение целевого показателя смертности на дорогах России. В результате анализа дорожно-транспортных экспертиз (с 2015 по 2019 года) Санкт-Петербурга и Ленинградской области было определено, что эксперту предоставляется объем информации по градации - ниже среднего уровня. При этом, объем имеющейся информации у эксперта является минимальным или же его достаточно для принятия категоричного решения в 65% и 34% соответственно.

Применяемые в экспертной практике значения установившегося замедления легковых транспортных средств категории M_1 требуют значительных изменений ввиду совершенствования техники и наличия индивидуальных характеристик легковых транспортных средств.

Представленное значение на рисунке 1.12 значение «дополнительные факторы» может вносить существенные изменения в расчетную модель. Определение этого значения является одной из задач диссертационного исследования.

Определение фактического значения замедления системы «автомобиль – шина – дорога» [67] для современных ТС категории M_1 положительно скажется при реконструкции ДТП и позволит определить эксперту тормозной путь ТС при экстренном торможении, при производстве ДТЭ.

Целью исследования является создание методики оценки замедления для ТС категории M_1 на дорогах общего пользования, учитывающей как тип покрытия, погодные условия, так и индивидуальные характеристики ТС. Для достижения поставленной цели представлены задачи:

- Анализ применяемых в экспертной практике расчетно-аналитических методов оценки замедления ТС категории M_1 ;
- Разработка плана экспериментального исследования с целью обоснования и учета значимо влияющих факторов;

- Проведение экспериментальных исследований установленных факторов для ТС категории М₁ и определение более значимых факторов, с целью уточнения действующей методики оценки;
- Проведение экспериментальных исследований различных типов протектора шин, установленных на современных ТС категории М1 и определения установившегося замедления;
- Предоставление массива данных для моделирования схем ДТП, учитывающего характеристики современных ТС;
- Разработка метода оценки замедления ТС категории М₁ в зависимости от индивидуальных характеристик транспортных средств и погодноклиматических условий.

ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЗАМЕДЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ КАТЕГОРИИ М₁

2.1 Анализ методов экспертного определения замедления

Исследование процесса замедление современных ТС сводится к определению установившегося замедления. Полный процесс торможения АТС представлен на рисунке 2.1 где схематично обозначено значение по вертикальной оси определяющее V_0 – начальная скорость торможения; $j_{з.н.}$ – нарастание замедления и $j_{уст}$ – установившееся замедление; значение по горизонтальной оси определяет временной интервал: - $t_{р.в.}$ – реакции водителя; t_c –запаздывания тормозного привода; t_H – нарастания замедления; t_3 – полного торможения; t_p – оттормаживания, [68, 69, 70, 71, 72] на рисунке 2.2 представлена экспериментальная диаграмма торможения ТС с указанием обозначений.

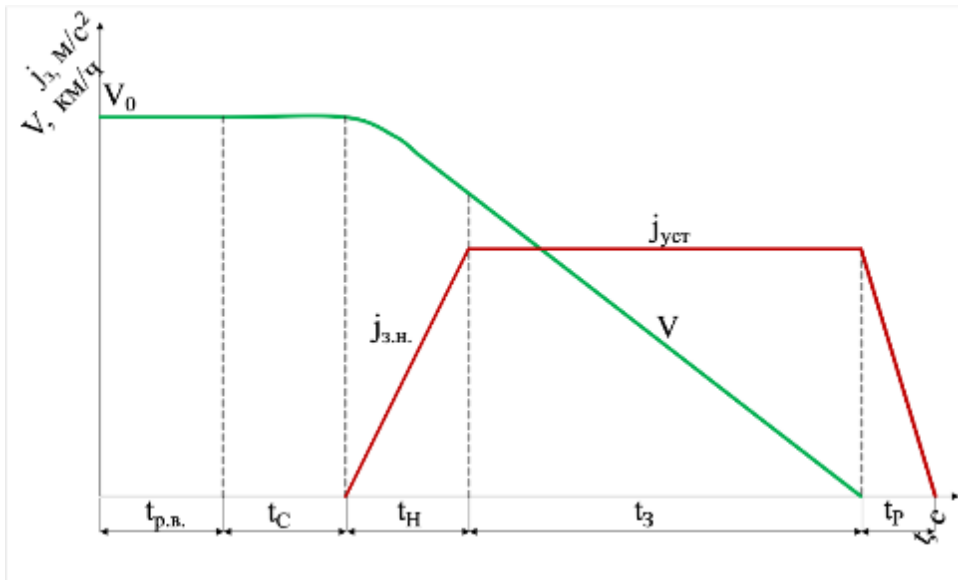


Рисунок 2.1 – Диаграмма торможения (схема)

Так, общепризнанной формулой определения установившегося замедления, без учета силы сопротивления воздуха, угла наклона дороги, коэффициента учета вращающихся масс и пр., является:

$$j_{зам} = \varphi_n g \quad (1)$$

где g - ускорение свободного падения;

φ_n – приведенное значение коэффициента сцепления ТС с дорожным покрытием будет определяться по формуле:

$$\varphi_n = \frac{\varphi}{k_3} \cos a \pm \sin a \quad (2)$$

где φ - значение коэффициента сцепления протектора шин ТС с дорожным покрытием в месте проведения экспериментального исследования;

k_3 - коэффициент эффективности торможения.

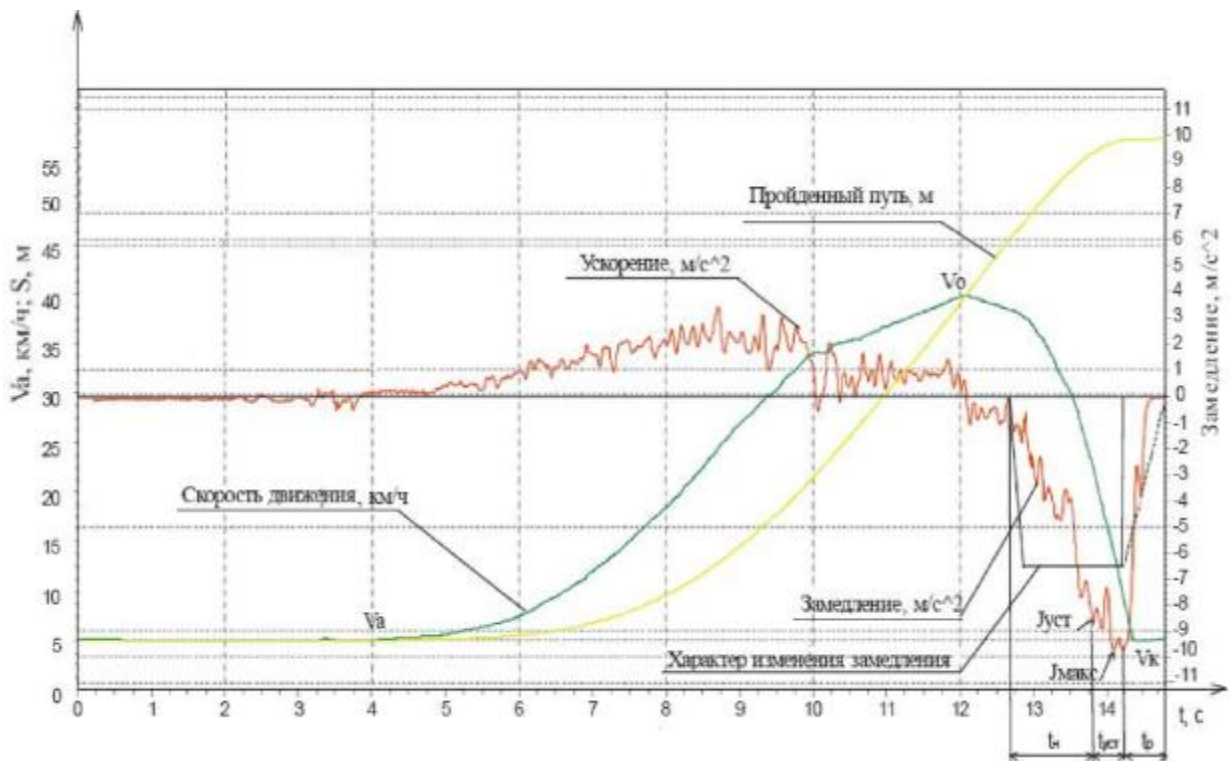


Рисунок 2.2 - Экспериментальная диаграмма торможения ТС с указанием обозначений

Значение коэффициента эффективности торможения k_3 зависит от коэффициента сцепления φ и наличия антиблокировочной системы ABS [73, 74, 75].

При наличии системы ABS коэффициент эффективности принято считать равным единице, так как экстренное торможение будет всегда максимальным.

При отсутствии системы ABS и наличии следов торможения все колеса ТС двигались в заблокированном состоянии (юзом), то рекомендуются следующие максимальные значения коэффициента эффективности торможения:

$$\begin{aligned} k_s &= 1,2 \text{ при } \varphi \geq 0,7 \\ k_s &= 1,1 \text{ при } \varphi = 0,5 - 0,6 \\ k_s &= 1,0 \text{ при } \varphi \leq 0,4 \end{aligned} \quad (3)$$

При отсутствии системы ABS и отсутствии следов торможения значения коэффициента эффективности рекомендуется выбирать из Приложения А. При этом необходимо отметить, что в этом Приложении отсутствуют какие-либо рекомендации по выбору k_s для случая торможения без блокировки колес на дорожном покрытии с $\varphi \leq 0,4$.

Таким образом, значение установившегося замедления исправного ТС на ровном горизонтальном участке дорожного покрытия сводится к выражению:

$$j_{\text{зам}} = \frac{\varphi}{k_s} g \quad (4)$$

Понятие тормозного пути ТС определяет расстояние, на которое ТС переместилось с момента начала срабатывания тормозной системы до полной остановки. В общем виде тормозной путь складывается из расстояния, пройденного за время t_c , t_n и t_3 и определяется по формуле:

$$S_T = \sum S = (t_{\text{п.в.}} + t_c + t_n) V_a / 3,6 + V_a^2 / (25,92j) \quad (5)$$

где V_a – скорость движения ТС перед началом торможения.

Перемещение ТС за время запаздывания срабатывания тормозного привода, нарастания тормозных усилий –

$$S_c = t_c V_a / 3,6 \quad (6)$$

Перемещение ТС за время нарастания замедления –

$$S_n = t_n(V_a / 3,6) - gt_n^2 / \delta \cong t_n V_a / 3,6 \quad (7)$$

где δ - коэффициент учета вращающихся масс.

Перемещение ТС за время полного торможения, замедления –

$$S_s = (V_a - 1,8jt_n)^2 / (25,92j) \quad (8)$$

Время срабатывания тормозного привода, нарастания тормозных усилий, для легковых ТС, с гидравлическими и механическими приводами, может зависеть от нагрузки на ТС, типа дорожного покрытия и индивидуальных характеристик ТС, таких как: диаметра поршня ГТЦ, длины тормозных трубок, объёма и количества поршней в передних и задних тормозных суппортах (в случае применения гидравлической тормозной системы на обе оси), типа тормозной жидкости и ее характеристик, состояния износа трущихся тормозных механизмов (дисков и колодок). В исправной тормозной системе легкового ТС время запаздывания срабатывания тормозного привода, нарастания тормозных усилий принимается равным $t_c = 0,1$ с., а время нарастания замедления t_n определяется из таблицы 2.1. Данные, представленные в таблице 2.1 не учитывают такие факторы как: характеристики и сезонность шин, массу ТС, тип и характеристики тормозных механизмов.

Таблица 2.1 – Время нарастания замедления при экстренном торможении ТС для различных типов и состояний дорожных покрытий

Тип ТС	Асфальтобетонное дорожное покрытие	t_n, c	
		без нагрузки	с полной нагрузкой
Легковые автомобили категории М ₁	Сухое	0,15	0,20
	Мокрое	0,1	0,1
	Обледенелая покрытая укатанным снегом дорога	0,05	0,05

2.2 Математическое моделирование процесса замедления

Математическому моделированию процесса замедления легковых ТС посвящено большое количество трудов. Изначально рассматриваемые объекты представлялись в виде материально точки, осуществляющей прямолинейное движение, учитывая начальную скорость, массу, реакцию дорожного покрытия и сцепление [16]. Данная модель не учитывала изменяющегося перераспределения реакции на колесах, алгоритм срабатывания тормозной системы автомобиля и т.д. В дальнейшем движение автомобиля начали рассматривать как движение твердого тела, взаимодействующего с дорожным покрытием в 2 точках. [17 – 22]. Замедление ТС с антиблокировочной тормозной системой рассмотрено в исследованиях Илларионова В.А.[19, 20].

Изучение области сцепления ТС с дорожным покрытием, взаимодействия протектора шины с дорожным покрытием, нарастания тормозных усилий, управляемости и движения также было уделено особое внимание, позволившее рассматривать модель движения ТС как многофакторную [24-25]. Анализируя представленные работы можно сделать вывод, что исследование математических моделей замедления достигло предельно высокого уровня еще в XX веке и, казалось бы, нет смысла повторно изучать математическое моделирование замедления, ввиду наличия столь широкой базовой области знаний, но развитие техники, материалов и технологий говорит об обратном.

Общепринятое значение замедления рассчитывается в конечный момент времени, в момент полной остановки, и складывается из таких значений как:

- g - ускорение свободного падения;
- $m_{\text{тор}}$ - масса, приходящаяся на заторможенные колеса;
- α - угол продольного наклона дороги;
- φ - коэффициент сцепления колес с дорогой;
- m_a - фактическая масса ТС;
- P_v - сила сопротивления воздуха;

- δ - коэффициент учета вращающихся масс;
- $P_{\text{зац}}$ - сила зацепа шипа;
- $K_{\text{э}}$ - коэффициент эффективности торможения.

Но данные параметры подвержены постоянным изменениям в момент замедления. Разделение тормозного пути на определенные отрезки и расчет показателей замедления на них позволит минимизировать введение ложных данных. Так, например, значение силы сопротивления воздуха, коэффициента сцепления, силы зацепа шипа, коэффициента эффективности торможения и т.д. могут отличаться при замедлении на скорости 40 км/ч и 10 км/ч.

Помимо существования коэффициента сцепления, не стоит забывать и про коэффициент эффективности торможения. В экспертной практике значение коэффициента эффективности - $K_{\text{э}}$ выбирается в зависимости от коэффициента сцепления [57].

Формула расчета тормозного пути имеет вид:

$$S_{(\text{тор. путь})} = \sum_n \Delta V_n^2 / (2J_{n \text{ зам}}) \quad (9)$$

где n - количество интервалов;

$S_{\text{тор.путь}}$ - тормозной путь ТС;

V_n - средняя скорость движения ТС на определенном интервале;

$J_{n \text{ зам}}$ - замедление ТС.

$$J_{n \text{ зам}} = (g(m_{\text{тор}} \cos \alpha \varphi_n + m_a g \sin \alpha) + P_{n \text{ в}}) / (m_a \delta K_{\text{э}n}) \quad (10)$$

где g - ускорение свободного падения;

$m_{\text{тор}}$ - масса, приходящаяся на заторможенные колеса; α - угол продольного наклона дороги;

φ_n - коэффициент сцепления колес с дорогой на определенном интервале;

m_a - фактическая масса ТС;

$P_{nв}$ - сила сопротивления воздуха;

δ - коэффициент учета вращающихся масс;

$K_{э n}$ - коэффициент эффективности торможения на определенном интервале.

$$\delta = 1 + (0,03 + 0,05u_k^2)m_n / m_a = 1 + (z_k J_k) / (m_a r_k^2) \quad (11)$$

где Z_k - число вращающихся колес;

u_k - передаточное число коробки передач при движении накатом $u_k = 0$;

$m_{п}$ - полная масса ТС;

J_k - момент инерции колес;

r_k - статический радиус колес.

$$P_{(нв)} = W_B V_a^2 = (C_x \rho F_A V_n^2) / 2 \quad (12)$$

где C_x - коэффициент лобового сопротивления;

W_B - фактор обтекаемости автомобиля;

ρ - плотность воздуха;

F_A - лобовая площадь.

$$S_{(тор. путь)} = 2(V_n^2 m_a \delta K_{э n}) / (g(m_{тор} \cos \alpha \varphi_n + m_a g \sin \alpha) + (C_x \rho F_A V_n^2)) \quad (13)$$

где $K_{э n}$ - коэффициент эффективности торможения на определенном интервале.

В формуле (13) коэффициент сцепления колес с дорогой будет меняться в зависимости от скорости. С учетом нелинейности зависимости замедления от скорости АТС, при расчете времени и пути, разумнее использовать приближенные методы интегрирования. Задав число интервалов изменения скорости, можно более точно определить тормозной путь, так как при изменении скорости меняется и коэффициент сцепления колес с дорогой.

Как было описано выше, расчетная сила торможения отчасти складывается из суммарных тормозящих сил.

$$P_{\Sigma} = P_{nв} + P_{д} + P_{ш} + P_{зац} + P_{и} + P_{хх} \quad (14)$$

где P_{Σ} - суммарная тормозящая сила;
 $P_{nв}$ - сила сопротивления воздуха;
 $P_{д}$ - сила сопротивления дороги;
 $P_{ш}$ - сила сцепления шины с дорожным полотном;
 $P_{зац}$ - сила зацепа шипа;
 $P_{и}$ - приведенная сила инерции автомобиля;
 $P_{хх}$ - сила сопротивления трансмиссии, приведенная к ведущим колесам,
 при движении на холостом ходу.

Рассматривая эти силы, а именно:

– Силу инерции автомобиля

$$P_{и} = (m_a \delta j) / g \quad (15)$$

– Силу сопротивления дороги

$$P_{д} = g (\cos \alpha \varphi_n + g \sin \alpha) \quad (16)$$

– Силу зацепа шипа

$$P_{зац} = 0,1 z \sigma_p F_{ВШ} \quad (17)$$

где z – количество шипов на колесе.

Множитель 0,1 в формуле (17) указывает на контакт с опорной поверхностью только 10% шипов от общего количества.

- Силу сопротивления трансмиссии, определяемую эмпирическим уравнением

$$P_{xx} = 10^{-3} (2 + 0,009V_a) G_a \quad (18)$$

Эти силы влияют на замедление ТС на горизонте. Таким образом, расчетная формула значения замедления будет иметь вид:

$$J_{n \text{ зам}} = (g(m_{\text{top}} \cos \alpha \varphi_n + m_a g \sin \alpha) + P_{\text{нв}} + P_{\text{зац}} + P_{xx}) / (m_a \delta K_{\varepsilon n}) \quad (19)$$

Таким образом, скорректированная формула (9) примет следующий вид:

$$S_{\text{тор. путь}} = (V_n^2 m_a \delta K_{\varepsilon n}) / (g(m_{\text{top}} \cos \alpha \varphi_n + m_a g \sin \alpha) + (C_x p F_A V_n^2) + (0,1z \sigma_p F_{\text{вш}}) + (10^{-3} (2 + 0,009V_a) G_a)) \quad (20)$$

Введение в модель расчета для зимней шипованной резины поправочного коэффициента, влияющего на взаимодействие шипов с покрытием, позволяет более точно рассчитывать тормозной путь ТС.

Аквапланирование негативно сказывается на сцепных свойствах протектора шины с дорожным покрытием. Соответственно, вычислить значение скорости, при которой протектор шины ТС перестает взаимодействовать с дорожным покрытием и начинает аквапланирование, определяем для шины с нормальным, не изношенным, рисунком протектора, углом кривизны беговой дорожки 90 градусов, в пределах смоченной поверхности шины и при условии равенства гидродинамической силы вертикальной нагрузке на колесо по формуле:

$$v_{\text{ак}} = \sqrt{(2 * G_k) / (\pi * \rho * n * h * b)} \quad (21)$$

где G_k – вертикальная нагрузка на переднее колесо (с учетом его массы), Н;

π – отношение длины окружности к диаметру $\pi = 3,14$;

ρ – плотность воды, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$;

h – толщина слоя воды на покрытии, м;

h – толщина слоя воды на покрытии;

b – ширина профиля шины, м;

n – степень увеличения глубины воды перед колесом автомобиля.

Скольжение протектора шины по ледяному покрытию, относительно поверхности асфальтобетонного покрытия, вызывает тепловыделение, сказывающееся на повышение температур взаимодействующих поверхностей в пятне соприкосновения.

Тепловыделение, вызванное взаимодействием поверхности протектора шины и дорожного покрытия, зависит от площади пятна контакта шины, при определении количества тепловой энергии, взаимодействующей с плёнкой льда на асфальтобетонном покрытии полученное в следствии аккумулированного тепла поверхности протектора шины в процессе экстренного торможения, вводится коэффициент K_H , учитывающий насыщенность рисунка протектора. Тогда, количество тепла $Q_{\text{шд}}$, передаваемого в микроплёнку льда, определится по формуле:

$$Q_{\text{шд}} = (\lambda_1 / b_{\text{эф1}}) F_{\text{ПК}} K_H (T_{\text{ш}} - T_{\text{д}}) (3,6 I_{\text{нк}} / V_0 - t_{\text{фг}}) \quad (22)$$

где $b_{\text{эф1}}$ – эффективная толщина протектора шины в направлении нормального линейного теплового потока, мм;

λ_1 – коэффициент теплопроводности шины (резины), Вт/(м·°С);

t – время торможения, сек;

$F_{\text{ПК}}$ – площадь контакта протектора шины с поверхностью дорожного покрытия, м²;

K_H – коэффициент насыщенности рисунка протектора;

$T_{ш}$ – температура шины (резины), равная средней температуре поверхности протектора шины, °С;

$T_{д}$ – температура поверхности асфальтобетонного покрытия, °С;

$l_{нк}$ – длина пятна контакта, м;

V_0 – начальная скорость АТС перед торможением, м/с;

φ – коэффициент продольного сцепления;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Количество тепла Q_1 , необходимое для нагрева микроплёнки льда до температуры $t_0^0 = 0^\circ\text{C}$, определяется по формуле:

$$Q_1 = c_{л} m_{л} (t_0^0 - t_{л}^0) \quad (23)$$

где $c_{л}$ – теплоемкость льда, кДж/(кг·°С);

$m_{л}$ – масса льда в плёнке, кг;

$t_{л}^0$ – начальная температура поверхности асфальтобетонного покрытия, °С.

Для определения зависимости глубины проникновения тепла b в плёнку льда при кратковременном процессе торможения, рассмотрен график, отражающий проникновение температуры в плёнку льда в зависимости от начальной скорости торможения и длины пятна контакта, рисунок 2.3.

Тормозные системы современных эксплуатируемых ТС должны обеспечивать эффективность и устойчивость автомобиля при замедлении. Эффективность замедления определяют тормозным путём S_T или совокупностью установившегося замедления $j_{уст}$ и временем срабатывания тормозной системы $t_{ср}$.

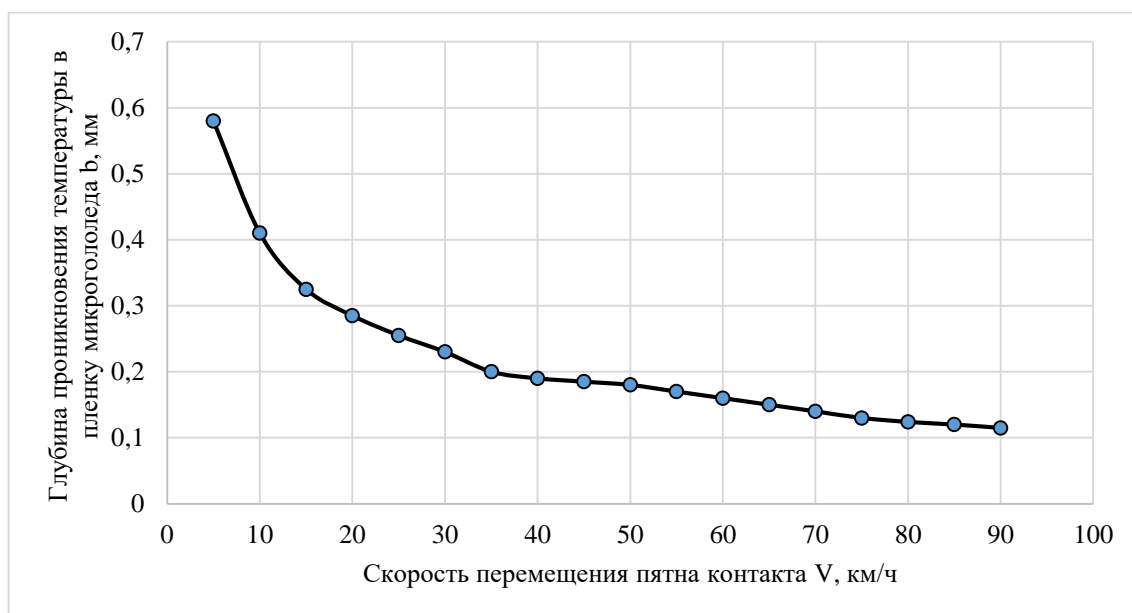


Рисунок 2.3 - Зависимость глубины проникновения температуры в пленку микрогололёда от скорости перемещения пятна контакта

Определение значения замедления автомобилей, оснащенных антиблокировочной тормозной системой, является одной из задач исследования. При проведении подобного рода исследований необходимо точно определять значение тормозного пути с целью установления факта полной остановки ТС или наличия технической возможности избежать наезда, при экстренном торможении. При работе антиблокировочной тормозной системы совместно с системой курсовой устойчивости повышается стабильность прямолинейного движения и появляется управляемость в процессе экстренного торможения. Эффект снижения тормозного пути при использовании АБС определяется известной зависимостью коэффициента сцепления колеса с дорогой φ_x от скольжения S . При отсутствии систем помощи водителю, в случае экстренного торможения, реализуется эффективность, соответствующая коэффициенту сцепления при $S = 1$ (полное скольжение колеса по дороге). Системы помощи водителю реализуют несколько больший средний φ_x , обеспечивая торможение в зоне работы антиблокировочной тормозной системы.

Основным показателем тормозных свойств автомобиля, в области обеспечения безопасности, является тормозной путь:

$$S = (t_0 + 0,5t_n)V_0 + V_0^2 / (2j_{уст}) \quad (24)$$

где t_0 – время запаздывания тормозной системы, с;

t_n – время нарастания замедления, с;

$j_{уст}$ – установившееся замедление, м/с²;

V_0 – начальная скорость торможения, м/с.

Соответственно, учитывая повышенное значение замедления для ТС, оснащенного антиблокировочной тормозной системой, значение тормозного пути – $S_{АБС}$ будет определяться по формуле:

$$S_{АБС} = (t_0 + 0,5t_n)V_0 + V_0^2 / (2j_{уст}(1 + \Delta j)) + V_{от}^2 / (2j_{уст}) - \Delta j / (1 + \Delta j) \quad (25)$$

где Δj - увеличение замедления, определяемое работой антиблокировочной тормозной системы;

$V_{от}$ – скорость, при достижении которой происходит автоматическое отключение АБС.

Третье слагаемое в выражении (25) появляется в результате прибавления к S_T , получаемому при торможении с замедлением $[j_{уст}(1 + \Delta j)]$ до скорости $V = 0$, величины тормозного пути, обусловленной переходом к замедлению $j_{уст}$, в момент автоматического отключения системы ABS.

При осуществлении экстренного торможения на ТС, оснащенным антиблокировочной тормозной системой, зависимости пути от времени очень плавно изменяются и не имеют характерных точек взаимодействия. Зависимости скорости от времени разделяется на несколько участков где

- Участок 1 соответствует времени запаздывания тормозной системы, и скорость не изменяется.
- Участок 2 свидетельствует о нарастании интенсивности торможения – его длина равна времени нарастания замедления.

- Участок 3 соответствует торможению с полной интенсивностью, и в том числе обеспечиваемой антиблокировочной тормозной системой.

2.3 Анализ факторов, влияющих на замедление

С целью определения условий проведения экспериментальных исследований и недопущения введения ложных данных, на этапе планирования необходимо учесть факторы, значимо влияющие на замедление ТС:

- Дорожное покрытие (коэффициент сцепления, геометрические параметры);
- Погодные условия (температура, влажность);
- ТС (аэродинамические характеристики, масса, тип и состояние шины).

Замедление ТС требует детального анализа факторов, определяющих эффективность взаимодействия шины ТС с дорожным покрытием. В таблице 2.2 представлены факторы, а также их градация, влияющие на оценку процесса замедления ТС категории М₁.

Таблица 2.2 - Факторы, влияющие за замедление

№ п/п	Значение	Обозначение	Градации
1	Коэффициент сцепления	φ	0,25-0,95
2	Высота протектора шины, мм	h	1,6-8
3	Ширина протектора шины, мм	A	155-270
4	Высота профиля шины, мм	H	35-70
5	Внутренний диаметр шины, дюйм	R	14-21
6	Значение индекс нагрузки шины, кг	i	65-116
7	Значение индекса скорости шины, км/ч	iV	100-300
8	Снаряженная масса ТС, кг	m	800-3500
9	Наличие шипов и сезонность шины	ш	Летние Зимние шипованные Зимние нешипованные

Вес пассажиров и загрузка багажника определяется как 75 кг и 50 кг соответственно.

В ходе планирования полнофакторного эксперимента (ПФЭ) было выявлено, что невозможно ранжировать факторы 3-9 так как отсутствует возможность выбора индивидуальных характеристик шин. Для примера можно сопоставить высоту профиля шины и ширину протектора, если размерность шины 235x35 R19 не вызывает сомнений, часто встречается в эксплуатации на дорогах общего пользования и данная размерность выпускается большинством производителей шинной промышленности, то размерность шины 185x35 R19 попросту отсутствует в доступной линейке производителей, поскольку не применима в общей массе.

Следовательно, планирование ПФЭ стоит производить с учетом сегмента ТС, включающего в себя, по группам, в соответствии с классификацией Европейской экономической комиссии, таблица 1.3, характеристики шин транспортных средств.

Исходя из вышепредложенного планирования ПФЭ, количество факторов от 9 скорректируется до 3, с возможностью корректного ранжирования и будет происходить для каждого класса ТС индивидуально.

2.4 Теоретическое исследование процессов замедления ТС

Изменяющиеся характеристики дорожного покрытия, как при проведении экспериментальных исследований, так и при установлении причин, повлекших дорожно-транспортные происшествия, вносят существенные изменения в расчетную модель.[77, 78, 79, 80, 81] ТС при прямолинейном торможении способно перейти с одного покрытия на другое, для примера можно рассмотреть прохождение теплосетей под дорогами общего пользования, корректирующими температурные значения дорожного покрытия, что влияет на изменение значений замедления.

Определение начальной скорости торможения по длине тормозного следа не всегда возможно, ввиду наличия современных антиблокировочных систем исключающих блокировку колес во время экстренного торможения. Для прочих ТС, не обладающие подобными системами, или ТС не обеспечивающих должную

работу антиблокировочных систем, принято рассчитывать начальную скорость автомобиля, учитывая длину тормозного следа, по формуле:

$$V_a = 0,5t_n j_1 + \sqrt{2(S_{ю1} j_1 + S_{ю2} j_2)} \quad (27)$$

где j_1 и j_2 – замедление на участках;

$S_{ю1}$ и $S_{ю2}$ – длина тормозного следа, для различных поверхностей с учетом различных коэффициентов сцепления.

Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод, что замедление ТС на двух участках дорожного покрытия с различными характеристиками состоит из трех фаз:

1. Начало замедления определяется первой фазой в момент полного срабатывания тормозной системы и блокировки колес, а окончание при переходе заблокированных передних колес на дорожное покрытие с отличными характеристиками;

2. Начало второй фазы в момент въезда заблокированных передних колес на следующее дорожное покрытие с характеристиками отличными от предыдущего, а окончание при въезде заблокированных задних колес на это покрытие.

3. Третья фаза начинается при въезде заблокированных задних колес ТС на отличное дорожное покрытие до остановки ТС.

Таким образом, вторая фаза является переходом ТС с одного дорожного покрытия на другое и определяется L . Длина пройденного пути при первой фазе определяется как разница длины тормозного следа $S_{ю1}$ и второй фазы, а длина пройденного пути в третьей фазе определяется лишь длиной тормозного пути $S_{ю2}$.

В случае, если резкое изменение значения замедления происходит при переходе от одной фазы к другой, то согласно условиям равновесия, где сумма фазы один и фазы два будет равна фазе три:

$$\begin{aligned}
R_{z1} &= (Gb + P_u h_y) / L \\
R_{z2} &= (Ga - P_u h_y) / L \\
R_{x1} + R_{x2} &= P_u = G j_2 / g
\end{aligned} \tag{28}$$

где R_{z1} и R_{z2} нормальные, R_{x1} и R_{x2} касательные реакции дороги соответственно, действующие на переднюю и заднюю оси ТС соответственно;

a , b и $h_{ц}$ – расстояние от центра тяжести ТС до его передней и задней оси, и до поверхности дорожного покрытия соответственно.

В свою очередь, сцепление протектора шины с дорожным покрытием осуществляется всей поверхностью протектора в пятне контакта и во второй фазе, во время перехода с одного дорожного покрытия на другое может быть описано как:

$$\begin{aligned}
R_{x1} &= R_{z1} \varphi_2 \\
R_{x2} &= R_{z2} \varphi_1
\end{aligned} \tag{29}$$

Сила инерции во второй фазе, переходной, с учетом переходных коэффициентов сцепления определяется как:

$$R_{z1} \varphi_2 + R_{z2} \varphi_1 = P_u = ((Gb + P_u h_y) \varphi_2 + (Ga - P_u h_y) \varphi_1) / L \tag{30}$$

$$P_u (L - h_y \varphi_2 + h_y \varphi_1) = G(b \varphi_2 + a \varphi_1) \tag{31}$$

$$P_u = (G(b \varphi_2 + a \varphi_1)) / (L - h_y \varphi_2 + h_y \varphi_1) = (m_a \delta j) / g \tag{32}$$

Замедление на промежуточной фазе, имеющее зависимость от характеристик дорожного покрытия и от коэффициентов сцепления протекторов шин с поверхностью дороги, будет определено как:

$$j_{1-2} = g((b \varphi_2 + a \varphi_1) / (L - h_y \varphi_2 + h_y \varphi_1)) \tag{33}$$

В отличие от первой и третьей фазы торможения, замедление во второй фазе будет отличаться для каждого типа ТС категории М₁ и иметь зависимость от коэффициентов сцепления, определенных как на первом, так и на втором участке дорожного покрытия.

Зная скорость ТС в начале каждой фазы, можно определить формулу начальной скорости движения, отличную от представленной выше:

$$v_a = 0,5t_3j + \sqrt{2(S_{ю2}j_2 + Lj_{1-2} + (S_{ю1} - L)j_1)} \quad (34)$$

Разница между значениями начальной скорости движения ТС, полученными по двум формулам, может повлиять на конечный результат, а дальнейшие действия эксперта сводятся к повторному расчету.

Несомненно, в экспертной деятельности, учитывая обстоятельства дорожно-транспортных происшествий, изменяющийся коэффициент сцепления и скорость вносят большую неясность в проведение расчетов, но зная начальную и конечную скорость торможения и аппроксимируя криволинейный участок прямым отрезком, можно найти среднее значение коэффициента сцепления на протяжении всего замедления и определить начальную скорость торможения и замедление. Уточнение результатов происходит при описании прямолинейного отрезка уравнением разности начального коэффициента сцепления протектора шины с дорожным покрытием с произведением угла продольного сцепления и начальной скоростью.

Уравнение тормозного пути, на основании представленных расчетов, будет иметь вид:

$$S_t = \left(\frac{\varphi_0}{\alpha_\varphi} \ln \frac{\varphi_0}{\varphi_0 - \alpha_\varphi V_a} - V_a \right) / (\alpha_\varphi g) \quad (35)$$

Для проведения расчет тормозного пути а/м ГАЗ - 2705 на примере шин Michelin Agilis 81 размера 185/75 R16, имея характеристики коэффициентов сцепления шин в зависимости от скорости, можно составить таблицу 2.3.

Проведя расчет и сравнительный анализ тормозного пути шины Michelin Agilis 81 185/75 R16C 104R по трем интервалам можно сказать, что тормозной путь на изношенной резине уменьшается на ≈ 10 метров на сухом асфальтобетонном покрытии.

Таблица 2.3 - Тормозной путь на сухом асфальтобетонном покрытии с глубиной протектора 6,6-6,9 (новая резина) и $\leq 1,6$ (изношенная резина)

Марка резины	Michelin Agilis 81 185/75 R16C 104R					
	6,6 - 6,9			$\leq 1,6$		
Глубина протектора, мм.	6,6 - 6,9			$\leq 1,6$		
Скорость, м/с	36 - 25	25 - 13	13 - 0	36 - 25	25 - 13	13 - 0
Коэффициент сцепления	0,75	0,95	0,85	0,90	0,95	1,00
Замедление на горизонте, м/с ²	5,41	6,39	5,64	6,21	6,39	6,64
Время движения, с.	2,03	1,88	2,30	1,77	1,88	1,96
Пройденный путь, м.	62,02	35,69	14,98	54,03	35,69	12,73
Тормозной путь, м.	112,68			102,45		

Уменьшение тормозного пути в сухую погоду приводит к критическому увеличению тормозного пути в дождь, рисунок 2.4.

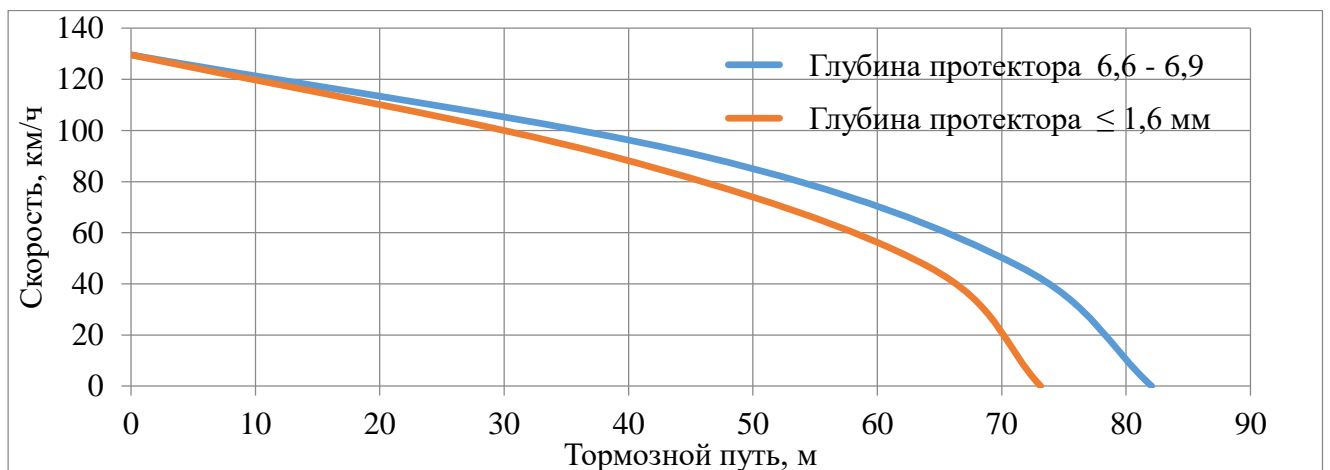


Рисунок 2.4. - Тормозной путь шины Michelin Agilis 81 185/75 R16C 104R на сухом асфальтобетонном покрытии с глубиной протектора 7,6-7,9 (новая резина) и $\leq 1,6$ (изношенная резина)

Расчеты, представленные в табл. 2.4, были произведены на базе машины ГАЗ - 2705 с учетом характеристик для указанной шины. Сравнение результатов представлено на рисунке 2.5.

Таблица 2.4 - Расчет тормозного пути для летней, зимней не шипованной и зимней шипованной резины на асфальтобетонном покрытии

Тип шины	Летняя	Зимняя не шипованная	Зимняя шипованная
Характеристики шины	205/55 R16	205/55 R16	205/55 R16
Коэффициент сцепления	≈0,80	≈0,60	≈0,5
Замедление на горизонте, м/с ²	6,47	5,37	4,76
Время торможения, с.	3,40	4,09	4,62
Тормозной путь, м.	37,39	45,03	50,83

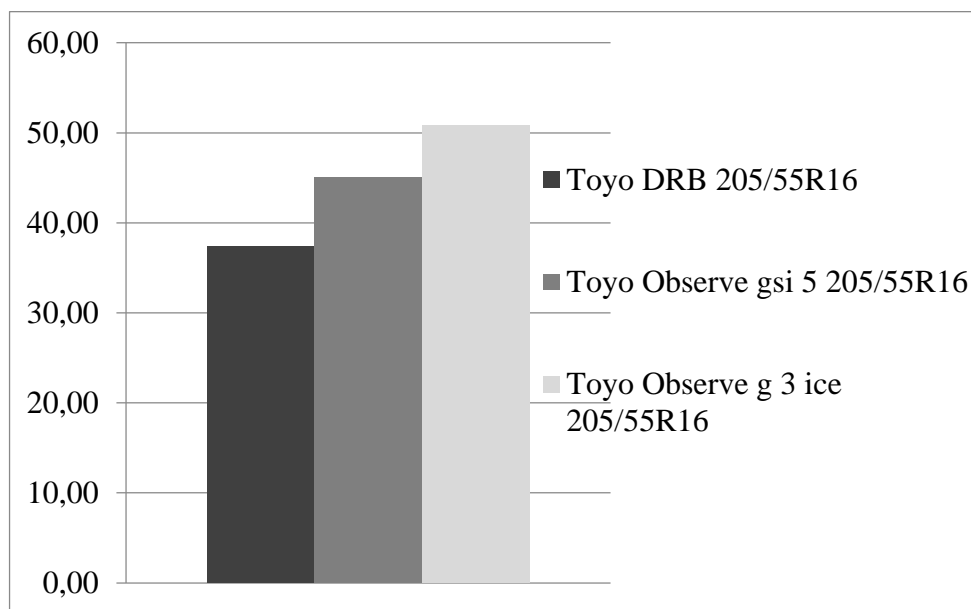


Рисунок 2.5 - Сравнение результатов расчетов тормозного пути на сухом асфальтобетонном покрытии трех типов шин

Также был произведен сравнение расчет с поправочным коэффициентом и без него, результаты расчета представлены в таблице 2.5.

Результаты расчетов, с введением поправочного коэффициента, наглядно показывают изменение тормозного пути ТС более чем на 2 метра. Это обусловлено взаимодействием шипов с шероховатостью покрытия.

Таблица 2.5 - Сравнительный расчет тормозного пути ТС ГАЗ – 2705 с установленной зимней шипованной резиной с учетом и без учета поправочного коэффициента на взаимодействие шипов с асфальтобетонным покрытием при нулевых температурах

Тип расчета	Toyo Observe g 3 ice 205/55R16 с поправочным коэффициентом	Toyo Observe g 3 ice 205/55R16 без поправочного коэффициента
Тип шины	Зимняя шипованная	Зимняя шипованная
Модель шины	Toyo Observe g 3 ice 205/55R16	Toyo Observe g 3 ice 205/55R16
Коэффициент сцепления	0,50	0,50
Замедление на горизонте, м/с ²	4,76	4,53
Время торможения, с.	4,62	4,86
Тормозной путь, м.	50,83	53,41

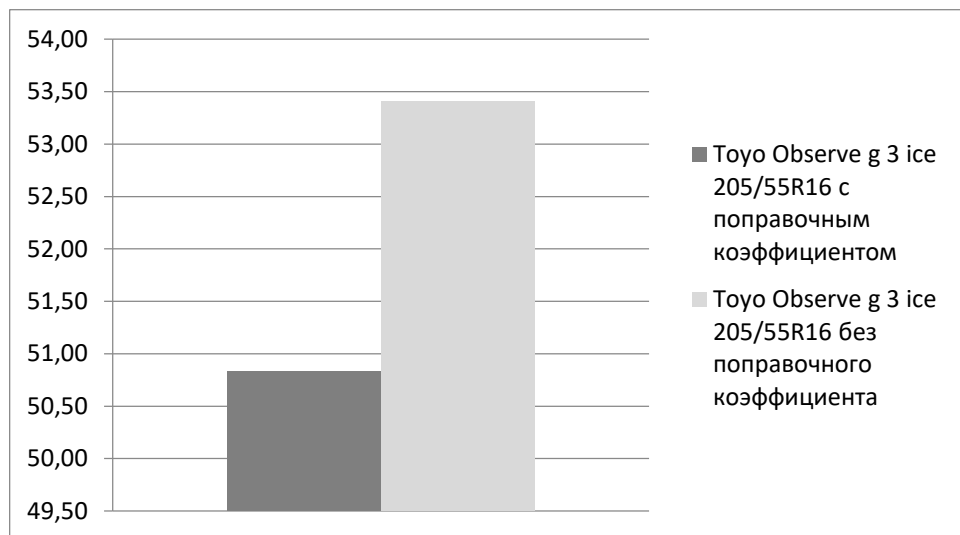


Рисунок 2.6 - Сравнение тормозного пути ТС ГАЗ – 2705 с установленной зимней шипованной резиной с учетом и без учета поправочного коэффициента на

взаимодействие шипов с асфальтобетонным покрытием при нулевых температурах

Введение поправочного коэффициента в утвержденную расчетную модель замедления легкового ТС позволит проводить сравнение ТС разной массы или же разного сегмента.

Рассматривая замедление двух легковых ТС категории М₁, сравнение индивидуальных характеристик представлено в таблице 2.6, будет установлено отличие как в замедлении, так и в пройденном расстоянии.

Таблица 2.6 – Характеристики сравниваемых легковых ТС

Марка	Smart	Mercedes-Benz
Модель	Fourtwo	Maybach GLS
Годы выпуска	2014-2021	2019-2021
Снаряженная масса, кг.	935	2785
Полная масса, кг.	1180	3250
Мощность, л.с.	109	558
Габариты, ДШВ, мм.	2695x1663x1555	5205x2030x1838
Колесная база, мм.	1873	3135
Объем ДВС, л.	0,9	4,0
Тип привода	Задний	Полный
Тип КПП	Роботизированная	Автоматическая
Размерность колес/шин	165/65/R15 или 185/60/R15 или 185/50/R16 или 205/45/R16	285/45/R22 и 325/40/R22
Тип передних тормозных механизмов	Дисковые	Дисковые вентилируемые
Тип задних тормозных механизмов	Барабанные	Дисковые вентилируемые
Разгон до 100 км/ч, с.	9,5	4,9
Максимальная скорость, км./ч.	165	250

Соответственно, уравнение (5) определения пройденного пути в момент торможения ТС не позволит корректно определить пройденной расстояние в

момент торможения. На это есть несколько оснований: во-первых, отличная масса ТС не позволяет должным образом корректно определить искомый результат; во-вторых, отличие характеристик шин и высоты протектора также вносит существенные изменения; в-третьих, для расчета замедления на поверхностях асфальтобетонного покрытия, необходимо учитывать износ протектора шины.

Результаты, полученные при расчете тормозного пути рассматриваемых ТС, основанные на экспериментальной части, представлены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Сравнение результатов расчета тормозного пути ТС

Марка	Smart	Mercedes-Benz
Модель	Fourtwo	Maybach GLS
Замедление, м/с²	6,64	6,87
Тормозной путь, м	9,05	8,67

Исходя из данных, представленных в таблице 2.7 - тождественное равенство уравнений, при прочих отличиях характеристик ТС становится неравенством и требует внесения существенных изменений в метод расчета используемой в экспертной практике, учитывающих как индивидуальные характеристики ТС, так и погодные-климатические условия.

2.5 Определение сцепления и площади пятна контакта

Описывая процесс замедления ТС категории М₁, не стоит забывать про площадь пятна контакта протектора шины с дорожным покрытием, ведь устойчивость автомобиля зависит не только от свойств опорной поверхности и от веса ТС, но и от свойств шин.

При контакте с опорной поверхностью протектор шины может иметь как контурную площадь, так и площадь пятна контакты по выступам, представлено на рисунке 2.7, где площадь пятна контакта по выступам будет исключать ламели и канавки.



Рисунок 2.7 – Площадь пятна контакта по выступам и контурная

Площадь пятна контакта по выступам F_v представляет собой сумму площадей фактических зон взаимодействия выступов с опорной поверхностью, а контурная площадь F_k является общей площадью, образованной замкнутой линией, огибаемой пятно контакта протектора шины с опорной поверхностью. По формуле предложенной Хедекелем, можно найти площадь приблизительно равную контурной площади [59]:

$$F_k = \pi h_z \sqrt{D_{св} b} \quad (36)$$

где $D_{св}$ – свободный диаметр шины;

b – ширина шины;

h_z – радиальная деформация шины, определяемая по формуле:

$$h_z = G_k / C_{ш} \quad (37)$$

где G_k – нагрузка на шину;

$C_{ш}$ – радиальная жесткость шины.

Значение радиальной жесткости шины будет всегда различным из-за индивидуальных характеристик, внутреннего давления воздуха, размеров, и может быть выражено по формуле:

$$C_{ш} = \pi k (p_w + p_0) \quad (38)$$

где p_w – внутреннее давление воздуха в шине;

p_0 – давление в пятне контакта при нулевом внутреннем давлении;

k – эмпирический коэффициент.

Отношением нагрузки на шину (G_k) и контурной площади (F_k) будет определено давление шины по контуру пятна контакта:

$$P_{ucp} = \frac{G_k}{F_k} = kp_w + p_0 \quad (39)$$

Но помимо, изменяемого под действием силы тяжести, пятна контакта протектора шины с дорожным покрытием не стоит забывать про силу сцепления протектора шины с дорожным покрытием.

Большая площадь пятна контакта протектора шины уменьшает силу давления на опорную поверхность, так как давление распределяется по всей площади. Рисунок протектора шины необходим для эксплуатации шин при различных погодных условиях, а состав резиновой смеси определяет сезонность.

Таким образом, сила сцепления протектора шины с дорожным покрытием может быть определена законом Кулона

$$F_{cu} = \varphi N = \varphi m_{ш} g \quad (40)$$

где N – вес шины;

$m_{ш}$ – масса шины.

Давление протектора шины на опорную поверхность определяется отношением веса тела (шины) и площади пятна контакта:

$$P = N / F_k = (m_{ш} g) / F_k \quad (41)$$

где P – давление протектора шины на дорожную поверхность.

Соответственно вес тела (шины), выраженный через давление протектора шины на дорожную поверхность, будет иметь вид:

$$N = PF_k \quad (42)$$

Подставив выраженную формулу в закон Кулона, получим:

$$F_{cy} = \varphi PF_k \quad (43)$$

Таким образом, сила сцепления протектора шины с дорожным покрытием равна произведению коэффициента сцепления шины с дорожным покрытием с давлением протектора шины на дорожное покрытие и с площадью пятна контакта. Подставив в выражение силы сцепление значение давления протектора шины получим:

$$F_{cy} = \frac{\varphi F_k m_u g}{F_k} \quad (44)$$

$$F_{cy} = \varphi m_u g \quad (45)$$

Таким образом, сила сцепления протектора шины с опорной поверхностью не зависит от площади пятна контакта.

ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ

Анализ имеющихся методик определения замедления ТС категории M_1 , а именно определение замедления на асфальтобетонном покрытии, с учетом изменения суммарно тормозящих сил, зависящих от влияния факторов, подтверждает необходимость внесения изменений. Также подтверждение необходимости внесения изменений кроется в отличных индивидуальных характеристиках ТС. Изменение имитационной расчетной модели позволит более точно описать индивидуальную динамику замедления ТС.

Расчетные значения замедления ТС категории M_1 , по имеющимся методикам, не соответствуют экспериментальным значениям, полученным в ходе исследований. Выявленные расхождения расчетной модели замедления ТС с фактическими значениями установившегося замедления были проанализированы, а также предложен метод расчета, учитывающий влияние факторов, описывающих движение ТС.

Изменение существующей методики оценки замедления ТС категории M_1 рассматривается как переход от расчета замедления, с использованием усредненных значений к расчету замедления, учитывающему постоянное изменение значений, влияющих на замедление.

Дальнейшее исследование будет направлено на уточнение значений замедления ТС категории M_1 в зависимости от индивидуальных характеристик шин при различных погодных условиях и уточнение зависимости тормозного пути от сегмента ТС.

ГЛАВА 3. ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Цели и задачи экспериментальных исследований

Целью проведения экспериментальных исследований являлось уточнение характеристик замедления ТС различных сегментов в зависимости от типа и состояния дорожного покрытия и погодных-климатических условий [82], загруженности автомобиля, оснащенных различными шинами [83], а также создание исходной базы данных для математического моделирования процессов ДТП.

В ходе проведения экспериментальных исследований и достижения цели, поставленной в работе, решались задачи, связанные с определением замедления транспортных средств различных сегментов категории М₁:

- на сухом асфальтобетонном покрытии при положительных температурах, более 15°С, в интересах определения расширения существующей базы данных; [84, 85]
- на асфальтобетонном покрытии при температуре близкой к 0°С, в интересах расширения существующей базы данных; [86, 87]
- на укатанном снежном покрытии при отрицательных температурах, менее -15°С, в интересах определения расширения существующей базы данных. [88, 89, 90]

Наиболее точное определение установившегося замедления транспортного средства определяется путем проведения экспериментального исследования каждого рассматриваемого сегмента ТС.

3.2 Планирование полнофакторного экспериментального исследования

Определение значимых факторов позволяет упростить экспериментальную модель. Из расчета планирования полнофакторного эксперимента по замеру установившегося замедления были проведены 3-х кратные опыты, в которых участвовало 11 автомобилей разных марок категории М₁ с летним и зимним типом

шин при различных погодных условиях на сухом, влажном, мокром, обледенелом асфальтобетонном покрытии и укатанном снежном покрытии, характеристики транспортных средств представлены в Приложении Д.

Предварительно, в соответствии с ГОСТ 33997-2016 п. 4.5 Требования к шинам и колесам [91] транспортные средства проходили визуально-технический осмотр шин ТС на предмет:

- отсутствия повреждений, вздутий и отслоений;
- соответствия размерности документации завода изготовителя;
- наличия исправных золотников и соответствия внутреннего давления документации завода изготовителя;
- соответствия характеристик скорости и максимальной массы документации завода изготовителя;
- соответствия сезонности шин;
- соответствия остаточной глубины рисунка протектора;
- наличия гаек и болтов крепления колесных дисков;
- отсутствия трещин и сварных швов в колесных дисках.

Первоначальное определение замедления ТС проходило по схеме, изображенной на рисунке 3.1, где результатом являлся тормозной путь транспортного средства. Перед проведением дорожных испытаний фиксировались погодные условия и состояние дорожного покрытия, характеристики ТС, а именно:

- тип и сезонность шин;
- размерность колес;
- марка и модель ТС;
- глубины протектора шины (по трем точкам);
- марки и модели шин, характеристики шин;
- снаряженной массы ТС. [92]

Также, перед проведением исследований, фиксировалось наличие действующей диагностической карты, так как она служит подтверждением исправности АТС и допускает возможности его эксплуатации.



Рисунок 3.1 - Схема проведения исследований замедления

Полученные результаты экспериментальных исследований установившегося замедления ТС оборудованных летними и зимними шинами, при различной степени нагрузки, представлены на рисунках 3.5 - 3.2 и 3.11 – 3.13. Нагрузка на ТС определялась как: 25% - ТС + водитель; 50% - ТС + водитель+ 1 пассажир; 75% - ТС + водитель + 2 пассажира; 100% - ТС + водитель+ 3 пассажира + полная загрузка багажника.

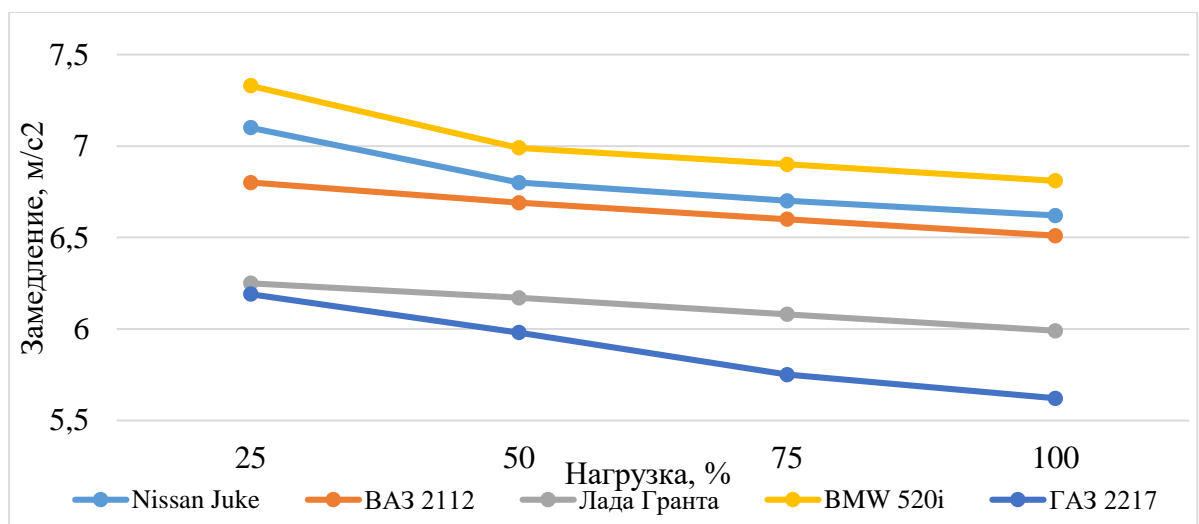


Рисунок 3.2 - Результаты установившегося замедления на сухом асфальтобетонном покрытии для летнего типа шин при температуре окружающего воздуха +5° С и различных нагрузках на транспортные средства

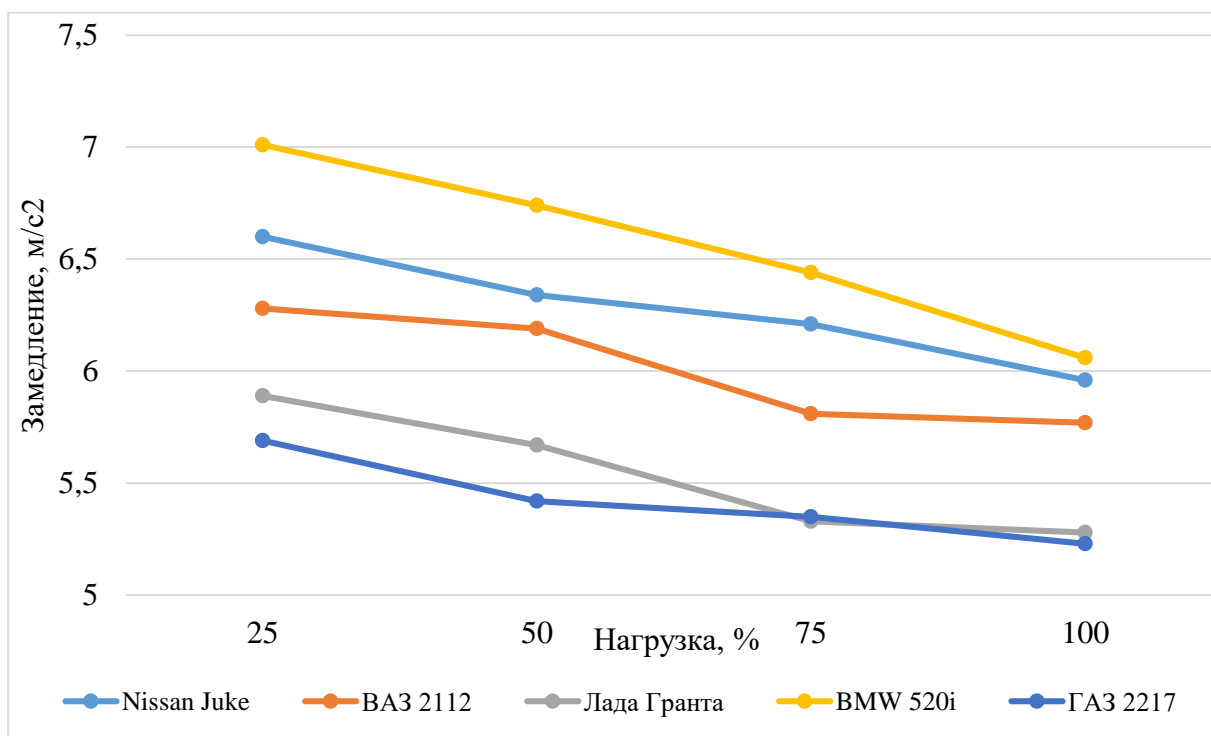


Рисунок 3.3 - Результаты установившегося замедления на влажном асфальтобетонном покрытии для летнего типа шин при температуре окружающего воздуха $+5^{\circ}\text{C}$ и различных нагрузках на транспортные средства

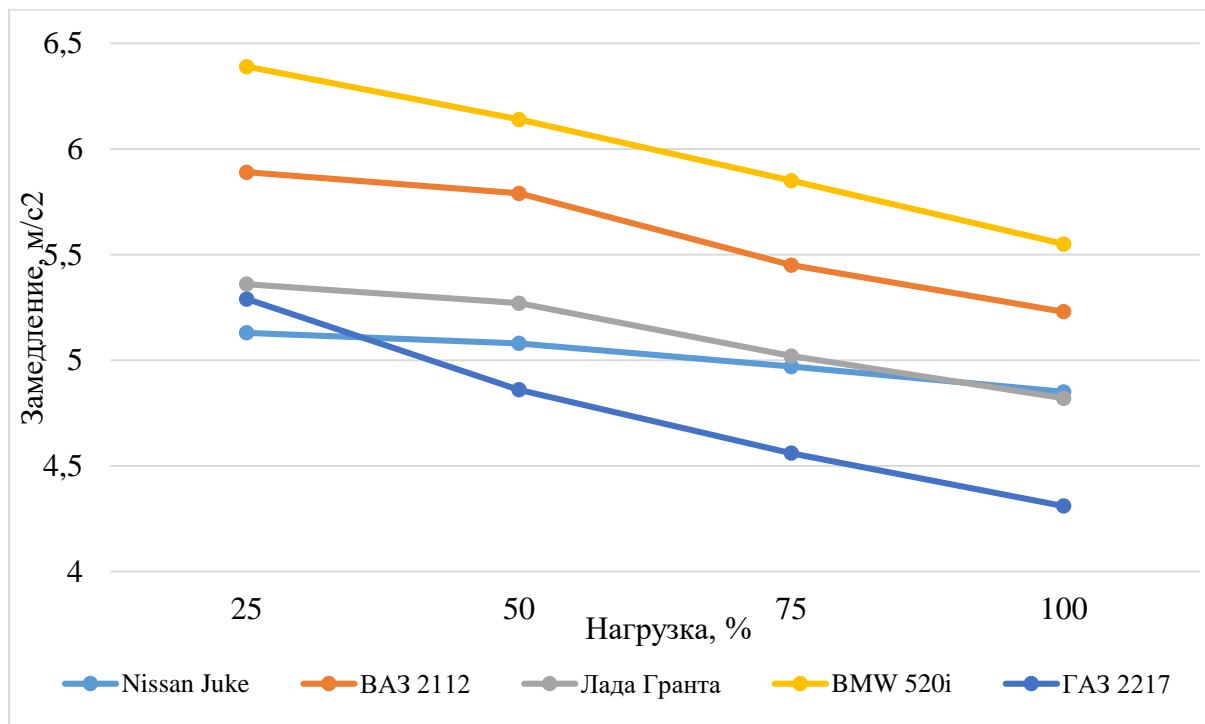


Рисунок 3.4 - Результаты установившегося замедления на мокром асфальтобетонном покрытии для летнего типа шин при температуре окружающего воздуха $+5^{\circ}\text{C}$ и различных нагрузках на транспортные средства

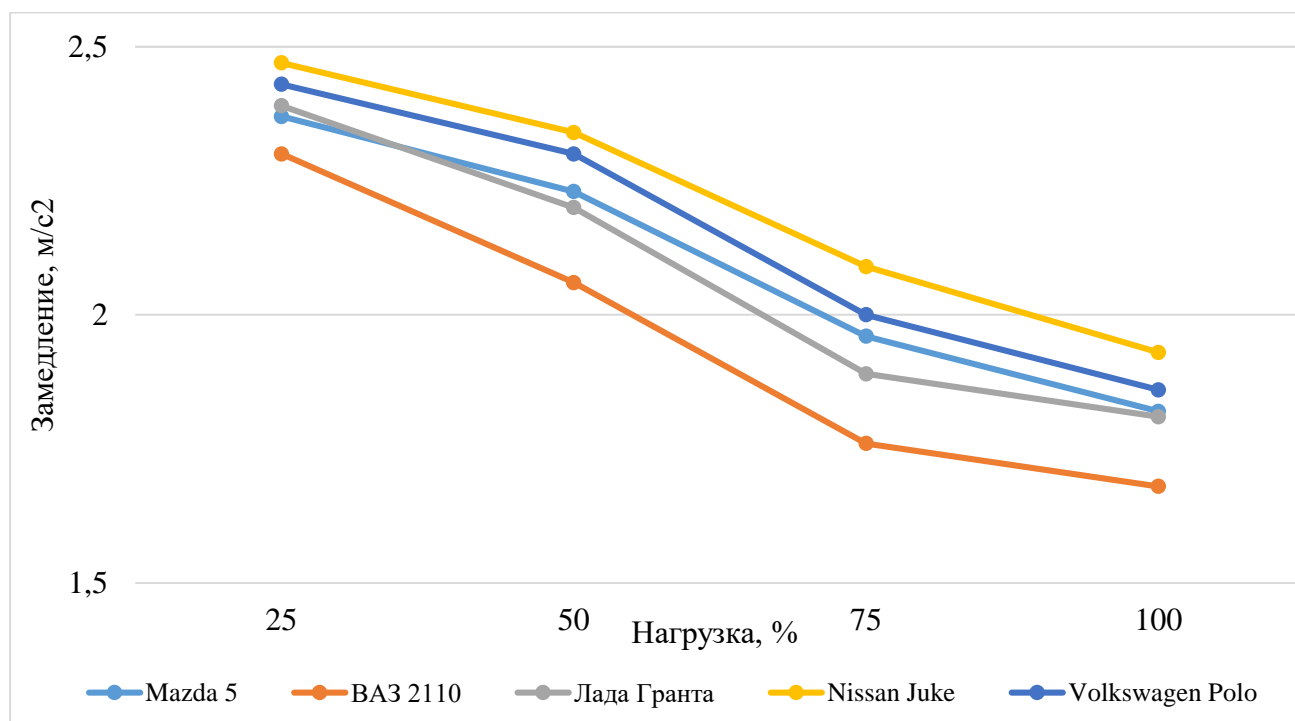


Рисунок 3.5 - Результаты установившегося замедления на укатанном снежном покрытии для летнего типа шин при температуре окружающего воздуха -8°C и различных нагрузках на транспортные средства

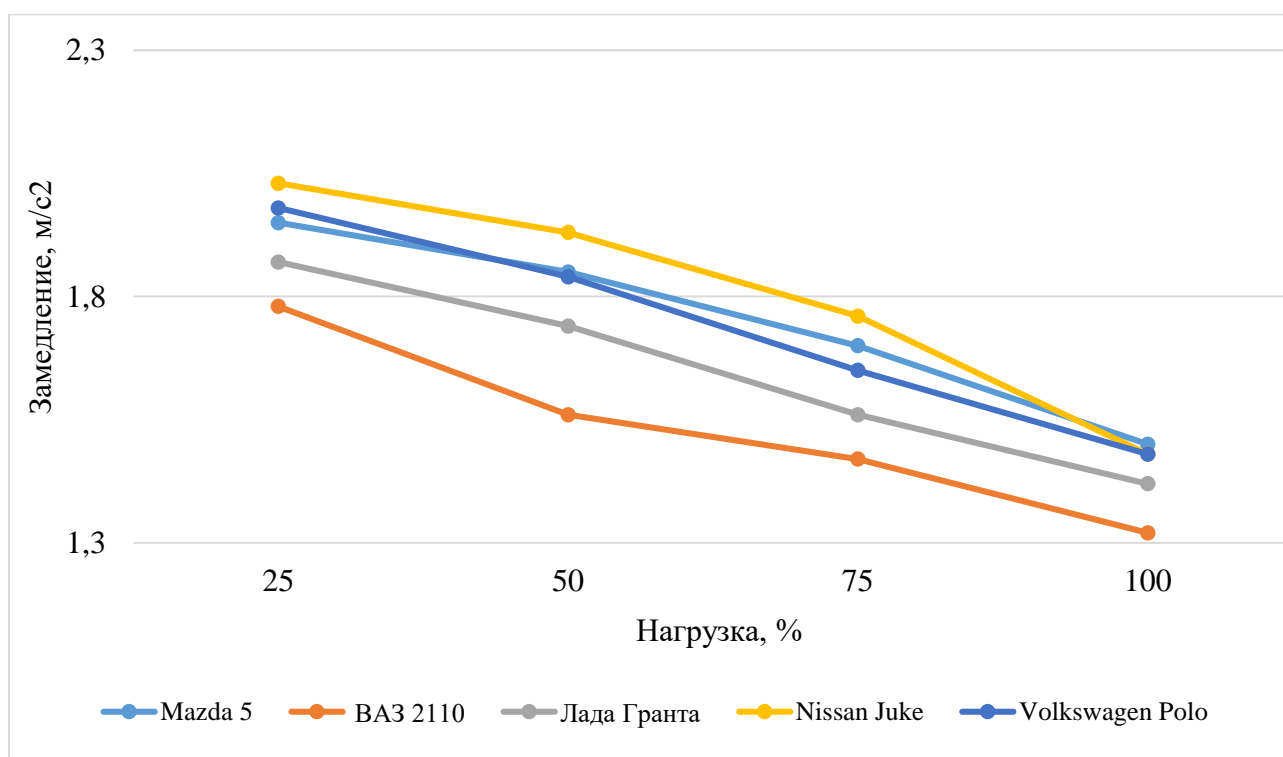


Рисунок 3.6 - Результаты установившегося замедления на обледенелом асфальтобетонном покрытии для летнего типа шин при температуре окружающего воздуха -8°C и различных нагрузках на транспортные средства

На рисунке 3.7 представлена наглядная схема определения замедления, в соответствии со схемой, представленной на рисунке 3.4, где ТС Mazda 5 достигнув скорости в 40 км/ч приближается к зоне начала торможения.



Рисунок 3.7 – Наглядная схема проведения экспериментального исследования

Представленная на рисунке 3.7 наглядная схема соответствует экспериментальному исследованию замедления, представленному на рисунке 3.5.

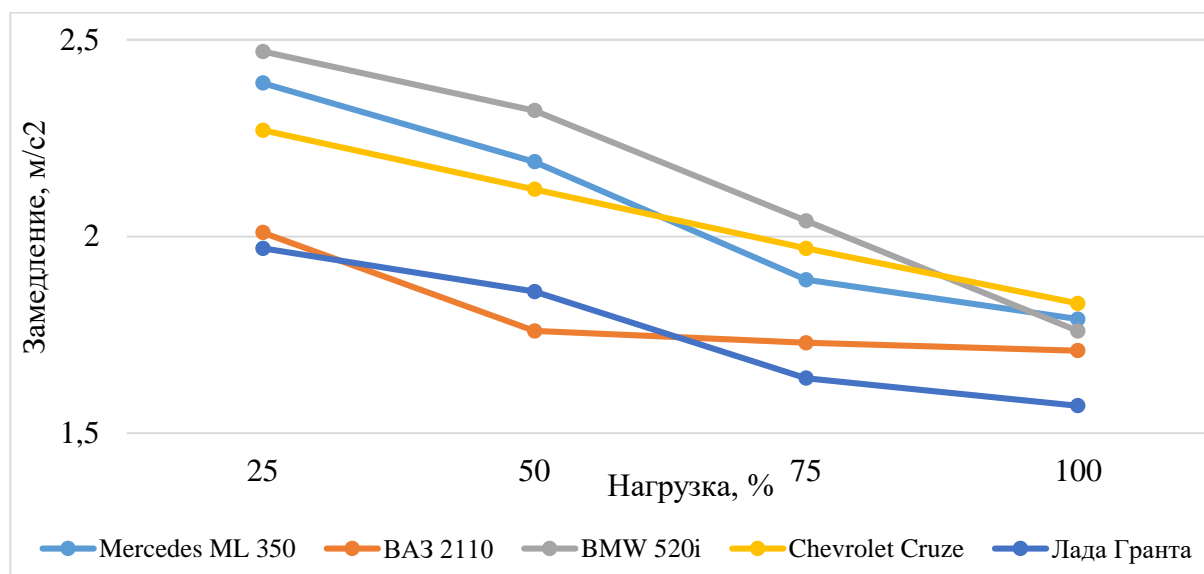


Рисунок 3.8 - Результаты экспериментальных исследований установившегося замедления на обледенелом асфальтобетонном покрытии для зимнего типа шин при температуре окружающего воздуха -12°C и различной нагрузке на транспортное средство, где BMW 520i и VAZ 2110 оборудованы шипованным протектором

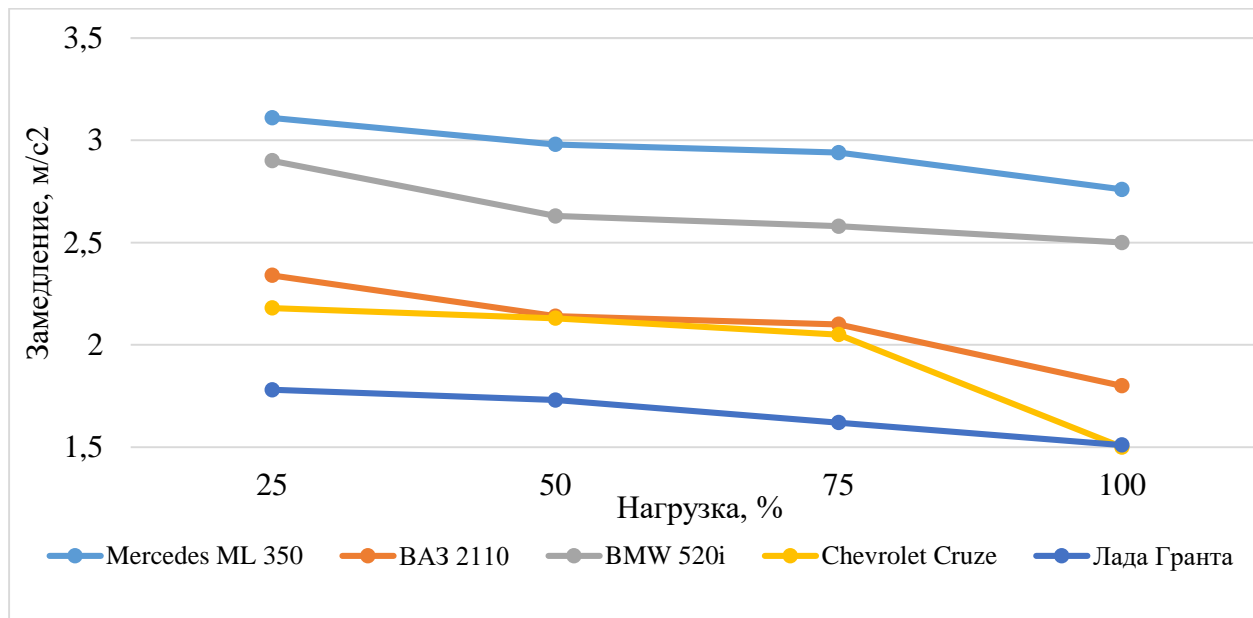


Таблица 3.9- Результаты экспериментальных исследований установившегося замедления на рыхлом снежном покрытии при эксплуатации зимнего типа шин при температуре окружающего воздуха -15°C и различной нагрузке на транспортное средство, где BMW 520i и VAZ 2110 оборудованы шипованными шинами

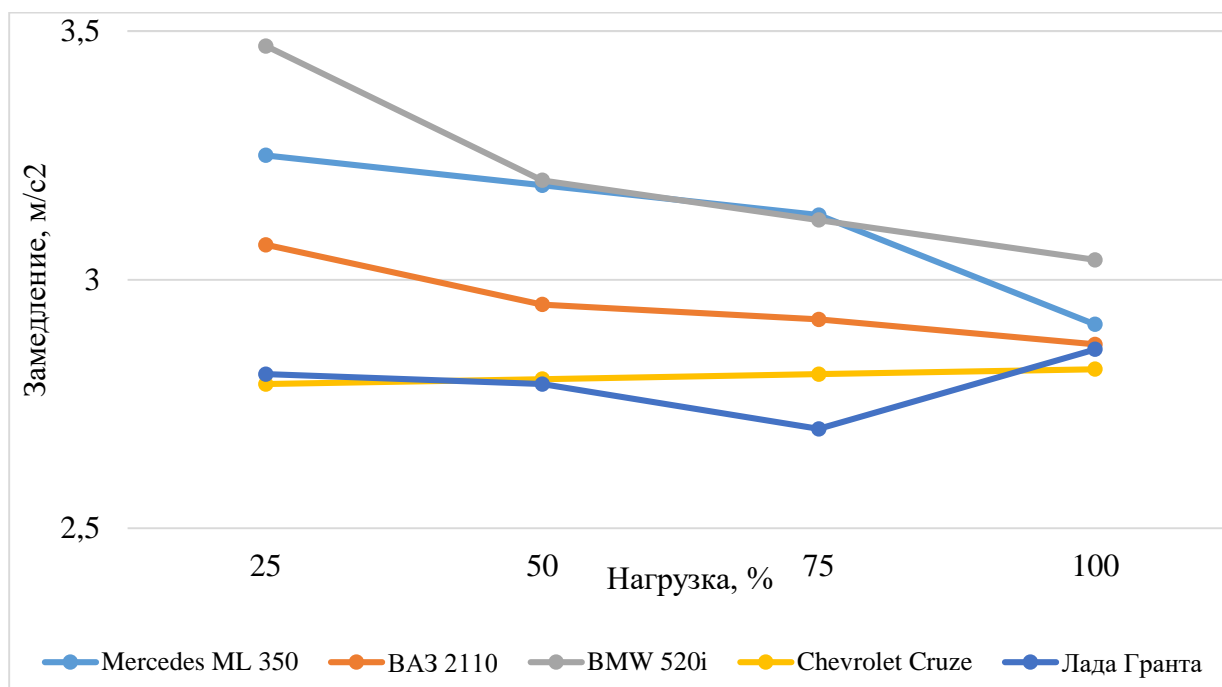


Таблица 3.10 - Результаты экспериментальных исследований установившегося замедления на укатанном снежном покрытии при эксплуатации зимнего типа шин при температуре окружающего воздуха -15°C и различной нагрузке на транспортное средство, где BMW 520i и VAZ 2110 оборудованы шипованным протектором

Стоит отметить, что при достижении скорости в 40 км/ч, а также во время торможения, для более точных результатов исследования, необходимо минимизировать изменение прямолинейного движения. [93]

Результатом проведенных экспериментальных исследований по определению значимых факторов является: отмечена сходимость значений при большей нагрузке на ТС и равномерное изменение значений при изменении нагрузки.

Изменение значений индивидуальных характеристик шин ТС влияет на:

- значение фактора коэффициент сцепления имеет положительный знак: при увеличении коэффициента сцепления значение замедления увеличивается;
- значение фактора ширины протектора шины имеет положительный знак: при увеличении ширины протектора шины значение замедления увеличивается;
- значение фактора высота профиля шины имеет положительный знак: при увеличении высота профиля шины значение замедления увеличивается;

- значение фактора внутренний диаметр шины имеет отрицательный знак: при увеличении внутреннего диаметра шины значение замедления уменьшается;
 - значение фактора снаряженной массы ТС имеет отрицательный знак: при увеличении снаряженной массы значение замедления уменьшается;
 - значение фактора индекс нагрузки шины имеет отрицательный знак: при увеличении индекса нагрузки шины значение замедления уменьшается;
 - значение фактора индекс скорости шины имеет положительный знак: при увеличении индекс скорости шины значение замедления увеличивается;
 - значение фактора высота протектора шины имеет положительный знак: при увеличении коэффициента сцепления значение замедления увеличивается;
- Стоит отметить, что значение фактора - наличие шипов и сезонность шины имеет отрицательный знак: при движении на шипованных шинах по рассматриваемым поверхностям, значение замедления уменьшается;

По результатам проведенных исследований был определены факторы, значимо влияющие на процесс замедления ТС и нуждающиеся в изучении. Данные факторы вносят существенные изменения в экспериментальную модель и могут быть рассмотрены как отличие массы, колесной базы, ширины колеи, так и отличие характеристик шин, установленных на ТС.

При дальнейшем проведении экспериментальных исследований стоит учитывать факторы, представленные в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Рассматриваемые факторы

№ п.п.	Название фактора
1	Коэффициент сцепления
2	Высота протектора шины, мм
3	Ширина протектора шины, мм
4	Высота профиля шины, мм
5	Внутренний диаметр шины, дюйм
6	Значение индекс нагрузки шины, кг
7	Значение индекса скорости шины, км/ч
8	Снаряженная масса ТС, кг
9	Наличие шипов и сезонность шины

Где факторы № п.п. 3 – 9 группируются по сегментам, в соответствии с представленной таблицей 1.3, так как индивидуальные характеристики ТС не позволяют применять шины различных размеров.[94] Отсутствие возможности ранжирования указанных факторов приводит планирование ПФЭ к виду 3^2 для каждого сегмента ТС представленного в таблице 1.3, где высота протектора шины будет удовлетворять граничным условиям.

В результате планирования полно факторного экспериментального исследования для каждого сегмента можно составить план.

Таблица 3.1.1 - План экспериментального исследования ПФЭ 3^2 для каждого класса ТС

Фактор	Коэффициент сцепления	Высота протектора шины, мм
1	0,25	1,6 – 3,4
2	0,5	1,6 – 3,4
3	0,25	3,4 – 5,2
4	0,75	1,6 – 3,4
5	0,25	5,2 – 7
6	0,75	3,4 – 5,2
7	0,5	5,2 – 7
8	0,75	5,2 – 7
9	0,5	3,4 – 5,2

Дальнейшие экспериментальные исследования были направлены на определение установившегося замедления легковых ТС различных сегментов, с целью получения значений установившегося замедления для каждого.

Необходимость исследования данной области обоснована отличными характеристиками ТС различных сегментов. Условная система «машина – колесо – дорога» является базой для определения замедления, и каждая рассматриваемая подсистема, машина, колесо или дорога, может иметь множество градаций, где определение каждой не является целесообразным из-за большого числа переменных. Целенаправленное упрощение представленной системы позволит определить значение замедления в рассматриваемых дорожных условиях. После преобразования система может выглядеть следующим образом: «сегмент ТС – тип протектора – тип покрытия – высота протектора шины», где подсистема:

- «сегмент ТС» будет состоять из классификации разделения легковых автомобилей, принятой Европейской экономической комиссией;
- «тип протектора» будет состоять из значения сезонности шины (зимняя и летняя и наличия шипов);
- «тип покрытия» будет состоять типов дорожного покрытия и погодных условий (коэффициента сцепления).
- «высота протектора шины» будет состоять из остаточной высоты рисунка протектора шины рассматриваемого ТС.

3.3 Проведение экспериментальных исследований замедления по классам ТС в соответствии с классификацией Европейской экономической комиссии

Экспериментальные исследования замедления транспортных средств проводились в дорожных условиях на территории Санкт-Петербурга одним водителем, с использованием деселерометра BRAKE TESTER модели «LWS-2МС», представленного на рисунке 3.12, включающего в свою конструкцию датчик, крепящейся к лобовому стеклу, представленный на рисунке 3.11, позволяющего анализировать ход торможения

Деселерометр имеет погрешность измерений установившегося замедления, которая не превышает 4%, в соответствии с Приложением Б.

При проведении экспериментальных исследований ТС устанавливались на проезжей части, датчик замедления, изображенный на рисунке 3.11, фиксировался в горизонтальном положении по центру лобового стекла внутри автомобиля, схема крепления датчика представлена на рисунке 3.13.



Рисунок 3.11 – Датчик деселерометра модели «LWS-2MC», где 1 - датчик ускорения; 2 – основание датчика; 3 – шарнирный механизм.



Рисунок 3.12 – Деселерометр модели «LWS-2MC»



Рисунок 3.13 – Схема крепления датчика на лобовое стекло ТС внутри салона

Замеры высоты протектора шины проводились с помощью штангенциркуля ГТО ШЦЦ-I-150 с глубиномером и диапазоном измерения от 0 до 150 мм, шагом измерения – 0,01 мм и погрешность - $\pm 0,01$ мм, оборудованный жидкокристаллическим дисплеем для удобства измерений, представлен на рисунке 3.14.



Рисунок 3.14 – Электронный штангенциркуль с глубиномером ГТО ШЦЦ-I-150

Перед проведением исследования фиксировались:

- h_{np} – высота протектора шины исследуемого ТС;
- $^{\circ}C$ – окружающая температура на момент исследования;
- масса ТС и масса водителя;
- производитель и модель шины;

- наличие действующей диагностической карты;
- объем двигателя и тип привода.

При выполнении измерений датчик необходимо зафиксировать строго в горизонтальном положении и отклонение датчика на момент начала движения не должно превышать от $-0,25$ до $-0,09$ m/s^2 , сведения о значении положения датчика ускорения отображаются на экране деселерометра, рисунок 3.15.

Некорректное крепление датчика приводит к срыву экспериментального исследования. Перед каждым экспериментом значение отклонения датчика калибровалось, при помощи шарнирного механизма, относительно горизонта. Перед началом движения на приборе устанавливалась скорость 40 км/ч, рисунок 3.16, по достижению которой следовал звуковой сигнал обозначающих необходимость совершения экстренного торможения.



Рисунок 3.15 – Меню калибровки датчика ускорения, где 1 – цифровое обозначение значения ускорения, 2 – графическое отображение ускорения



Рисунок 3.16 – Меню начало торможения автомобиля

После выбора скорости начала торможения автомобиля, скорости оповещения водителя, необходимо запустить новое измерение в меню начало измерения, рисунок 3.17.



Рисунок 3.17 – Меню начало измерения

По результату измерения значения установившего замедления необходимо сохранить. Устройство имеет 30 ячеек памяти. Отображение сохраненных значений доступно во вкладке «Результаты измерений», рисунок 3.18.

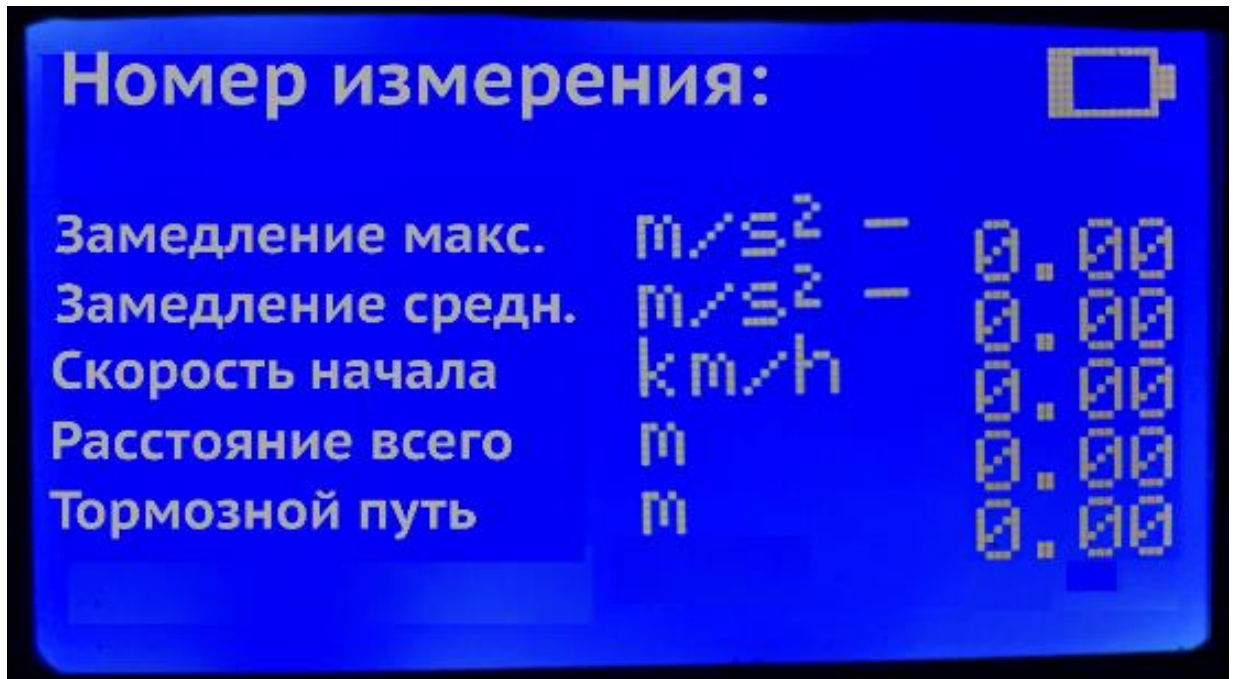


Рисунок 3.18 – Отображение результата измерения

При использовании программного обеспечения деселерометра модели «LWS-2МС» имеется возможность дать более подробную характеристику процесса торможения ТС, на примере BMW 520i при эксплуатации летней резины на сухом дорожном покрытии при загрузженности в 25%, рисунок 3.19.

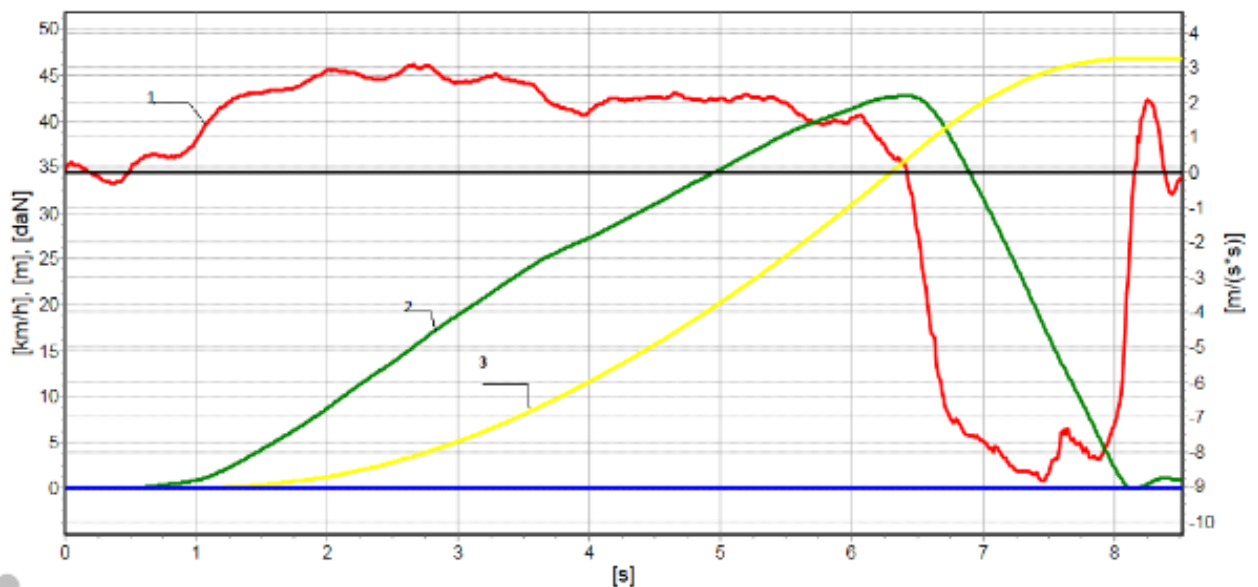


Рисунок 3.19 – Тормозная диаграмма на примере, а/м BMW 520i при эксплуатации летней резины на сухом дорожном покрытии

где 1 – красная линия – замедление, m/s^2 ;

2 – зеленая линия – скорость, км/ч;

3 – желтая линия – пройденный путь, м.

При проведении экспериментальных исследований было задействовано 52 ТС категории М1. Исследуемые транспортные средства были разделены на сегменты, в соответствии с классификацией Европейской экономической комиссии и представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Исследуемые ТС категории М₁ и их сегменты

Марка и Модель ТС	Сегмент
Kia Picanto, Smart FourTwo, Fiat 500, Peugeot 107, Toyota iQ	A
Volvo S40, Volkswagen Polo, Hyundai Solaris, Ford Fiesta, Kia Rio	B
Audi A3 Sportback, Skoda Octavia, Volkswagen Golf, Opel Astra, Ford Focus	C
Toyota Camry, Lexus IS, Mercedes-Benz C-klasse, Audi A4, BMW 3, Ford Mondeo, Volkswagen Passat	D
Lexus LS, Audi A6, BMW 5 Mercedes-Benz E-klasse, Volvo S80	E
Audi A8, BMW 750D, Genesis G80, Hyundai Equus, Mercedes-Benz S-klasse	F
Audi Q3, BMW X1, Mercedes-Benz GLA, Mazda CX-5, Nissan Qashqai, Hyundai Tucson, Honda CR-V, Audi Q5, Mercedes-Benz GLC, BMW X3, BMW X5, Toyota Land Cruiser 150, Mercedes-Benz GL, Audi Q7	J
Volkswagen Caddy, Opel Combo, Citroen Berlingo, Hyundai H-1, Volkswagen Transporter T6, Opel Zafira	M

Из таблицы 3.2.1 видно, что ТС разделяются не только по массе и габаритам, но и по характеристикам шин, а именно по ширине, высоте и диаметру. Отличие сегментов, в том числе, заключается в размерности колес, а, как известно, отличная масса ТС подразумевает отличные жесткостные характеристики, что выражается в индексе нагрузки на шину. Усредненные значения индексов жесткостных характеристик летних и зимних шин рассматриваемых ТС представлены в таблице 3.2.1. Данный индекс указывает на максимальный вес, который может выдержать одна шина.

Таблица 3.2.1 – Усредненные значения индексов жесткостных характеристик шин различных сегментов ТС

Сегмент	Индекс нагрузки для шин		Усредненное значение индекса нагрузки на колесо	Усредненное значение размерности шин	Допустимая нагрузка на одно колесо, кг
	Летних	Зимних			
A	82	85	83	R15 175x60	487
B	89	89	89	R15 195x60	580
C	93	92	93	R16 215x50	650
D	94	97	96	R17 225x50	710
E	99	100	99	R18 235x50	775
F	100	102	101	R19 245x45	825
J	104	105	105	R17 235x60	925
M	93	95	94	R16 205x60	670

В представленной таблице можно отметить отличие индексов нагрузки летних и зимних шин, соответствующее сегментам. Соответствие массы ТС значению индекса нагрузки определяется заводом производителем и указывается в руководстве по эксплуатации.

Перед проведением экспериментальных исследований фиксировалось наличие действующей диагностической карты, так как она служит подтверждением исправности АТС и допускает возможность эксплуатации ТС на дорогах общего пользования.

Характеристики рассматриваемых ТС представлены в приложении Е, а именно: марка, модель, год выпуска, масса, объем ДВС, тип привода, мощность, ширина профиля шины, высота профиля шины, внутренний диаметр шины, наличие шипов, индекс нагрузки и индекс скорости для летних в приложении Ж и зимних шин в приложении З.

Экспериментальных исследований проводились при внешних условиях:

- на сухом асфальтобетонном покрытии при температуре окружающего воздуха +15°C;
- на сухом асфальтобетонном покрытии при температуре окружающего воздуха +5°C
- на сухом асфальтобетонном покрытии при температуре окружающего воздуха ±0°C;

- на укатанном снежном покрытии, >3 сантиметров, при температуре окружающего воздуха -15°C.

Данные погодные условия рассматривались по причине большего количества ДТП.

План выполнения экспериментального исследования определения установившегося замедления ТС категории М₁ в зависимости от типа протектора шины и характеристик дорожного покрытия представлен в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Схема проведения экспериментального исследования по определению установившегося замедления ТС категории М₁ в зависимости от типа протектора шины и дорожных условий

Цель исследования	Определение значения установившегося замедления с учетом характеристик шин и дорожных условий.	
Задача исследования	Определение взаимосвязи установившегося замедления различных сегментов ТС в зависимости от характеристик шин и дорожных условий для применения в экспертной практике.	
Оборудование для эксперимента	Электронный штангенциркуль с глубиномером ГТО ШЦЦ-I-150; Десселерометр модели «LWS-2МС» с датчиком.	
Объекты исследования	Летние и зимние шины установленные на 52 ТС категории М ₁ : Kia Picanto, Smart FourTwo, Fiat 500, Peugeot 107, Toyota iQ Volvo S40, Volkswagen Polo, Hyundai Solaris, Ford Fiesta, Kia Rio Audi A3 Sportback, Skoda Octavia, Volkswagen Golf, Opel Astra, Ford Focus Toyota Camry, Lexus IS, Mercedes-Benz C-klasse, Audi A4, BMW 3, Ford Mondeo, Volkswagen Passat Lexus LS, Audi A6, BMW 5 Mercedes-Benz E-klasse, Volvo S80 Audi A8, BMW 750D, Genesis G80, Hyundai Equus, Mercedes-Benz S-klasse Audi Q3, BMW X1, Mercedes-Benz GLA, Mazda CX-5, Nissan Qashqai, Hyundai Tucson, Honda CR-V, Audi Q5, Mercedes-Benz GLC, BMW X3, BMW X5, Toyota Land Cruiser 150, Mercedes-Benz GL, Audi Q7 Volkswagen Caddy, Opel Combo, Citroen Berlingo, Hyundai H-1, Volkswagen Transporter T6, Opel Zafira.	
Условия проведения эксперимента	<i>Требование у объектам исследования</i>	Шины, допущенные к эксплуатации для категории М ₁ и с внутренним давлением соответствующим рекомендациям завода изготовителя АТС; Наличие действующей диагностической карты; Сухие и прогретые до рабочего состояния тормозные механизмы.
	<i>Требование к условиям проведения исследования</i>	Участок дороги с новым, изношенным менее 50%, асфальтобетонным покрытием; Участок дороги с укатанным снежным покрытием, толщиной снега более 3 см.; Температура окружающего воздуха от +15°C до -15°C.
	<i>Требования к оборудованию</i>	Погрешность в рамках сертификатов о калибровке.
	<i>Нормативная документация</i>	Руководство пользователя деселерометра модели «LWS-2МС»;

Методика проведения эксперимента	<i>Условия выполнения работ</i>	Фиксация глубины протектора шины как по центру, так и по краю; Фиксация Марки и модели шин, индекса нагрузки и скорости; Фиксации снаряженной массы ТС; Положение датчика в установленных пределах - отклонение от горизонта менее 0,03 м/с ² ; проведение 10 экспериментов для каждого ТС одним водителем.
Измеряемые параметры		Значение установившегося замедления, скорость и пройденный путь.
Оценка полученных результатов		Оценка результатов при помощи математического аппарата и базы знаний.

Градирование рассматриваемых ТС по сегментам позволяют более детально изучить каждую группу. Полученные графические результаты исследований отображены в приложении И, К, Л.

3.3.1 Проведение экспериментальных исследований сегмента А

Городские машины, отличительной характеристикой которых является масса ТС близкая к одной тонне и компактные габариты. Так, в 2020 году доля рынка автомобилей А класса составляла 0,2%.

Были получены экспериментальные значения установившегося замедления для сегмента А, усредненные значения результатов исследований представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 - Значения установившегося замедления сегмента А

Сегмент	Установившееся замедление			
	Сухой асфальтобетон, +15°C	Влажный асфальтобетон, +5°C	Сухой асфальтобетон, ±0°C	Укатанный снег, -15°C
А	9,28	6,83	6,86	2,83

Конструктивные особенности подразумевают наличие гидравлической тормозной системы и функции антиблокировочной системы. Размерность колес не превышает размерность пятнадцатого диаметра шины и 195 мм ширины протектора шины. Габаритные характеристики определяются как длина до 3,6 м. а ширина до 1,6 м.

3.3.2 Проведение экспериментальных исследований сегмента В

Класс машин, также называемые «субкомпакт» отличительной характеристикой которых является большее присутствие на дорогах РФ, в 2020 году для рынка автомобилей сегмента В составляла 38%, что занимает второе место после сегмента J. Конструктивные особенности подразумевают габариты - ширина от 3,6 до 3,9 м.; длина от 1,5 до 1,7 м., наличие гидравлической тормозной системы и функции антиблокировочной системы является отличительным преимуществом среди моделей старше 2014 года. Размерность колес позволяет установить шины 16 диаметра и ширину протектора шины в 205 мм.

Были получены экспериментальные значения установившегося замедления для сегмента В, усредненные значения результатов исследований представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 - Значения установившегося замедления сегмента В

Сегмент	Установившееся замедление			
	Сухой асфальтобетон, +15°C	Влажный асфальтобетон, +5°C	Сухой асфальтобетон, ±0°C	Укатанный снег, -15°C
В	9,57	7,00	7,00	2,89

3.3.3 Проведение экспериментальных исследований сегмента С

Машины «гольф класса» или сегмента С, и доля рынка автомобилей сегмента С на дорогах РФ в 2020 году составляла для 4%. Данный сегмент часто сравнивают с сегментом В, но явное отличие размеров кузова и масс не позволяет этого сделать.

Конструктивные особенности подразумевают наличие гидравлической тормозной системы и функции антиблокировочной системы. Размерность колес позволяет установить шины 17 диаметра и ширину протектора шины в 225 мм. Габаритные характеристики определяются как длина от 3,9 м. до 4,3 м. а ширина от 1,6 м. до 1.7 м.

Были получены экспериментальные значения установившегося замедления для сегмента С, усредненные значения результатов исследований представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 - Значения установившегося замедления сегмента С

Сегмент	Установившееся замедление			
	Сухой асфальтобетон, +15°C	Влажный асфальтобетон, +5°C	Сухой асфальтобетон, ±0°C	Укатанный снег, -15°C
С	9,81	7,10	7,10	3,00

3.3.4 Проведение экспериментальных исследований сегмента D

Данный сегмент ТС соответствует североамериканскому классу «автомобили среднего размера» или «большие семейные автомобили» по классификации Euro NCAP. Большая часть из этого сегмента имеет кузов типа «седан», «универсал» или «лифтбэк», а доля рынка на дорогах РФ в 2020 году составила 4,8%. Средние характеристики автомобиля сегмента D выглядят как: длина от 4,3 м. до 4,6 м.; ширина – от 1,69 м. до 1,73 м. Также машины данного сегмента характеризуют как машины – «среднего класса» или же «малого представительского класса».

Были получены экспериментальные значения установившегося замедления для сегмента D, усредненные значения результатов исследований представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 - Значения установившегося замедления сегмента D

Сегмент	Установившееся замедление			
	Сухой асфальтобетон, +15°C	Влажный асфальтобетон, +5°C	Сухой асфальтобетон, ±0°C	Укатанный снег, -15°C
D	10,04	7,14	7,17	3,11

3.3.5 Проведение экспериментальных исследований сегмента E

Сегмент легковых автомобилей, соответствующий «бизнес-классу» и кузовом типа «седан» или, за редким исключением, «универсал». Доля рынка на дорогах РФ в 2020 году составила 1,2%. Габаритные характеристики определяются как длина от 4,6 м. до 4,9 м. а ширина от 1,73 м. до 1,82 м.

Были получены экспериментальные значения установившегося замедления для сегмента E, усредненные значения результатов исследований представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 - Значения установившегося замедления сегмента E

Сегмент	Установившееся замедление			
	Сухой асфальтобетон, +15°C	Влажный асфальтобетон, +5°C	Сухой асфальтобетон, ±0°C	Укатанный снег, -15 °C
E	10,32	7,22	7,34	3,20

3.3.6 Проведение экспериментальных исследований сегмента F

Класс легковых автомобилей или «представительский класс» с кузовом исключительно типа «седан», где габаритные характеристики превосходят сегмент E. Доля рынка на дорогах РФ в 2020 году составила 0,23%, за 2020 год было отмечен рост данного сегмента.

При проведении экспериментальных исследований были получены значения установившегося замедления для сегмента F, усредненные значения результатов исследований представлены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 - Значения установившегося замедления сегмента F

Сегмент	Установившееся замедление			
	Сухой асфальтобетон, +15°C	Влажный асфальтобетон, +5°C	Сухой асфальтобетон, ±0°C	Укатанный снег, -15 °C
F	10,87	7,41	7,41	3,34

3.3.7 Проведение экспериментальных исследований сегмента J

Данный сегмент является самым обширным, и доля рынка РФ в 2020 году составила 48,5%. К данному сегменту относятся как рамные внедорожники, так и группа SUV в переводе означающая – «спортивно-утилитарный автомобиль», данный термин применяется в США с 1988 года. Данный сегмент является самым обширным и одним из самых неопределенных сегментов по массе и габаритам кузова ТС.

Были получены экспериментальные значения установившегося замедления для сегмента J, усредненные значения результатов исследований представлены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 - Значения установившегося замедления сегмента J

Сегмент	Установившееся замедление			
	Сухой асфальтобетон, +15°C	Влажный асфальтобетон, +5°C	Сухой асфальтобетон, ±0°C	Укатанный снег, -15°C
J	10,91	7,31	7,37	3,29

3.3.8 Проведение экспериментальных исследований сегмента M

Класс M или автомобили кузова типа «минивэн», предназначенные для перевозки большего количества людей и груза. Доля рынка РФ в 2020 году составила 2,7%. Получили свое распространение за вместительный салон, до 7 человек, и возможность большой загрузки как по габаритам, так и по массе. Автомобили данного сегмента могут эксплуатироваться даже в крупных логистических компаниях.

Были получены экспериментальные значения установившегося замедления для сегмента M, усредненные значения результатов исследований представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 - Значения установившегося замедления сегмента M

Сегмент	Установившееся замедление			
	Сухой асфальтобетон,	Влажный асфальтобетон,	Сухой асфальтобетон,	Укатанный снег,

	+15°C	+5°C	±0°C	-15°C
М	10,31	7,28	7,36	3,14

3.4 Обработка полученных экспериментальных данных

В результате каждого экспериментального исследования деселерометр записывал и отображал график замедления. Часть графиков установившегося замедления представлена в приложениях И, К, Л для рассматриваемых погодных условий соответственно.

Сравнивая графики установившегося замедления для ТС сегмента С, тормозная диаграмма представлена на рисунке 3.19 и для сегмента F, тормозная диаграмма представлена на рисунке 3.20, видно, как антиблокировочная система вмешивается в процесс замедления, не доводя до блокировки колес. Где красная линия замедления, на рисунке 3.20, максимально убывает, достигая полного нарастания тормозных усилий, максимального взаимодействия протектора шины с дорожным покрытием и определяя максимальное значение замедления для данного дорожного покрытия, для данного ТС, близкое к блокировке колес и в момент времени 6,3 сек., после срабатывания антиблокировочной системы, начинает возрастать до момента времени в 6,6 сек., далее алгоритм повторяется, что и приводит к полной остановке. Замедление на данном участке характеризуется средним значением, так как оценивается не в определенный момент времени, а на всем протяжении торможения ТС.

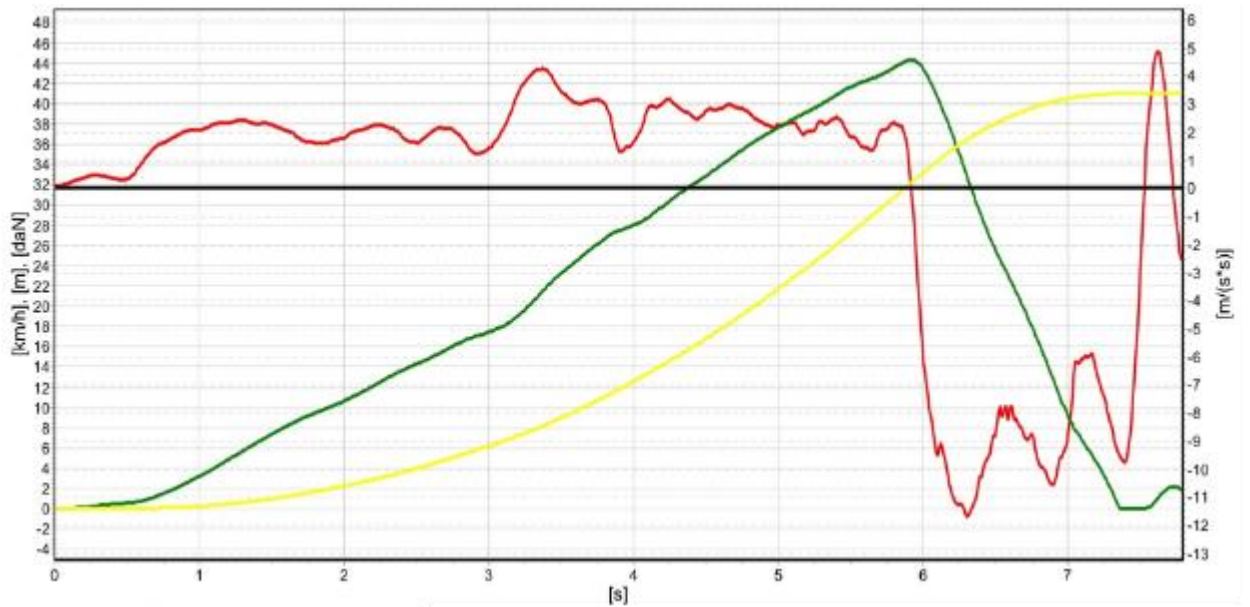


Рисунок 3.20 – Тормозная диаграмма на примере а/м сегмента С

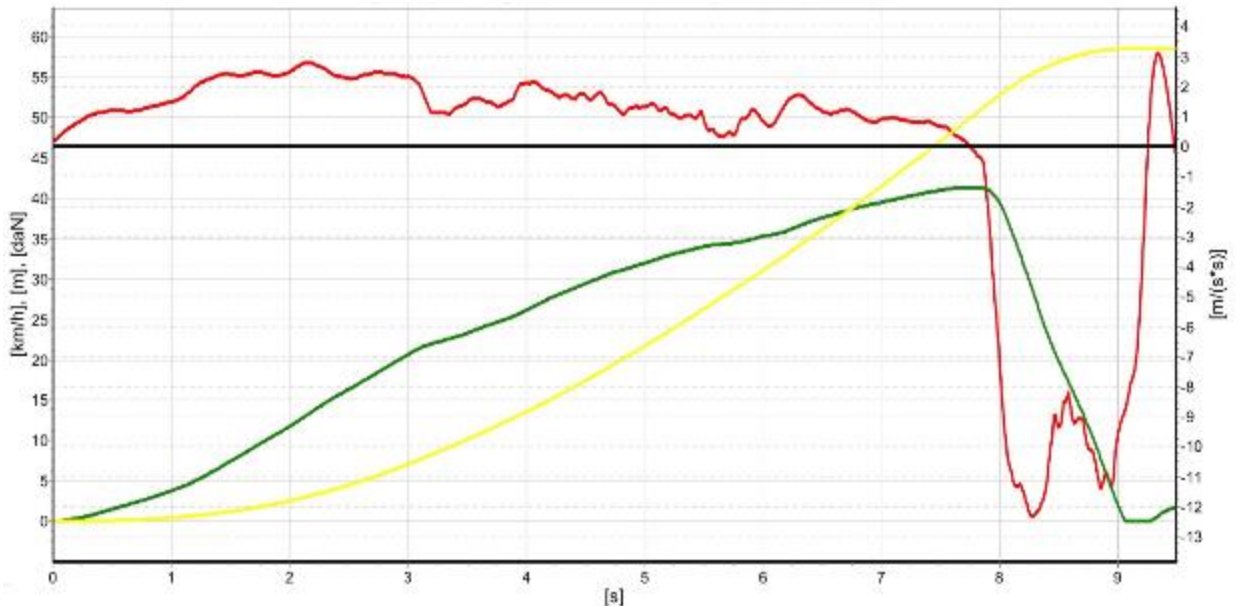


Рисунок 3.21 – Тормозная диаграмма на примере а/м сегмента С

На тормозной диаграмме, представленной на рисунке 3.20, видно, как в момент времени 8,25 сек. Замедление достигает максимального значения и, как у ТС сегмента С, срабатывает антиблокировочная система, но из-за отличных размерных характеристик протекторов шин и габаритов ТС, взаимодействие с опорной поверхностью происходит более эффективно, и антиблокировочная система, работа которой характеризуется пиками линии замедления, красной линии, срабатывает на лишь единожды.

По результатам экспериментальных исследований были установлены значения замедлений и тормозного пути с установленными летними и зимними шинами размеров: R14 - 175x65 и 155x65; R16 175x65, 185x60, 185x65; R17 195x45, 195x50, 205x55, 205x55, 205x60, 205x65, 215x55; R17 - 215x50, 215x55, 215x60, 215x65, 225x45, 225x50, 225x55, 225x60, 225x65, 235x55, 235x65, 235x65, 265x65; R18 - 225x40, 225x45, 225x60, 235x45, 235x50, 245x45, 245x50, 245x50, 255x55, 255x60; R19 - 275x55; R20 - 245x40; 265x40 для ТС категории M₁ различных сегментов, а именно: Kia Picanto, Smart FourTwo, Fiat 500, Peugeot 107, Toyota iQ, Volvo S40, Volkswagen Polo, Hyundai Solaris, Ford Fiesta, Kia Rio, Audi A3 Sportback, Skoda Octavia, Volkswagen Golf, Opel Astra, Ford Focus Toyota Camry, Lexus IS, Mercedes-Benz C-klasse, Audi A4, BMW 3, Ford Mondeo, Volkswagen Passat, Lexus LS, Audi A6, BMW 5 Mercedes-Benz E-klasse, Volvo S80, Audi A8, BMW 750D, Genesis G80, Hyundai Equus, Mercedes-Benz S-klasse Audi Q3, BMW X1, Mercedes-Benz GLA, Mazda CX-5, Nissan Qashqai, Hyundai Tucson, Honda CR-V, Audi Q5, Mercedes-Benz GLC, BMW X3, BMW X5, Toyota Land Cruiser 150, Mercedes-Benz GL, Audi Q7, Volkswagen Caddy, Opel Combo, Citroen Berlingo, Hyundai H-1, Volkswagen Transporter T6, Opel Zafira на сухом асфальтобетонном покрытии при температуре окружающего воздуха +15°C; на влажном асфальтобетонном покрытии при температуре окружающего воздуха +5°C; на сухом асфальтобетонном покрытии при температуре окружающего воздуха ±0°C; на укатанном снежном покрытии, >3 сантиметров, при температуре окружающего воздуха -15°C и представлены в графическом виде на рисунке 3.22. Стоит отметить, что значения установившегося замедления для при эксплуатации зимних шипованных шин на сухом асфальтобетонном покрытии при ±0°C и летних шин на влажном асфальтобетонном покрытии при температуре окружающего воздуха +5°C практически совпадают, более подробно, значения замедления указаны в таблицах 3.4-3.11.

Математическое обоснование полученных результатов можно произвести имея значения установившегося замедления и времени нарастания замедления. С целью проверки установленных значений замедления ТС, определяются значения

коэффициентов сцепления для рассматриваемых транспортных средств и дорожных условий.

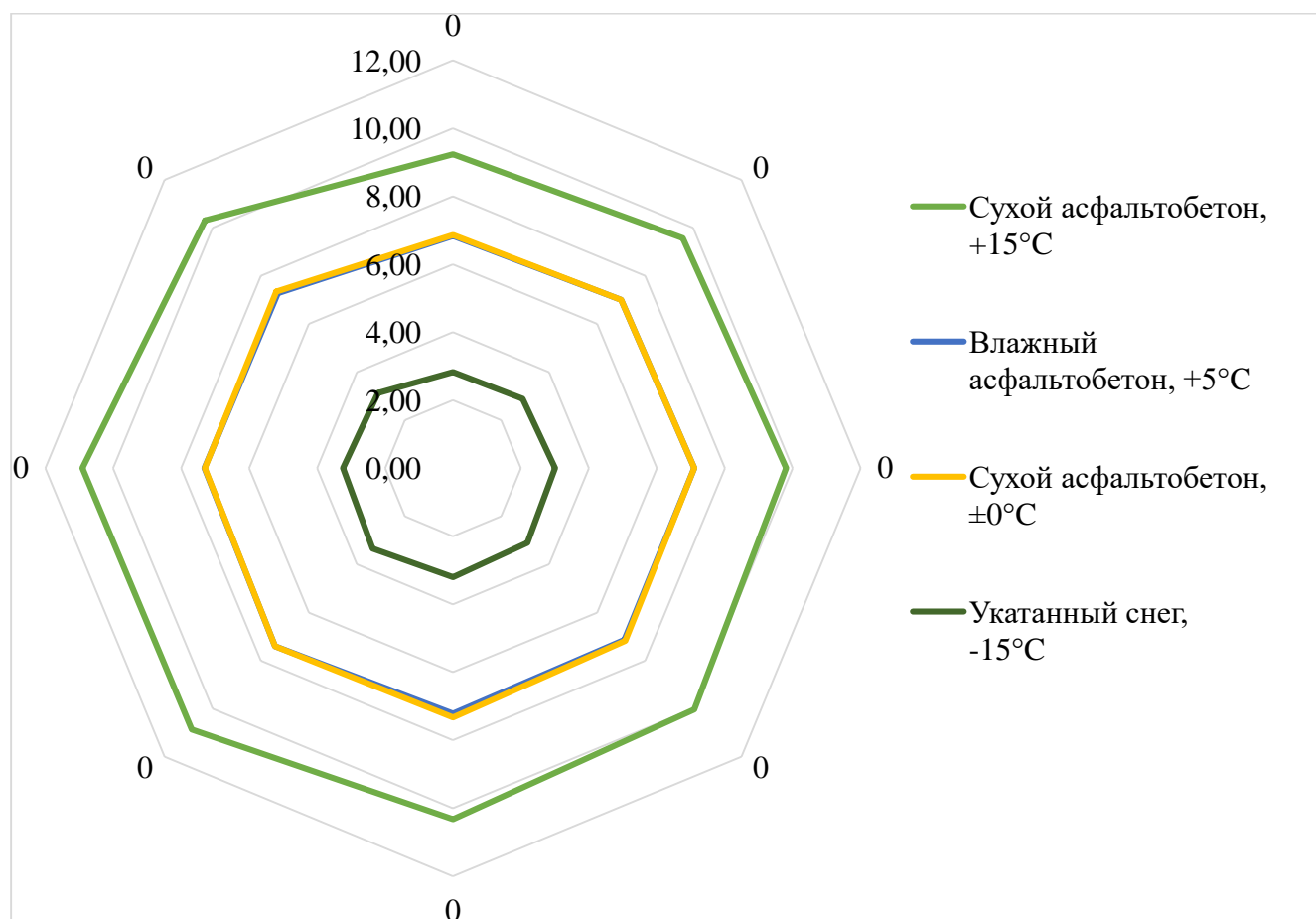


Рисунок 3.22 – Кольцевая схема значений установившегося замедления ТС категории M_1

Соответственно, зная тормозной путь, при помощи формулы 5, формулы 6 формулы 7, можно произвести проверку на сходимость результатов расчета с данными,

Тормозной путь и значение установившегося замедления полученные в результате проведения экспериментальных исследований, отображаются в формате справочных значений на приложенных тормозных диаграммах в приложениях И, К, Л отдельной строкой каждый. Установленные значения тормозного пути и его изменение в ходе замедления в зависимости от скорости, для испытываемых транспортных средств, также можно определить из графических данных, полученных от деселерометра.

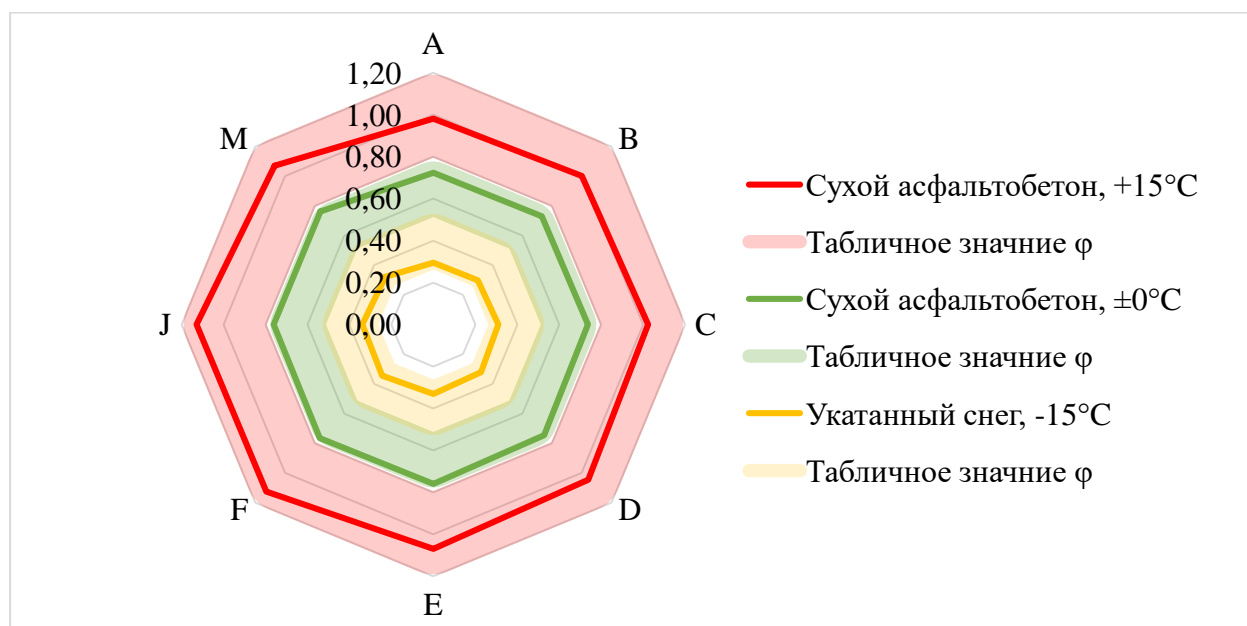


Рисунок 3.23 – Кольцевая схема расчетных значений коэффициентов сцепления, полученных на основе экспериментальных исследований установившегося замедления ТС категории М₁ различных сегментов

По формуле (47), используемой в практике экспертов РФ в части воссоздания схем ДТП, зная начальную скорость торможения произведем расчет тормозного пути по усредненным значениям замедления.

$$V_A = 1,8 t_{\text{зам}} j_{\text{зам}} + \sqrt{25,92 j_{\text{зам}} S_T} \quad (47)$$

Тогда формула расчета значение тормозного пути будет иметь вид:

$$S_T = (V_A - 1,8 j_{\text{зам}} t_{\text{з}})^2 / (25,92 j_{\text{зам}}) \quad (48)$$

Значения тормозного пути, полученные в ходе экспериментальной деятельности, отражены в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Полученные усредненные значения тормозного пути для различных сегментов ТС

Сегмент	Тормозной путь ТС, м		
	Сухой асфальтобетон, +15°C	Сухой асфальтобетон, ±0°C	Укатанный снег, -15°C

A	5,89	8,51	21,12
B	5,69	8,33	20,66
C	5,53	8,22	19,89
D	5,38	8,12	19,16
E	5,22	7,92	18,61
F	4,91	7,84	17,82
J	4,91	7,88	18,07
M	5,22	7,90	19,01

Производя расчет тормозного пути по формуле (48), применяемой на практике, будет получено выражение для всех сегментов ТС:

$$S_T = (40 - 1,8j_3 t_3)^2 / (25,92j_{зам}) \quad (49)$$

Значения установившегося замедления для каждого сегмента ТС является индивидуальной характеристикой и невозможно произвести обобщенный расчет. Если принять общее усредненное значение всех сегментов ТС, то получим уравнения вида:

- для расчета тормозного пути на сухом асфальтобетонном покрытии при температуре окружающего воздуха +15°C:

$$S_T = (40 - 1,8 \cdot 10,21 \cdot 0,15)^2 / (25,92 \cdot 10,21) \quad (50)$$

- для расчета тормозного пути на сухой асфальтобетонном покрытии при температуре окружающего воздуха ±0°C:

$$S_T = (40 - 1,8 \cdot 7,20 \cdot 0,1)^2 / (25,92 \cdot 7,20) \quad (51)$$

- для расчета тормозного пути на укатанном снежном покрытии при температуре окружающего воздуха -15°C:

$$S_T = (40 - 1,8 \cdot 3,10 \cdot 0,1)^2 / (25,92 \cdot 3,10) \quad (52)$$

В формулах 50-52 представлены примеры расчета, в которых не учитываются индивидуальные характеристики транспортных средств, но полученные значения

близки к усредненному значению расчета значений тормозного пути, где для формул (50), (51) и (52) соответственно:

$$S_T = 5,24 \text{ м.}$$

$$S_T = 7,76 \text{ м.} \quad (53)$$

$$S_T = 19,09 \text{ м.}$$

Даже при введении в расчетную модель усредненных значений, максимальная погрешность значений, полученных в ходе экспериментальной деятельности, составила менее 4%, что обосновывает адекватность полученных результатов.

ВЫВОДЫ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ

При планировании полнофакторных экспериментальных исследований замедления транспортных средств категории M_1 была отмечена сходимость результатов замедления различных ТС при увеличенной нагрузке, а также определен фактор, характеризующий множество индивидуальных характеристик ТС таких как: размерность колес и шин, массы ТС, ширины колеи и колесной базы, а градации определенного фактора позволяют разделить транспортные средства по группам – сегментам.

В ходе проведения экспериментальных исследований с различным типом протектора ТС категории M_1 на сухом асфальтобетонном покрытии при температуре окружающего воздуха $+15^{\circ}\text{C}$; на влажном асфальтобетонном покрытии при температуре окружающего воздуха $+5^{\circ}\text{C}$; на сухом асфальтобетонном покрытии при температуре окружающего воздуха $\pm 0^{\circ}\text{C}$; на укатанном снежном покрытии, >3 сантиметров, при температуре окружающего воздуха -15°C с использованием деселерометра модели «LWS-2MC» были установлены значения замедлений при экстренном торможении.

В результате проведенных экспериментальных исследований для каждого сегмента ТС были рассчитаны, с учетом индивидуальных характеристик, значения коэффициентов сцеплений, которые превосходят значения, применяемые экспертами в РФ, и соответствуют справочным значениям, применяемым зарубежными экспертами ассоциации реконструкции ДТП.

Сформирована база экспериментальных данных, необходимых для определения тормозного пути ТС для 52 моделей ТС (28 типоразмеров и 85 моделей шин). Данная база рекомендуется к использованию в экспертной практике при расчётном определении тормозного пути ТС при моделировании схем ДТП.

Представлены графики, замедления рассматриваемых ТС в которых отражена как работа антиблокировочной системы, так и зависимость замедления от пройденного пути на: сухом асфальтобетонном покрытии при температуре окружающего воздуха $+15^{\circ}\text{C}$ – приложение И; на сухом асфальтобетонном

покрытии при температуре окружающего воздуха $\pm 0^{\circ}\text{C}$ – приложение К; на укатанном снежном покрытии, >3 сантиметров, при температуре окружающего воздуха -15°C – приложение Л.

Произведенное расчетное сравнение тормозного пути полученных результатов усредненных значений, индивидуальных для каждого сегмента ТС, и общих усредненных значений обосновывают адекватность проведенного экспериментальных исследований замедления транспортных средств категории М₁ различных ТС, но требует доработки расчетной модели, учитывающей индивидуальных характеристики ТС.

ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1 Метод оценки тормозного пути ТС категории М₁

Результаты проведенных экспериментальных исследований позволяют получить полиномиальные уравнения, зависимость, различных видов, где уравнения и системы их решения представлены в формулах (54) - (81). Построение уравнений регрессии позволит свести к минимуму искомые значения, сравнить полученные результаты, определить коэффициент детерминации R^2 , коэффициент линейной парной корреляции, и определить ошибку аппроксимации, где среди полученных уравнений, на основании проведенных сравнений, определиться одно, максимально точно описывающее результат экспериментальных исследований.

Линейное уравнение регрессии:

$$\hat{y} = ax + b \quad (54)$$

где коэффициенты и средняя ошибка аппроксимации определяются по формулам:

$$a = \frac{\sum x_i \sum y_i - n \sum x_i y_i}{(\sum x_i)^2 - n \sum x_i^2} \quad (55)$$

$$b = \frac{\sum x_i \sum x_i y_i - n \sum x_i^2 \sum y_i}{(\sum x_i)^2 - n \sum x_i^2} \quad (56)$$

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n(\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}} \quad (57)$$

$$R^2 = r_{xy}^2 \quad (58)$$

Квадратное уравнение регрессии:

$$\hat{y} = ax^2 + bx + c \quad (59)$$

где коэффициенты и средняя ошибка аппроксимации определяются по формулам:

$$\begin{cases} a \sum x_i^2 + b \sum x_i + nc = \sum y_i \\ a \sum x_i^3 + b \sum x_i^2 + c \sum x_i = \sum x_i y_i \\ a \sum x_i^4 + b \sum x_i^3 + c \sum x_i^2 = \sum x_i^2 y_i \end{cases} \quad (60)$$

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y}_i)^2}} \quad (61)$$

$$\bar{y}_i = \frac{1}{n} \sum y_i \quad (62)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (63)$$

Кубическое уравнение регрессии:

$$\hat{y} = ax^3 + bx^2 + cx + d \quad (64)$$

где коэффициент корреляции, коэффициент детерминации и средняя ошибка аппроксимации определяются по формулам квадратичной регрессии, а коэффициенты a, b, c и d определяются по системе уравнений:

$$\begin{cases} a \sum x_i^3 + b \sum x_i^2 + c \sum x_i + nd = \sum y_i \\ a \sum x_i^4 + b \sum x_i^3 + c \sum x_i^2 + d \sum x_i = \sum x_i y_i \\ a \sum x_i^5 + b \sum x_i^4 + c \sum x_i^3 + d \sum x_i^2 = \sum x_i^2 y_i \\ a \sum x_i^6 + b \sum x_i^5 + c \sum x_i^4 + d \sum x_i^3 = \sum x_i^3 y_i \end{cases} \quad (65)$$

Степенное уравнение регрессии:

$$\hat{y} = ax^b \quad (66)$$

где коэффициент корреляции, коэффициент детерминации и средняя ошибка аппроксимации определяются по формулам квадратичной регрессии, а коэффициенты a и b определяются по формулам:

$$a = \exp\left(\frac{1}{n} \sum \ln y_i - \frac{b}{n} \sum \ln x_i\right) \quad (67)$$

$$b = \frac{n \sum (\ln x_i \ln y_i) - \sum \ln x_i \sum \ln y_i}{n \sum \ln^2 x_i - (\sum \ln x_i)^2} \quad (68)$$

Показательное уравнение регрессии:

$$\hat{y} = ab^x \quad (69)$$

где коэффициент корреляции, коэффициент детерминации и средняя ошибка аппроксимации определяются по формулам квадратичной регрессии, а коэффициенты a и b определяются по формулам:

$$a = \exp\left(\frac{1}{n} \sum \ln y_i - \frac{\ln b}{n} \sum x_i\right) \quad (70)$$

$$b = \exp \frac{n \sum x_i \ln y_i - \sum x_i \sum \ln y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (71)$$

Гиперболическое уравнение регрессии:

$$\hat{y} = a + \frac{b}{x} \quad (72)$$

где коэффициент корреляции, коэффициент детерминации и средняя ошибка аппроксимации определяются по формулам квадратичной регрессии, а коэффициенты a и b определяются по формулам:

$$a = \frac{1}{n} \sum y_i - \frac{b}{n} \sum \frac{1}{x_i} \quad (73)$$

$$b = \frac{n \sum \frac{y_i}{x_i} - \sum \frac{1}{x_i} \sum y_i}{n \sum \frac{1}{x_i^2} - \left(\sum \frac{1}{x_i}\right)^2} \quad (74)$$

Логарифмическое уравнение регрессии:

$$\hat{y} = a + b \ln x \quad (75)$$

где коэффициент корреляции, коэффициент детерминации и средняя ошибка аппроксимации определяются по формулам квадратичной регрессии, а коэффициенты a и b определяются по формулам:

$$a = \frac{1}{n} \sum y_i - \frac{b}{n} \sum \ln x_i \quad (76)$$

$$b = \frac{n \sum (y_i \ln x_i) - \sum \ln x_i \sum y_i}{n \sum \ln^2 x_i - (\sum \ln x_i)^2} \quad (77)$$

Экспоненциальное уравнение регрессии:

$$\hat{y} = a^{e+bx} \quad (78)$$

где коэффициент корреляции, коэффициент детерминации и средняя ошибка аппроксимации определяются по формулам квадратичной регрессии, а коэффициенты a и b определяются по формулам:

$$a = \frac{1}{n} \sum \ln y_i - \frac{b}{n} \sum \ln x_i \quad (79)$$

$$b = \frac{n \sum x_i \ln y_i - \sum \ln y_i \sum x_i}{n \sum x_i^2 x_i - (\sum x_i)^2} \quad (80)$$

Для представленных формул, расчет средней ошибки аппроксимации имеет вид:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100\% \quad (81)$$

В результате произведенных расчетов по формулам (54) - (81) на основании значений замедления, полученных в ходе экспериментальных исследований, была составлена таблица уравнений регрессий, таблица 4.1.

Таблица 4.1 – Полученные уравнения регрессии $f(\varphi)$

Вид регрессии	$f(\varphi)$
Линейная	$J(\varphi)=9.59x+0.04$
Квадратичная	$J(\varphi)=0.12x^2+9.42x+0.08$
Кубическая	$J(\varphi)=2.58x^3-5.55x^2+13.18x-0.63$
Степенная	$J(\varphi)=9.62x^{0.99}$
Показательная	$J(\varphi)=1.95 \cdot 4.98^x$
Логарифмическая	$J(\varphi)=12.22-2.98/x$
Гиперболическая	$J(\varphi)=11.71-2.50/x$
Экспоненциальная	$J(\varphi)=e^{0.67+1.61x}$

Соответственно, для каждого уравнения, был определен коэффициент корреляции, коэффициент детерминации и средняя ошибка аппроксимации, результаты расчета отражены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Значения коэффициентов и ошибка аппроксимации $J(\varphi)$

Вид регрессии	Коэффициент линейной парной корреляции	Коэффициент детерминации	Средняя ошибка аппроксимации, %
Линейная	0,9998	0,9996	0,6895
Квадратичная	0,9998	0,9996	0,6854
Кубическая	0,9998	0,9997	0,6728
Степенная	0,9998	0,9996	0,6907
Показательная	0,9777	0,9559	6,9317
Логарифмическая	0,9868	0,9738	6,2393
Гиперболическая	0,9580	0,9177	10,8151
Экспоненциальная	0,9777	0,9559	6,9317

В результате сравнения значений, представленных в таблице 4.1 и отображенных на рисунке 4.1 видно, что минимальное значение ошибки

аппроксимации можно получить, используя кубическое уравнение регрессии. Соответственно, искомый результат, отображенный в формуле (82), достигнут.

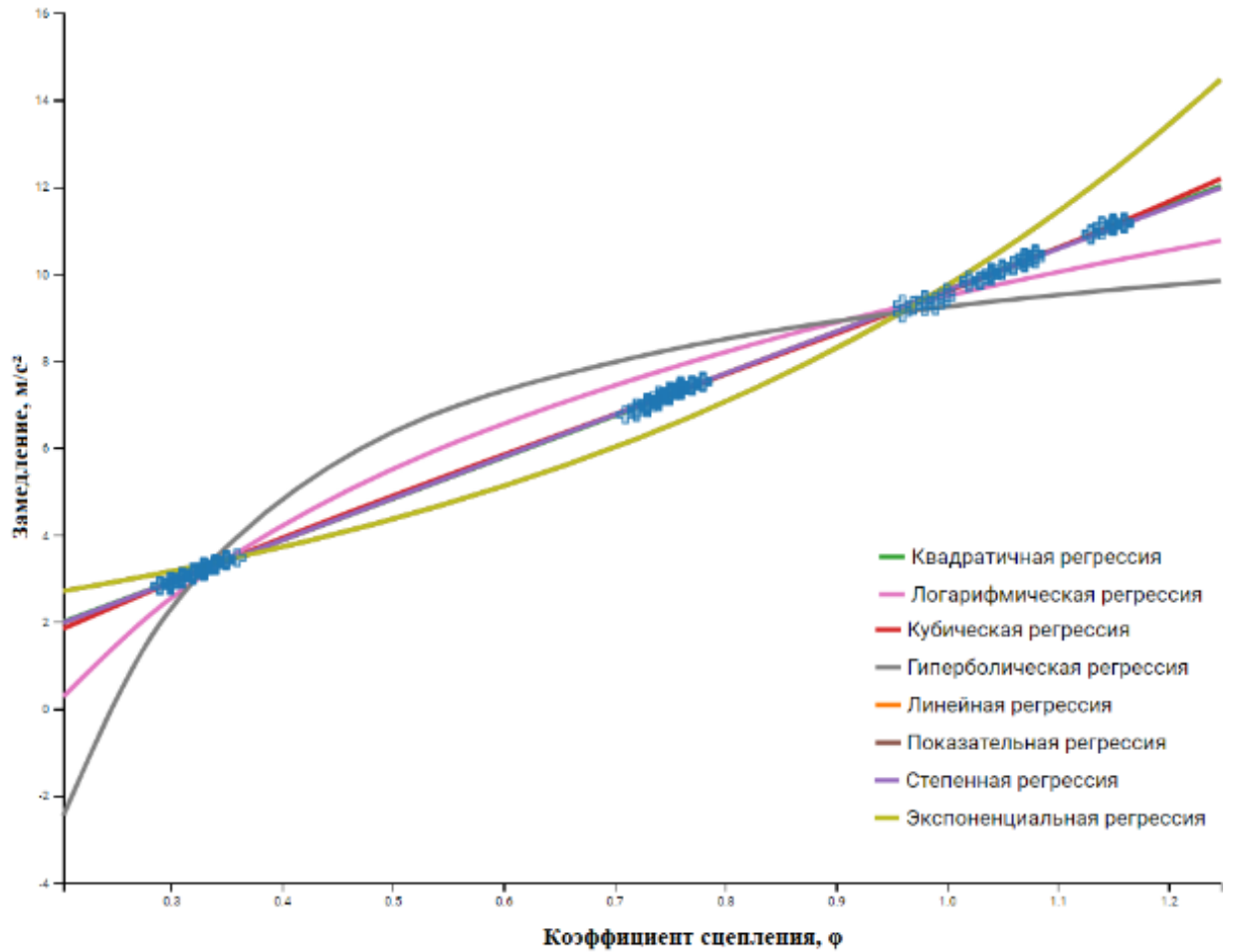
$$S = \sum_{i=1}^{156} (y_i - F(x_i))^3 \rightarrow \min \quad (82)$$

Представленные в таблице 4.1 уравнения позволяют произвести расчет значения замедления зная коэффициент сцепления и в обратном порядке. Стоит учесть, что подобный расчет требует большего количества времени и не позволяет в полевых условиях рассчитать значения замедления.

В результате проведенных расчетов, уравнение регрессии $J(\varphi)$, описывающее средние значения установившегося замедления ТС категории и M_1 , в зависимости от коэффициента сцепления, представлена в формуле (83).

$$J(\varphi) = 2.580\varphi^3 - 5.549\varphi^2 + 13.178\varphi - 0.626 \quad (83)$$

При отсутствии возможности определения коэффициента сцепления и определенной протяженности тормозного пути, на основании проведенных экспериментальных исследований, в результате произведенных расчетов по формулам (54) - (81) на основании значений замедления и тормозного пути, полученных в ходе экспериментальных исследований была составлена таблица уравнений регрессий, таблица 4.3.

Рисунок 4.1 – Графическое отображение уравнений регрессии $J(\varphi)$ Таблица 4.3 – Полученные уравнения регрессии $J(S)$

Вид регрессии	$J(S)$
Линейная	$J(S) = -0.47x + 11.99$
Квадратичная	$J(S) = 0.04x^2 - 1.60x + 17.38$
Кубическая	$J(S) = -0.00x^3 + 0.13x^2 - 2.55x + 20.37$
Степенная	$J(S) = 48.80x^{-0.93}$
Показательная	$J(S) = 15.02 \cdot 0.92^x$
Логарифмическая	$J(S) = 19.02 - 5.44 \cdot \ln x$
Гиперболическая	$J(S) = 0.55 + 51.65/x$
Экспоненциальная	$J(S) = e^{2.71 - 0.08x}$

Соответственно, для каждого уравнения, был определен коэффициент корреляции, коэффициент детерминации и средняя ошибка аппроксимации, результаты расчета отражены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Значения коэффициентов и ошибка аппроксимации J(S)

Вид регрессии	Коэффициент линейной парной корреляции	Коэффициент детерминации	Средняя ошибка аппроксимации, %
Линейная	-0,963	0,927	10,684
Квадратичная	0,996	0,993	4,319
Кубическая	1,000	0,999	0,733
Степенная	0,998	0,997	1,880
Показательная	0,987	0,974	5,118
Логарифмическая	0,993	0,985	4,902
Гиперболическая	0,998	0,996	3,065
Экспоненциальная	0,987	0,974	5,118

В результате проведённых расчетов, уравнение регрессии $f(S)$, описывающее средние значения установившегося замедления ТС категории M_1 в зависимости от тормозного пути, представлена в формуле (84) с точностью до 20 знаков после запятой, графическое отображение полученных уравнений представлено на рисунке 4.2.

$$J(S) = -0.002S^3 + 0.133S^2 - 2.548S + 20.370 \quad (84)$$

Практическая значимость усреднённых уравнений кубической регрессии определяющих замедление, полученных расчетным методом на основании экспериментальных данных, в зависимости от коэффициента сцепления в системе «машина – дорога» или тормозного пути ТС категории M_1 , заключается в возможности их применения при расследовании ДТП с ТС категории M_1 различных сегментов и применении усреднённых значений. Применение уравнений позволит более точно определять значения установившегося замедления и воссоздавать схему ДТП. Ошибка аппроксимации составляет менее 0.73%, что позволяет с наибольшей точностью определить значение установившегося замедления.

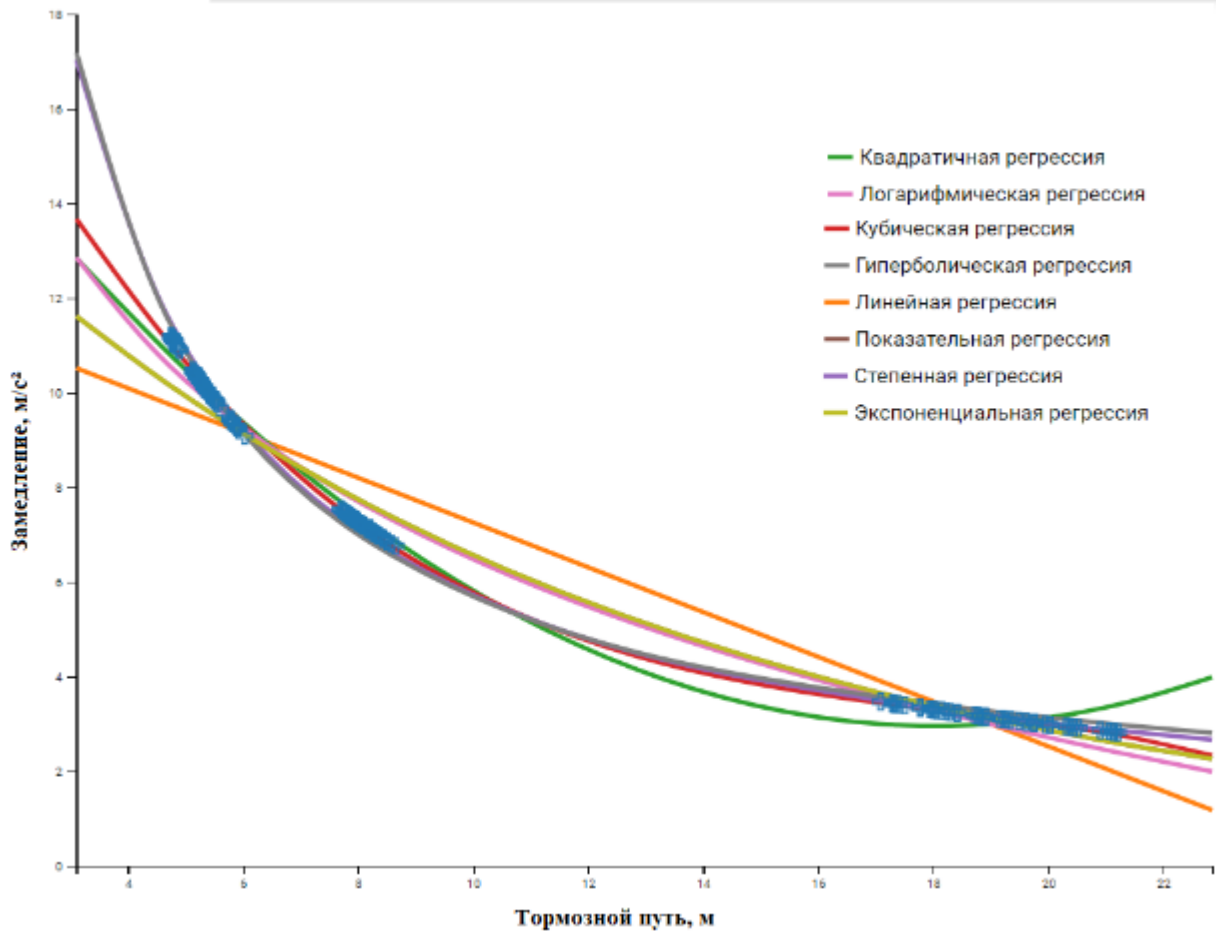


Рисунок 4.2 – Графическое отображение уравнений регрессии $J(S)$

В таблице 4.5 представлены значения установившегося замедления, значения тормозного пути и коэффициента сцепления, определенные по формулам (83) и (84).

Таблица 4.5 – Зависимость замедления от тормозного пути и коэффициента сцепления

J	φ	S	J	φ	S	J	φ	S
2,15	0,23	28,04	4,65	0,47	12,63	7,15	0,74	7,99
2,20	0,24	27,39	4,70	0,48	12,48	7,20	0,75	7,93
2,25	0,24	26,76	4,75	0,48	12,35	7,25	0,75	7,87
2,30	0,25	26,17	4,80	0,49	12,21	7,30	0,76	7,81
2,35	0,25	25,60	4,85	0,50	12,08	7,35	0,76	7,76
2,40	0,25	25,05	4,90	0,50	11,95	7,40	0,77	7,70
2,45	0,26	24,53	4,95	0,51	11,82	7,45	0,77	7,64
2,50	0,26	24,03	5,00	0,51	11,70	7,50	0,78	7,59
2,55	0,27	23,54	5,05	0,52	11,58	7,55	0,79	7,53
2,60	0,27	23,08	5,10	0,52	11,46	7,60	0,79	7,48
2,65	0,28	22,63	5,15	0,53	11,34	7,65	0,80	7,43
2,70	0,28	22,20	5,20	0,53	11,22	7,70	0,80	7,37
2,75	0,29	21,78	5,25	0,54	11,11	7,75	0,81	7,32

2,80	0,29	21,38	5,30	0,54	11,00	7,80	0,81	7,27
2,85	0,30	21,00	5,35	0,55	10,89	7,85	0,82	7,22
2,90	0,30	20,62	5,40	0,55	10,78	7,90	0,82	7,17
2,95	0,31	20,26	5,45	0,56	10,68	7,95	0,83	7,12
3,00	0,31	19,92	5,50	0,56	10,58	8,00	0,83	7,07
3,05	0,31	19,58	5,55	0,57	10,48	8,05	0,84	7,03
3,10	0,32	19,25	5,60	0,57	10,38	8,10	0,84	6,98
3,15	0,32	18,94	5,65	0,58	10,28	8,15	0,85	6,93
3,20	0,33	18,63	5,70	0,59	10,18	8,20	0,86	6,89
3,25	0,33	18,34	5,75	0,59	10,09	8,25	0,86	6,84
3,30	0,34	18,05	5,80	0,60	10,00	8,30	0,87	6,80
3,35	0,34	17,77	5,85	0,60	9,91	8,35	0,87	6,75
3,40	0,35	17,50	5,90	0,61	9,82	8,40	0,88	6,71
3,45	0,35	17,24	5,95	0,61	9,73	8,45	0,88	6,66
3,50	0,36	16,98	6,00	0,62	9,64	8,50	0,89	6,62
3,55	0,36	16,73	6,05	0,62	9,56	8,55	0,89	6,58
3,60	0,37	16,49	6,10	0,63	9,47	8,60	0,90	6,54
3,65	0,37	16,26	6,15	0,63	9,39	8,65	0,90	6,50
3,70	0,38	16,03	6,20	0,64	9,31	8,70	0,91	6,45
3,75	0,38	15,81	6,25	0,64	9,23	8,75	0,91	6,41
3,80	0,39	15,59	6,30	0,65	9,15	8,80	0,92	6,37
3,85	0,39	15,38	6,35	0,66	9,08	8,85	0,92	6,33
3,90	0,40	15,17	6,40	0,66	9,00	8,90	0,93	6,30
3,95	0,40	14,97	6,45	0,67	8,93	8,95	0,93	6,26
4,00	0,41	14,78	6,50	0,67	8,85	9,00	0,94	6,22
4,05	0,41	14,59	6,55	0,68	8,78	9,05	0,95	6,18
4,10	0,42	14,40	6,60	0,68	8,71	9,10	0,95	6,14
4,15	0,42	14,22	6,65	0,69	8,64	9,15	0,96	6,11
4,20	0,43	14,05	6,70	0,69	8,57	9,20	0,96	6,07
4,25	0,43	13,87	6,75	0,70	8,50	9,25	0,97	6,03
4,30	0,44	13,70	6,80	0,70	8,43	9,30	0,97	6,00
4,35	0,44	13,54	6,85	0,71	8,37	9,35	0,98	5,96
4,40	0,45	13,38	6,90	0,71	8,30	9,40	0,98	5,93
4,45	0,45	13,22	6,95	0,72	8,24	9,45	0,99	5,89
4,50	0,46	13,07	7,00	0,73	8,18	9,50	0,99	5,86
4,55	0,46	12,92	7,05	0,73	8,11	9,55	1,00	5,82
4,60	0,47	12,77	7,10	0,74	8,05	9,60	1,00	5,79

Усредненные значения замедления различных ТС категории M_1 в зависимости от скорости, представленные в таблице 4.6, не позволяют отразить в расчетной модели индивидуальных характеристик сегментов, но отражают общую модель замедления.

Для определения индивидуальных характеристик тормозного пути представленных сегментов, были рассчитаны уравнения регрессии $J(S)$, таблица 4.6, для различных сегментов ТС, таблица 4.4 и рисунок 4.3.

Таблица 4.6 – Уравнения регрессии $J(S)$ для различных сегментов ТС

Сегмент ТС, z	$J_z(S)$	Средняя ошибка аппроксимации, %
A	$-0.002S^3+0.120S^2-2.300S + 19.114$	0.15
B	$-0.001S^3+0.107 S^2-2.206S +18.990$	0.21
C	$-0.002S^3+0.113S^2-2.285S +19.311$	0.19
D	$-0.002S^3+0.120S^2-2.377S +19.673$	0.04
E	$-0.002S^3+0.129S^2-2.489S +20.119$	0.11
F	$-0.0026S^3+0.142S^2-2.668S +20.861$	0.16
J	$-0.002S^3+0.150S^2-2.754S +21.164$	0.34
M	$-0.002S^3+0.126S^2-2.460S +20.036$	0.13

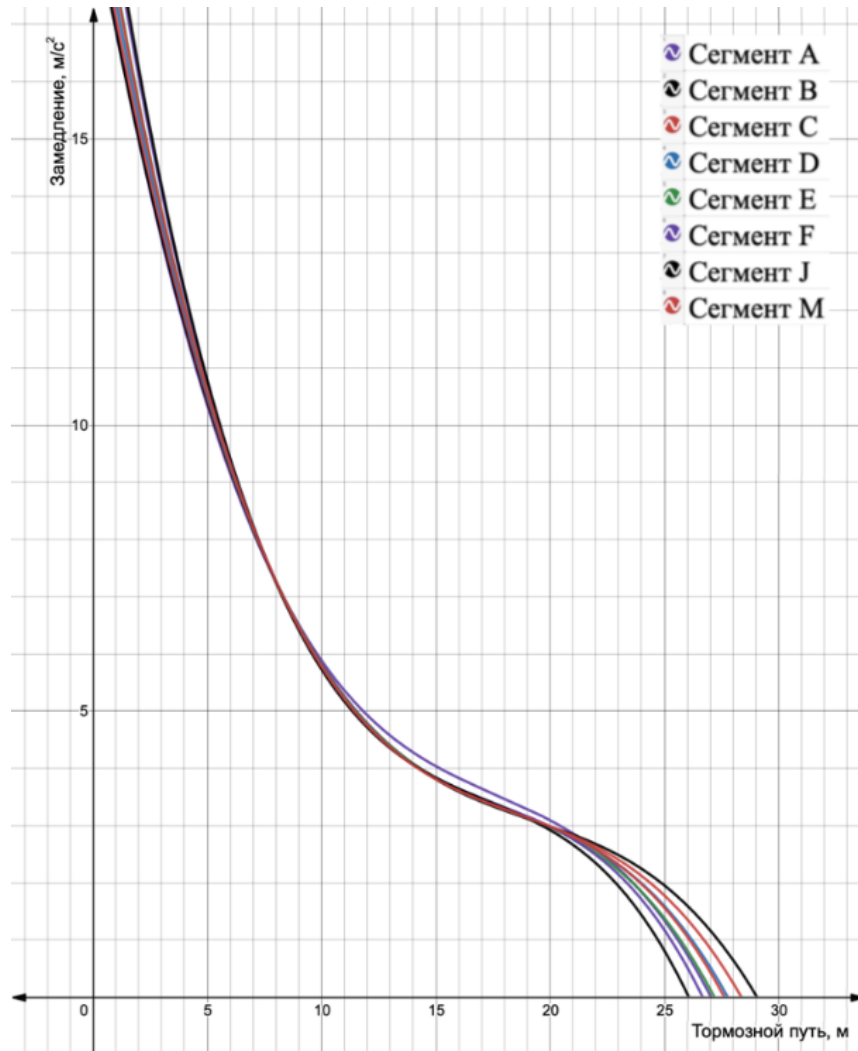


Рисунок 4.3 – Графики уравнений кубической регрессии, определяющие замедление ТС различных сегментов

Из представленных графиков видно, что нет абсолютной сходимости значений установившегося замедления. Отличные значения замедления определяют различные характеристики ТС, сгруппированные фактором сегмент ТС, включающим факторы 2-7, 9, представленные в таблице 4.5.

Ввиду невозможности ранжирования факторами 3-9 будет осуществлён переход, в соответствии с таблицей 1.3, к сегментам ТС как одному из факторов.

В Таблице 4.7 представлены уравнения множественной регрессии для каждого сегмента, учитывающие сезонность шин и наличие шипов, с учетом параметра.

Таблица 4.7 - Рассматриваемые факторы

№ п.п.	Значение	Название фактора
1	X_1	Коэффициент сцепления
2	X_2	Высота протектора шины, мм
3	X_3	Ширина протектора шины, мм
4	X_4	Высота профиля шины, мм
5	X_5	Внутренний диаметр шины, дюйм
6	X_6	Значение индекс нагрузки шины, кг
7	X_7	Значение индекса скорости шины, км/ч
8	X_8	Снаряженная масса ТС, кг
9	X_9	Наличие шипов и сезонность шины

Соответственно, для упрощения математической модели и расчета, предлагается определять значение установившегося замедления по одной формуле (85), учитывающей индивидуальные характеристики различных ТС и эксплуатируемых шин.

Таблица 4.8 – Уравнения множественной регрессии, характеризующие замедление отдельно для каждого сегмента с учетом сезонности шин

Сегмент	Уравнения множественной регрессии		значение параметра - ш
	для летнего типа шин	для зимних шин	
А	$J = 0,31 + 9,03X_1 + 9,4X_2 \cdot 10^{(-3)}$	$J = 0,09 + 9,29X_1 + (17,9X_2 + 0,3ш)10^{(-3)}$	ш = 1 - нешипованные шины ш = 2 - шипованные шины
В	$J = 0,03 + 9,52X_1 + 10,4X_2 \cdot 10^{(-3)}$	$J = 0,02 + 9,55X_1 + (4,4X_2 + 11,6ш)10^{(-3)}$	
С	$J = 0,43 + 9,13X_1 + 14,8X_2 \cdot 10^{(-3)}$	$J = 0,01 + 9,74X_1 + (2,5X_2 + 9,9ш)10^{(-3)}$	
Д	$J = 0,02 + 9,62X_1 + 0,7X_2 \cdot 10^{(-3)}$	$J = 0,01 + 9,56X_1 + (4,7X_2 + 26,8ш) 10^{(-3)}$	
Е	$J = 0,08 + 9,57X_1 + 6,5X_2 \cdot 10^{(-3)}$	$J = 0,10 + 9,47X_1 + (11,8X_2 + 7,2ш)10^{(-3)}$	
Ф	$J = 0,15 + 9,56X_1 + 1,5X_2 \cdot 10^{(-3)}$	$J = 0,01 + 9,68X_1 + (2,7X_2 + 11,1ш)10^{(-3)}$	
Ж	$J = 0,20 + 9,49X_1 + 4,8X_2 \cdot 10^{(-3)}$	$J = 0,01 + 9,58X_1 + (0,0007X_2 + 0,0267ш)10^{(-3)}$	
М	$J = 0,21 + 9,42X_1 + 0,8X_2 \cdot 10^{(-3)}$	$J = 0,01 + 9,58X_1 + (0,7X_2 + 26,7ш)10^{(-3)}$	

С целью математического обоснования полученных уравнений замедления, уравнений множественной регрессии, будет наглядно произведен расчет на основании данных, полученных в ходе экспериментальных исследований.

Уравнение множественной регрессии имеет вид:

$$Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \dots + \beta_nX_n + \varepsilon \quad (85)$$

где β_0 - свободный член, определяющий значение Y , в случае, когда все объясняющие переменные X_i равны 0.

Для оценки параметров уравнения множественной регрессии применяют МНК. В результате проведенных экспериментальных исследований имеются установившегося замедления Y со значениями X_1 - X_2 и параметром – ш. Пример расчета будет произведен для уравнения, определяющее замедления ТС сегмента Ж при эксплуатации зимнего типа шин.

Определим вектор оценок коэффициентов регрессии. Согласно методу наименьших квадратов, вектор $J(X)$ получается из выражения:

$$J(X) = (X^T X)^{-1} X^T J \quad (86)$$

К матрице с переменными $X_{i,j} = X_{3, 28}$ добавляем единичный столбец и определим матрицу $Y_j = Y_{28}$:

$$J = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ Y_4 \\ \dots \\ Y_{28} \end{bmatrix}; X = \begin{bmatrix} 1 & X_{1,1} & \dots & X_{3,1} \\ 1 & X_{1,2} & \dots & X_{3,2} \\ 1 & X_{1,3} & \dots & X_{3,3} \\ 1 & X_{1,4} & \dots & X_{3,4} \\ 1 & \dots & \dots & \dots \\ 1 & X_{1,28} & \dots & X_{3,28} \end{bmatrix} \quad (87)$$

$$J = \begin{bmatrix} 7,46 \\ 7,40 \\ 7,15 \\ 7,38 \\ \dots \\ 3,43 \end{bmatrix}; X = \begin{bmatrix} 1 & 0,77 & 5,41 & 2 \\ 1 & 0,76 & 6,02 & 2 \\ 1 & 0,73 & 5,76 & 1 \\ 1 & 0,75 & 4,89 & 2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0,34 & 6,59 & 2 \end{bmatrix} \quad (88)$$

Далее, необходимо повернуть матрицу $X_{i,j} = X_{3, 28}$ относительно своей главной диагонали, произвести транспонирование и получить $X_{j,i}^T = X_{3, 28}^T$.

$$X^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ X_{1,1} & X_{1,2} & \dots & X_{1,28} \\ X_{2,1} & X_{2,2} & \dots & X_{2,28} \\ X_{3,1} & X_{3,2} & \dots & X_{3,28} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 0,77 & 0,76 & \dots & 0,34 \\ 5,41 & 6,02 & \dots & 6,59 \\ 2 & 2 & \dots & 2 \end{bmatrix} \quad (89)$$

После получения транспонированной матрицы она умножается на матрицу X .

$$X_{j,i}^T \times X_{i,j} = X_{3,28}^T \times X_{3,28} =$$

$$\begin{aligned}
&= \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 0,77 & 0,76 & \dots & 0,34 \\ 5,41 & 6,02 & \dots & 6,59 \\ 2 & 2 & \dots & 2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0,77 & 5,41 & 2 \\ 1 & 0,76 & 6,02 & 2 \\ 1 & 0,73 & 5,76 & 1 \\ 1 & 0,75 & 4,89 & 2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0,34 & 6,59 & 2 \end{bmatrix} = \\
&= \begin{bmatrix} 28,00 & 14,93 & 137,68 & 52,00 \\ 14,93 & 9,24 & 72,03 & 27,81 \\ 137,68 & 72,03 & 724,46 & 256,08 \\ 52,00 & 27,81 & 256,08 & 100,00 \end{bmatrix} \quad (90)
\end{aligned}$$

В матрице, $(X_{3,28}^T \times X_{3,28})$ число 28, получено как сумма произведений элементов 1-й строки матрицы $X_{3,28}^T$ и 1-го столбца матрицы $X_{3,28}$, и характеризует количество строк матрицы.

Далее, необходимо найти произведение матриц $X_{3,28}^T$ и J_{28}

$$\begin{aligned}
X_{j,i}^T \times J_j &= X_{3,28}^T \times J_{28} = \\
&= \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 0,77 & 0,76 & \dots & 0,34 \\ 5,41 & 6,02 & \dots & 6,59 \\ 2 & 2 & \dots & 2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 7,46 \\ 7,40 \\ 7,15 \\ 7,38 \\ \dots \\ 3,43 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 147,53 \\ 90,84 \\ 713,26 \\ 274,80 \end{bmatrix} \quad (91)
\end{aligned}$$

Последним шагом, перед расчетом вектора, необходимо найти обратную матрицу $(X_{3,28}^T \times X_{3,28})^{-1}$

$$(X_{3,28}^T \times X_{3,28})^{-1} = \begin{bmatrix} 1,826 & -0,507 & -0,114 & -0,516 \\ -0,507 & 0,810 & 0,023 & -0,022 \\ -0,114 & 0,023 & 0,021 & -0,003 \\ -0,516 & -0,022 & -0,003 & 0,292 \end{bmatrix} \quad (92)$$

Соответственно, искомый вектор оценки коэффициентов множественной регрессии, для X_1 - X_2 и параметра – ш, будет определен как:

$$J(X) = (X_{3,28}^T \times X_{3,28})^{-1} \times X_{3,28}^T \times J_{28} = \begin{bmatrix} 0,0561 \\ 9,5551 \\ 0,0222 \\ 0,0044 \end{bmatrix} \quad (93)$$

Отнесение значений вектора оценки коэффициентов множественной регрессии к значениям β_i представлено в таблице 4.6.

Таблица 4.9 – Искомые значения коэффициентов регрессии для X_i , при $i=0...3$

№ п.п.	Коэффициент регрессии	Значение
1	β_0	0,105889
2	β_1	0,070515
3	β_2	0,011563
4	β_3	0,042373

Соответственно, полученные уравнения множественной регрессии, определяющее замедление в зависимости от изменяемых факторов X_1 - X_2 и параметра – ш, в зависимости от сегмента ТС категории M_1 .

Где коэффициент детерминации R^2 , будет определяться по формуле (94).

$$R^2 = 1 - \frac{s_e^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} \quad (94)$$

где оценка дисперсии s_e^2 будет определена как произведение матриц:

$$\begin{aligned} s_e^2 &= (Y - Y(X_i))^T (Y - Y(X_i)) = \\ &= [-0,083 \quad -0,0611 \quad -0,0141 \quad 0,396 \quad \dots \quad 0,0306] \times \begin{bmatrix} -0,083 \\ -0,0611 \\ -0,0141 \\ -0,396 \\ \dots \\ 0,0306 \end{bmatrix} = \\ &= 0,14729 \end{aligned} \quad (95)$$

$$R^2 = 1 - \frac{0,1344}{87,4176} = 0,9983 \quad (96)$$

Несмещенная оценка дисперсии и оценка среднеквадратичного отклонения определяются по формулам (97) и (98) соответственно.

$$s^2 = \frac{s_e^2}{n-m-1} = \frac{0,14729}{28-3-1} = 0,0061372 \quad (97)$$

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{0,0061372} = 0,07834 \quad (98)$$

Проверка отклонения расчетных значений от фактических, расчет средней ошибки аппроксимации, происходит по формуле (100).

$$A = \frac{\sum |Y_i - Y(X)|}{n} \times 100\% = \frac{0,884805919}{156} \times 100\% = 0,5671832815808 \quad (100)$$

Результат проверки полученного уравнения, а именно коэффициент детерминации и ошибка аппроксимации, представлен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Результат проверки уравнения

Уравнение	Коэффициент детерминации	Ошибка аппроксимации, %
$J = 0,01 + 9,58X_1 + (0,0007X_2 + 0,0267ш)10^{(-3)}$	0,998	1,29

Проверка по критерию Стьюдента, t-критерию, осуществляется при помощи оценки ковариационной матрицы вектора $k(X)$, определяемой по формуле (99), где дисперсии параметров модели определяются отношением $S^2_{i=K_{ii}}$, элементами на главной диагонали.

$$k(X) = S^2 \times (X_{4,28}^T \times X_{4,28})^{-1} \quad (99)$$

Соответственно, по формуле (101) можно составить таблицу 4.11, характеризующую оценки среднеквадратичных отклонений S_{bi} .

Таблица 4.11 – Оценки среднеквадратичных отклонений S_{bi}

1	S_{b1}	S_{b2}	S_{b3}
0,105889055	0,070515128	0,01156346	0,042373

На основании представленных данных в таблице 4.8 необходимо провести проверку значимости параметров множественного уравнения регрессии, где число v – число степеней свободы, определяющееся по формуле:

$$V = n - m - 1 = 28 - 3 - 1 = 24 \quad (100)$$

Соответственно, для уровня доверительной вероятности 95%, значение коэффициента Стьюдента будет определено как:

$$t = 2,06 \quad (200)$$

Определение статистической значимости для установленных коэффициентов регрессии X_i , полученное при по формуле (102), представлено в таблице 4.12.

$$t_i = \frac{b_i}{S_{bi}} \quad (101)$$

Таблица 4.12 – Проверка значимости параметров множественной регрессии

i	0	1	2	3
$ t_i $	0,5304	135,5050	1,9257	0,1056
Подтверждение значимости для вероятности 95%	-	+	-	-
Подтверждение значимости для вероятности 90%	-	+	+	-

Подтверждение значимости для вероятности 80%	+	+	-	+
--	---	---	---	---

Из таблицы 4.12 можно определить, что фактическое значение t-критерия больше $|t_i|$ при: вероятности 95% для X_2 ; вероятности 90% для X_1 , X_2 , следовательно, статистическая характеристика значимо отличается от нуля.

Соответственно, по формуле (102) были определены частные коэффициенты эластичности, таблица 4.10, для каждого фактора, отображающие на сколько процентов изменяется результат при изменении фактора на 1%.

$$\varepsilon_i = b_i \frac{\Delta \bar{X}_i}{\Delta \bar{y}_i} \quad (102)$$

Таблица 4.13 – Частные коэффициенты эластичности

i	1	2	3
ε_i	0,966	0,0207	0,00157

Проверка по критерию Фишера, F – критерию подтверждает совместную значимость факторов. Табличное значение $F_{кр}$ для степеней свободы $k_1=3$ и $k_2=28$, при уровне значимости $P=0,0005$, будет равным 8,51. Соответственно для проверки существует две гипотезы H_0 и H_1 :

$$\begin{aligned} H_0: R^2 &= 0; \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \dots = \beta_{10} = 0 \\ H_1: R^2 &\neq 0 \end{aligned} \quad (103)$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{R^2}{1-R^2} \times \frac{n-m-1}{m} = \frac{0,999}{0,001} \times 8,0 = 4718 \\ F_{кр} &= 8,51 \end{aligned} \quad (104)$$

Полученный результат $F > F_{кр}$ подтверждает статистическую надежность уравнения регрессии, совместную значимость коэффициентов X_i .

4.2 Исследование замедления по уточненной методике

Новизна научного исследования заключается в повышении точности механизма реконструкции ДТП. Представленные в таблице 4.8 уравнения регрессии описывают замедление ТС в соответствии с градациями фактора сегментов. Рассматриваемые значения установившегося замедления множества машин, при различных условиях, позволяют разделить их на сегменты, в соответствии с характеристиками транспортных средств.

На основании представленных уравнений и уравнения с усредненным значением можно определить разницу результатов. Для примера будет рассматриваться замедление двух ТС категории M_1 различных сегментов, оборудованных различным размером шин и массой.

Рассматриваемые транспортные средства: TC_1 Mercedes-Benz GL-class массой 2360 кг., размерностью летних шин 275x55 R19 с индексом нагрузки 111 и индексом скорости W и TC_2 Smart Fortwo массой 1005 кг и размерностью летних шин 185x60 R15 с индексом нагрузки 84 и индексом скорости T. Соответственно два ТС одной категории, легковые ТС категории M_1 , должны иметь одинаковое значение замедления и тормозной путь при торможении со скорости в 40 км/ч, в соответствии с формулой (5). Предположим, что значение замедления на сухом асфальтобетонном покрытии при температуре окружающего воздуха +15 °С, определенное для двух ТС, будет равным 10 м/с² и считаться по формулам: для TC_1 по формуле (105), а для TC_2 по формуле (106).

$$J_1 = -0.003 S_1^3 + 0.15 S_1^2 - 2.75 S_1 + 21.16 = 10 \quad (105)$$

$$J_2 = -0.002 S_2^3 + 0.12 S_2^2 - 2.30 S_2 + 19.11 = 10 \quad (106)$$

Тогда, на основании формулы (5), решив уравнения (107) и (108), и имея $J_1 = J_2$, мы получим равные значения тормозного пути S_1 и S_2 . Решения уравнения (5) для $J_1 = J_2 = 10$ м/с² представлено в формуле (109) и (110).

$$S_1 = (t_{p.в.} + t_c + t_n) V_a / 3,6 + V_a^2 / (25,92J_1) \quad (107)$$

$$S_2 = (t_{p.в.} + t_c + t_n) V_a / 3,6 + V_a^2 / (25,92J_2) \quad (108)$$

Решив уравнения (107) и уравнение (108) получаем равенство, в котором получим усредненное значение

$$S_1 = S_2 = 5,44 \text{ м.} \quad (109)$$

Также, определив значение тормозного пути по формуле (84), мы получим $S = 5,4808$ м., что подтверждает модель расчета и ошибку аппроксимации менее 0,73%, так как отличие полученных значений составляет 0,69262%

Соответственно, решив уравнения (107) и (108) получаем, что:

- для ТС₁ при $J_1=10$ м/с² получаем $S_1 = 5,55$ м.
- для ТС₂ при $J_2=10$ м/с² получаем $S_2 = 5,27$ м.

Определенное отличие тормозного пути для ТС₁ по формуле (107), а для ТС₂ по формуле (108) равно 0.29 м., что составляет 27,9 см.

Соответственно, определенная методика расчета и установленная зависимость $J(S)$, для ТС категории М₁ различных сегментов, подтверждает теорию о различном тормозном пути и позволяет более точно определить ДТС.

Расчет тормозного пути по формуле (5) возможен при применении коэффициента K_s , в зависимости от рассматриваемого сегмента ТС. Ниже представлена таблица соответствия рассматриваемых сегментов ТС и коэффициента K_s . Расчетные значения коэффициента K_s , в зависимости от сегмента ТС, представлены в таблице 4.14.

Соответственно, формула (8) после применения корректирующего коэффициента, учитывающего изменение перемещения ТС за время полного торможения для определенных сегментов, где выбор K_j будет зависеть от значения замедления:

$$S_3 = K_s(V_a - 1,8jt_H)^2/25,92j \quad (110)$$

Таблица 4.14 – Значения коэффициента K_s корректирующего тормозной путь в зависимости от замедления для различных сегментов ТС

Сегмент	А	В	С	Д	Е	Ф	Ж	М
Ж	K_j							
2	0,86	0,86	0,85	0,88	0,90	0,87	0,81	0,90
2,25	0,91	0,91	0,90	0,92	0,94	0,91	0,86	0,94
2,5	0,96	0,95	0,94	0,95	0,97	0,95	0,91	0,97
2,75	0,99	0,99	0,98	0,98	0,99	0,97	0,95	0,99
3	1,02	1,01	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00
3,25	1,04	1,04	1,02	1,01	1,00	1,00	1,00	1,01
3,5	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,01	1,02	1,01
3,75	1,07	1,06	1,05	1,02	1,00	1,01	1,03	1,01
4	1,08	1,07	1,05	1,02	1,00	1,01	1,05	1,00
4,25	1,08	1,08	1,06	1,02	0,99	1,01	1,05	1,00
4,5	1,08	1,08	1,06	1,02	0,98	1,01	1,06	0,99
4,75	1,08	1,08	1,06	1,02	0,98	1,00	1,06	0,99
5	1,08	1,07	1,05	1,01	0,97	1,00	1,06	0,98
5,25	1,07	1,07	1,05	1,01	0,97	0,99	1,06	0,98
5,5	1,06	1,06	1,04	1,01	0,97	0,99	1,05	0,98
5,75	1,05	1,06	1,04	1,01	0,97	0,99	1,05	0,98
6	1,04	1,05	1,03	1,01	0,97	0,98	1,05	0,98
6,25	1,04	1,04	1,03	1,01	0,98	0,98	1,04	0,99
6,5	1,03	1,04	1,02	1,02	0,99	0,99	1,04	1,00
6,75	1,02	1,03	1,02	1,02	1,00	0,99	1,03	1,01
7	1,01	1,03	1,02	1,03	1,02	0,99	1,03	1,03
7,25	1,00	1,02	1,01	1,04	1,03	1,00	1,03	1,04
7,5	0,99	1,02	1,01	1,04	1,05	1,01	1,03	1,06
7,75	0,99	1,02	1,01	1,05	1,07	1,02	1,02	1,08
8	0,98	1,01	1,01	1,06	1,09	1,03	1,02	1,10
8,25	0,97	1,01	1,00	1,07	1,11	1,04	1,02	1,12

8,5	0,96	1,01	1,00	1,07	1,12	1,04	1,02	1,13
8,75	0,96	1,01	0,99	1,08	1,13	1,05	1,02	1,15
9	0,95	1,00	0,99	1,08	1,14	1,05	1,02	1,16
9,25	0,94	1,00	0,98	1,07	1,14	1,06	1,02	1,16
9,5	0,93	0,99	0,96	1,06	1,13	1,05	1,02	1,16
9,75	0,91	0,98	0,95	1,04	1,12	1,04	1,02	1,15
10	0,90	0,97	0,93	1,01	1,09	1,03	1,02	1,12
10,25	0,88	0,96	0,90	0,97	1,05	1,00	1,01	1,09
10,5	0,86	0,94	0,87	0,92	0,99	0,97	1,00	1,04

Возможность применения нескольких моделей расчета позволяет упростить воссоздание схемы ДТП при работе эксперта.

Производя расчет по формуле (85) с учетом индивидуальных характеристик эксплуатируемых шин, массы ТС и прочих равных, значение замедления на сухом асфальтобетонном покрытии при температуре окружающего воздуха +15 °С для ТС₁ и ТС₂ будет определено, как:

$$\begin{aligned} \text{ТС}_1: J &= 9,71 \text{ м/с}^2 \\ \text{ТС}_2: J &= 9,52 \text{ м/с}^2 \end{aligned} \quad (111)$$

На основании представленных данных можно сделать вывод, что значение коэффициента эффективности в формуле (112) может быть актуализировано и приведено к виду (113).

$$J = \frac{\varphi}{K_3} \times g \quad (112)$$

$$J = \frac{\varphi}{K_3 + K_G} \times g \quad (113)$$

Значение коэффициента k_G будет определяться из таблиц 4.15 и 4.16 для летних и зимних шин соответственно.

Таблица 4.15 – Значение коэффициента k_G при эксплуатации летних шин

	φ	Сегмент ТС							
		А	В	С	Д	Е	Ф	Ж	М
ДЛЯ НОВЫХ ЛЕТНИХ ШИН	0,45	0,997	1,009	0,954	1,014	0,998	0,990	0,981	0,991
	0,50	1,005	1,011	0,965	1,015	1,000	0,993	0,986	0,996
	0,55	1,012	1,013	0,974	1,015	1,002	0,996	0,990	1,000
	0,60	1,018	1,014	0,982	1,015	1,004	0,998	0,994	1,003
	0,65	1,023	1,015	0,988	1,016	1,006	1,001	0,997	1,006
	0,70	1,027	1,016	0,994	1,016	1,007	1,002	0,999	1,009
	0,75	1,031	1,017	0,999	1,016	1,008	1,004	1,002	1,011
	0,80	1,034	1,018	1,003	1,017	1,009	1,005	1,003	1,013
	0,85	1,037	1,019	1,007	1,017	1,010	1,006	1,005	1,014
	0,90	1,040	1,019	1,011	1,017	1,011	1,008	1,007	1,016
0,95	1,042	1,020	1,014	1,017	1,012	1,008	1,008	1,017	
ДЛЯ ИЗНОШЕННЫХ ЛЕТНИХ ШИН	0,45	1,005	1,018	0,966	1,015	1,003	0,991	0,985	0,992
	0,50	1,013	1,020	0,976	1,015	1,006	0,994	0,990	0,997
	0,55	1,019	1,021	0,984	1,016	1,007	0,997	0,994	1,001
	0,60	1,024	1,021	0,991	1,016	1,009	0,999	0,997	1,004
	0,65	1,029	1,022	0,997	1,016	1,010	1,001	1,000	1,007
	0,70	1,033	1,023	1,002	1,017	1,011	1,003	1,002	1,009
	0,75	1,036	1,023	1,007	1,017	1,012	1,005	1,004	1,011
	0,80	1,039	1,024	1,011	1,017	1,013	1,006	1,006	1,013
	0,85	1,042	1,024	1,014	1,017	1,013	1,007	1,008	1,015
	0,90	1,044	1,024	1,018	1,017	1,014	1,008	1,009	1,016
0,95	1,046	1,025	1,020	1,017	1,015	1,009	1,010	1,017	

Таблица 4.16 – Значение коэффициента k_G при эксплуатации зимних шин

	φ	Сегмент ТС							
		А	В	С	Д	Е	Ф	Ж	М
ДЛЯ НОВЫХ ЛЕТНИХ ШИН	0,25	0,966	0,996	0,988	0,986	0,956	0,992	1,020	0,996
	0,30	0,980	1,001	0,991	0,993	0,969	0,996	1,020	1,000
	0,35	0,990	1,005	0,993	0,997	0,978	0,998	1,021	1,004
	0,40	0,998	1,008	0,995	1,001	0,985	1,000	1,021	1,006
	0,45	1,004	1,010	0,996	1,004	0,990	1,002	1,022	1,008
	0,50	1,009	1,012	0,997	1,006	0,995	1,003	1,022	1,010
	0,55	1,013	1,013	0,998	1,008	0,998	1,004	1,022	1,011
	0,60	1,017	1,014	0,999	1,009	1,001	1,005	1,022	1,012
	0,65	1,020	1,015	1,000	1,010	1,004	1,005	1,022	1,013
	0,70	1,022	1,016	1,000	1,012	1,006	1,006	1,022	1,014
0,75	1,024	1,017	1,001	1,013	1,008	1,006	1,023	1,014	
ДЛЯ ИЗНОШЕННЫХ	0,25	1,002	1,010	0,997	1,007	0,982	1,002	1,020	1,008
	0,30	1,010	1,013	0,999	1,010	0,990	1,004	1,020	1,011
	0,35	1,017	1,015	1,000	1,012	0,997	1,006	1,021	1,013

0,40	1,021	1,016	1,001	1,014	1,001	1,007	1,021	1,014
0,45	1,025	1,018	1,001	1,015	1,005	1,007	1,022	1,015
0,50	1,028	1,019	1,002	1,016	1,008	1,008	1,022	1,016
0,55	1,031	1,019	1,003	1,017	1,011	1,008	1,022	1,017
0,60	1,033	1,020	1,003	1,018	1,013	1,009	1,022	1,017
0,65	1,034	1,021	1,003	1,019	1,014	1,009	1,022	1,018
0,70	1,036	1,021	1,004	1,019	1,016	1,009	1,022	1,018
0,75	1,037	1,021	1,004	1,020	1,017	1,010	1,023	1,019

Представленный коэффициент k_G позволяет производить расчет замедления по формуле (113) с учетом коэффициента учитывающего усредненную размерность шин и массы ТС в зависимости от фактора класс ТС. В формуле (114) представлен расчет значения замедления на сухом асфальтобетонном покрытии при температуре окружающего воздуха $+15\text{ }^\circ\text{C}$ для ТС₁ и ТС₂:

$$\begin{aligned}
 \text{ТС}_1: J_{k_G} &= \frac{0,8 * 9,81}{1 * 1,034} = 7,59 \text{ м/с}^2 \\
 \text{ТС}_2: J_{k_G} &= \frac{0,8 * 9,81}{1 * 1,003} = 7,82 \text{ м/с}^2
 \end{aligned}
 \tag{115}$$

На основании проведенного исследования можно составить таблицу, учитывающую представленные уравнения, описывающие значение замедления и значение тормозного пути.

Таблица 4.17 – Полученные уравнения

№ п.п.	Полученные уравнения		
	Уравнение до введения коэффициента	Коэффициент	Уравнение после введения коэффициента
1.	$S_3 = (V_a - 1,8jt_n)^2 / (25,92j)$	K_S	$S_3 = K_S(V_a - 1,8jt_n)^2 / 25,92j$
	Результат		
	При равном j - $S_3=5,44$ м	S_3 с учетом K_S для ТС ₁ =6,11 м S_3 с учетом K_S для ТС ₂ =4,90 м	

2	Уравнение до введения коэффициента	Коэффициент	Уравнение после введения коэффициента
	$J = \frac{\varphi}{K_3} \times g$	K_G	$J = \frac{\varphi}{K_3 + K_G} \times g$
	Результат		
	При φ равном 1: $J = 9,81 \text{ м/с}^2$	При φ равном 1: J с учетом K_S для $TC_1=9,71 \text{ м/с}^2$ J с учетом K_S для $TC_2=9,51 \text{ м/с}^2$	
3	Сегмент ТС, z	$J_z(S)$	Ошибка аппрокс., %
	A	$-0.002S^3+0.120S^2-2.300S + 19.114$	0.15
	B	$-0.001S^3+0.107 S^2-2.206S +18.990$	0.21
	C	$-0.002S^3+0.113S^2-2.285S +19.311$	0.19
	D	$-0.002S^3+0.120S^2-2.377S +19.673$	0.04
	E	$-0.002S^3+0.129S^2-2.489S +20.119$	0.11
	F	$-0.0026S^3+0.142S^2-2.668S +20.861$	0.16
	J	$-0.002S^3+0.150S^2-2.754S +21.164$	0.34
	M	$-0.002S^3+0.126S^2-2.460S +20.036$	0.13
Уравнения множественной регрессии			
Сегмент	для летнего типа шин $J(X_1, X_2)$	для зимних шин $J(X_1, X_2, ш)$	значение параметра - ш
A	$J = 0,31 + 9,03X_1 + 9,4X_2 \cdot 10^{(-3)}$	$J = 0,09 + 9,29X_1 + (17,9X_2 + 0,3ш)10^{(-3)}$	ш = 1 - нешипованные шины ш = 2 - шипованные шины
B	$J = 0,03 + 9,52X_1 + 10,4X_2 \cdot 10^{(-3)}$	$J = 0,02 + 9,55X_1 + (4,4X_2 + 11,6ш)10^{(-3)}$	
C	$J = 0,43 + 9,13X_1 + 14,8X_2 \cdot 10^{(-3)}$	$J = 0,01 + 9,74X_1 + (2,5X_2 + 9,9ш)10^{(-3)}$	
D	$J = 0,02 + 9,62X_1 + 0,7X_2 \cdot 10^{(-3)}$	$J = 0,01 + 9,56X_1 + (4,7X_2 + 26,8ш) 10^{(-3)}$	
E	$J = 0,08 + 9,57X_1 + 6,5X_2 \cdot 10^{(-3)}$	$J = 0,10 + 9,47X_1 + (11,8X_2 + 7,2ш)10^{(-3)}$	
F	$J = 0,15 + 9,56X_1 + 1,5X_2 \cdot 10^{(-3)}$	$J = 0,01 + 9,68X_1 + (2,7X_2 + 11,1ш)10^{(-3)}$	
J	$J = 0,20 + 9,49X_1 + 4,8X_2 \cdot 10^{(-3)}$	$J = 0,01 + 9,58X_1 + (0,0007X_2 + 0,0267ш)10^{(-3)}$	
M	$J = 0,21 + 9,42X_1 + 0,8X_2 \cdot 10^{(-3)}$	$J = 0,01 + 9,58X_1 + (0,7X_2 + 26,7ш)10^{(-3)}$	

4.3 Применение на практике метода расчета при производстве ДТЭ

Во время производства ДТЭ, в результате ДТИ, с учетом фиксированных характеристик шин ТС и массы, а также погодных условий и состояния дорожного покрытия, для легковых транспортных средств категории М₁, определяется возможность предотвращения происшествия и детальное определение истинных причин.

Установленная зависимость позволяет применять как значения коэффициентов, вводя их в базовую расчетную модель, так и проводя расчет замедления по формулам, представленным в таблице 4.17.

Для простоты использования была разработана программа на языке Visual Basic Application, позволяющая с любого ПК определить значение замедления. На рисунке 4.4 представлен интерфейс программы, где выбор характеристик шин предлагается из факторов, представленных в расчетной модели, рисунок 4.5, а также выполняется проверка ввода корректных значений коэффициента сцепления, массы ТС, значения высоты протектора шины.

Рисунок 4.4 – Интерфейс программы

The screenshot shows a software window titled "G1.0 - Расчет" with a close button in the top right corner. The window contains several dropdown menus for selecting tire parameters:

- Выберите ширину шины:** 215 (selected), 185, 195, 205, 225, 235, 245, 255.
- Выберите внутренний диаметр шины:** 17 (selected), 14, 15, 16, 18, 19, 20.
- Выберите высоту бортика шины:** 45 (selected), 30, 35, 40, 50, 65, 70, 75.
- Выберите индекс скорости шины:** 280 (selected), 230, 240, 250, 260, 270, 290, 300.
- Выберите индекс нагрузки шины:** 103 (selected), 100, 101, 102, 104, 105, 106, 107.

At the bottom left, there are three radio buttons:

- Установлены зимние не шипованные шины
- Установлены зимние шипованные шины
- Установлены летние шины

On the right side, there is a logo for "СПБГАСУ 1882" featuring a building illustration. Below the logo, the text "РЕЗУЛЬТАТ" is displayed above a field for "Искомое значение занедления, м/с²". At the bottom right, there are two buttons: "РАСЧЕТ" and "Закреть".

Рисунок 4.5 – Возможность выбора различных характеристик шин ТС категории М₁

4.4 Оценка эффективности разработанной методики в сравнении с действующими методами ДТЭ

Для подтверждения разработанной методики, были рассмотрены 4 ДТП из экспертной практики Института безопасности дорожного движения Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (ИБДД СПбГАСУ), в которых проводились исследования разработанным методом оценки ДТЭ.

Рассмотренные инциденты характеризуются наездом на пешехода с целью выяснения наличия или отсутствия технической возможности предотвращения дорожно-транспортного происшествия. В представленных дорожно-транспортных ситуациях водитель должен действовать в соответствии с требованиями п.10.1 Правил дорожного движения РФ, а именно: «... При возникновении опасности для движения, которую водитель в состоянии обнаружить, он должен принять

возможные меры к снижению скорости вплоть до остановки транспортного средства» [95].

В рассматриваемых ДТП было определено значение замедления по разработанной методике и представлено значение замедления, полученное в результате экспериментальной деятельности. Результаты проведенного исследования сравниваются с результатами, полученными в ходе расчета по действующим методами ДТЭ.

Соответственно, наличие у водителя ТС категории М₁ предотвратить ДТП в рассматриваемых ДТС в экспертной деятельности определяется по неравенству:

$$S_0 < S_y \quad (116)$$

где S_0 – остановочный путь ТС;

S_y – удаление ТС от места наезда в момент возникновения опасности для движения.

$$S_0 = \frac{(t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \cdot V_A}{3,6} + \frac{V_A^2}{25,92 \cdot j} \quad (117)$$

где t_1 – время реакции водителя в данной ДТС; [96]

t_2, t_3, j – тормозные характеристики а/м в данной ДТС, соответственно, время запаздывания срабатывания тормозного привода (t_2), время нарастания давления в тормозной системе (t_3), установившееся замедление транспортного средства (j); [96]

V_A – скорость движения, а/м со слов водителя.

$$S_y = \frac{V_A \cdot S_{0П}}{V} \quad (118)$$

где $S_{0П}$ – расстояние, которое преодолел пешеход в опасной зоне непосредственно перед ДТП;

V – скорость движения пешеход, велосипедиста в данной ДТС. [97]

$$S_3 = K_s (V_a - 1,8jt_H)^2 / 25,92j \quad (119)$$

ВОПРОСЫ, ПОСТАВЛЕННЫЕ НА РАЗРЕШЕНИЕ ЭКСПЕРТА:

1. Имел ли водитель техническую возможность предотвратить ДТП в данной ДТС?
2. Соответствовали ли действия водителя требованиям ПДД, с технической точки зрения?

4.4.1 Дорожно-транспортное происшествие ТС категории М₁ сегмента М летними шинами и пешеход

Информация о ДТП: Из материалов проверки, предоставленных на исследование и определения о назначении экспертизы, следует, что: около 16.08.2021 г. 01 час. 40 мин. водитель, управляя а/м марки Фольксваген Транспортер, оборудованного летними шинами, двигался по сухому асфальтобетонному покрытию в крайней правой полосе движения со скоростью 50км/ч и намеривался проехать Т-образный перекресток на разрешающий зеленый сигнал светофора, при этом имел место наезд его а/м на пешехода, который пересекал проезжую часть, двигаясь слева направо относительно направления движения а/м марки Фольксваген Транспортер, в темпе спокойного бега по пешеходному переходу на запрещающий красный сигнал светофора.

ИССЛЕДОВАНИЕ:

Наличие у водителя, а/м марки Фольксваген Транспортер, технической возможности предотвратить наезд на пешехода в данной ДТС, может быть выражено неравенством 118. В соответствии с применяемой методикой, определим по формуле 119 остановочный путь, а/м марки Фольксваген Транспортер, в данной ДТС, при экстренном торможении, который составляет $S_0 \approx 31,89\text{м}$, где $t_1=1,0\text{ с.}$; $t_1=0,1\text{ с.}$; $t_1=0,35\text{ с.}$; $j=6,8\text{ м/с}^2$.

Удаление, а/м марки Фольксваген Транспортер, от места наезда на пешехода в момент возникновения опасности для водителя $S_y \approx 30,3\text{м}$, где $S_{оп} = 6\text{ м}$; $V \approx 9,9\text{км/ч}$.

Таким образом, имеем: при скорости движения, а/м марки Фольксваген Транспортер, $V_A=50\text{км/ч}$, $S_O\approx 32,32\text{м} > S_Y\approx 30,3\text{ м.}$, а это значит, что водитель, а/м марки Фольксваген Транспортер, с момента возникновения опасности для движения, не имел технической возможности предотвратить наезд своего а/м на пешехода в данной ДТС.

Но, проводя расчет, в соответствии с предложенной методикой по формулам из таблицы 4.13, замедление транспортного средства категории M_1 составило бы $j=7,72\text{ м/с}^2$.

Таким образом, имеем: при скорости движения а/м марки Фольксваген Транспортер, $V_A=50\text{км/ч}$, $S_O\approx 30,20\text{ м.} < S_Y\approx 30,30\text{ м.}$, а это значит, что водитель, а/м марки Фольксваген Транспортер, с момента возникновения опасности для движения, имел техническую возможность предотвратить наезд своего а/м на пешехода в данной ДТС.

Стоит отметить, если вместо автомобиля класса М в представленном ДТИ участвовал автомобиль класса А или В, то техническая возможность бы отсутствовала, так как $S_O > S_Y$.

4.4.2 Дорожно-транспортное происшествие ТС сегмента В с зимними шипованными шинами категории M_1 и пешеход

Информация о ДТП: Из материалов проверки, предоставленных на исследование и определения о назначении экспертизы, следует, что: около 27.02.2020 г. 09 час. 20 мин. водитель, управляя а/м марки Киа Сид, оборудованного зимними шипованными шинами, двигался по сухому асфальтобетонному покрытию в крайней правой полосе движения со скоростью 40км/ч и намеривался проехать перекресток на разрешающий зеленый сигнал светофора, при этом имел место наезд его а/м на пешехода, который пересекал проезжую часть, двигаясь слева направо относительно направления движения а/м

марки Киа Сид, в темпе спокойного бега по пешеходному переходу на запрещающий красный сигнал светофора.

ИССЛЕДОВАНИЕ:

Наличие у водителя, а/м марки Киа Сид, технической возможности предотвратить наезд на пешехода в данной ДТС, может быть выражено неравенством 118. В соответствии с применяемой методикой, определим по формуле 119 остановочный путь, а/м марки Киа Сид, в данной ДТС, при экстренном торможении, который составляет $S_0 \approx 26,51$ м., где $t_1=1,0$ с.; $t_1=0,1$ с.; $t_1=0,35$ с. ; $j=5,0$ м/с².

Удаление, а/м марки Киа Сид, от места наезда на пешехода в момент возникновения опасности для водителя $S_y \approx 24,00$ м., где $S_{оп} = 6$ м.; $V \approx 10$ км/ч.

Таким образом, имеем: при скорости движения, а/м марки Киа Сид, $V_A=40$ км/ч, $S_0 \approx 26,51$ м. $> S_y \approx 24,00$ м., а это значит, что водитель, а/м марки Киа Сид, с момента возникновения опасности для движения, не имел технической возможности предотвратить наезд своего а/м на пешехода в данной ДТС.

Но, проводя расчет, в соответствии с предложенной методикой формулам из таблицы 4.13, замедление транспортного средства категории M_1 составило бы $j=6,31$ м/с².

Таким образом, имеем: при скорости движения а/м марки Киа Сид, $V_A=40$ км/ч, $S_0 \approx 23,95$ м. $< S_y \approx 24,00$ м., а это значит, что водитель, а/м марки Киа Сид, с момента возникновения опасности для движения, имел техническую возможность предотвратить наезд своего а/м на пешехода в данной ДТС.

Стоит отметить, если вместо автомобиля класса С в представленном ДТИ участвовал автомобиль класса В, то техническая возможность бы отсутствовала, так как $S_0 > S_y$.

4.4.3 Дорожно-транспортное происшествие ТС сегмента J летними шинами категории M₁ и пешеход

Информация о ДТП:

Из материалов проверки, предоставленных на исследование и определения о назначении экспертизы, следует, что: 31.05.2021г., около 00 час. 27 мин. водитель, управляя а/м марки Фольксваген Тигуан, оборудованного летними шинами, двигался по сухому асфальтобетонному покрытию, на перекрестке водитель а/м марки Фольксваген Тигуан, двигался прямолинейно во второй полосе от края дороги со скоростью 40км/ч (со слов водителя) и пересек перекресток на разрешающий зеленый сигнал светофора, при этом имел место наезд а/м на пешехода, который пересекал перекресток на запрещающий красный сигнал светофора справа налево относительно направления движения а/м марки Фольксваген Тигуан.

ИССЛЕДОВАНИЕ:

Наличие у водителя, а/м марки Фольксваген Тигуан технической возможности предотвратить наезд на пешехода в данной ДТС, может быть выражено может быть выражено неравенством (118). В соответствии с применяемой методикой, определим по формуле (119) остановочный путь, а/м марки Фольксваген Тигуан, при экстренном торможении в данной ДТС, который составляет $S_0 \approx 23,24\text{м}$, где $t_1=1,0\text{ с.}$; $t_1= 0,1\text{ с.}$; $t_1= 0,35\text{ с.}$; $j=6,8\text{ м/с}^2$.

Удаление, а/м марки Фольксваген Тигуан, от места наезда на пешехода в момент возникновения опасности для водителя $S_y \approx 22,22\text{ м.}$, где $S_{\text{оп}} = 5,5\text{ м.}$; $V \approx 9,9\text{ км/ч.}$

Таким образом, имеем: $S_0 \approx 23,24\text{ м.} > S_y \approx 22,22\text{ м.}$, а это значит, что водитель, а/м марки Фольксваген Тигуан, с момента возникновения опасности для движения, не имел технической возможности предотвратить наезд своего а/м на пешехода, в данной ДТС.

Но, проводя расчет, в соответствии с предложенной методикой по формулам из таблицы 4.13, замедление транспортного средства категории M_1 составило бы $j=8,3 \text{ м/с}^2$.

Таким образом, имеем: при скорости движения а/м марки Фольксваген Тигуан, $V_A=40 \text{ км./ч.}$, $S_0 \approx 21,60 \text{ м.} < S_y \approx 22,22 \text{ м.}$, а это значит, что водитель, а/м марки Фольксваген Тигуан, с момента возникновения опасности для движения, имел техническую возможность предотвратить наезд своего а/м на пешехода, в данной ДТС.

ВЫВОДЫ:

1. В сложившихся ДТС, водители представленных а/м в указанных ДТС, с экспертной точки зрения должны были действовать с момента возникновения опасности для движения, в соответствии с требованиями п.10.1 Правил дорожного движения РФ.

2. В сложившихся ДТС, водители а/м, с момента возникновения опасности для движения, имели техническую возможность предотвратить наезд на пешехода.

3. В сложившейся ДТС, действия водителей а/м, с экспертной точки зрения, с момента возникновения опасности для движения, противоречили требованиям п.10.1 Правил дорожного движения РФ.

4. В представленных ДТС, пешеход, с экспертной точки зрения, должен был руководствоваться в соответствии с требованиями пп.1.3, 1.5, 4.6, 6.5 Правил дорожного движения РФ.

В представленных ДТС, действия пешеходов, с экспертной точки зрения, не соответствовали требованиям пп.1.3, 1.5, 4.6, 6.5 Правил дорожного движения РФ.

5. С экспертной точки зрения, непосредственной причиной данных ДТП явилось не выполнение водителями а/м п.10.1 Правил дорожного движения РФ.

При проведении расчета по предложенной методике, характеристики шин ТС рассматривались в соответствии с шинами, допущенными к эксплуатации заводом изготовителем ТС, что не противоречит протоколам осмотра места ДТП и схемам ДТП.

В таблице 4.18 представлены результаты расчетов по действующему методу оценки ДТЭ и при помощи предложенной методики оценки замедления транспортных средств категории М₁ в зависимости от характеристик шин.

Таблица 4.18 – Оценка эффективности

ТС	Фольксваген Транспортер	Киа Сид	Фольксваген Тигуан
Скорость движения а/м, км/ч.	50	40	40
Остановочный путь, по действующей методике, м.	32,32	26,51	23,24
Ж, м/с ² в соответствии с ДТЭ	6,8	5	6,8
Остановочный путь, по предложенной методике, м.	30,20	23,95	21,60
Ж, м/с ² в соответствии с разработанной методикой	7,72	6,31	8,30
Тип покрытия и сезонность шин	Сухой асфальтобетон +15°С (летние шины)	Сухой асфальтобетон +0°С (зимние шипованные шины)	Сухой асфальтобетон +15°С (летние шины)
Результат	В результате проведенных исследований замедления транспортных средств категории М ₁ была установлена возможность предотвращения ДТП при соблюдении водителями п. 10.1. Правил дорожного движения РФ.		

ВЫВОДЫ ПО ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ

На основании полученных экспериментальных данных, при помощи деселерометра «LWS-2МС», были определены зависимости значений установившегося замедления от тормозного пути для различных ТС в зависимости от сегмента, включающего в свою градацию характеристики размерности шин и массу ТС.

Получены уравнения регрессии вида: линейная, квадратичная, кубическая, степенная, показательная логарифмическая, гиперболическая, экспоненциальная, среди которых определены кубические уравнения как уравнения, наиболее точно описывающие замедление, с максимальной средней ошибкой аппроксимации 0,73% при обобщенном расчете.

Представлены уравнения кубической регрессии, определяющие зависимость замедления от тормозного пути $J(S)$ для различных сегментов со максимальной ошибкой аппроксимации 0,34%. Представленные уравнения описывают полиномиальные кривые, характеризующие замедления для ТС различных сегментов.

Представлена таблица, результаты которой определяют обобщенные значения установившегося замедления, коэффициента сцепления, тормозного пути полученные на основании экспериментальной деятельности.

Представлены коэффициенты, корректирующие (актуализирующие) формульную часть, на основании определенной зависимости, применяемую в экспертной практике.

Представлены уравнения множественной регрессии, описывающее замедление с учетом значимых факторов и сегментов ТС.

Предоставленные расчеты подтверждают адекватность разработанной методики и определяют различия представленных моделей. Полученные уравнения можно применять при производстве ДТЭ, как наиболее точно описывающие процесс замедления ТС категории M_1 .

Разработанная программа для ЭВМ на языке Visual Basic Application, позволяет, на основании описанного уравнения множественной регрессии, получить искомое значение замедления, в зависимости от характеристик экспатрируемых шин.

Результаты, полученные при расчетах ДТС при помощи предложенной методики оценки, являются отличными от результатов, полученных по применяемой методике. Во всех выше представленных ДТП водители имели техническую возможности предотвратить наезд на пешехода и действовать с момента возникновения опасности для движения, в соответствии с требованиями п.10.1 Правил дорожного движения РФ и принять возможные меры к снижению скорости вплоть до остановки транспортного средства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определенная проблематика, в результате анализа ДТЭ по Санкт-Петербургу и Ленинградской области, а именно минимально-достаточное количество информации, передаваемое эксперту для подготовки экспертного заключения, позволила, на основании проведенных исследований установившегося замедления 52 легковых транспортных средств категории М₁, при различных погодноклиматических условиях, с учетом эксплуатации летних и зимних шин, разработать методику оценки замедления ТС категории М₁ учитывающая характеристики протектора шин и массы ТС, что является базовой характеристикой ТС и регламентируется заводом изготовителем. Уточнена методика расчета тормозного пути по имеющемуся математическому аппарату, применяемому в экспертной практике. Проведенная оценка разработанной методики подтвердила корректность данных и отсутствие ошибок аппроксимации.

На основании проведенных экспериментальных исследований замедления определен фактор – «Сегмент ТС», должным образом характеризующий изменяемую размерность шин, ранжированный в соответствии с классификацией, применяемой Европейской экономической комиссией. Полученные в ходе экспериментальных исследований графики замедления по результатам экспериментальной деятельности, представлены в приложениях.

Подтверждено отличие значений установившегося замедления ТС категории М₁ различных характеристик, соответственно с установленным различным типоразмером шин и различной массой ТС, что противоречит существующим и применяемым методам расчета.

Расширенная база знаний предлагается к применению для подготовки экспертно-кадрового состава, оценке замедления при работе экспертов.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- ДТП – дорожно-транспортное происшествие;
- АТС – автотранспортное средство;
- ВОЗ – Всемирной организации здравоохранения;
- ООН – Организации Объединенных Наций;
- ДТТ – дорожно-транспортный травматизм;
- ЕС – Европейский союз;
- СНГ – Содружество Независимых Государств;
- РФ – Российская Федерация;
- ВВП – Валовой внутренний продукт;
- ОБДД – обеспечение безопасности дорожного движения;
- ФЦП – Федеральная целевая программа;
- ПДД – правила дорожного движения;
- ТС – транспортное средство;
- АИУС – автоматизированная информационно-управляющая система;
- БДД – безопасность дорожного движения;
- НЦБДД МВД РФ – Научный центр безопасности дорожного движения
Министерства внутренних дел Российской Федерации;
- ВАДС ДД — водитель – автомобиль – дорога – среда дорожное движение;
- ТП – транспортный поток;
- УДС – улично-дорожная сеть;
- ABS – антиблокировочная система (Antiblockiersystem);
- АЭ – автотехническая экспертиза;
- ТЛЭ – трассологическая экспертиза;
- ТЭ – техническая экспертиза;
- ДЭ – дорожная экспертиза;
- ФЭ – фотовидео-техническая экспертиза;
- СЭ – ситуационная – экспертиза;
- ПЭ – пожаро-техническая экспертиза;

- МЭ – комплексная медико-техническая экспертиза;
- ПЭ – прочие экспертизы;
- ПО – программное обеспечение;
- КОВ – коэффициент относительной важности;
- МДК – метод доминирования критериев;
- ММ – математическая модель;
- УДД – участник дорожного движения;
- ВС – внешняя среда;
- ДТЭ – дорожно-транспортная экспертиза;
- ПСИ – пространственно-следовая информация;
- СВИ – смежные виды исследования;
- МОР – модельно-ориентированной реконструкция;
- С – сближение;
- КСВ – контактно-следовое взаимодействие;
- Р – разлёт;
- ПК – персональные компьютеры;
- АРМ – автоматизированные рабочие места;
- ПК – персональный компьютер;
- МКЭ – метод конечных элементов;
- И – информация;
- ВИ – внешняя информация;
- БД – база данных;
- ЦД – цифровые данные;
- ФКВ – факт контактно-следового взаимодействия;
- ПП – предпроцессинг;
- ТВ – техническая возможность;
- ТП – телесные повреждения;
- КПТ – комплексный показатель травмирования ЛТП – локализации телесных повреждений;
- EDR – Event Data Recorder;

МНЛ – метод нечеткой логики;

CAN – Controller Area Network;

BIM – Building Information Model;

ТЭС – технико-эксплуатационные свойства;

ЛД – локализации деформаций;

CGI – Computer-Generated Imagery;

РП – результаты процессинга.

НВА (Hydraulic Brake Assistant) - поддержание необходимого давления при внезапном торможении;

ARP (Anti Rollover Protection) - защита от опрокидывания;

M-ABS (Motoreingriff Antiblockiersystem) - антиблокировочная тормозная система, реализованная через управление двигателем;

EBD (Electronic Brake Distribution) - регулятор распределения электронных тормозных сил;

ASR (Anti-Slip Regulation) - система контроля тяги;

CBC (Corner Brake Control) - система стабилизации торможения при повороте;

LDE (Low Dynamic ESP) - предоставляет более ранний вход в действие системы ESP, предназначенную для раннего вмешательства при торможении;

HVV (Hinterachsvollverzöger) - система эффективного замедления задних колес;

ОНВ-V (Optimierte Hydraulische Bremskraft-Verstärkung) - гидравлический усилитель тормоза;

AEM (Adaptive Engagement Model) - постоянная система мониторинга транспортных средств;

FBS (Fading Brake Support) - компенсация падения тормозной эффективности (при нагреве);

DSR (Driver Steering Recommendation) - ассистент управления по улучшению стабильности автомобиля;

BDW (Brake Disc Wiper) - функция для удаления влаги от тормозных дисков;

ТБ - транспортная безопасность;

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стецюк Л.С., Паршин М.А., Епифанцев А.Т. Сцепление колеса с дорогой и безопасность движения. - М.: Автотрансиздат, 1963. – 354 с.
2. Кнороз В.И. Работа автомобильной шины. - М.: Транспорт, 1960. – 229 с.
3. Иларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий. -М.: Транспорт, 1989. – 255 с.
4. СНиП 2.05.02-85*. Автомобильные дороги. — М.: ФГУП ЦПП, 2007. — 54 с.
5. Шины пневматические для легковых автомобилей, прицепов к ним, легких грузовых автомобилей и автобусов особо малой вместимости. Технические условия. ГОСТ 4754 - 97. С Изм. №1 от 01.07.2008 г.- М.: Издательство стандартов, 1997.
6. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки ГОСТ 33997-2016 - М.: Издательство стандартов, 2016.
7. Чудаков Е.А. Избранные труды. Том 1. - АН СССР, 1961. – 459 с.
8. Паршин М.А. Сцепление колеса автомобиля с дорожным покрытием и безопасность движения: Дис. канд. техн. наук // МАДИ. - М., 1967.
9. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. ГОСТ 9128-2013 – М. Стандартинформ 2014.
10. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]. URL: [http:// www.gibdd.ru/stat/](http://www.gibdd.ru/stat/)
11. Байэтт Р. Уоттс Р. Расследование дорожно-транспортных происшествий/пер. с англ. – М.: Транспорт, 1983. – 288 с.
12. Анализ дорожно-транспортных происшествий / Волошин Г.Я., Мартынов В.П., Романов А.Г. – М.: Транспорт, 1987. – 240 с.
13. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов. М.: Транспорт, 1993. – 271 с.

14. Балакин В. Д. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учебное пособие. – Омск: Издательство СибАДИ, 2005. – 136 с.
15. Боровский Б.Е. Безопасность движения автомобильного транспорта – Л.: Лениздат, 1984. – 304 с.
16. Чудаков Е.А. Теория автомобиля. - М.: Машгиз, 1950.
17. Гредескул А.Б. Динамика торможения автомобиля: Дис. док. техн. наук//М., 1964.
18. Иларионов В.А. Эксплуатационные свойства автомобиля. - М.: Машиностроение, 1966.
19. Пчелин И.К., Иларионов В.А. Расчет показателей тормозной динамичности автомобиля // Автомобильная промышленность. - 1976. №1.
20. Пчелин И.К., Иларионов В.А. Исследование процесса торможения автомобиля с противоблокировочными устройствами // Безопасность и надежность автомобиля. - 1976. №1.
21. Пчелин И.К., Иларионов В.А. Тормозная динамичность автомобиля с противоблокировочными устройствами // Автомобильная промышленность. - 1977.
22. Пчелин И.К., Иларионов В.А. Влияние случайных возмущений и колебаний на тормозную динамичность автомобиля с противоблокировочными системами // Автомобильная промышленность. - 1979. №3.
23. ГОСТ Р 52747-2007 Автомобильные транспортные средства. Шипы противоскольжения. Общие технические условия
24. Динамика системы дорога - шина - автомобиль - водитель / Под Общ. редакцией А.А. Хачатурова. -М.: Машиностроение, 1976.
25. Эллис Д.Р. Управляемость автомобиля. - М.: Машиностроение, 1975.
26. Федеральный закон от 10.12.1995 N 196-ФЗ (ред. от 02.07.2021) "О безопасности дорожного движения" (с изм. и доп., вступ. в силу с 22.08.2021)
27. Федеральный закон от 09.02.2007 N 16-ФЗ (ред. от 11.06.2021) "О транспортной безопасности"
28. Транспорт в России. 2020: Стат.сб./Росстат. – Т65 М., 2020. – 108 с.

29. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 2020 год. Информационно-аналитический обзор. – М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2021, 79 с.
30. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]. URL: [http:// www.gibdd.ru/stat/](http://www.gibdd.ru/stat/)
31. ОН 025 270-66 Классификация и система обозначения автомобильного подвижного состава, а также его агрегатов и узлов, выпускаемых специализированными предприятиями / Министерство автомобильной промышленности СССР. - М.: Типография НАМИ, 1968 год
32. МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПИСЬМО от 21 сентября 2009 г. N 03-2609
33. МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ РАСПОРЯЖЕНИЕ от 20 сентября 2018 г. N ИА-159-р О ВНЕСЕНИИ ИЗМЕНЕНИЯ В МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ "НОРМЫ РАСХОДА ТОПЛИВ И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ", ВВЕДЕННЫЕ В ДЕЙСТВИЕ РАСПОРЯЖЕНИЕМ МИНИСТЕРСТВА ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ОТ 14 МАРТА 2008 Г. N АМ-23-Р
34. REGULATION (EEC) No 4064/89 MERGER PROCEDURE Article 6(1)(b) NON-OPPOSITION Date: 17/03/1999
35. REGULATION (EC) No 139/2004 MERGER PROCEDURE Article 6(1)(b) NON-OPPOSITION Date: 25/09/2008
36. REGULATION (EEC) No 4064/89 MERGER PROCEDURE Article 6(1)(b) NON-OPPOSITION Date: 17/03/1999
37. ISO 3833:1977 - Road vehicles — Types
38. Title 40 -Protection of Environment, Section 600.315-82 Classes of comparable automobiles.
39. "Japan Seeks to Squelch Its Tiny Cars". The New York Times. Retrieved 17 February 2015.

40. ХЕЙФИЦ П.И. К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ЛЕГКОВЫМ АВТОМОБИЛЯМ ДЛЯ ТАКСИ // АВТОТРАНСПОРТНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ. 2014 - №10. 56 с.
41. Динамика продаж автомобилей по сегментам в 2019 году [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autostat.ru/news/42567/>
42. Цукерберг СМ. Техничко-эксплуатационные качества шин. Сцепление шины с дорогой: Дис. канд. техн. наук // МАДИ. - М., 1948.
43. Паршин М.А. Епифанцев А.Т. Слюдииков Л.Д. Исследование сцепления легковых шин с дорожным покрытием // Каучук и резина. -1966. No3"
44. Иванов И.В. Исследование влияния геометрии шины на ее сцепление с дорогой и боковой увод: Дис. канд. техн. наук // МАМИ. - М., 1952."
45. Подлих Э.Г. Исследование сцепления пневматической шины с дорожным покрытием: Дис. канд. техн. наук // МАДИ. - М., 1963."
46. Астров В.А. Исследование сцепления пневматических шин с шероховатым дорожным покрытием в процессе его эксплуатации: Дне. канд. техн. наук //МАДИ. - М., 1965.
47. Петров И.П. Исследование сцепления колеса с твердой опорной поверхностью: Дис. канд. техн. наук // МАМИ. - М., 1965.
48. Кучеренко А.В. //Разработка методов и средств оценки сцепных свойств шин // Диссертация на соискание ученой степени кандидат технических наук, МАДИ ,Москва 2005
49. Allbert B. Walker I.C. Tire to wet Road Friction at High Speeds // A.D. Proc. Inst. Mech. Engrs. - 1980. No6.
50. Bulgin D. Hubbard G.D. Conditions for the Formation of a Steam Layer at the Tyre-Road Interface of Braked Tyres on Wet Surfaces. - M., 1969. 125
51. Bulgin D. Die Reibungseigenschaften von Gummi und die Strassen- Haftung von Reifen // Kautschuk und Gummi. - 1967. No10.
52. Grosh K.A. Maycock G. Influence of test conditions on the wet skid resistance of tyre tread compounds // Trans. I.R.I. - 1962. No6.
53. Grosh K.A. Oil extended NR // Rubber Age. - 1967. No10.

54. Gough V.E., Badger D.W. Tyres and road safety. - L., 1966.
55. Gough V.E. Discussion of Tabors paper // Frottement du Caoutchouc. - 1959. No36.
56. Gough V .E. Reibung von Gummi // Strassenbau und Strassen- verkehrstechnik. - 1962. No 19.
57. French T. Interaction of tread rubber material and tread design feature on tyreroad adhesion. - M., 1969.
58. French T. Patton R. Advances in the Roadholding Characteristics of Car Tires.-L., 1961.
59. Horn W.B. Jouner U.T. Some affects of Runway Slush an Water on Opera- tion of Airplanes // SAE preprint. - 1961. No275.
60. Horn W.B. Leland T. Runway alipperiness and alush // RAS Journal. - 1963. No633.
61. Horn W.B. Jouner U.T. Pneumatic tire hydroplaning and Some affects of vehicle performance // SAE Journal. - 1965. No12.
62. Hofferberth W. Verhalten der Luftreifen auf nasser Strasse // ATZ. - 1965. No9.
63. ГОСТ Р 51893-2002 Шины пневматические. Общие технические требования безопасности
64. ГОСТ Р ИСО 4000-1-2005 Шины для легковых автомобилей и ободья. Часть 1. Шины (метрические серии)
65. ГОСТ Р ИСО 4000-2-2005 Шины для легковых автомобилей и ободья. Часть 2. Ободья
66. ГОСТ 27704-88 Шины пневматические. Правила подготовки шин для проведения стендовых испытаний
67. Евтюков С.А., Щербаков А.Е. Безопасность и правила движения на авто- транспорте: Учеб. Пособие / Под ред. С.А. Евтюкова. – СПб.: СПбГАСУ, 1993. – 168 с.
68. Кристи Н.М., Бекасов В.А. Методические рекомендации по некоторым вопросам автотехнической экспертизы М.: ЦНИИСЭ, 1966. – 112с."

69. Судебная автотехническая экспертиза: пособие для экспертов - автотехников, следователей и судей. Часть II Теоретические основы и методика экспериментального исследования при производстве автотехнической экспертизы/под ред. В.А. Иларионова. – М.:ВНИИСЭ,1980. – 492с."
70. Евтюков С.А. Васильев Я.В. Справочник по экспертизе ДТП. 3-е издание переработ. и доп. СПб, Петрополис 2020, 516 с
71. Балакин В.Д., Петров М.А. Аналитическое исследование торможения колеса с противоблокировочным устройством в тормозном приводе // Автомобильная промышленность. - 1965. №11.
72. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля. - М.: Машиностроение, 1971.
73. Пучкин А.И., Дегтярёва М.В. Фоменко Н.А., Сапожкова Н.В. АКТИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ // Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли юга России = Youth and scientific-and-technical progress in roadfield of south of Russia : материалы VI Международной науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, 15—17 мая 2012 г., Волгоград : ВолгГАСУ, 2012. — 398 с.
74. Белов А.В. Перспективы повышения производительности УДС при появлении беспилотных автомобилей // СОВРЕМЕННЫЙ ТРАНСПОРТ: инфраструктура, инновации, интеллектуальные системы: сборник трудов №18 / сост.: В.А.Досенко, В.Н.Трухан. – Москва, 2015. – 296 с.
75. N 170-ФЗ «О техническом осмотре транспортных средств и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 01.03.2021
76. Судебная автотехническая экспертиза: Пособие для экспертов-автотехников, следователей и судей. Ч.2 / Под ред. В.А. Иларионова. – М.: ВНИИСЭ, 1980,1980. – 491 с.
77. Дик А.Б., Петров М.А., Малюгин П.Н. Моделирование процесса торможения автомобильного колеса в общем случае движения на плоскости // Повышение

- эксплуатационной надежности и безопасности движения автомобильного транспорта. - 1978.
78. Иларионов В.А., Пчелин И.К. Реакции дороги, действующие на тор-мозящее колесо автомобиля // Исследование торможения автомобиля и работы пневматических шин. - 1979.
 79. Ревин А. А. Комплексная технология моделирования тормозной динамикиавтомобиля. - Волгоград: РПК Политехник, 2000.
 80. Литвинов А.С. Форобин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств: Учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». - М.: Машиностроение, 1989.
 81. Иларионов В.А., Пчелин И.К. Касательная реакция дороги, дейст-вующая на тормозящее колесо // Автомобильные перевозки, органи-зация и безопасность движения: Труды МАДИ. - 1978. №156.
 82. Гладушевский И.С. Оценка взаимодействия протектора шины с асфальтобетонным покрытием в зависимости от погодно-климатических условий / И.С. Гладушевский // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 4 (87). С. 122-126.
 83. Гладушевский И.С. Метод расчета тормозного пути, учитывающий изменение коэффициента сцепления колеса с дорогой в зависимости от скорости / И.С. Гладушевский, С.С. Евтюков // Вестник гражданских инженеров. 2018. №6 (71). С. 175-179. 4
 84. Гладушевский И.С. Совершенствование методики исследования замедления ТС при эксплуатации летних шин с разной высотой протектора / И.С. Гладушевский, С.С. Евтюков // Мир транспорта и технологических машин. 2020. № 1 (65). С.72-79.
 85. Гладушевский И.С. Тормозные испытания шин на сухом асфальтобетонном покрытии в летний период/ И.С. Гладушевский, С.С. Евтюков // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 5 (82). С. 181-186.
 86. Гладушевский И.С. Тормозные испытания шипованной резины на влажном асфальтобетонном покрытии при нулевых температурах / И.С.

- Гладушевский, С.С. Евтюков // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 3 (80). С. 173-177.
87. Гладушевский И.С. Методика расчета тормозного пути на сухом асфальтобетонном покрытии при движении на шипованных шинах / И.С. Гладушевский, С.С. Евтюков // Вестник гражданских инженеров 2019. №2 (73). С.142-146.
88. Гладушевский И.С. Оценка свойств замедления автомобиля при использовании зимнего типа шин на укатанном снежном покрытии / И.С. Гладушевский, С.С. Евтюков // Вестник гражданских инженеров. 2019. №5(76). С. 217-221.
89. Гладушевский И.С. Тормозные испытания шин на укатанном снежном покрытии в зимний период / И.С. Гладушевский // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 2 (85). С. 202-207.
90. I.S. Gladushevskiy Assessing the interaction between M1 vehicle tire tread and a packed snow surface depending on the type of tread / I. Gladushevskiy, S. Evtykov, E. Kurakina //Transportation Research Procedia Volume 57, 2021, Pages 145-153
91. ГОСТ 33997-2016 «Межгосударственный стандарт. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки.
92. I. Gladushevskiy Determination of the steady deceleration for vehicles category M1 depending on the type of tires / I. Gladushevskiy, S. Evtykov// MATEC Web of Conferences Volume 341. – 2021. – Art 00045, P. 8
93. I.S. Gladushevskiy Influence of Auxiliary Braking Systems on Deceleration of Vehicles of Category M1 / Gladushevskiy, I.S., Terentyev, A.V., Evtyukov, S.S., Efimenko, D.B. // 2021 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, Conference Proceedings / INSPEC Accession Number: 20592633
94. Гладушевский И.С. Методология автотехнической экспертизы на основе математической модели параметров замедления транспортных средств в зависимости от типа протектора / Гладушевский И.С. Евтюков С.С.// СПб.:ИД «Петрополис», 2021 г. 220 с. (ISBN 978-5-9676-1284-8)

95. Правила дорожного движения. - М.: Транспорт, 2021г.
96. Евтюков С.А., Васильев Я.В. Реконструкция и экспертиза ДТП в примерах. Издательский дом «Петрополис». СПб, 2012г.
97. Методические рекомендации для экспертов, судей, следователей и дознавателей.: «Скорости движения пешеходов и иных участников дорожного движения. МЮ РФ ФБУ РФСЭ, СПб 2013г.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Приложение А.1 - Коэффициент эффективности торможения k_3 при отсутствии следов торможения

Категория транспортных средств	Без нагрузки				С нагрузкой 50%				С полной нагрузкой			
	φ =0,8	φ =0,7	φ =0,6	φ =0,5	φ =0,8	φ =0,7	φ =0,6	φ =0,5	φ =0,8	φ =0,7	φ =0,6	φ =0,5
Легковые автомобили и автомобили, сконструированные на их базе	1,2	1,1	1	1	1,3	1,2	1,1	1,1	1,4	1,3	1,2	1,2
Мотоциклы (мотороллеры) и мопеды без коляски	1,2	1,1	1	1	1,4	1,3	1,2	1,1	1,5	1,4	1,3	1,2
Мотоциклы (мотороллеры) и мопеды с рабочим объемом двигателя менее 49,8см ³	1,4	1,3	1,3	1,2	1,6	1,5	1,4	1,2	1,7	1,6	1,4	1,2
Примечание: Для мотоциклов (мотороллеров) и мопедов значение k_3 приведены для случая торможения при одновременном действии ножного и ручного тормозов												

Приложение А.2 - Коэффициент сцепления для различных дорожных покрытий
(по данным европейской ассоциации реконструкции ДТП)

дорожное покрытие	состояние покрытия	Коэффициент сцепления, ϕ			
		сухое покрытие		мокрое покрытие	
		$V < 48 \text{ км/ч}$	$V > 48 \text{ км/ч}$	$V < 48 \text{ км/ч}$	$V > 48 \text{ км/ч}$
бетон	новое	0,80...1,20	0,70...1,00	0,50...0,80	0,4...0,75
	износ 50%	0,60...0,80	0,60...0,75	0,45...0,70	0,45...0,65
	сильно изношенные	0,55...0,75	0,50...0,65	0,45...0,65	0,45...0,60
асфальт	новое	0,80...1,20	0,65...1,00	0,50...0,80	0,45...0,75
	износ 50%	0,60...0,80	0,55...0,70	0,45...0,70	0,40...0,65
	сильно изношенные	0,55...0,75	0,45...0,65	0,45...0,65	0,40...0,60
	черезмерно изношенный	0,50...0,60	0,35...0,60	0,30...0,60	0,25...0,55
гравий	укрепленное	0,55...0,85	0,50...0,80	0,40...0,80	0,40...0,60
	рассыпчатое	0,40...0,70	0,40...0,70	0,45...0,75	0,45...0,75
шлак	укрепленное	0,50...0,70	0,50...0,70	0,65...0,75	0,65...0,75
камень	дробленый	0,55...0,75	0,55...0,75	0,55...0,75	0,55...0,75
лед	гладкий	0,10...0,25	0,07...0,20	0,05...0,10	0,05...0,10
снег	уплотненный	0,30...0,55	0,35...0,55	0,30...0,60	0,30...0,60
	рыхлый	0,10...0,25	0,10...0,20	0,30...0,60	0,30...0,60

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Макет сертификата о калибровке прибора Деселерометр, модель «LWS-2МС»

РОССИЙСКАЯ СИСТЕМА КАЛИБРОВКИ	
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ"	
Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области» (ФБУ "Тест-С.-Петербург")	
<small>реестр 01438, срок действия до 11.01.2022 г., 190103, г. Санкт-Петербург, ул. Курляндская, д. 1 номер и срок действия аттестата аккредитации, юридический адрес</small>	
СЕРТИФИКАТ О КАЛИБРОВКЕ	
№ 19-02502	
Действителен до <u>16</u> января 2020 г.	
Средство измерений	<u>Прибор для определения эффективности тормозной</u> <small>наименование, тип средства измерений</small>
	<u>системы автомобиля (Деселерометр), модель LWS-2/МС</u>
заводской №	<u>BTF-345</u>
изготовитель	<u>TEST-POL, Краков</u>
принадлежащее	<u>СПб ГАСУ</u> <small>наименование юридического (физического) лица, ИНН</small>
	<u>ИНН 7809011023</u>
Методика калибровки	<u>Методика поверки М 016.000.00 РЭ</u> <small>наименование и номер документа</small>
Условия проведения калибровки	<u>Температура (20±5)°С; относительная</u> <small>приводят перечень влияющих факторов,</small>
	<u>влажность (65±15)%;</u> <small>нормированных в документе на методику калибровки, с указанием их значений</small>
Сведения об используемых при калибровке эталонах	<u>Динамометр ДОСМ-3-0,25 3</u> <small>наименование,</small>
	<u>разряд; квадрант оптический КО-60 ПГ±30";</u> <small>заводской номер, разряд, класс или погрешность</small>
Результаты калибровки	
Погрешность прибора при определении устоючившегося замедления не превышает 4 %.	

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Удостоверение о повышении квалификации по программе «Эксперт по диагностике и оценке технического состояния наземных транспортно-технологических машин»

Настоящее удостоверение свидетельствует о том, что	
Гладушевский Илья Сергеевич	
в период с 4 декабря 2020 года по 18 декабря 2020 года	
УДОСТОВЕРЕНИЕ о повышении квалификации 642412836228	прошел(ла) обучение в
	Обществе с ограниченной ответственностью «Международная академия консалтинга, аудита и образования»
<i>*Документ о квалификации</i>	по программе
	«Эксперт по диагностике и оценке технического состояния наземных транспортно-технологических машин»
Регистрационный номер 609	в объеме
Город Саратов	72 часа
Дата выдачи 18 декабря 2020 года	
	Руководитель <i>В.А. Зеленин</i> Секретарь <i>Людмила</i>

ПРИЛОЖЕНИЕ Г**Сертификаты и акты внедрения****ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ****«Кит оценка»**

191025, г. Санкт-Петербург, ул. Стремянная, д. 10, лит А, пом. 21-Н Тел/Факс: (812) 714-07-40, Тел: 939-31-47,
ИНН 7840412122/КПП 784001001

№ 7293/22 от «29» марта 2022 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы аспиранта

На тему: «Метод оценки влияния характеристик шин на замедление
транспортных средств категории М₁»

Автор: ассистент кафедры наземных транспортно-технологических машин
автомобильно-дорожного факультета Санкт-Петербургского государственного
архитектурно-строительного университета

Гладушевский Илья Сергеевич

Настоящий акт подтверждает, что полученные: ассистентом кафедры наземных транспортно-технологических машин автомобильно-дорожного факультета Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета Гладушевским Ильей Сергеевичем результаты диссертационного исследования на тему «Метод оценки влияния характеристик шин на замедление транспортных средств категории М₁» внедрены в экспертную практику экспертно-правового центра ООО «Кит оценка».

– Приведенный автором массив данных установившегося замедления легковых транспортных средств категории М₁ при различных погодноклиматических условиях приняты к практическому применению;

– Использование массива данных и предложенных автором методов повышает достоверность результатов автотехнических экспертиз при определении значения замедления;

– Предложенный метод оценки замедления ТС категории М₁ при движении по различным покрытиям и различных погодноклиматических условиях позволяет учитывать индивидуальные характеристики ТС категории М₁;

– Представленная программа ЭВМ позволяет минимизировать затраченное время на проведение расчета, при этом изменение значений учитываемых факторов должно происходить в соответствии с маркировкой шин.

Генеральный директор
ООО «Кит оценка»



Тюлькин Е.В.



**Общество с ограниченной ответственностью
«СПбГАСУ-Дорсервис»**

«29» марта 2022 г.
№ 16/1/22

УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор малого
инновационного предприятия
ООО «СПбГАСУ – Дорсервис»
к.э.н., доцент
Е.Е. Медрес



**АКТ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОГО
ИССЛЕДОВАНИЯ**

На тему: «Метод оценки влияния характеристик шин на замедление
транспортных средств категории M_1 »

Автор: ассистент кафедры наземных транспортно-технологических машин
автомобильно-дорожного факультета Санкт-Петербургского государственного
архитектурно-строительного университета
ГЛАДУШЕВСКИЙ ИЛЬЯ СЕРГЕЕВИЧ

Настоящий акт составлен о том, что предложенные автором
диссертационной работы «Метод оценки влияния характеристик шин на
замедление транспортных средств категории M_1 » уточненные значения
установившегося замедления легковых транспортных средств, полученные с
учетом современной научно-методической, инструментальной базы, и передового
зарубежного опыта приняты к использованию в ООО «СПбГАСУ – Дорсервис».

Уточненные значения замедления для 52 современных транспортных
средств категории M_1 полученные в результате экспериментальной деятельности,
более 150 значений установившегося замедления при различных погодных-
климатических условиях и характеристиках транспортных средств, позволяют
повысить достоверность расчетов и качество экспертных заключений;

Представленная программа ЭВМ представляет интерес для внедрения в
деятельность Общества, с целью минимизации временных затрат эксперта на
подготовку заключений;

Разработанная методика оценки позволяет расчетным путем определить
значение замедления для современных транспортных средств категории M_1 с



**Общество с ограниченной ответственностью
«СПБГАСУ-Дорсервис»**

учетом таких индивидуальных характеристик транспортных средств как: массы, и характеристик шин транспортного средства, коэффициента сцепления протектора шины с дорожным покрытием.

В целом, предложенная Гладушевским И.С. методика оценки и программа ЭВМ позволили повысить достоверность результатов проводимых исследований дорожно-транспортных экспертиз и оперативность их выполнения, сократив временные затраты на их производство.

Руководитель отдела
По научному сопровождению,
к.т.н., доцент, Лауреат премии
Правительства Санкт-Петербурга

Я.В. Васильев



ОГРН 1147847005349 ИНН 7816577934/КПП 781601001 192102, Санкт-Петербург, ул. Бухарестская, дом 1, каб. 725
 тел: +7 (812) 703-67-98, +7 (921) 436-98-98, факс: +7 (812) 458-43-01 expert98.ru Email: 9879487@mail.ru

Акт

о практической реализации результатов диссертационного исследования на тему «Метод оценки влияния характеристик шин на замедление транспортных средств категории М₁»

ГЛАДУШЕВСКОГО Ильи Сергеевича

Настоящий акт выдан в качестве подтверждения использования в деятельности ООО «Деловой Эксперт» результатов, полученных Гладушевским И.С., в процессе работы над диссертационным исследованием на тему «Метод оценки влияния характеристик шин на замедление транспортных средств категории М₁».

Предложенный метод, основан на актуализации математического аппарата и учитывает индивидуальные характеристики шин легковых транспортных средств категории М₁, позволяет повысить достоверность результатов автотехнических экспертиз, выполняемых центром.

Предложенная программа для ЭВМ – «Метод оценки влияния характеристик шин на замедление транспортных средств категории М₁» позволяет значительно сократить временные затраты на получение необходимых сведений для проведения экспертизы, что приводит к росту производительности работы экспертов.

Использование полученного массива данных установившегося замедления и тормозного пути 52 современных транспортных средств категории М₁, при различных погодных-климатических условиях и типах и характеристиках шин, позволяет повысить качество и уровень работы специалистов в области безопасности дорожного движения.

С уважением,

Исполнительный директор

И.И. Егорова





МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет»
(СПбГАСУ)

2-я Красноармейская ул., д. 4, Санкт-Петербург

01.07.2022 № 08.32/001

[Акт внедрения материалов диссертации]

в учебный процесс



ПРЕДТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

ФГБОУ ВО «СПбГАСУ»

С.В. Михайлов

АКТ

внедрения материалов, содержащихся в диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук «Методика оценки влияния характеристик шин на замедление транспортных средств категории М₁» Гладушевского Ильи Сергеевича в учебный процесс Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета

Комиссия в составе:

Председателя: кандидата технических наук, доцента, А.В. Зазыкина – декана автомобильно-дорожного факультета;

Членов комиссии: доктора экономических наук, доцента А.И. Солодкого – профессора кафедры Транспортных систем;

доктора технических наук, доцента, А.В. Терентьева – профессора кафедры Наземных транспортно-технологических машин;

кандидата технических наук, доцента И.О. Черняева – Заведующего кафедрой Технической эксплуатации транспортных средств;

кандидата экономических наук В.В. Виноградовой – директора Института повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов.

Настоящим подтверждает внедрение материалов содержащихся в диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук «Методика оценки влияния характеристик шин на замедление транспортных средств категории М₁» ассистента кафедры Наземных транспортно-технологических машин Гладушевского Ильи Сергеевича (научный

руководитель: доктор технических наук, доцент Евтюков Станислав Сергеевич) в учебный процесс выпускающих кафедр автомобильно-дорожного факультета (Транспортных систем, Наземных транспортно-технологических машин, Технической эксплуатации транспортных средств) и Института повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов по программе: «Судебная инженерно-техническая экспертиза» (специализация «Судебная автотехническая экспертиза»), со студентами направлений подготовки: 23.03.01, 23.04.01 «Технология транспортных процессов», 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», 23.03.03, 23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» и аспирантам по направлению подготовки 23.06.01 «Техника и технология наземного транспорта» (профиль «Эксплуатация автомобильного транспорта»).


Результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук «Методика оценки влияния характеристик шин на замедление транспортных средств категории М₁» ассистента кафедры Наземных транспортно-технологических машин Глудушевского Ильи Сергеевича также нашли практическое применение в экспертной деятельности сотрудниками выпускающих кафедр и экспертами Института безопасности дорожного движения при выполнении заключений: «специалиста» и «эксперта» по дорожно-транспортным происшествиям.

Внедрение результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук «Методика оценки влияния характеристик шин на замедление транспортных средств категории М₁» ассистента кафедры Наземных транспортно-технологических машин Глудушевского Ильи Сергеевича (научный руководитель: доктор технических наук, доцент Евтюков Станислав Сергеевич) обсуждено на заседании учебно-методической комиссии автомобильно-дорожного факультета Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета «21» февраля 2022 г. Протокол № 4.

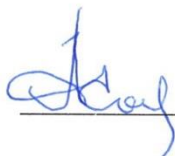
Основные положения диссертации (новые алгоритмы, методы и методики повышения достоверности и оперативности выполнения дорожно-транспортных экспертиз) для экспертной деятельности в области безопасности дорожного движения изложены в основной работе (монографии) автора: Глудушевский И.С. Методология автотехнической экспертизы на основе математической модели параметров замедления транспортных средств в

зависимости от типа протектора / И.С. Гладушевский, С.С. Евтюков // СПб.: ИД «Петрополис», 2021. 220 с.

Председатель комиссии:
Декан АДФ, к.т.н., доцент


 А.В. Зазыкин

Члены комиссии:
Профессор кафедры ТС,
д.э.н., доцент
Профессор кафедры НТТМ,
д.т.н., доцент
Заведующий кафедрой ТЭТС,
к.т.н., доцент
Директор ИПК
к.э.н.

 А.И. Солодкий

 А.В. Терентьев

 И.О. Черняев

 В.В. Виноградова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ГОРНЫЙ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СЕРТИФИКАТ

ВЫДАН

**ГЛАДУШЕВСКОМУ
ИЛЬЕ СЕРГЕЕВИЧУ**

УЧАСТНИКУ

МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
ИННОВАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ГОРНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ
И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКИ: IPDME-2020



Проректор по международным
и методической работе

Т.А. Петрова

Санкт-Петербург
2020



Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет»

Автомобильно-дорожный факультет

СЕРТИФИКАТ

Настоящий сертификат подтверждает, что

Гладушевский Илья Сергеевич

Принял(а) участие в
**74-й научно-практической конференции студентов,
аспирантов и молодых учёных
«Актуальные проблемы современного строительства»
05-09 апреля 2021 г.**

Декан Автомобильно-дорожного
факультета СПБГАСУ
к.т.н., доцент



В.Зазыкин

Санкт-Петербург 2021

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ



ОРЛОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
имени И.С. Тургенева

СЕРТИФИКАТ

подтверждает, что

Гладушевский Илья Сергеевич

принял участие в работе VI Международной научно-практической конференции «Информационные технологии и инновации на транспорте» 20 мая 2020 г. с докладом:

«Выявление факторов наиболее значимо влияющих на оценку замедления транспортных средств категории М₁»

Председатель
оргкомитета конференции
Врио ректора



А.А. Федотов
А.А. Федотов

WWW.ORELUNIVER.RU

ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Липецкий государственный технический университет»

СЕРТИФИКАТ УЧАСТНИКА

подтверждает, что

Гладушевский Илья Сергеевич

принял(а) участие

в Международной научно-практической конференции
«ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ» - ИИТТ'2022
20 - 21 апреля 2022 года

Ректор

П. В. Сараев

Липецк, 2022

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Общие технические характеристики используемых транспортных средств категории при проведении экспериментальных исследований и

Модель ВАЗ 2110	
Год выпуска	1995-2014
Кузов	седан
Снаряженное состояние, кг	1080
Полная масса, кг	1555
Тормоза	передние - дисковые
	задние - барабанные
Размер шин	175/70/R13
Модель ВАЗ 2112	
Год выпуска	2008
Кузов	седан
Снаряженное состояние, кг	1080
Полная масса, кг	1515
Тормоза	передние - дисковые
	задние - барабанные
Размер шин	185/65/R14
Модель Лада Гранта	
Год выпуска	2014
Кузов	седан
Снаряженное состояние, кг	1055
Полная масса, кг	1560
Тормоза	передние - дисковые
	задние - барабанные
Размер шин	175/65/R14
Модель BMW 520i	
Год выпуска	2014
Кузов	седан
Снаряженное состояние, кг	1595
Полная масса, кг	1615
Тормоза	передние - дисковые
	задние - дисковые
Размер шин	225/55/R17
Модель Renault Grand Scenic	
Год выпуска	2011
Кузов	универсал
Снаряженное состояние, кг	1516
Полная масса, кг	2146
Тормоза	передние - дисковые
	задние - дисковые

Размер шин	165/70/R13
Модель ГАЗ 2117	
Год выпуска	2002
Кузов	микроавтобус
Снаряженное состояние, кг	----
Полная масса, кг	2800
Тормоза	передние - дисковые
	задние - барабанные
Размер шин	215/65/R16
Модель Nissan Juke	
Год выпуска	2013
Кузов	хэтчбек
Снаряженное состояние, кг	1245
Полная масса, кг	1675
Тормоза	передние - дисковые
	задние - дисковые
Размер шин	215/55/R17
Модель Volkswagen Polo	
Год выпуска	2012
Кузов	седан
Снаряженное состояние, кг	1084
Полная масса, кг	1660
Тормоза	передние - дисковые
	задние - дисковые
Размер шин	175/70/R14
Модель Volvo S40	
Год выпуска	2012
Кузов	седан
Снаряженное состояние, кг	1310
Полная масса, кг	----
Тормоза	передние - дисковые
	задние - дисковые
Размер шин	158/60/R14
Модель Mitsubishi Outlander XL	
Год выпуска	2009
Кузов	кроссовер
Снаряженное состояние, кг	1665
Полная масса, кг	2350
Тормоза	передние - дисковые
	задние - дисковые
Размер шин	235/55/R18

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Характеристики транспортных средств, задействованных в экспериментальном исследовании.

№, п.п.	Марка ТС	Модель ТС	Год ТС	Масса ТС, кг. с водителем	Масса ТС кг., max	Объем ДВС, л.	Тип ривода	Мощность л.с.	Ширина профиля шины	Высота профиля шины	Внутренний диаметр шины
1	Kia	Picanto	2019	983	1370	1,3	передний	84	175	65	14
2	Smart	FourTwo	2018	1005	1180	1,0	передний	71	185	60	15
3	Fiat	500	2018	1010	1450	1,4	передний	100	195	45	16
4	Peugeot	107	2014	835	1190	1,0	передний	68	155	65	14
5	Toyota	iQ	2010	886	1210	1,0	передний	68	175	65	15
6	Volvo	S40	2011	1359	1940	2,4	передний	140	205	55	16
7	Volkswagen	Polo	2015	1231	1660	1,6	передний	85	185	60	15
8	Hyundai	Solaris	2014	1134	1565	1,6	передний	123	185	65	15
9	Ford	Fiesta	2016	1221	1590	1,6	передний	120	195	50	16
10	Kia	Rio	2017	1149	1565	1,6	передний	123	185	65	15
11	Audi	A3 Sportback	2008	1545	2095	3,2	полный	250	225	40	18
12	Skoda	Octavia	2017	1325	1795	1,6	передний	110	205	55	16
13	Volkswagen	Golf	2017	1319	1750	1,4	передний	125	205	55	16
14	Opel	Astra	2014	1400	1945	1,6	передний	115	215	50	17
15	Ford	Focus	2018	1334	1825	1,6	передний	105	205	55	16
16	Toyota	Camry	2017	1685	2100	3,5	передний	249	215	55	17
17	Lexus	IS	2013	1555	2090	2,5	задний	208	225	45	17

18	Mercedes-Benz	C-klasse 180	2015	1465	1990	2,0	задний	184	225	45	18
19	Audi	A4	2016	1475	1985	2,0	передний	190	225	50	17
20	BMW	3	2013	1405	1955	1,6	задний	136	205	60	16
21	Ford	Mondeo	2016	1620	2210	2,0	передний	199	235	45	18
22	Volkswagen	Passat	2015	1483	1970	1,4	передний	150	215	55	17
23	Lexus	LS	2013	1940	2560	4,6	задний	370	235	50	18
24	Audi	A6	2018	1874	2200	2,0	полный	190,3	225	55	17
25	BMW	5	2016	1835	2365	2,0	полный	218	245	50	18
26	Mercedes-Benz	E-klasse	2017	1805	2375	2,0	полный	194	225	55	17
27	Volvo	S80	2011	1786	2290	3,0	полный	304	225	50	17
28	Audi	A8	2016	2025	2530	3,0	полный	310	265	40	20
29	BMW	750D	2017	2085	2630	3,0	полный	400	245	40	20
30	Genesis	G80	2017	2085	2520	2,0	полный	245	245	45	18
31	Hyundai	Equus	2014	2000	2400	3,8	задний	334	245	50	18
32	Mercedes-Benz	S-klasse 500	2016	2140	2750	4,7	полный	455	245	45	18
33	Audi	Q3	2015	1635	2165	2,0	полный	180	235	55	17
34	BMW	X1	2012	1665	2140	2,0	полный	184	225	50	17
35	Mercedes-Benz	GLA	2014	1505	1990	2,0	полный	211	215	60	17
36	Mazda	CX-5	2015	1625	2050	2,2	полный	150	225	65	17
37	Nissan	Qashqai	2014	1404	1890	2,0	передний	144	215	60	17
38	Hyundai	Tucson	2015	1555	2050	2,0	передний	150	225	60	17
39	Honda	CR-V	2015	1710	2100	2,4	полный	188	225	60	18

40	Audi	Q5	2012	1720	2330	2,0	полный	211	235	65	17
41	Mersedes-Benz	GLC	2016	1915	2500	2,1	полный	170	235	65	17
42	BMW	X3	2014	1820	2365	2	полный	190	225	60	17
43	BMW	X5	2014	2030	2740	3,0	полный	306	255	55	18
44	Toyota	Land Cruiser 150	2019	2300	2990	2,8	полный	177	265	65	17
45	Mersedes-Benz	GL	2012	2360	3250	4,7	полный	340	275	55	19
46	Audi	Q7	2015	2125	2750	3,0	полный	249	255	60	18
47	Volkswagen	Caddy	2018	1570	2220	1,6	передний	110	205	55	16
48	Opel	Combo	2010	1278	1805	1,3	передний	75	175	65	14
49	Citroen	Berlingo	2016	1575	2070	1,6	передний	90	215	55	16
50	Hyundai	H-1	2017	2330	3030	2,5	Задний	170	215	65	17
51	Volkswagen	Transporter T6	2012	2006	3200	2,0	полный	204	205	65	16
52	Opel	Zafira	2012	1440	2080	1,8	передний	140	205	55	16

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Характеристики летних шин транспортных средств, задействованных в экспериментальном исследовании.

Марка ТС	Модель ТС	Ширина профиля шины	Высота профиля шины	Внутренний диаметр шины	Летние шины				
					Марка шин	Модель	Индекс нагрузки на шину	Индекс скорости шины	Высота протектора, мм
Kia	Picanto	175	65	14	Viatti	Strada Asimmetrico V-130	82	H	3,73
Smart	FourTwo	185	60	15	Continental	ContiPremiumContact 5	84	T	5,86
Fiat	500	195	45	16	GOODYEAR	EfficientGrip	84	V	4,82
Peugeot	107	155	65	14	Tigar	Touring	75	T	2,50
Toyota	iQ	175	65	15	Hankook	Tire Optimo K715	84	T	5,17
Volvo	S40	205	55	16	Toyo	Proxes TR1	91	W	4,06
Volkswagen	Polo	185	60	15	Cordiant	Comfort 2	88	H	2,68
Hyundai	Solaris	185	65	15	Formula	Energy	88	T	3,16
Ford	Fiesta	195	50	16	MICHELIN	Primacy	88	V	5,28
Kia	Rio	185	65	15	Formula	Energy	88	T	5,90
Audi	A3 Sportback	225	40	18	Tigar	Ultra High Performance	95	Y	2,36
Skoda	Octavia	205	55	16	Formula	Energy	91	V	2,15
Volkswagen	Golf	205	55	16	Bridgestone	Ecopia	96	H	5,36
Opel	Astra	215	50	17	Matador	MP 47 Hectorra 3	95	W	4,81
Ford	Focus	205	55	16	Tigar	High Performance	87	W	5,05
Toyota	Camry	215	55	17	Michelin	CrossClimate+	98	W	3,14

Lexus	IS	225	45	17	Bridgestone	Turanza T001	94	W	4,27
Mercedes-Benz	C-klasse	225	45	18	Michelin	Pilot Super Sport	95	Y	4,79
Audi	A4	225	50	17	Bridgestone	Ecopia EP300	94	V	3,28
BMW	3	205	60	16	Goodyear	Eagle Sport TZ	92	V	3,76
Ford	Mondeo	235	45	18	Nokian Tyres	Nordman	94	W	3,49
Volkswagen	Passat	215	55	17	Continental	ContiPremiumContact 5	94	V	2,56
Lexus	LS	235	50	18	Yokohama	Advan dB V552	97	W	5,49
Audi	A6	225	55	17	Bridgestone	Potenza S001	101	Y	5,13
BMW	5	245	50	18	Michelin	Pilot Sport 4	100	Y	3,92
Mercedes-Benz	E-klasse	225	55	17	Dunlop	SP Sport LM704	97	W	2,88
Volvo	S80	225	50	17	Dunlop	SP Sport Maxx TT	98	Y	4,85
Audi	A8	265	40	20	Bridgestone	Potenza S007A	104	Y	3,81
BMW	750D	245	40	20	Michelin	Pilot Sport 4 S	99	Y	6,25
Genesis	G80	245	45	18	Michelin	Primacy 3	96	W	4,42
Hyundai	Equus	245	50	18	Pirelli	P Zero	100	Y	3,34
Mercedes-Benz	S-klasse 500	245	45	18	Pirelli	Cinturato P7	100	W	4,27
Audi	Q3	235	55	17	Pirelli	Cinturato P7	99	Y	3,95
BMW	X1	225	50	17	Pirelli	P7	98	W	4,82
Mercedes-Benz	GLA	215	60	17	Pirelli	Scorpion Verde	95	H	5,71
Mazda	CX-5	225	65	17	Michelin	Latitude Sport 3	106	V	2,12
Nissan	Qashqai	215	60	17	Nokian Tyres	Tyres Nordman S	96	H	4,36

Hyundai	Tucson	225	60	17	Hankook Tire	Ventus Prime2 K115	99	H	4,59
Honda	CR-V	225	60	18	Nokian Tyres	Tyres Nordman S2	100	H	3,74
Audi	Q5	235	65	17	Dunlop	SP Sport Maxx 050+	108	W	5,03
Mercedes-Benz	GLC	235	65	17	Pirelli	Scorpion Verde	108	V	3,34
BMW	X3	225	60	17	Goodyear	Eagle Sport TZ	103	V	4,49
BMW	X5	255	55	18	Bridgestone	Dueler H/P Sport	109	Y	5,48
Toyota	Land Cruiser 150	265	65	17	Michelin	Latitude Tour HP	112	S	1,63
Mercedes-Benz	GL	275	55	19	Continental	Continental ContiSportContact 5	111	W	5,70
Audi	Q7	255	60	18	Michelin	Pilot Sport 4	112	W	4,21
Volkswagen	Caddy	205	55	16	BFGoodrich	Advantage	94	W	4,52
Opel	Combo	175	65	14	Viatti	Strada Asimmetrico V-130	82	H	2,82
Citroen	Berlingo	215	55	16	Matador	MP 47 Hectoria 3	97	H	3,49
Hyundai	H-1	215	65	17	Nokian Tyres	Nordman S2	99	V	5,45
Volkswagen	Transporter T6	205	65	16	Nexen	Classe Premiere 672	95	H	5,68
Opel	Zafira	205	55	16	Pirelli	Cinturato P1	91	V	3,55

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Характеристики зимних шин транспортных средств, задействованных в экспериментальном исследовании.

Марка ТС	Модель ТС	Ширина профиля шины	Высота профиля шины	Внутренний диаметр шины	Зимние шины					
					Марка шин	Модель	Индекс нагрузки на шину	Индекс скорости шины	Наличие шипов	Высота протектора, мм
Kia	Picanto	175	65	14	Kumho	WinterCraft Ice Wi32	86	T	да	3,53
Smart	FourTwo	185	60	15	Michelin	X-Ice North 2	88	T	да	4,35
Fiat	500	195	45	16	Goodyear	Ultra Grip Ice Arctic	88	T	да	2,62
Peugeot	107	155	65	14	Maxxis	Arctictrekker NP3	75	T	да	3,74
Toyota	iQ	175	65	15	Hankook	Winter i*Pike RS2 W429	88	T	да	5,44
Volvo	S40	205	55	16	Toyo	Observe Ice-Freezer	91	T	да	5,50
Volkswagen	Polo	185	60	15	Cordiant	Snow Cross 2	88	T	да	2,60
Hyundai	Solaris	185	65	15	Formula	Ice	91	T	да	5,03
Ford	Fiesta	195	50	16	Dunlop	SP Winter Ice 02	82	T	да	3,25
Kia	Rio	185	65	15	Kormoran	Stud 2	92	T	да	4,00
Audi	A3 Sportback	225	40	18	Bridgestone	Blizzak LM005	92	V	нет	5,03
Skoda	Octavia	205	55	16	Hankook	Tire Winter i*Pike RS2	91	T	да	4,89

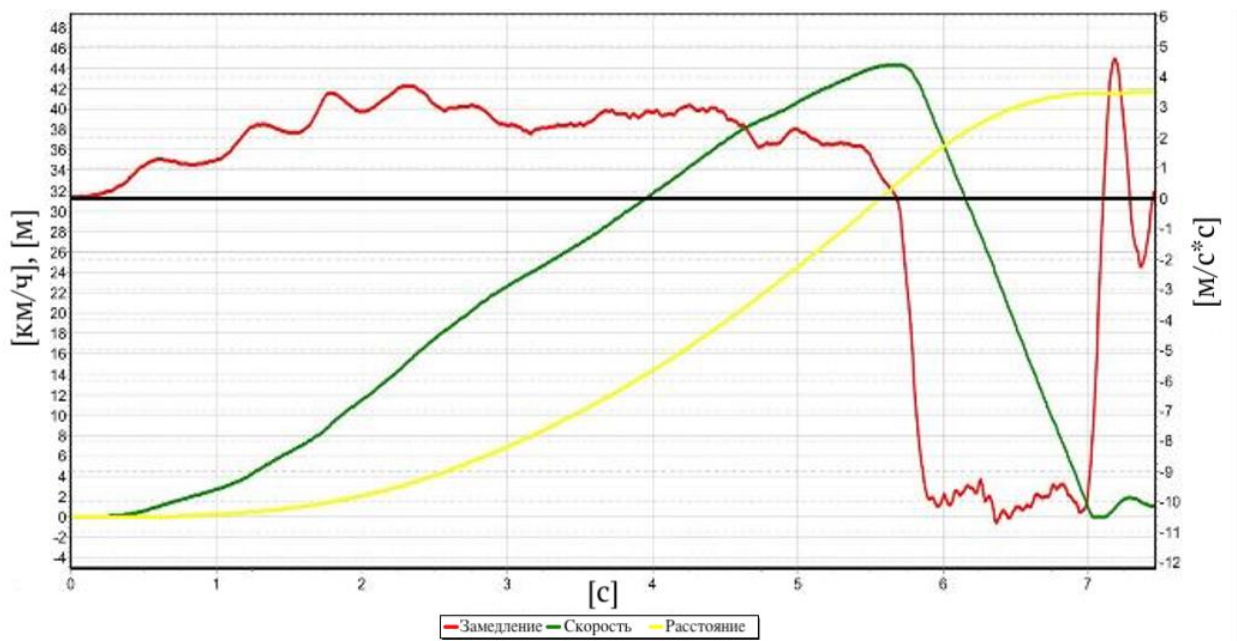
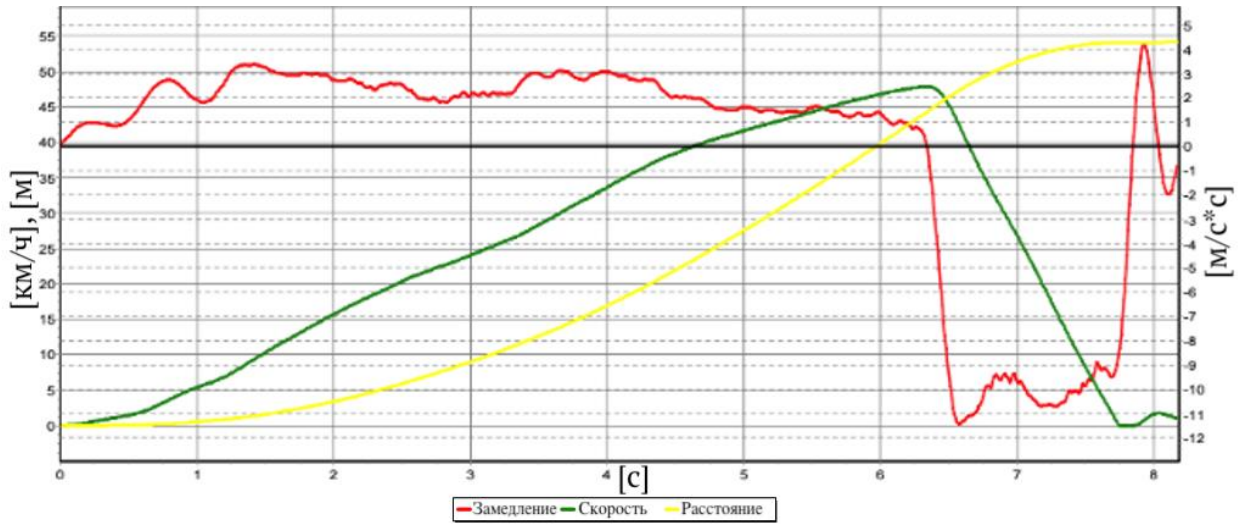
Volkswagen	Golf	205	55	16	Nokian Tyres	Nordman 7	94	T	да	4,04
Opel	Astra	215	50	17	Viatti	Brina Nordico V-522	94	T	да	4,13
Ford	Focus	205	55	16	Yokohama	Ice Guard IG55	91	T	да	2,96
Toyota	Camry	215	55	17	Nokian Tyres	Hakkapeliitta 8	98	T	да	7,25
Lexus	IS	225	45	17	Yokohama	Ice Guard IG65	94	T	да	4,03
Mercedes-Benz	C-klasse 180	225	45	18	Michelin	X-ice Xi3	95	H	нет	6,65
Audi	A4	225	50	17	Continental	IceContact 2	98	T	да	5,64
BMW	3	205	60	16	Goodyear	Ultragrip 600	96	T	да	2,71
Ford	Mondeo	235	45	18	Nokian Tyres	Hakkapeliitta R3	98	T	нет	5,78
Volkswagen	Passat	215	55	17	Continental	IceContact 2	98	T	да	5,16
Lexus	LS	235	50	18	Pirelli	Scorpion Ice Zero 2	101	H	да	4,49
Audi	A6	225	55	17	Continental	IceContact 2	101	T	да	7,62
BMW	5	245	50	18	Michelin	Pilot Alpin 4	100	H	нет	6,07
Mercedes-Benz	E-klasse	225	55	17	Dunlop	SP Winter Sport 4D	101	H	нет	5,37
Volvo	S80	225	50	17	Michelin	X-Ice North 4	98	H	да	3,08
Audi	A8	265	40	20	Michelin	X-Ice North 4	104	V	да	5,99
BMW	750D	245	40	20	Nokian Tyres	Hakkapeliitta 9	102	T	да	6,37

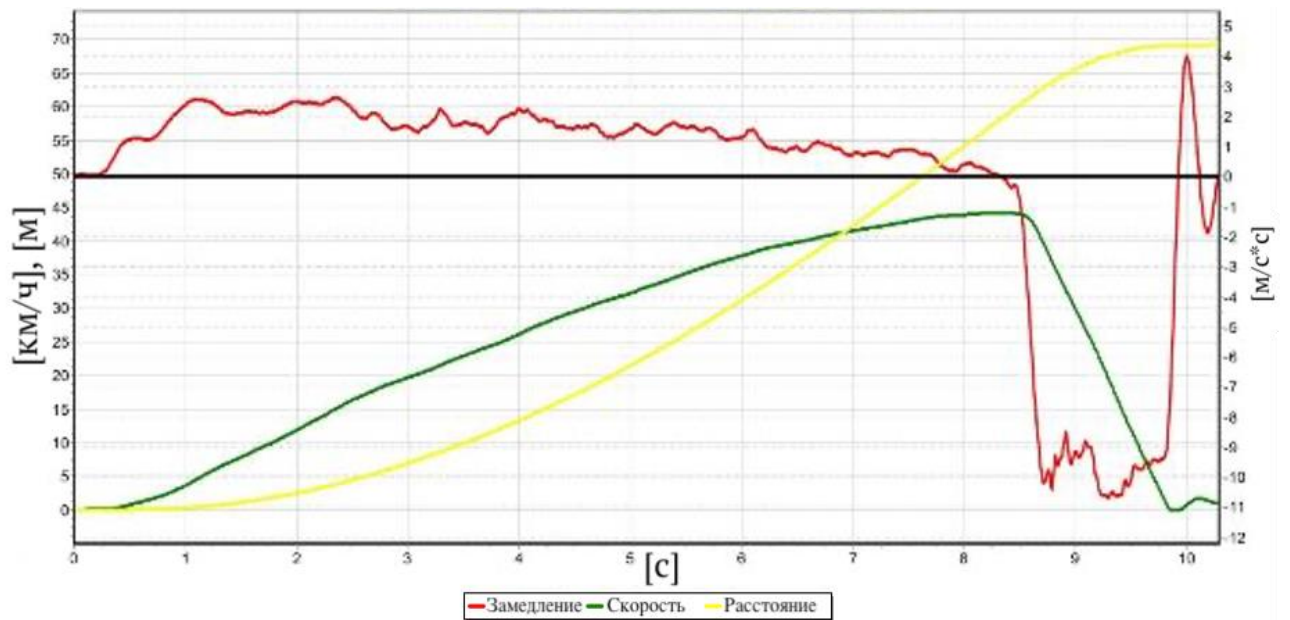
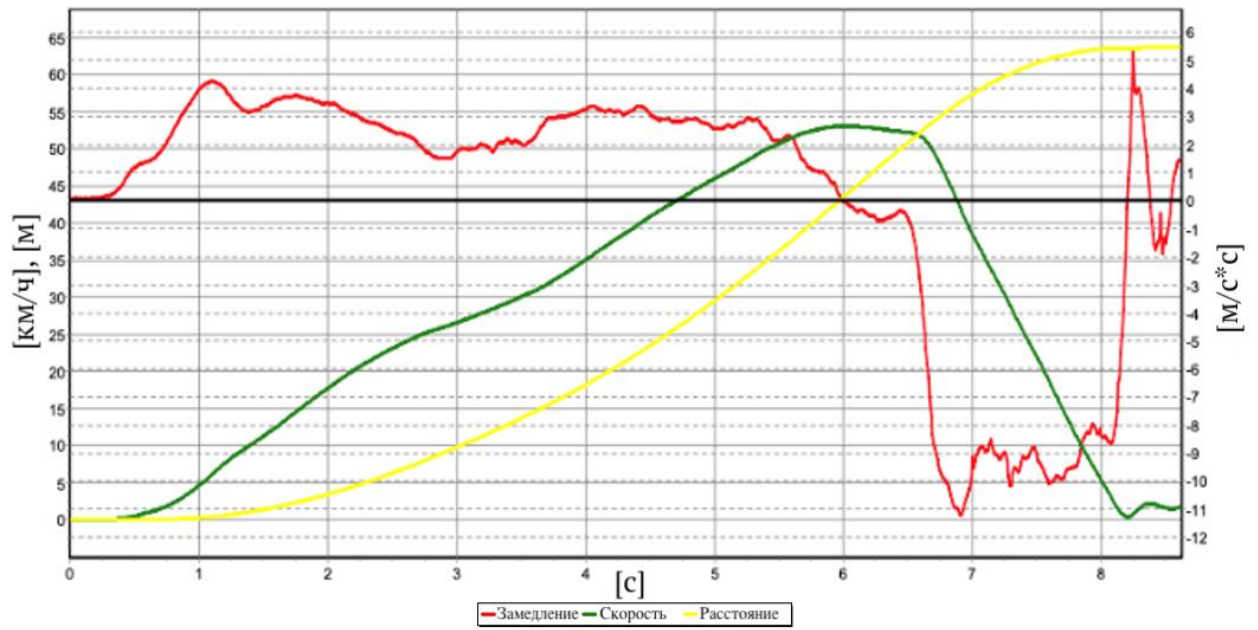
Genesis	G80	245	45	18	Goodyear	Ultragrip ice 2	100	T	да	4,03
Hyundai	Equus	245	50	18	Yokohama	Ice Guard IG35+	104	T	да	3,78
Mercedes-Benz	S-klasse 500	245	45	18	Pirelli	Ice Zero 2	100	H	нет	6,59
Audi	Q3	235	55	17	Bridgestone	Ice Cruiser 7000	99	T	да	5,08
BMW	X1	225	50	17	Dunlop	SP Winter Ice02	98	T	да	4,67
Mercedes-Benz	GLA	215	60	17	Pirelli	Ice Zero 2	100	T	да	5,42
Mazda	CX-5	225	65	17	Michelin	Latitude X-ice North	102	T	да	5,54
Nissan	Qashqai	215	60	17	Nokian Tyres	Nordman 7 SUV	100	T	да	4,30
Hyundai	Tucson	225	60	17	Hankook	Tire Winter i*Pike X	103	T	да	6,26
Honda	CR-V	225	60	18	Nokian Tyres	Hakkapeliitta 8 SUV	104	T	да	6,41
Audi	Q5	235	65	17	Continental	IceContact 2 SUV	108	T	да	3,03
Mercedes-Benz	GLC	235	65	17	Pirelli	Ice Zero	108	T	да	5,71
BMW	X3	225	60	17	Goodyear	Ultra Grip Ice Arctic SUV	103	T	да	6,46
BMW	X5	255	55	18	Bridgestone	Blizzak Spike-02 SUV	109	T	да	3,21
Toyota	Land Cruiser 150	265	65	17	Bridgestone	Blizzak	116	T	да	6,60

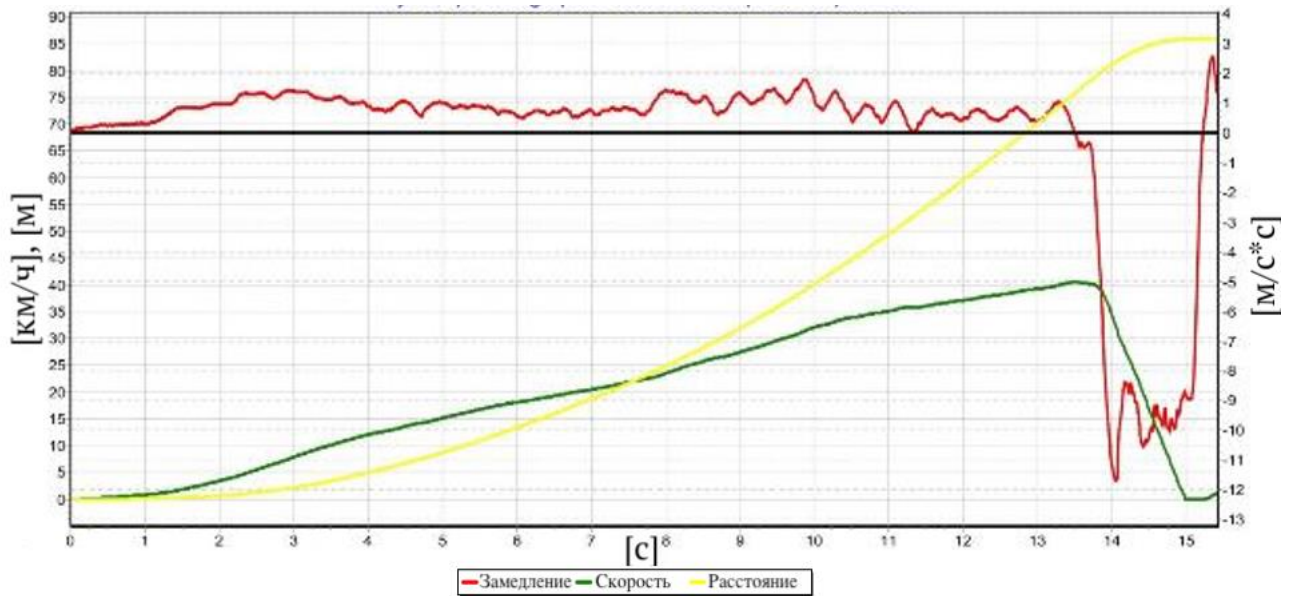
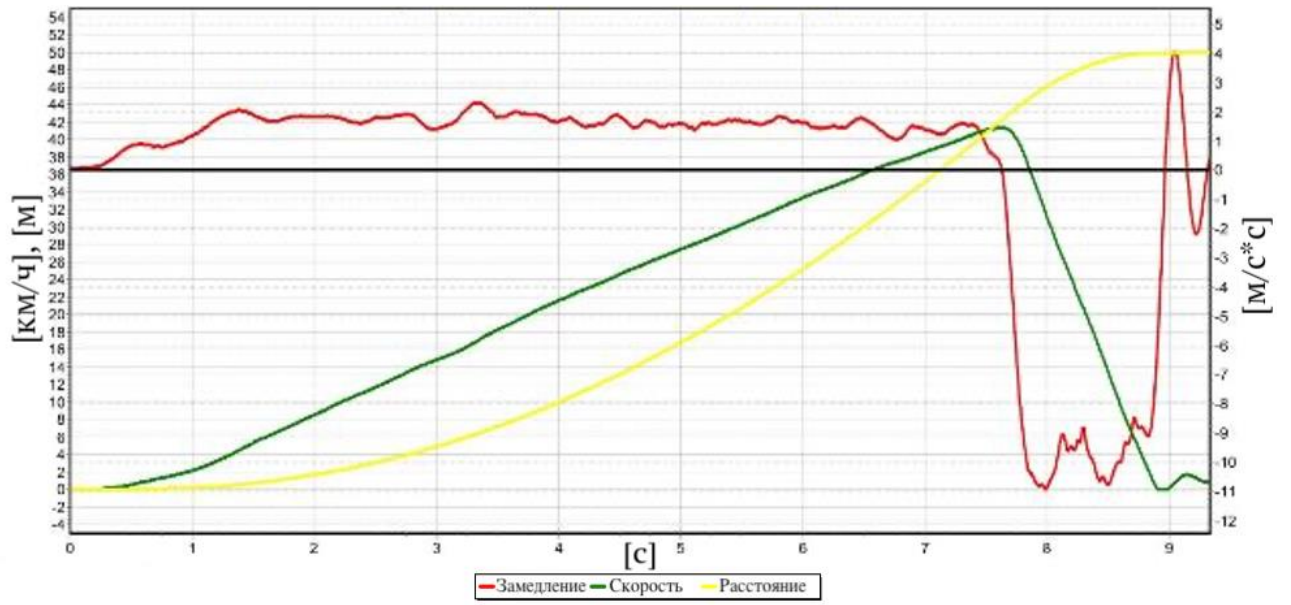
Mersedes-Benz	GL	275	55	19	Continental	IceContact 2 SUV	111	T	да	3,06
Audi	Q7	255	60	18	Michelin	Latitude X-ice North	112	T	да	5,59
Volkswagen	Caddy	205	55	16	Viatti	Brina Nordico V-522	91	T	да	2,41
Opel	Combo	175	65	14	Kumho	WinterCraft Ice WI31	86	T	да	5,42
Citroen	Berlingo	215	55	16	Matador	MP 30 Sibir Ice 2	97	T	да	2,96
Hyundai	H-1	215	65	17	Kumho	Solus HA32	103	V	нет	5,54
Volkswagen	Transporter T6	205	65	16	GoodYear	Ultra Grip Ice Arctic	99	T	да	4,13
Opel	Zafira	205	55	16	Tigar	Ice	94	T	да	5,55

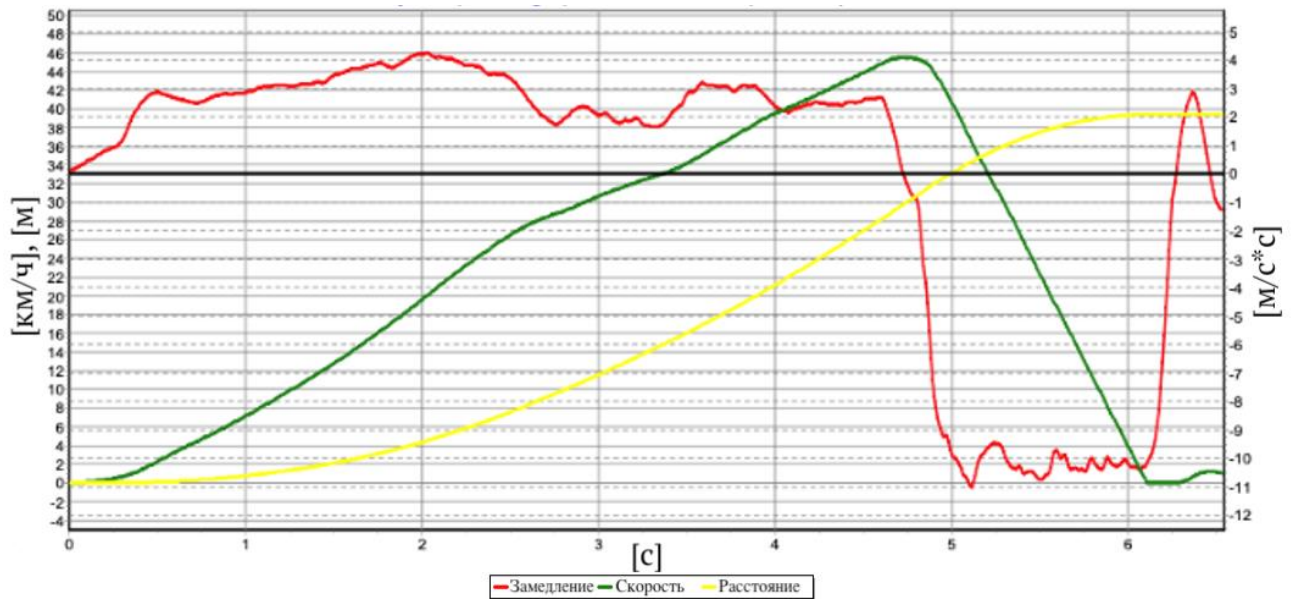
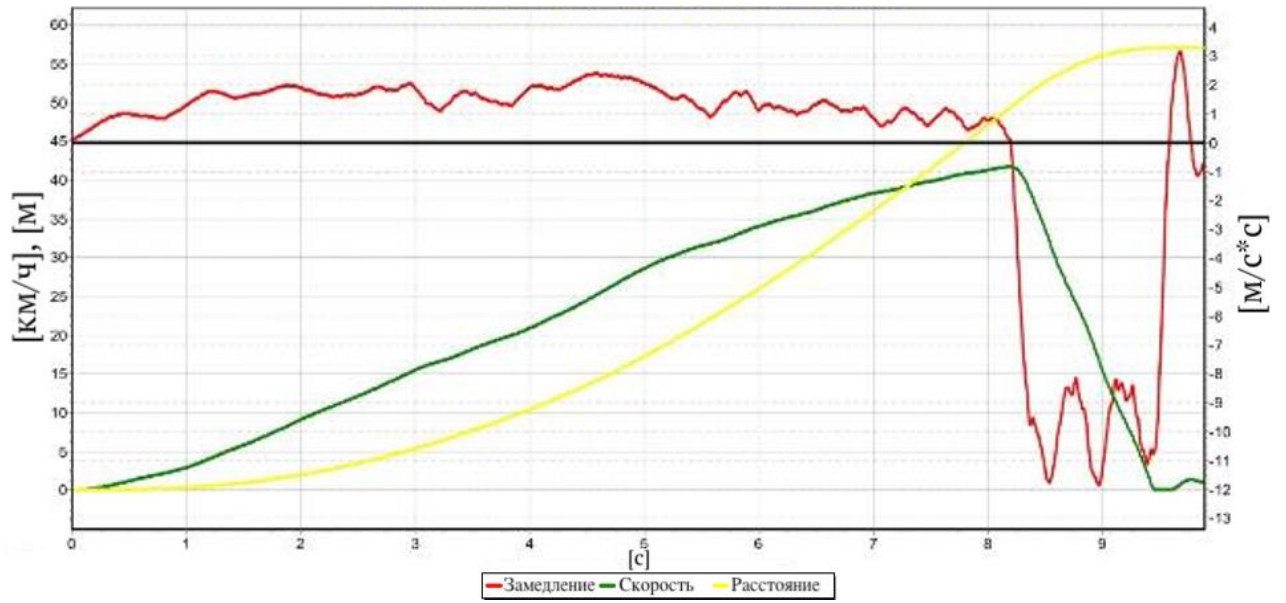
ПРИЛОЖЕНИЕ И

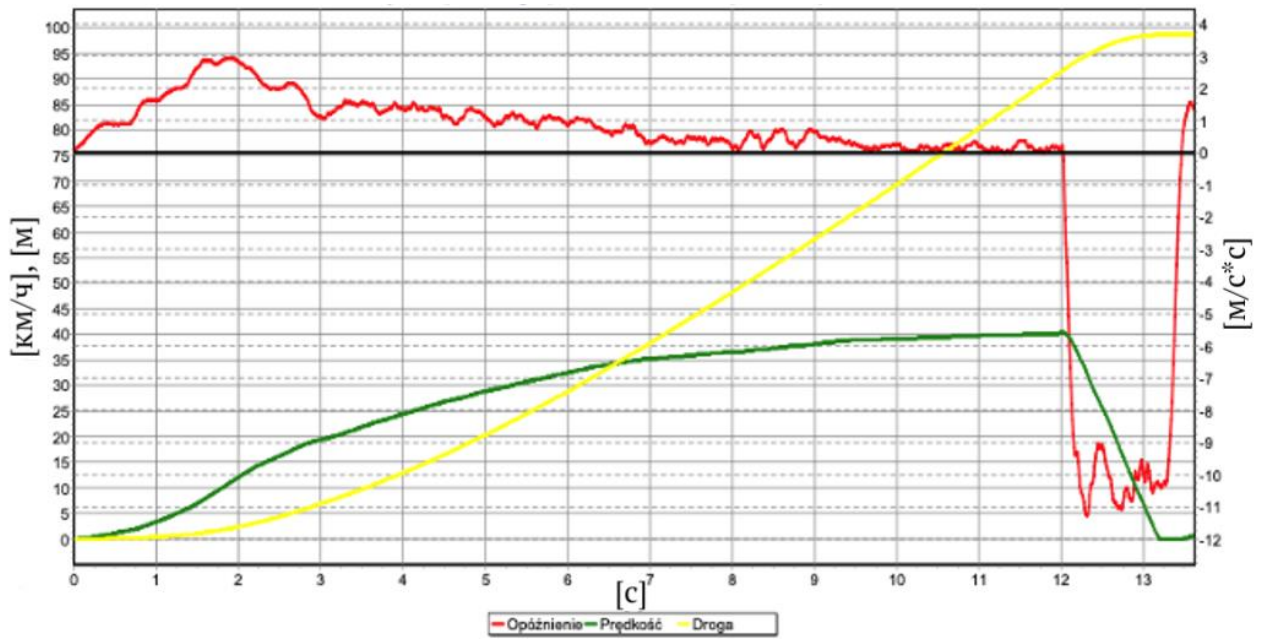
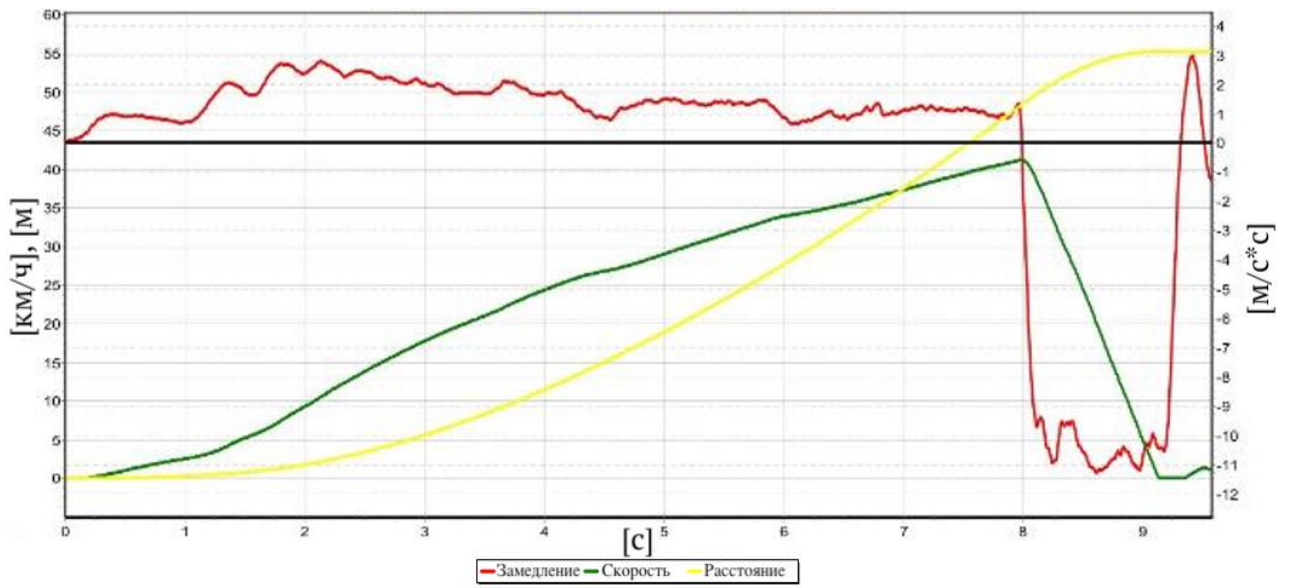
Графики Замедления ТС, полученные при помощи деселерометра LWS – 2/МС на сухом асфальтобетонном покрытии при положительных температурах.

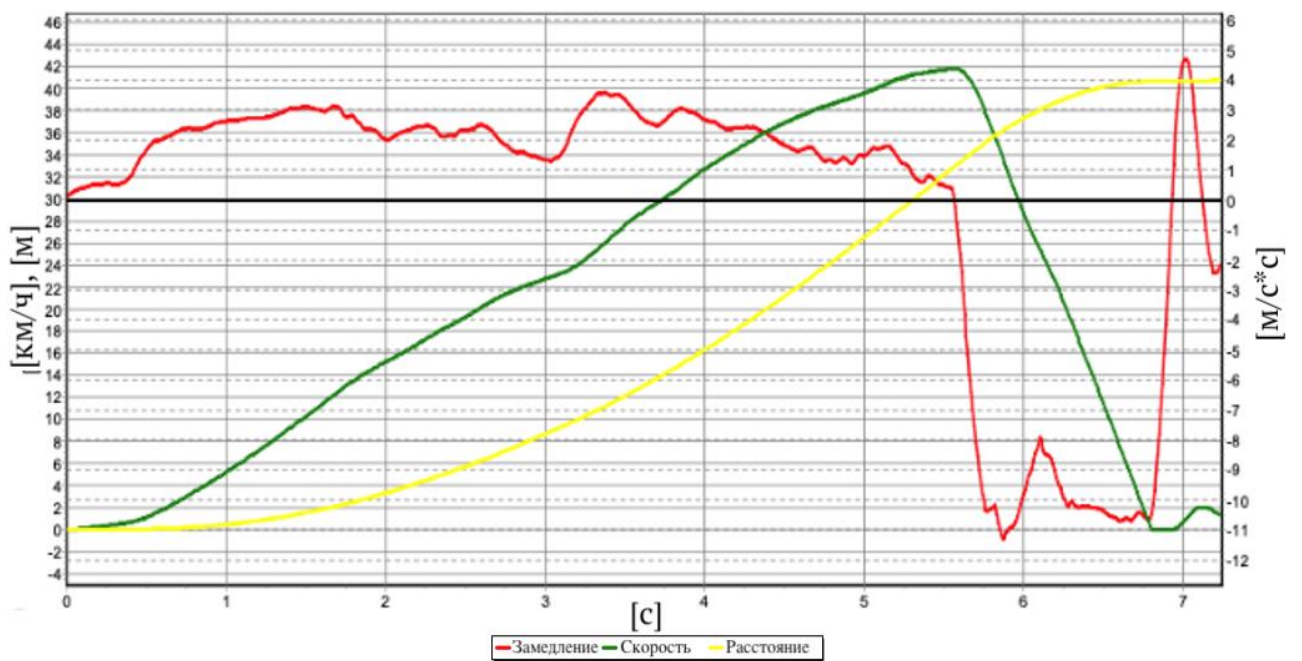
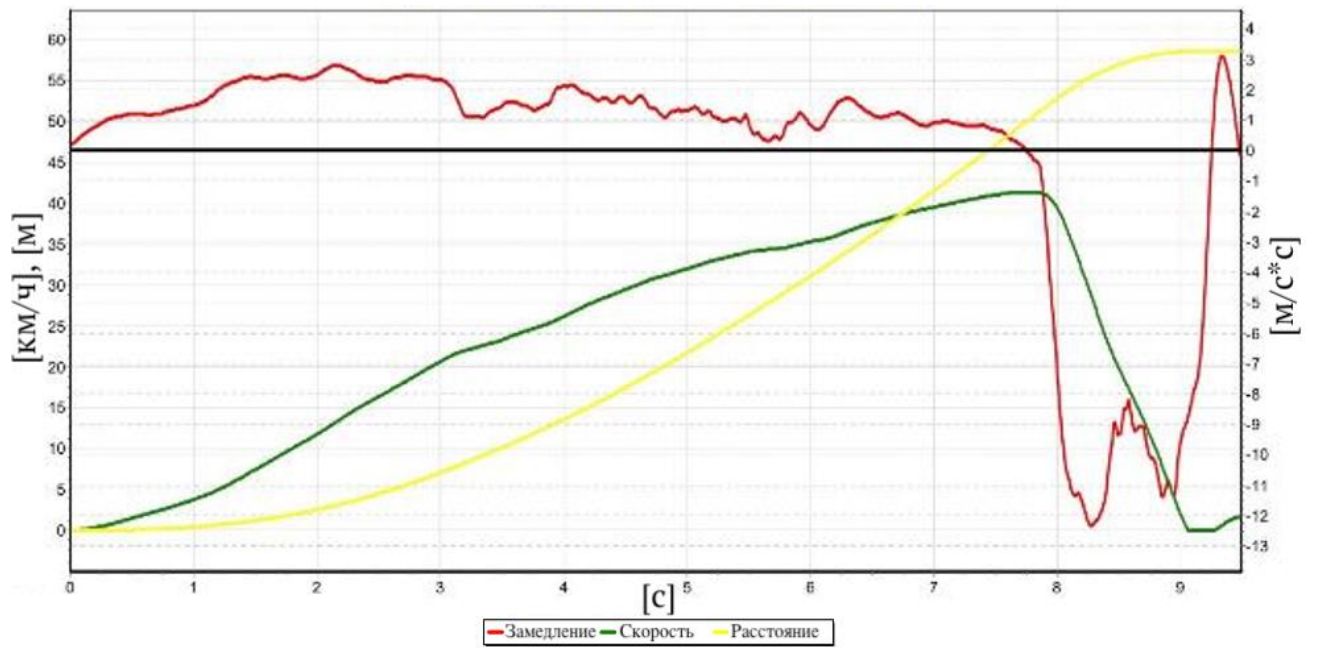


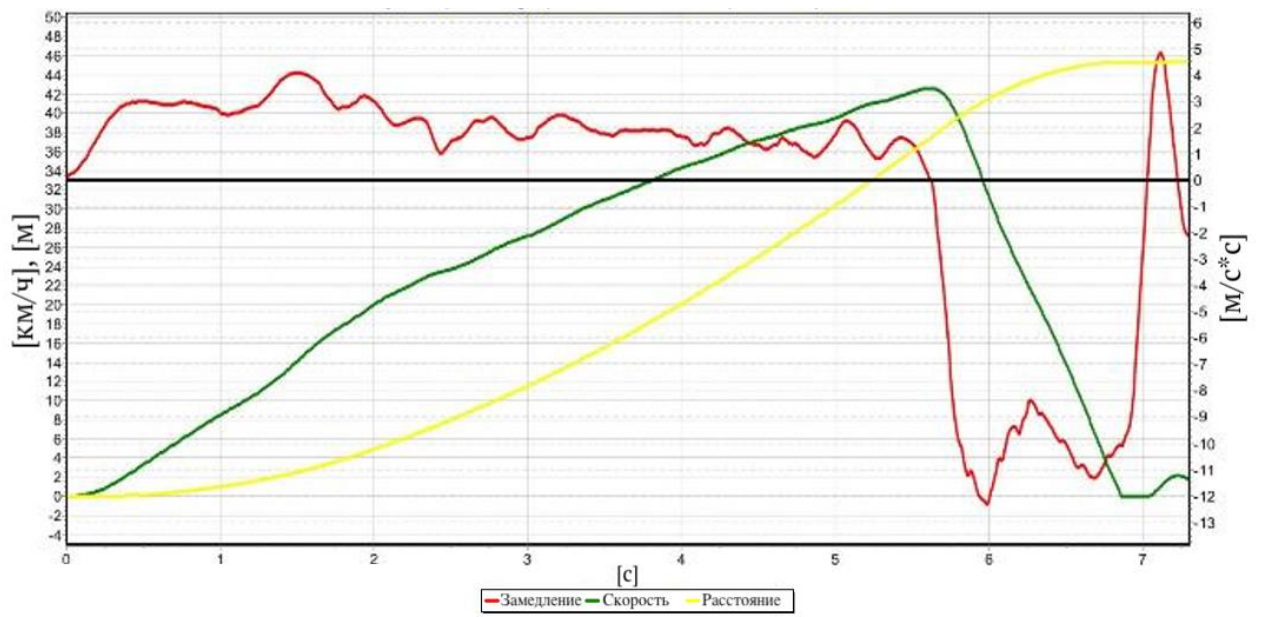
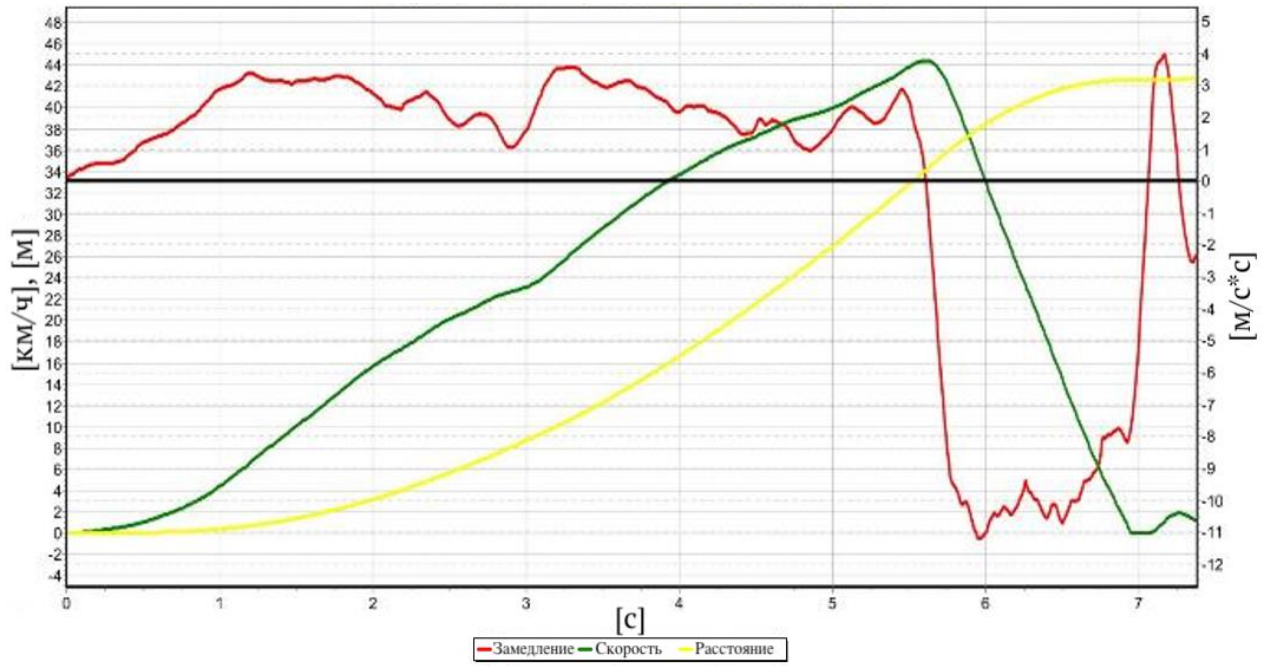


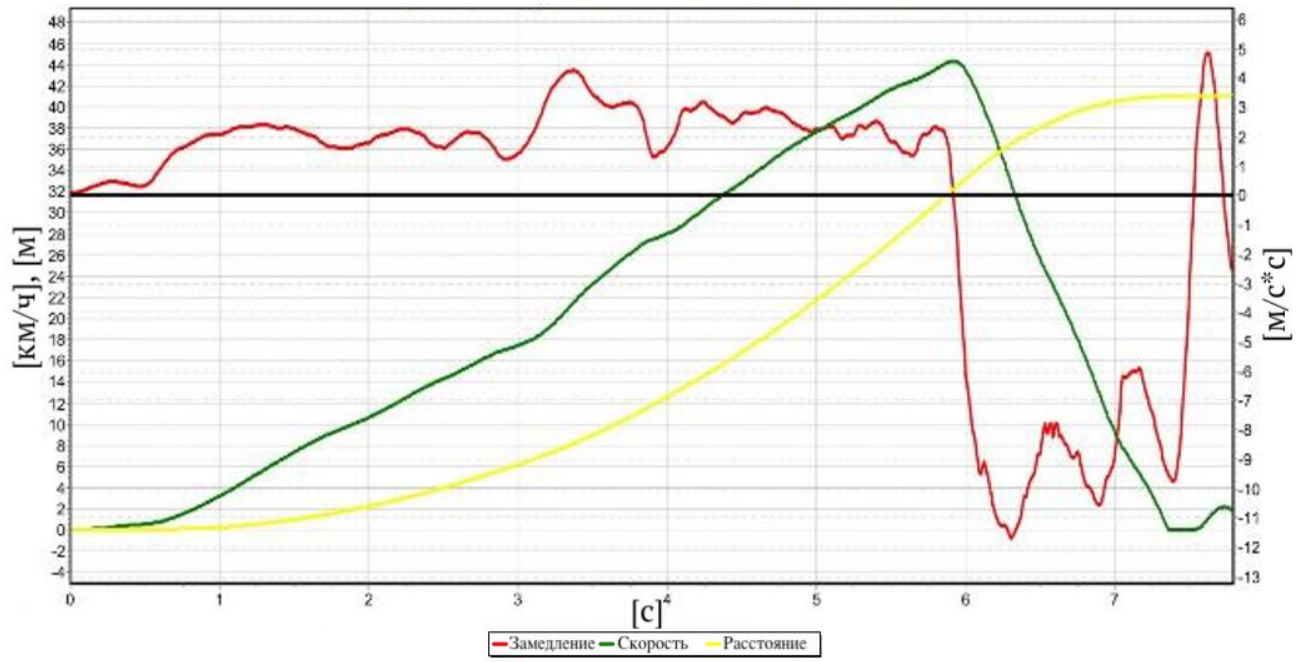






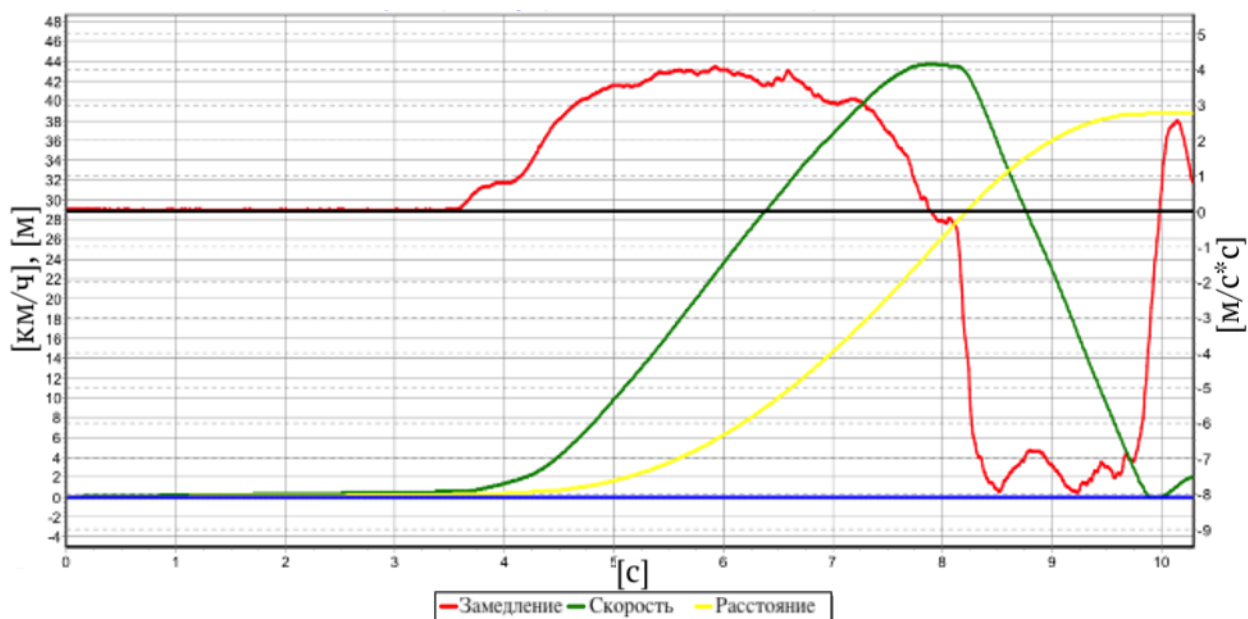
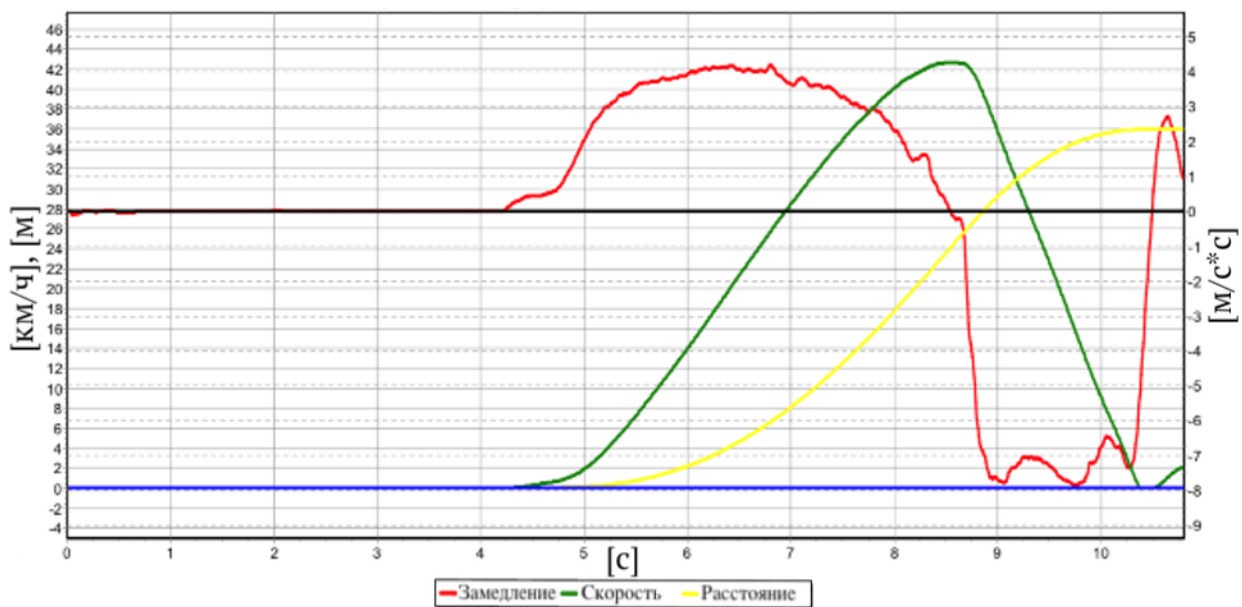


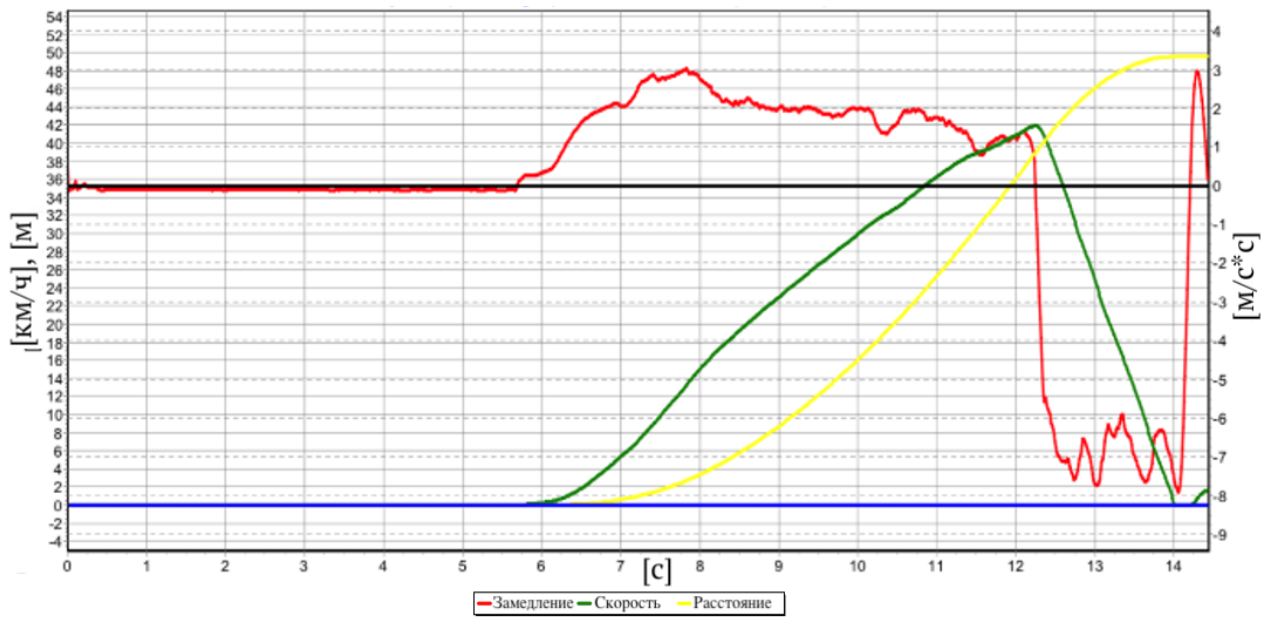
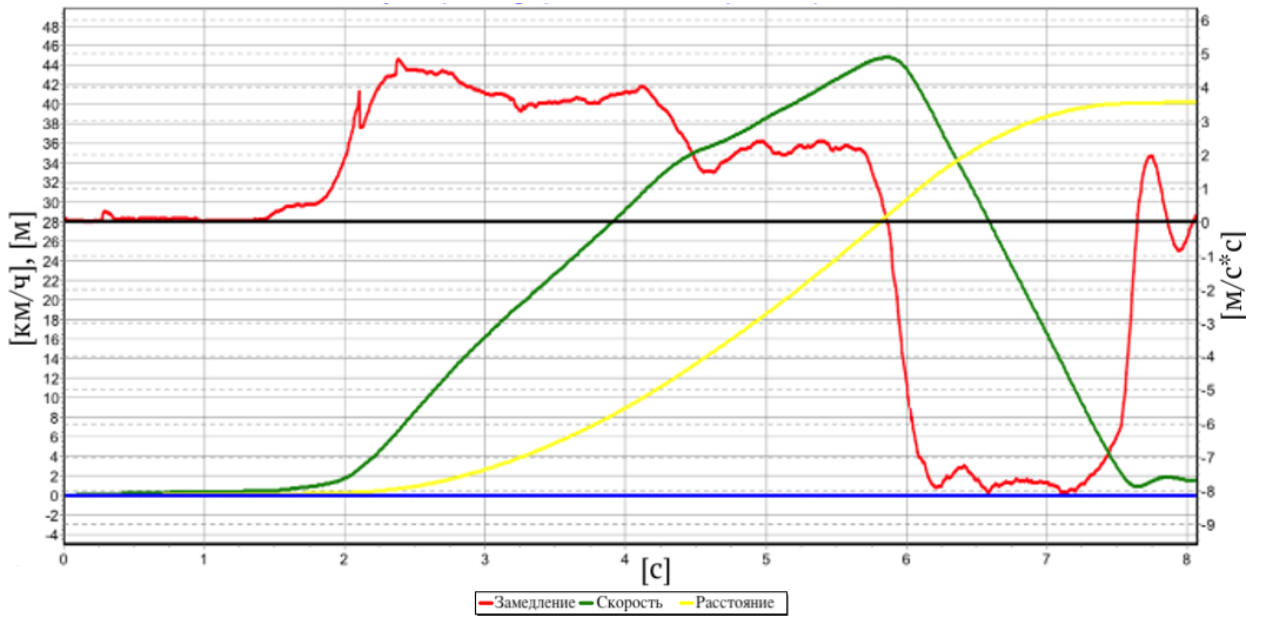


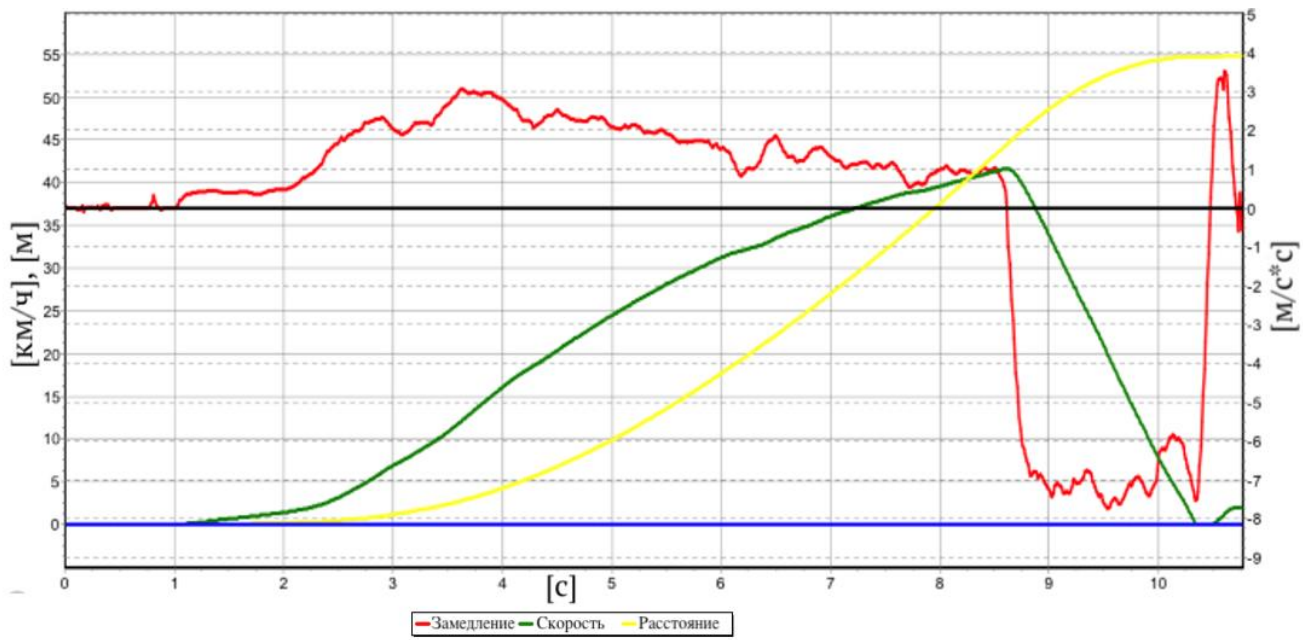
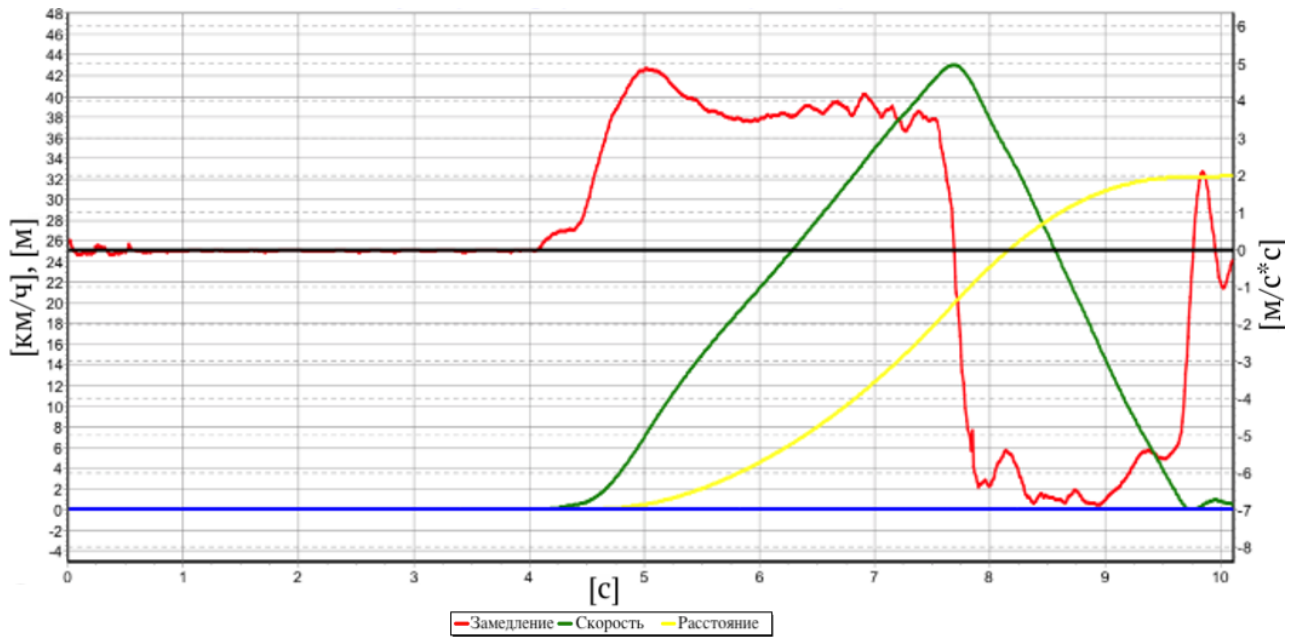


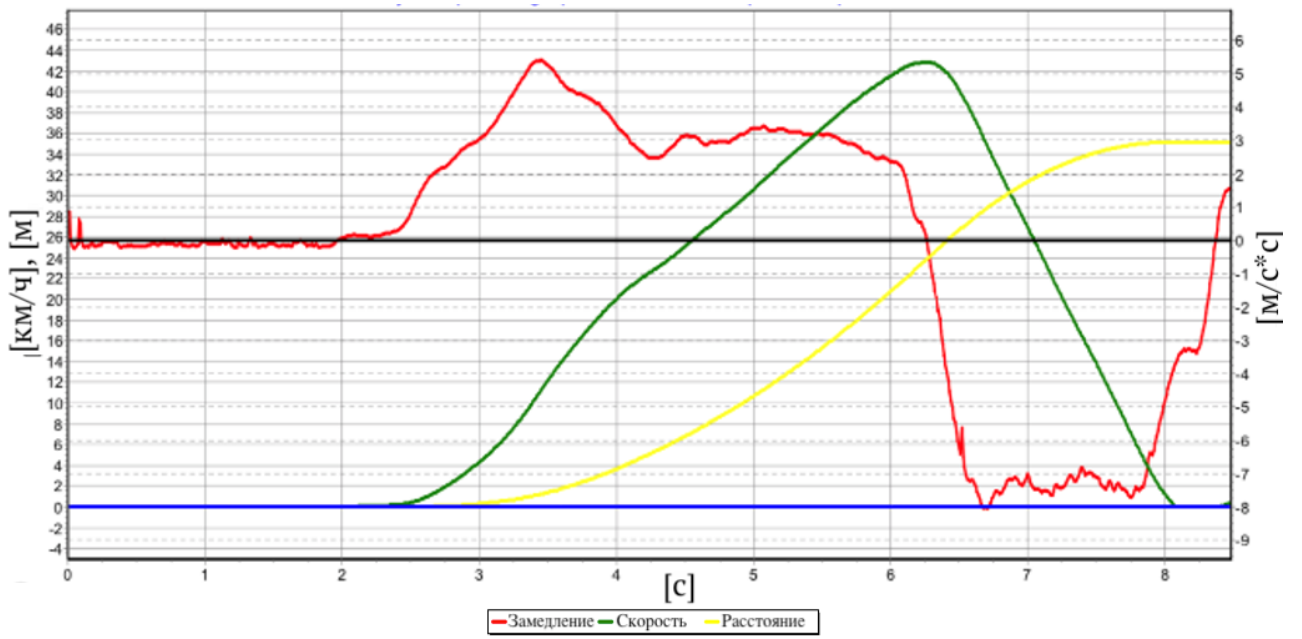
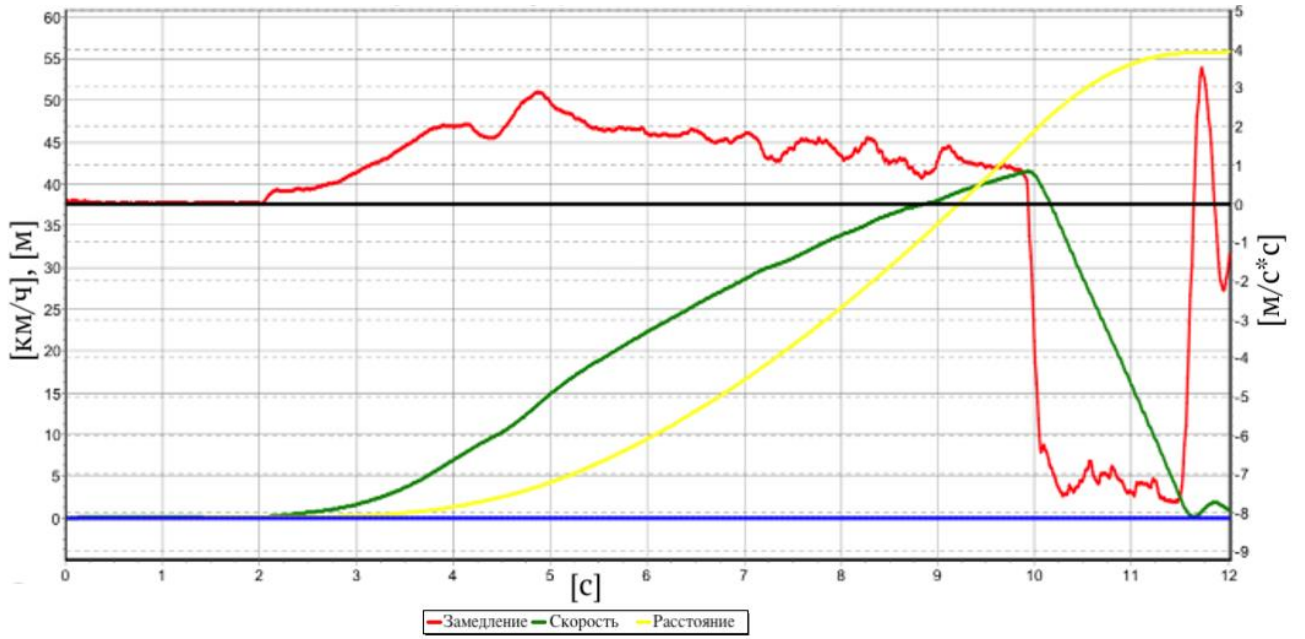
ПРИЛОЖЕНИЕ К

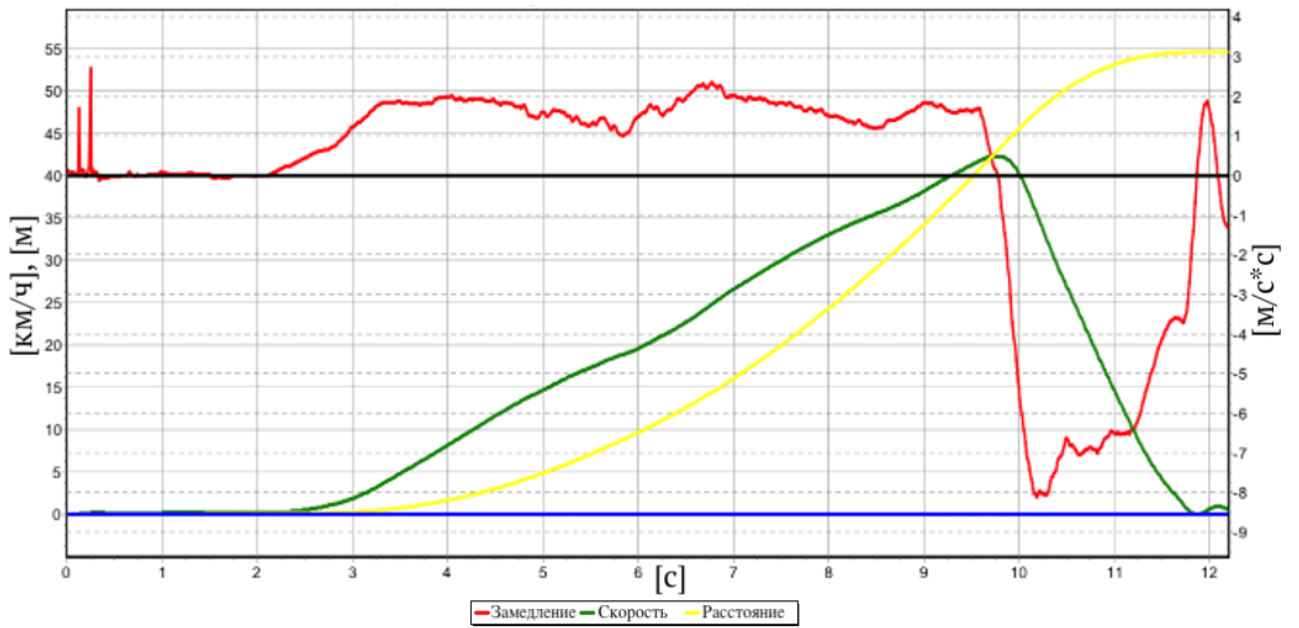
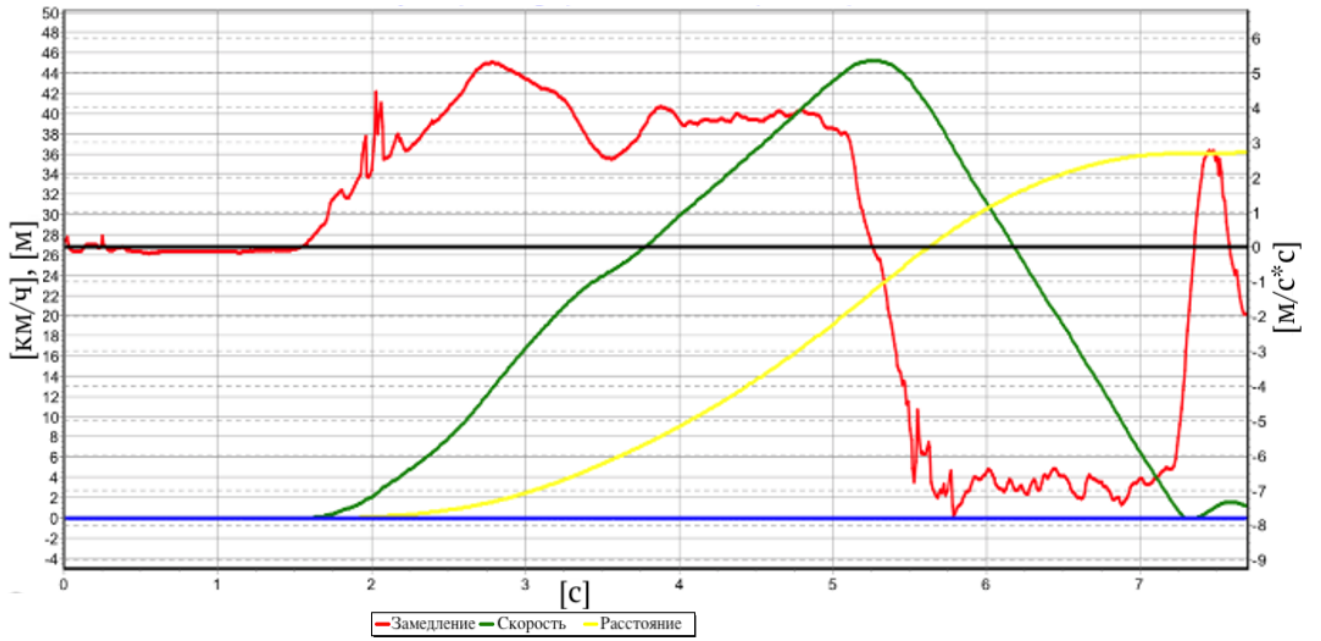
Графики Замедления ТС, полученные при помощи деселерометра LWS – 2/МС на сухом асфальтобетонном покрытии при температуре близкой к нулю.

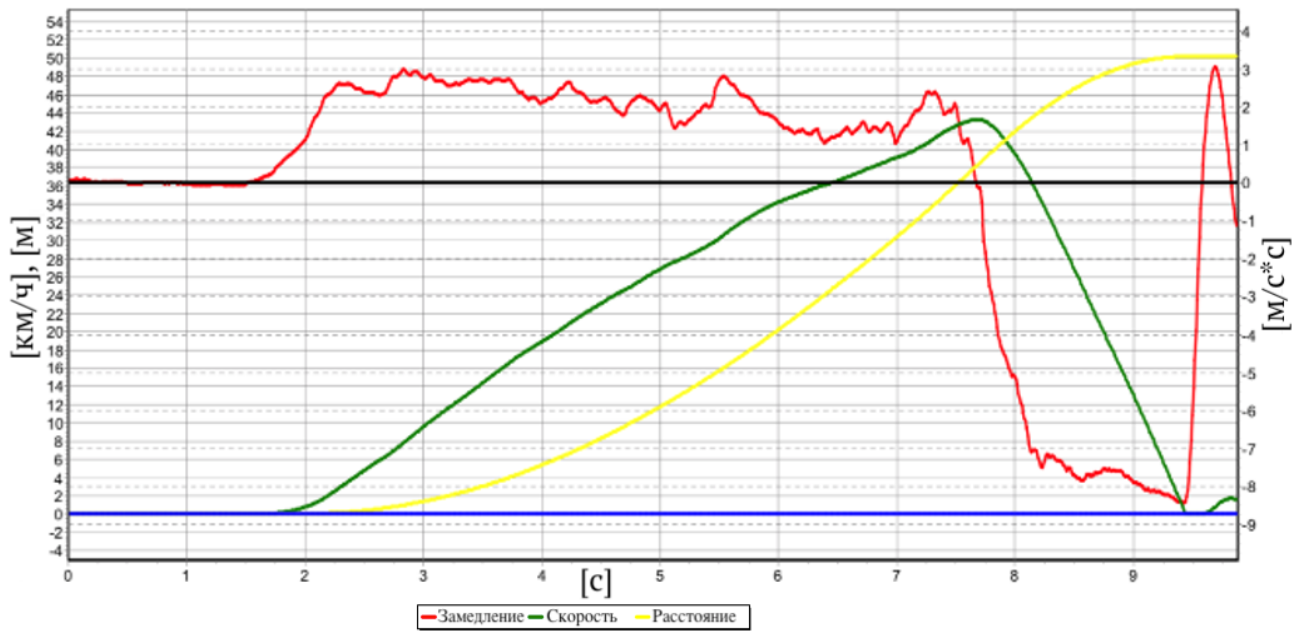
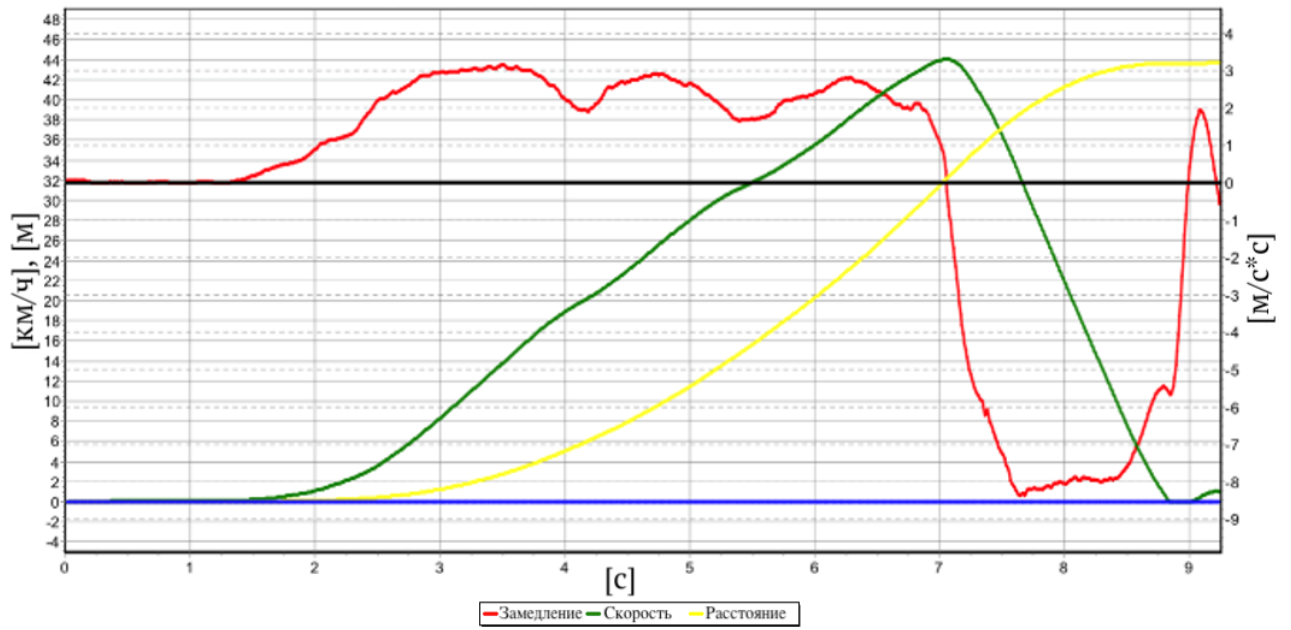


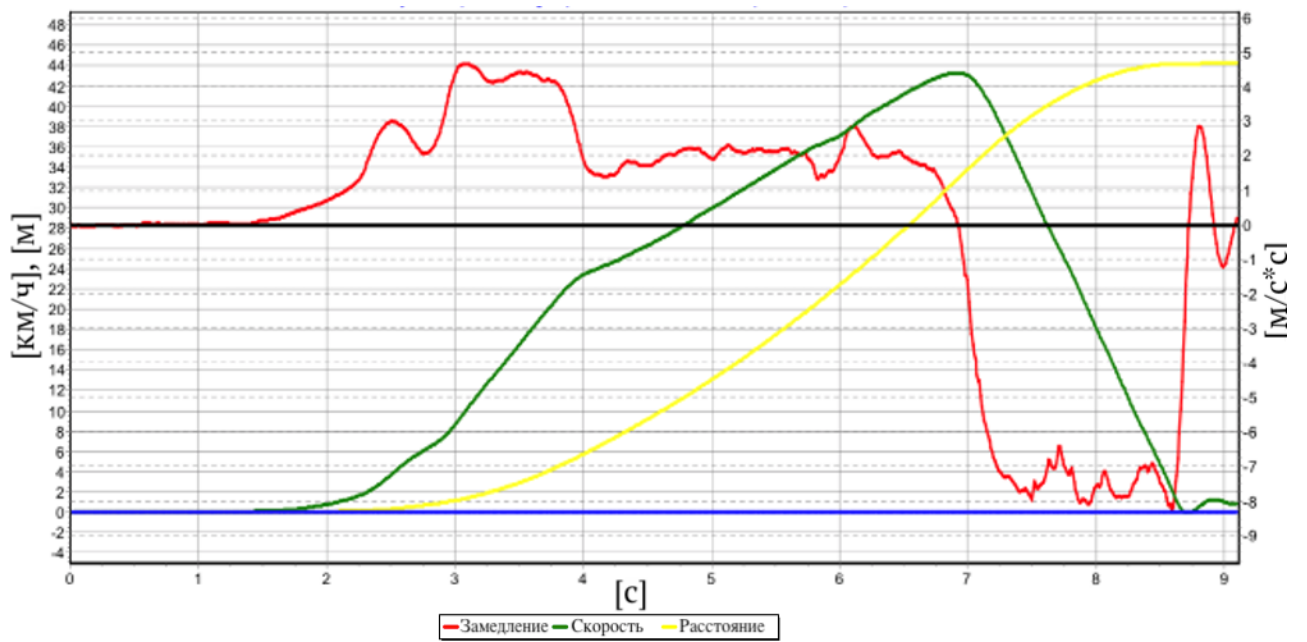
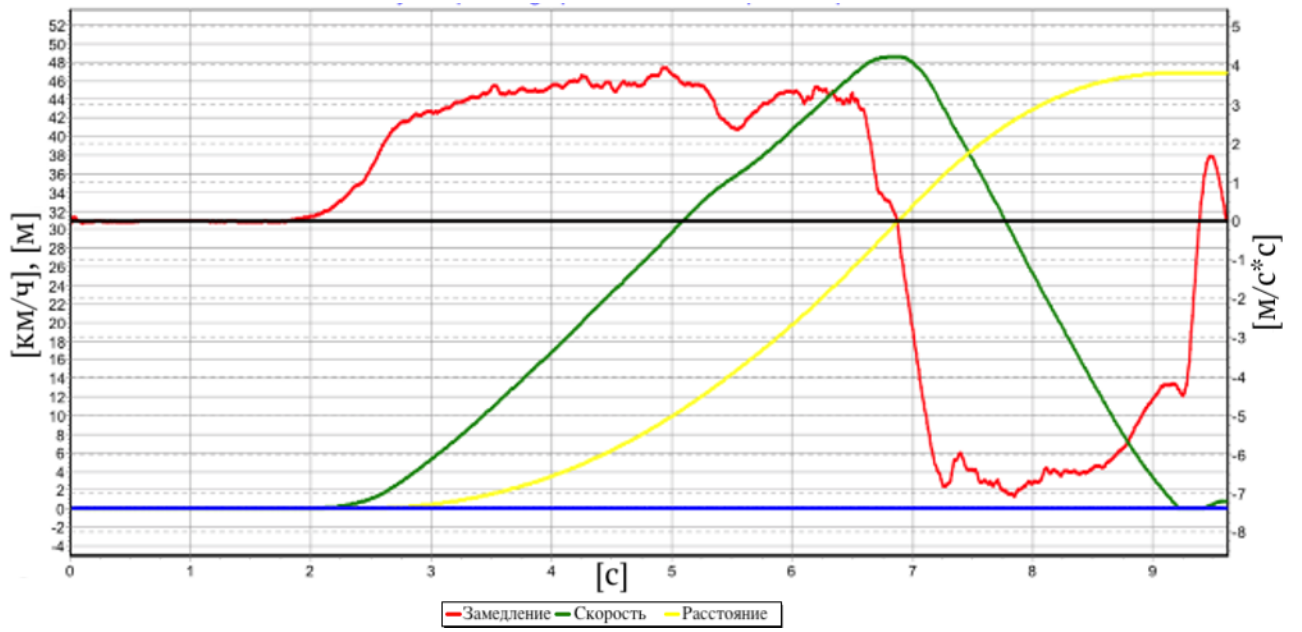


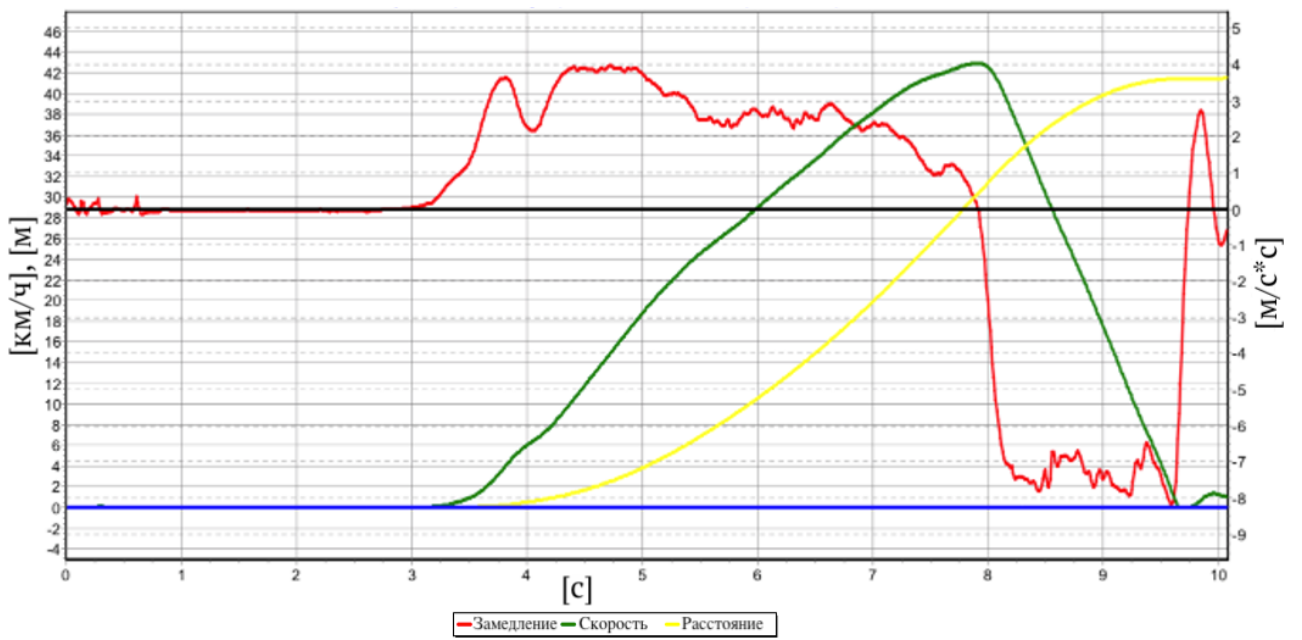
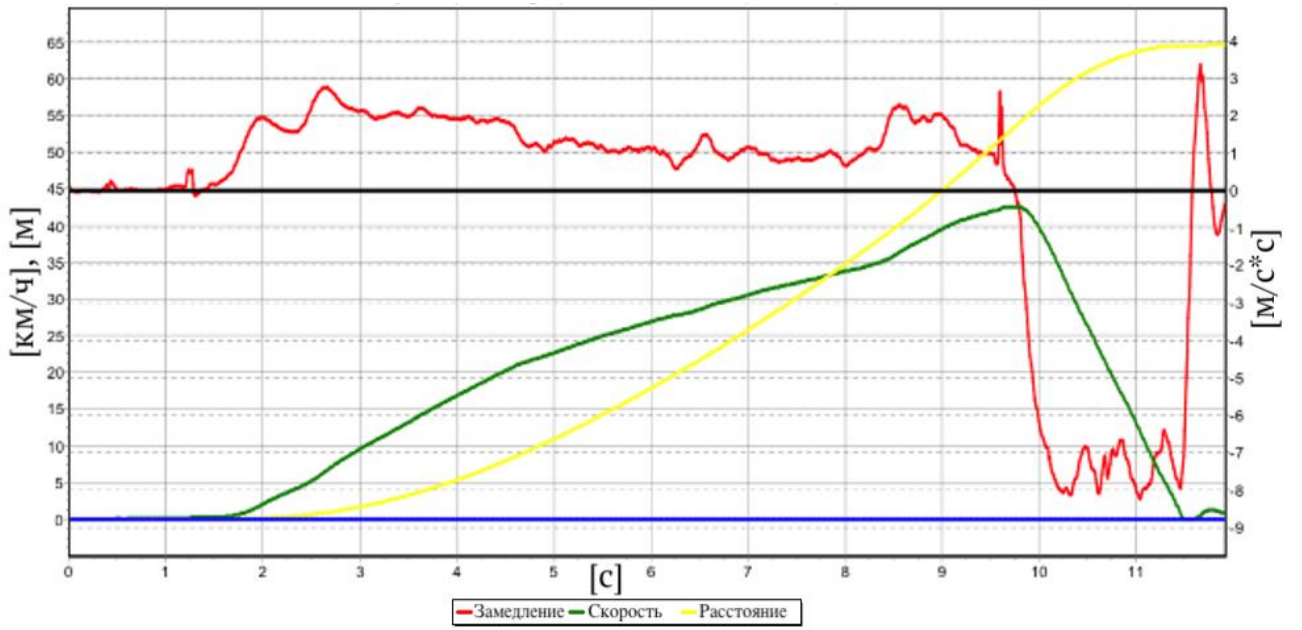












ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Графики Замедления ТС, полученные при помощи деселерометра LWS – 2/МС на укатанном снежном покрытии при отрицательной температуре.

