

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

На правах рукописи

БЛИНДЕР МАРИЯ МИХАЙЛОВНА

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ
ЗАМЕДЛЕНИЯ НЕМЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ЭКСПЕРТИЗ**

2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

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

Санкт-Петербург – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ С УЧАСТИЕМ НМТС НА ТЕРРИТОРИИ РФ И ЗА РУБЕЖОМ. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ НМТС НА ДОРОЖНОЙ СЕТИ РАЗЛИЧНЫХ ГОСУДАРСТВ.....	9
1.1. Анализ аварийности с участием НМТС на территории РФ и за рубежом .	9
1.2. Обзор транспортной инфраструктуры в мире и на территории Российской Федерации	21
1.3. Система «водитель–НМТС – дорога – среда»	29
1.4. Мировая классификации велосипедов.....	31
ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ	45
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА ДТП С НМТС	46
2.1 Дорожно-транспортное происшествие с наездом велосипедистов на пешеходов и АТС	46
2.2 Дорожно-транспортная экспертиза ДТП с НМТС	48
2.3 Анализ факторов, влияющих на передвижение велосипедов	53
2.4 Методы определения замедления НМТС	58
ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ	64
ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ УСТАНОВИВШЕГОСЯ ЗАМЕДЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ НМТС.....	65
3.1 Разработка классификации немеханических транспортных средств для Российской Федерации.....	65
3.2 Планирование полнофакторного исследования по определению значений замедления НМТС.....	67
3.3 Проведение экспериментальных исследований различных типов НМТС	76
3.4 Результаты исследования установившегося замедления различных типов НМТС	87
ВЫВОДЫ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ	95
ГЛАВА 4. ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДТЭ.....	97
4.1 Оценка тормозного пути НМТС.....	97
4.2 Определение значение замедления НМТС по усовершенствованному методу.....	110

4.3 Оценка эффективности усовершенствованного метода на примере произошедших ДТП.....	114
ВЫВОДЫ ПО ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ.....	116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	117
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	118
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	119
ПРИЛОЖЕНИЕ А	130
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	131
ПРИЛОЖЕНИЕ В	135
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	176

ВЕДЕНИЕ

Актуальность выбранной темы. Популярность немеханических транспортных средств (НМТС), как и их количество на дорожной сети, с каждым годом растет во всем мире, в том числе и в Российской Федерации (РФ). Развитие инфраструктуры городов для НМТС стоит на повестке дня во многих крупных городах РФ. В последние десятилетия люди все более убеждаются в том, что возможность езды на НМТС – это преимущество для городов, и принимают меры по стимулированию их использования в качестве ежедневного транспортного средства (ТС).

НМТС являются активными участниками дорожного движения (ДД), а также многих дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Важным аспектом предотвращения ДТП является оценка способности НМТС к торможению. Установление истинных причин нарушения правил дорожного движения (ПДД), приведших к ДТП, и способствующих им обстоятельств, одна из важных задач обеспечения безопасности движения и эксплуатации НМТС.

В настоящее время в автотехнической экспертизе ДТП с участием НМТС имеется значительная проблема с определением связи между действиями водителей НМТС и самим происшествием. Для точности расчетов, проводимых экспертами в случаях ДТП крайне важно определить параметры торможения и замедления НМТС. Нерешенными остаются вопросы о действиях водителей НМТС и скорости их движения непосредственно перед ДТП, поскольку неустановленные характеристики замедления и торможения приводят к некорректным исследованиям по установлению вины водителей, ставшими участниками ДТП.

На сегодняшний день в экспертной практике РФ используются значения установившегося замедления НМТС, полученные в прошлом веке и не учитывающие индивидуальные характеристики различных типов НМТС, что

приводит к получению одинаковых значений остановочного пути при реконструкции ДТП.

Работа посвящена совершенствованию механизмов оценки индивидуальных характеристик НМТС, в частности велосипедов, на основе теоретико-экспериментальной базы знаний для повышения эффективности дорожно-транспортных экспертиз (ДТЭ).

Степень разработанности темы исследования. Вопросами безопасности дорожного движения, а также реконструкции ДТП занимались такие ученые, как: П.А. Кравченко, С.А. Евтюков, А.Н. Новиков, В.В. Сильянов, Э.Р. Домке, Е.В. Куракина, В.Н. Добромиров, В.В. Зырянов, С.С. Евтюков, В.Э. Клявин, В.И. Рассоха, Л.С. Трофимова, Я.В. Васильев и другие. Однако в РФ в настоящее время существует крайне мало опубликованных источников, в которых бы присутствовали данные о НМТС и ДТП с их участием. В монографии Трофименко Ю.В., Шелмакова С.В., Зега С.О., Шашина Е.В. рассмотрены преимущества и недостатки велосипедного движения и уровень его развития в разных странах, однако не представлены никакие данные о ДТП с участием данных НМТС. В работе Пучкина В. А. представлена таблица с параметрами установившегося замедления велосипедов и мотовелосипедов, однако в связи с активным развитием конструкции подвески, тормозной системы и типов НМТС, требуются актуализация и более детальное рассмотрение факторов, оказывающих влияние на параметры торможения, с целью актуализации баз данных и действующих методик реконструкций ДТП. В работе Иларионова В.А. представлена экспертиза ДТП с участием НМТС, но полнота сведений не позволяет проводить объективную экспертную оценку таких инцидентов.

Цель исследования – повышение уровня достоверности ДТЭ с участием НМТС посредством совершенствования метода оценки их замедления.

Задачи исследования:

1. Разработать классификацию по типам НМТС, используемых на территории РФ;
2. Определить факторы, влияющие на процесс замедления НМТС и установить значения установившегося замедления в соответствии с разработанной классификацией по типам НМТС;
3. Произвести расчет эмпирических зависимостей для определения установившегося замедления различных типов НМТС;
4. Получить и обосновать корректирующие коэффициенты определения тормозного пути для различных типов НМТС с учетом вариативности коэффициентов сцепления и нагрузок на НМТС.

Объект исследования – проведение ДТЭ с участием НМТС.

Предмет исследования – способы оценки параметров замедления НМТС.

Рабочая гипотеза – учет типов НМТС, нагрузок на них, а также погодных-климатических условий при определении значений их установившегося замедления может быть использовано в качестве инструментария для повышения эффективности анализа причин возникновения ДТП с участием НМТС.

Научная новизна исследования заключается в достижении следующих результатов:

1. Впервые разработана классификация по типам НМТС, используемых на территории РФ;
2. Определены факторы, влияющие на процесс замедления НМТС и установлены значения установившегося замедления в соответствии с разработанной классификацией по типам НМТС;
3. Получены эмпирические зависимости для определения установившегося замедления различных типов НМТС;

4. Разработаны и обоснованы корректирующие коэффициенты определения тормозного пути для различных типов НМТС с учетом вариативности коэффициентов сцепления и нагрузок на НМТС.

Теоретическая значимость исследования заключается в обосновании необходимости учета типов НМТС, погодных-климатических условий, а также нагрузок, действующих на них для расчета значения установившегося замедления НМТС при реконструкции механизма ДТП.

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения автотехническими экспертами при проведении ДТЭ усовершенствованного метода оценки замедления НМТС с учетом их типов, вариативности погодных условий и нагрузок, действующих на них.

*Область исследования – соответствует требованиям паспорта научной специальности ВАК 2.9.5 – Эксплуатация автомобильного транспорта, п.6 «Обеспечение экологической и дорожной безопасности автотранспортного комплекса; **совершенствование методов автодорожной и экологической экспертизы**, методов экологического мониторинга автотранспортных потоков»; п. 9 «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 статических данных о ДТП с участием НМТС в РФ и других странах, методах, используемых при расследовании ДТЭ с участием НМТС, планировании полного факторного эксперимента, обработке полученных результатов методами математической статистики и применении регрессионного анализа.

Положения, выносимые на защиту.

1. Классификация по типам НМТС, используемых на территории РФ;

2. Факторы, влияющие на процесс замедления НМТС и определенные значения установившегося замедления в соответствии с разработанной классификацией по типам НМТС;

3. Эмпирические зависимости для определения установившегося замедления различных типов НМТС;

4. Корректирующие коэффициенты определения тормозного пути для различных типов НМТС с учетом вариативности коэффициентов сцепления и нагрузок на НМТС.

Степень достоверности результатов обоснована использованием системного подхода при проведении ДТЭ с участием НМТС; подтверждена результатами проведенного исследования, опубликованными в ряде периодических изданий, рекомендованных ВАК РФ; обеспечена проведенными экспериментальными исследованиями с использованием измерительных приборов, прошедших поверку.

Апробация работы. Результаты выполненной работы докладывались на следующих конференциях:

Публикации. Основные положения диссертационного исследования отражены в одиннадцати печатных работах, в том числе пять в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертационной работы. Работа изложена на 179 листах печатного текста, состоит из введения, четырех глав с выводами по каждой главе, заключения, списка литературы, включающего 102 источника, 4 приложений. В работе представлена 59 формул, 39 таблиц и 45 рисунков.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ С УЧАСТИЕМ НМТС НА ТЕРРИТОРИИ РФ И ЗА РУБЕЖОМ. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ НМТС НА ДОРОЖНОЙ СЕТИ РАЗЛИЧНЫХ ГОСУДАРСТВ

1.1. Анализ аварийности с участием НМТС на территории РФ и за рубежом

В последние десятилетия предпринимается много попыток создания велосипедной культуры в жизни большого города. Только в первой половине 2020 года количество поисковых запросов по веломаршрутам возросло на 69%. Внедрение инициатив по созданию комфортной инфраструктуры для велосипедистов значительно сказывается на жизни, особенно в условиях, когда государственные и местные власти прилагают усилия к росту числа велосипедов на дорогах, рассматривая их как один из самых безопасных видов транспорта [1]. В растущей популярности велосипедов играют роль как повышение цен на топливо, так и стремление людей по всему миру к наиболее экологически чистым и недорогим видам транспорта, которые еще и способствуют формированию привычки здорового образа жизни, ведь ежедневные нагрузки положительно влияют на поддержание физической формы человека [73]. По данным Европейской федерации велосипедного спорта (ECF) [17], к 2030 году количество проданных велосипедов увеличится примерно на треть и составит 30 миллионов. Ожидается, что доля электронных велосипедов в показателях продаж продолжит расти. Несмотря на проблемы в цепочках поставок, только в Европейском союзе в 2021 году было продано более двух 22 миллионов велосипедов, что больше на 10,8% чем в 2019 году. Спрос в Европе неуклонно растет, но крупнейшим рынком для велосипедов в 2023 году по-прежнему будет Восточная Азия. Велосипеды и аксессуары для велоспорта представляют собой одну из ключевых отраслей мирового рынка. В 2021 году количество веломагазинов в Нидерландах превысило 3000.

Несмотря на то, что отрасль пострадала от пандемии коронавируса, продажи в значительной степени восстановились: количество проданных велосипедов в Великобритании в 2021 году составило около 3,25 миллиона, что более чем на 11 процентов больше, чем годом ранее [16].

Так как велосипеды являются активными участниками дорожного движения [41], они также принимают участие во многих дорожно-транспортных происшествиях [48, 84]. Установление истинных причин нарушения правил дорожного движения, приведших к аварии, и способствующих им обстоятельств, одна из важных задач обеспечения безопасности движения и эксплуатации велосипедов [37].

1.1.1. Анализ аварийности с участием НМТС за рубежом

В Европе вопрос безопасной езды на велосипеде - одна из важнейших тем на встречах представителей ВОЗ и ООН [31, 32]. Результатом встреч можно назвать подписанный 56 странами Паневропейский план по продвижению езды на велосипедах. Согласно ему страны, подписавшие документ к 2030 году обязаны разработать национальные планы велосипедного движения, повысить безопасность езды на велосипедах так, чтобы сократить количество пострадавших и смертей в результате ДТП с велосипедистами вдвое, улучшить велосипедную инфраструктуру в городах так, чтобы велосипедное движение было интегрировано в городское планирование [17]. Меры, предусмотренные в плане, также помогут уменьшить выбросы парниковых газов на 8 миллионов тонн, устранить дорожные заторы и более рационально использовать городское пространство, так как для хранения НМТС необходимо гораздо меньше площади, чем для автомобиля. В Евразийской экономической комиссии вычислили, что экономические преимущества, связанные только со снижением количества заторов на дорогах, могут составить около 5 миллиардов долларов.

Согласно данным ресурса «Статистика» [11] и информации Европейской комиссии по безопасности дорожного движения [17], численность погибших велосипедистов в результате дорожно-транспортных происшествий в европейских странах в период с 2011 по 2020 года оставалась примерно на одном уровне, варьируясь между 1800 и 2100 случаями смерти ежегодно. Однако, в течение 2019 и 2020 годов наблюдались положительные изменения в статистике смертности, что говорит о возможном улучшении ситуации. Диаграмма количества погибших велосипедистов на миллион человек в странах Европы представлена на рисунке 1.

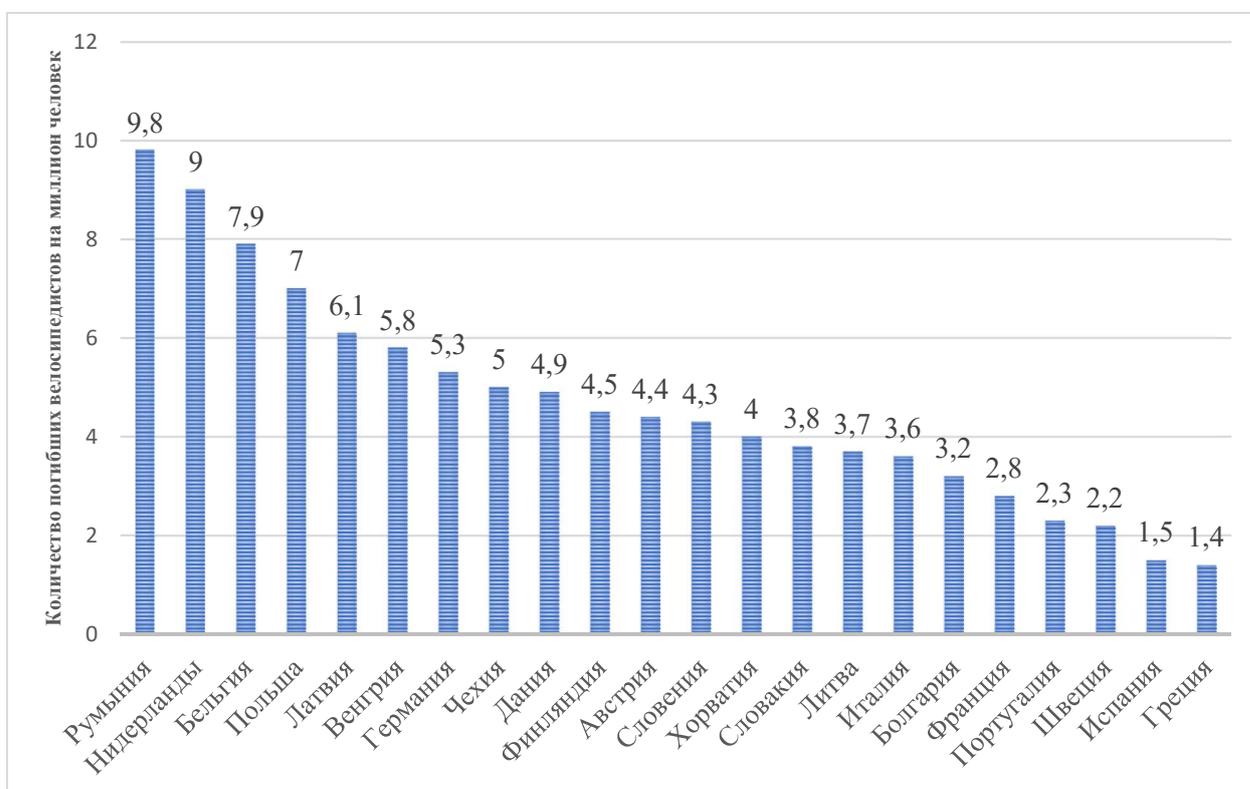


Рисунок 1 – Динамика смертельных ДТП с участием велосипедистов в странах Европы за 2018-2023 (погибших на млн. чел.)

Рассматривая представленную диаграмму, можно сделать вывод о том, что уровень смертности среди велосипедистов в Бельгии, Нидерландах и Румынии был в 2 раза выше, чем в среднем по ЕС, а в Греции и Испании был в 3 раза ниже. Самыми велосипедными странами Европы являются: Голландия, где почти 50% населения ездит на велосипеде не реже одного раза

в неделю, Венгрия, Дания, Польша, Финляндия и Германия, где процент поездок составляет не менее 28%.

На рисунке 2 приведена динамика ДТП в США с участием НМТС за временной промежуток с 2011 по 2023 г. [17].

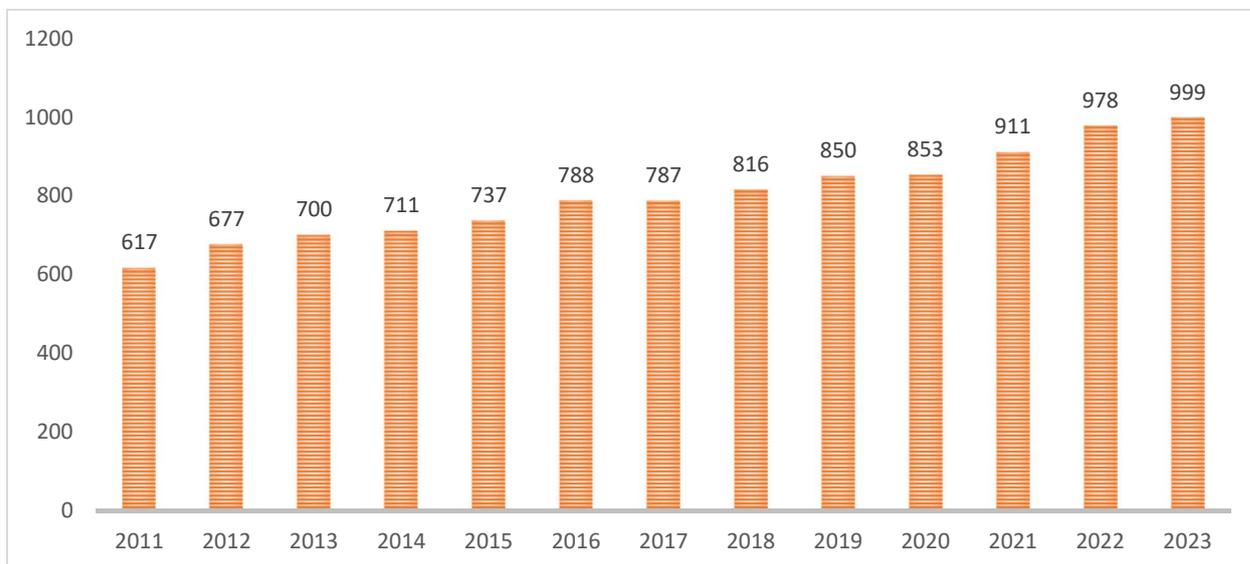


Рисунок 2 – Динамика ДТП с участием велосипедистов с погибшими за 2010-2023 гг. в США (чел.)

Согласно динамике, процент таких ДТП увеличился на 61% за период с 2017 по 2023, процентное соотношение от общих ДТП в стране все года составляло примерно 2%, больше попадали в ДТП мужчины нежели женщины: в 87% случаев велосипедистом был мужчина, в 13% случаев велосипедистом была женщина. Время суток не играло особую роль в ДТП: 49% происходили днем и 51% в ночное время. Большая часть ДТП с велосипедистами происходило в городах, нежели за городом: 76% против 24%.

1.1.2. Анализ аварийности с участием НМТС на территории РФ

НМТС широко используются в повседневной жизни граждан РФ, при этом на сегодняшний день имеется очень маленькое количество научных трудов [93. 94], где исследовался процесс замедления данных транспортных средств с учетом их конструктивных особенностей. В монографии

Трофименко Ю.В., Шелмакова С.В., Зега С.О., Шашина Е.В. [96] рассмотрены преимущества и недостатки велосипедного движения и уровень его развития в разных странах, однако не представлены никакие данные о ДТП с участием велосипедистов. В работе Пучкина В. А. [79] представлена таблица 12 с параметрами установившегося замедления велосипедов и мотовелосипедов, однако в связи с активным развитием конструкции подвески, тормозной системы и типов велосипедов, требуются актуализация и более детальное рассмотрение факторов, оказывающих влияние на параметры торможения, с целью актуализации баз данных и действующих методик реконструкций ДТП [65, 59].

Согласно статистике официального сайта Госавтоинспекции [77], в Российской Федерации за период 2017 – 2023 гг. прослеживается определенная динамика ДТП с участием велосипедистов, представленная на рисунке 3.

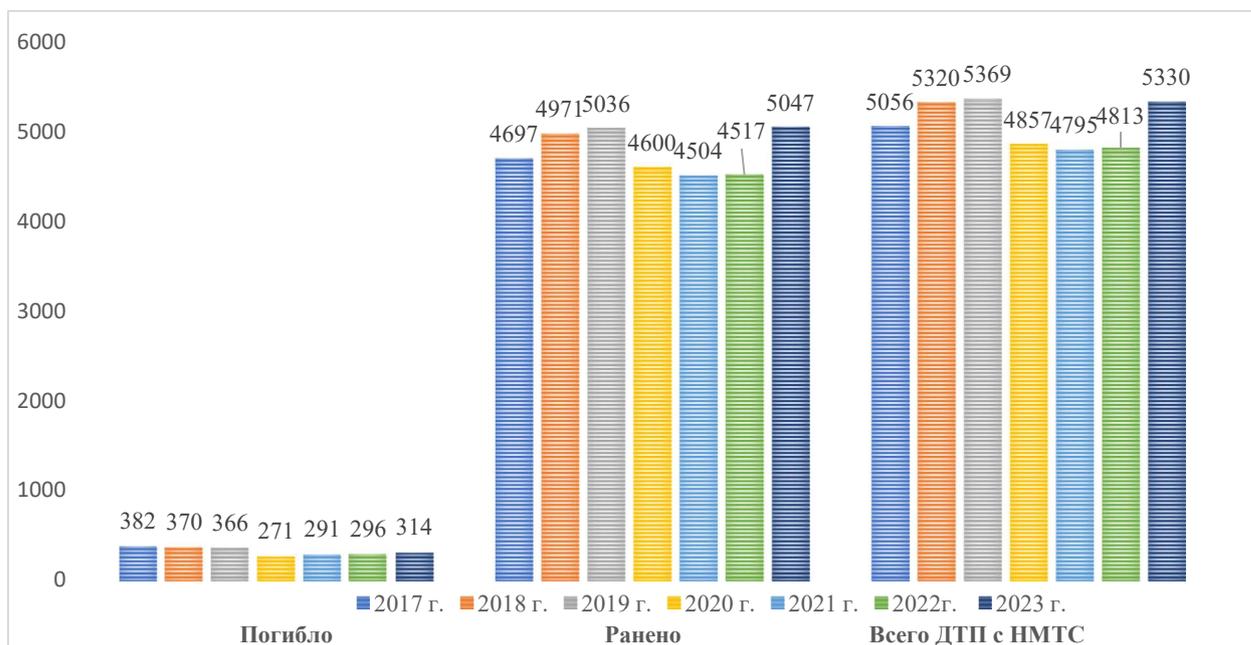


Рисунок 3 – Динамика ДТП с участием велосипедистов с погибшими и ранеными за 2017-2023 гг. в РФ (чел.)

Важным аспектом предотвращения столкновения велосипеда является его способность к торможению. Оценим различия между тремя основными методами торможения.

Первый способ - только передний тормоз - включал в себя пульсирующую или прерывистую блокировку переднего колеса во время торможения. Более безопасный способ заключается не в полной блокировке, а в быстрой и многократной блокировке и разблокировке переднего колеса, особенно на неровных поверхностях. Удерживая переднее колесо от блокировки, водитель может сохранять управляемость. Как и в случае с автомобилями, не оборудованными антиблокировочной системой тормозов, после блокировки передних колес водитель теряет значительный контроль над рулевым управлением. Используя данный тип торможения со скорости 20 км/ч у велосипедиста, есть высокий риск падения через руль.

Второй способ включает в себя блокировку заднего колеса и противодействие рулевому управлению для поддержания баланса. Второй прием отличается от первого блокировкой тормозного колеса.

Третий способ, при котором используются оба тормоза (комбинированный способ), является наиболее эффективным методом снижения скорости, однако в данном способе имеется большой риск падения через руль [25].

Установление истинных причин нарушения правил дорожного движения, приведших к аварии, и способствующих им обстоятельств, одна из важных задач обеспечения безопасности движения и эксплуатации велосипедов.

С целью выяснения причин роста ДТП с велосипедистами был проведен анализ ДТП с велосипедистами за 2021-2023 год, где учитывались месяц, дата, время, причина, район, адрес и количество пострадавших в ДТП, таблица 1, 2 и 3.

Таблица 1 – Анализ дорожно-транспортных происшествий за 2021 год в Санкт-Петербурге и Ленинградской области по месяцам

Параметры ДТП за 2021 г.	Месяц												Всего ДТП
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Количество ДТП	5	8	8	14	49	88	70	76	53	34	28	15	448
Ранено, чел.	5	8	8	12	47	86	69	75	52	34	26	10	432
Погибло, чел	0	0	0	2	2	2	1	1	1	0	2	2	13
ДТП ночью в СПб (18:01–09:00)	4	4	3	6	19	30	23	36	23	14	13	5	180
ДТП днем в СПб (09:01–18:00)	1	3	4	6	17	42	24	25	23	16	9	7	177

Таблица 2 – Анализ дорожно-транспортных происшествий за 2022 год в Санкт-Петербурге и Ленинградской области по месяцам

Параметры ДТП за 2022 г.	Месяц												Всего ДТП
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Количество ДТП	9	9	9	36	41	83	77	38	46	42	24	6	411
Ранено, чел.	7	8	9	29	32	75	73	37	46	40	23	6	378
Погибло, чел	1	0	0	0	0	8	4	1	0	2	1	0	16

Таблица 3 – Анализ дорожно-транспортных происшествий за 2023 год в Санкт-Петербурге и Ленинградской области по месяцам

Параметры ДТП за 2023 г.	Месяц												Всего ДТП
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Количество ДТП	8	4	11	24	50	58	58	62	37	29	13	7	371
Погибло, чел	6	4	10	24	48	56	56	58	43	27	12	6	21
Ранено, чел.	2	0	1	0	2	2	2	4	4	2	1	1	350

Из анализа статистики ДТП с велосипедистами в Санкт-Петербурге и Ленинградской области за 2023 г. произошло 371 ДТП с участием велосипедов, в них ранено 350 чел., погибло 21 чел.

За 12 месяцев 2022 года произошло 411 ДТП с участием велосипедов, из них было ранено 378 чел. Прослеживается тенденция на уменьшение числа ДТП по сравнению с 2021 годом на 17%, количество погибших в таких ДТП возросло на 60% по сравнению с 2021 г.

При детальном анализе ДТП с участием велосипедистов за 12 месяцев 2021 года можно сделать вывод о то, что количество ДТП в ночное и дневное время примерно равное: 180 аварий происходили в дневное время (9:01–18:00), 177 — в ночное время (18:01–9:00).

Для выявления мест концентрации ДТП с велосипедистами был проведен анализ количества ДТП с участием велосипедистов в Санкт-Петербурге за 2021-2023 г. по районам города, таблица 4.

Таблица 4 – Количество ДТП за 2021-2023 год по районам Санкт-Петербурга

№	Район	Количество ДТП по районам за 2021 г.	Количество ДТП по районам за 2022 г.	Количество ДТП по районам за 2023 г.
1	2	3	4	5
1	Адмиралтейский район (А-д р-н)	18	17	17
2	Василеостровский район (В-ий р-н)	13	20	14
3	Выборгский район (Выб-ий р-н)	43	33	24
4	Калининский район (Кал-ий р-н)	38	40	27
5	Кировский район (К-ий р-н)	18	11	14
6	Колпинский район (Кол-ий р-н)	5	8	3
7	Красногвардейский район (Кр-ий р-н)	16	25	23
8	Красносельский район (Крас-ий р-н)	19	17	17
9	Кронштадтский район (Кроншт-ий р-н)	1	0	3
10	Курортный район (Кур-ый р-н)	16	6	5
11	Московский район (Моск-ий р-н)	21	22	10
12	Невский район (Н-ий р-н)	21	24	21

13	Петроградский район (Пет-ий р-н)	21	20	11
14	Петродворцовый район (Пет-ый р-н)	5	1	4

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
15	Приморский район (Пр-ий р-н)	50	29	25
16	Пушкинский район (Пуш-ий р-н)	8	5	12
17	Фрунзенский район (Фр-ий р-н)	20	17	10
18	Центральный район (Ц-ый р-н)	24	25	31

На основании полученных результатов наибольшее количество ДТП происходят в Приморском, Выборгском, Калининском и Центральном районах, наименьшее количество — в Кронштадтском, Колпинском, Петродворцовом районах [45].

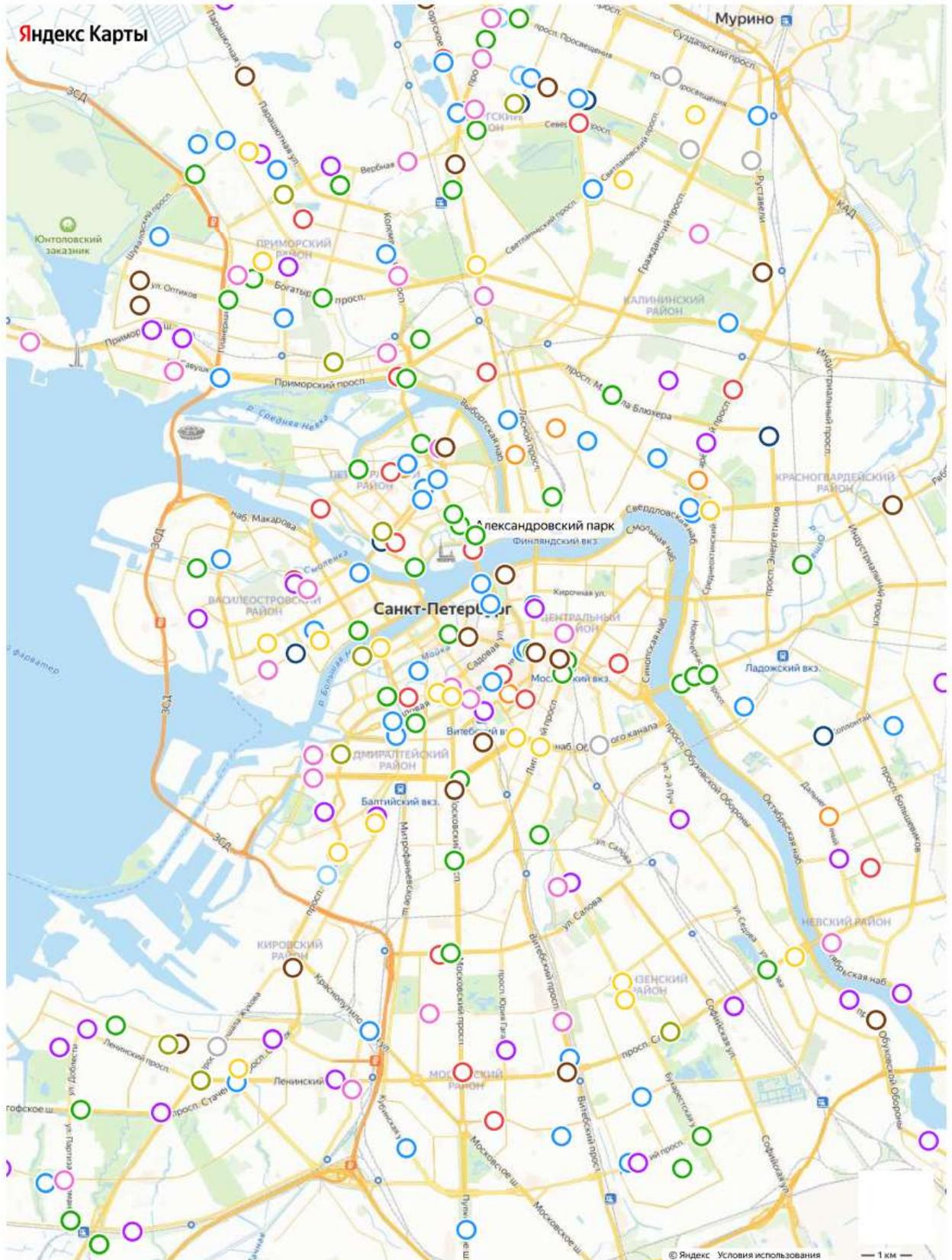
Процент вины ДТП с велосипедистами лежит как на водителях автомобиля, так и на водителе велосипеда и составляет примерно 50 на 50 процентов. На рисунке 4 представлено процентное соотношение причин нарушений ПДД приведших к аварии с участием велосипедов.



Рисунок 4 – Основные причины нарушений ПДД, приведших к ДТП с участием велосипедистов

Большая часть ДТП по вине велосипедиста приходится на несоблюдение НМТС очередности проезда перекрестков (27%), на втором месте пересечение велосипедистом проезжей части по пешеходному переходу (25%), а меньше всего велосипедисты нарушали скоростной режим (2%).

На основании анализа карточек ДТП с велосипедистами за 2023 г., полученные адреса ДТП были нанесены на карту города с помощью Приложения «Яндекс.Карты» для выявления мест наибольшей аварийности. Статистические данные были собраны и отображены на карте в виде точек ДТП, где разные цвета точек указывают на тот или иной месяц 2023 года, в который произошло ДТП, рисунок 5 [45].



● - январь, ● - февраль, ● - март, ● - апрель, ● - май, ● - июнь, ● - июль,
 ● - август, ● - сентябрь, ● - октябрь, ● - ноябрь, ● - декабрь

Рисунок 5 – Карта ДТП в городе Санкт-Петербург в 2023 г.

1.2.1 Анализ ДТЭ Санкт-Петербурга и Ленинградской области

В рамках исследования рассмотрена выборка в виде 577 проведенных ДТЭ в период с 2019 г. по 2023 г. по различным экспертным организациям СЗФО. Результаты анализа выборки приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты анализа выборки по ДТЭ

Наименование показателя		Год исследования				
		2019	2020	2021	2022	2023
Кол-во проведенных ДТЭ		136	103	89	149	100
Отношение количества ДТП по видам к общему количеству рассматриваемых ДТП, %:	Столкновение НМТС с АТС	40%	34%	38%	45%	46%
	Наезд АТС на НМТС	58%	64%	61%	52%	50%
	Иные виды	2%	2%	1%	3%	4%
Место совершения ДТП (отношение к общему количеству рассматриваемых ДТП), %:	На дорогах общего пользования	40%	38%	41%	42%	37%
	На велосипедных дорожках	9%	10%	12%	11%	12%
	Вблизи велосипедных дорожек	43%	46%	38%	36%	38%
	Иные места	8%	6%	9%	11%	13%
По времени года, когда произошло ДТП (отношение к общему количеству рассматриваемых ДТП), %:	Зима	8%	5%	7%	5%	4%
	Весна	17%	17%	15%	21%	20%
	Лето	48%	52%	50%	45%	50%
	Осень	27%	26%	28%	29%	26%
По времени суток, когда произошло ДТП (отношение к общему количеству рассматриваемых ДТП), %:	00:00-06:00	3%	1%	3%	2%	3%
	06:00-12:00	25%	19%	21%	23%	26%
	12:00-18:00	44%	39%	41%	49%	30%
	18:00-24:00	28%	41%	35%	26%	41%

В рассматриваемых экспертизах:

- отсутствует информация о типе велосипеда, его характеристиках, а также о соответствии техническим требованиям РФ к эксплуатации НМТС;
- отсутствует метод определения тормозного пути велосипеда.

После проведенного анализа можно сделать вывод о том, что отмеченные недостатки не позволяют эксперту дать объективную оценку при производстве ДТЭ.

1.2. Обзор транспортной инфраструктуры в мире и на территории Российской Федерации

Развитие велосипедного движения в крупных городах является важной составляющей развития городских транспортных систем. По сравнению с другим транспортом велосипед имеет следующие преимущества:

- в некоторых случаях является самым быстрым средством передвижения в городе, особенно в города-мегаполисах, где большое количество пробок;
- требует гораздо меньше места на стоянке;
- требует гораздо меньших первоначальных и эксплуатационных затрат;
- не производит вредных выбросов и не создает шума;
- движение на данном типе транспортного средства улучшает физическую форму и способствует укреплению здоровья [46].

Наряду увеличивающимся количеством НМТС становится заметно, что велосипедная инфраструктура в городах России практически отсутствует несмотря на то, что количество велосипедов практически равняется количеству владельцев личного автотранспорта.

Формирование эффективных маршрутов велосипедного движения в городах является важнейшим фактором обеспечения безопасности велосипедного движения города. Эффективность веломаршрута определяется тем, насколько он обеспечивает велосипедисту возможность достигнуть пункта назначения с наименьшей затратой времени и усилий [36, 37, 65].

В Санкт-Петербурге по данным комплексной схемы организации дорожного движения (КСОДД) Санкт-Петербурга по состоянию на 2020 г.

создано 128 км велодорожек [64]. В настоящее время по данным в Санкт-Петербурге для велосипедистов доступно 42 велосипедных маршрутов общей протяженностью 143,7 км. До 2030 года их количество планируется увеличить вдвое, в городе будет 300 км велодорожек.

Сравним количество велодорожек в крупных городах-мегаполисах в мире, рисунок 6 и рисунок 7.

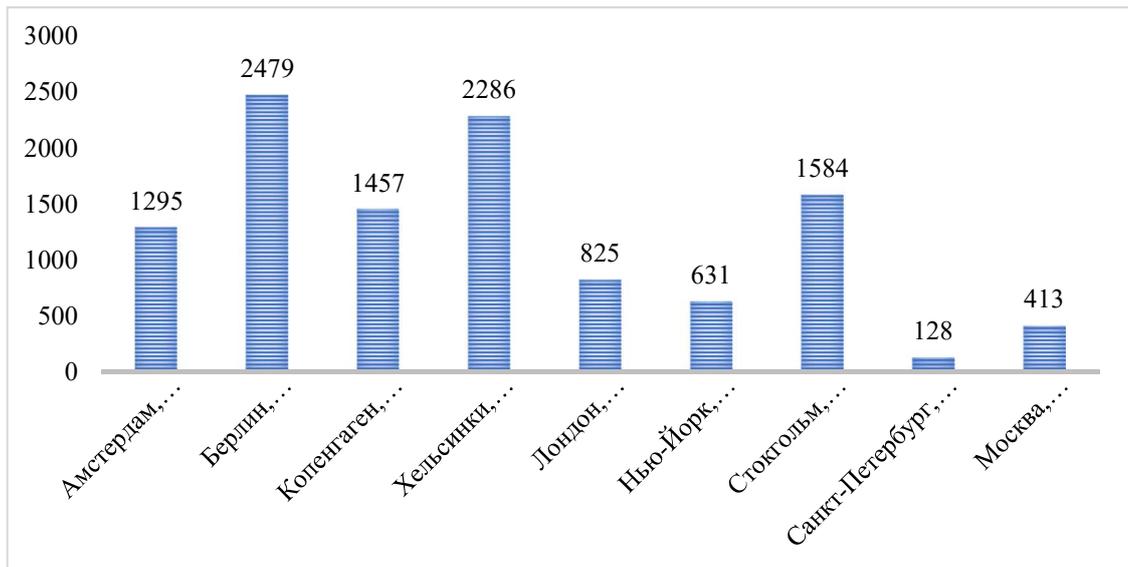


Рисунок 6 – Диаграмма количества велодорожек в городах мира, км.

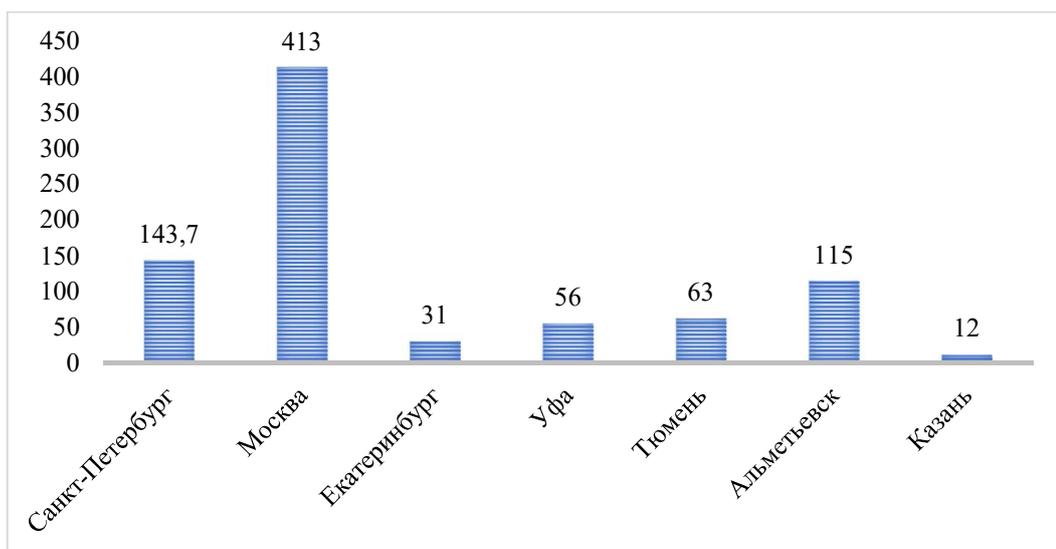


Рисунок 7 – Диаграмма количества велодорожек в городах в РФ, км.

На основании построенных диаграмм можно судить о недостаточности велосипедных дорожек в России, по сравнению с их количеством в других странах мира.

По данным на апрель 2023 г. в Нидерландах сеть велосипедных дорожек по стране насчитывает 35 тыс. км и соединяет почти все населенные пункты страны. В Амстердаме с населением в 1,5 миллиона человек количество велосипедных дорожек в 3 раза больше, чем в Москве, где население составляет 15 миллионов человек. Причинами небольшого количества велодорожек в городах России можно назвать плотную городскую застройку, большие расстояния передвижения, недостаточность законодательной базы, но правительства регионов с каждым годом стараются развивать велодвижение в городах. Так в Москве по данным ЦОДД в 2021 году был совершен скачок по строительству временных велодорожек, 60 км за 2021 г. В Санкт-Петербурге до 2030 года количество велодорожек планировали увеличить вдвое и довести до 300 км, но в октябре 2023 года по заказу Смольного была разработана карта с дополнительными 658 км велосипедных дорожек (рисунок 8).

Организация разработчика предложила дополнить велосипедными маршрутами все набережные, основные проспекты, шоссе и дороги вдоль Финского залива. В Казани был разработан ген. план, в котором планируется строительство 75 км велосипедных дорожек.



РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СЕТИ ВЕЛОМАРШРУТОВ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

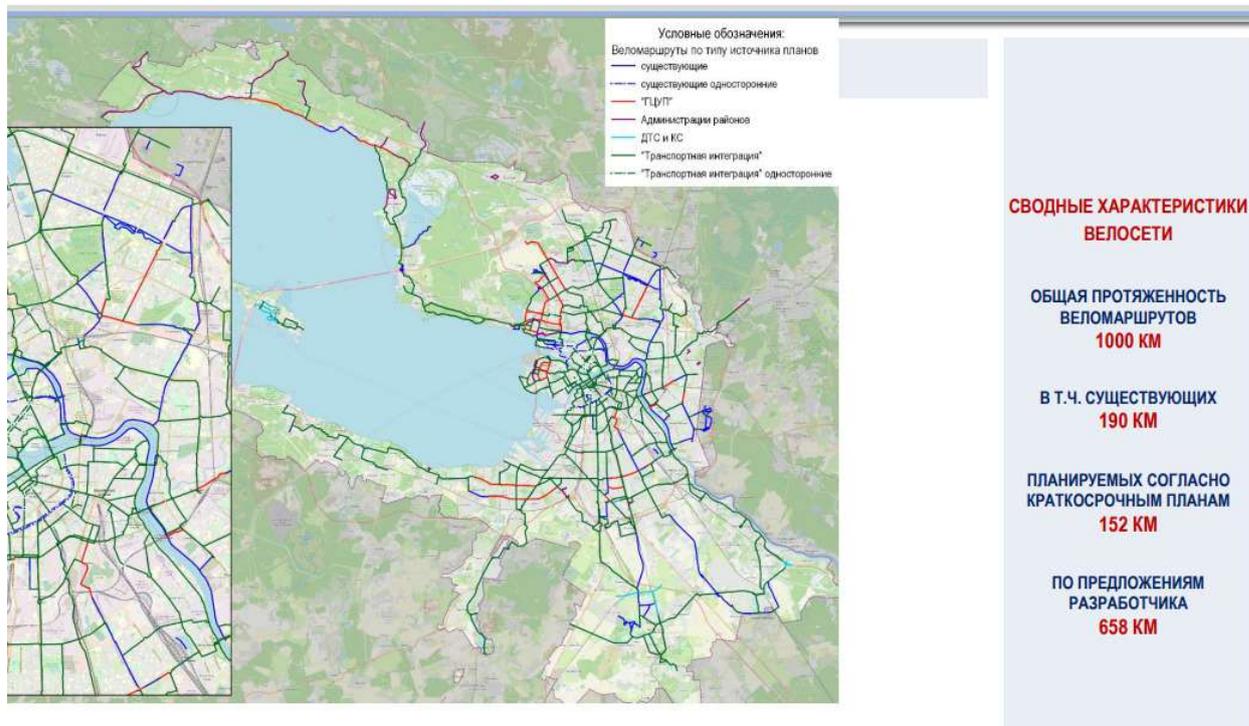


Рисунок 8 – Перспективная интегрированная сеть велосипедных дорожек в г. Санкт-Петербург

Для детальной оценки состояния велосипедной инфраструктуры города был проведен анализ количества, расположения, протяженности и эффективности велосипедных дорожек по районам в г. Санкт-Петербург (рисунок 9 и рисунок 10).

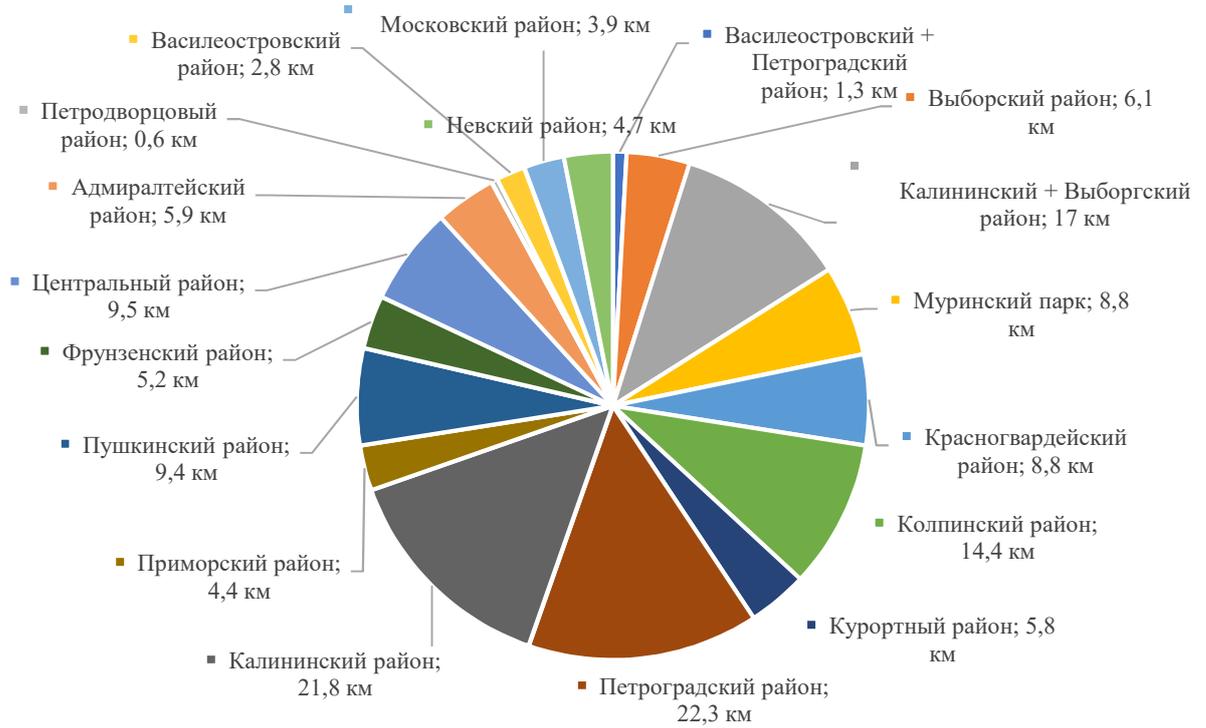


Рисунок 9 – Результаты анализа протяженности велодорожек по районам Санкт-Петербурга в 2023 г.

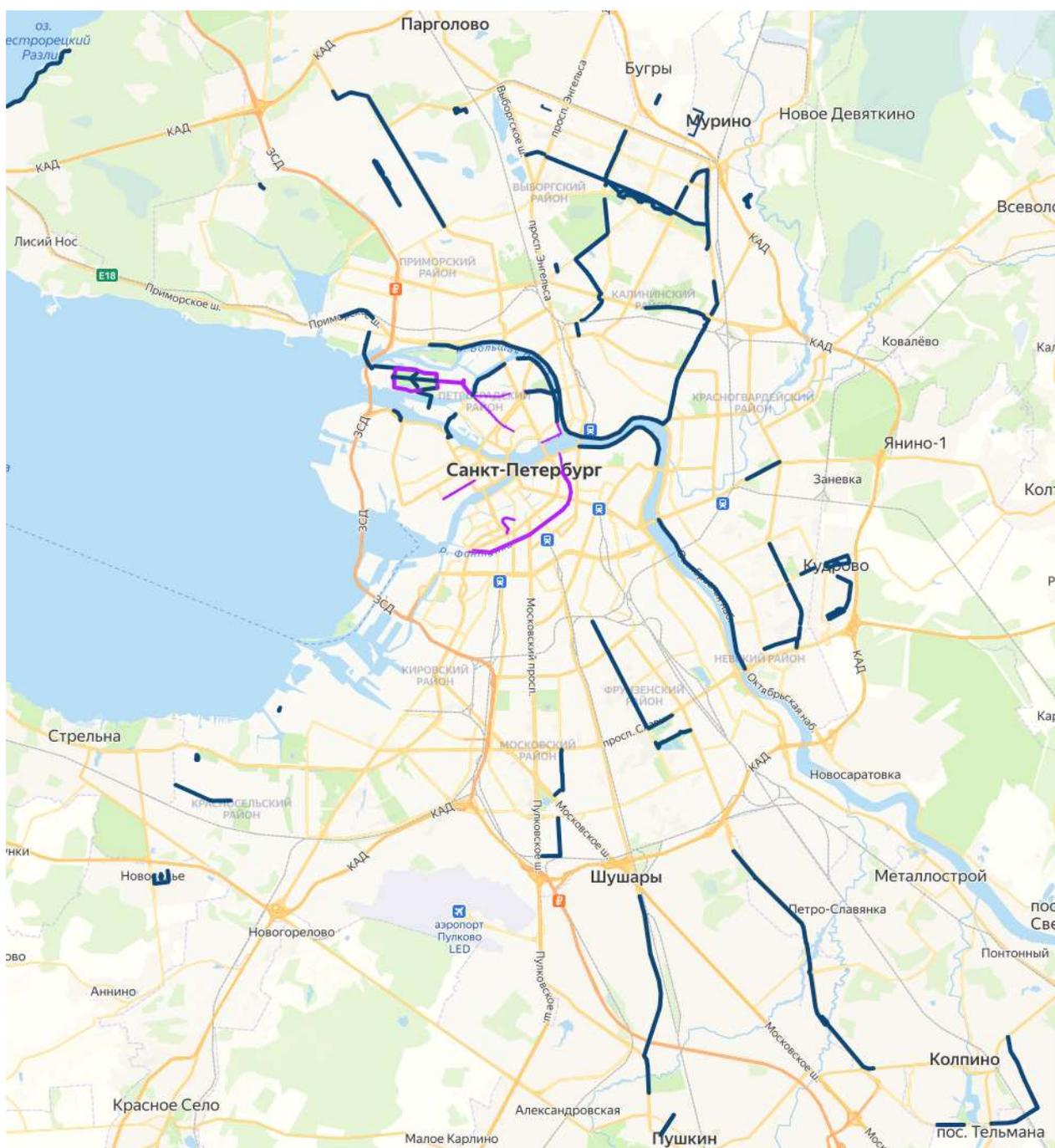


Рисунок 10 – карта велосипедных дорожек в Санкт-Петербурге в 2024 г.

Согласно проведенного анализа их протяженности и официальным данным интерактивной карты велосипедных дорожек, рисунок 9 и рисунок 10, можно сделать вывод о том, что наибольшая протяженность велосипедных маршрутов наблюдается в Петроградском, Калининском, Выборгском и Колпинском районах. Крайне мало велосипедных дорожек в Петродворцовом, Василеостровском и Московском районах [46].

При этом хаотичность расположения и отсутствие цельности велосипедных маршрутов негативно сказывается на безопасности движения велосипедных транспортных средств в условиях города и, как следствие, влияет на увеличение числа ДТП в городе. На основании статистических данных и проведенного анализа была спроектирована карта, на которой отображены точки дорожно-транспортных происшествий, а также велодорожки в городе Санкт-Петербург.

Анализ аварийности в г. Санкт-Петербург показал, что наиболее аварийными местами в городе являются:

- Площадь восстания
- Набережная реки Фонтанки
- Невский проспект
- Улица Типанова, Проспект Славы, ул. Ивановская, ул.

Народная - прямая

- Лермонтовский пр.
- Проспект Королева
- Вблизи парка Сосновка (Северный пр, ул. Сикейроса)
- Проспект Луначарского
- Проспект Энгельса
- Каменноостровского проспект

На основании спроектированной карты можно сделать вывод о том, что аварийность возрастает в местах отсутствия велодорожек, на основных магистралях, соединяющих районы города, а также вблизи велодорожек, на пути следования НМТС от одной части велосипедной маршрута до другой. Наибольшее количество ДТП вблизи велодорожек происходило на проспекте Луначарского и наб. реки Фонтанки, рисунок 11.

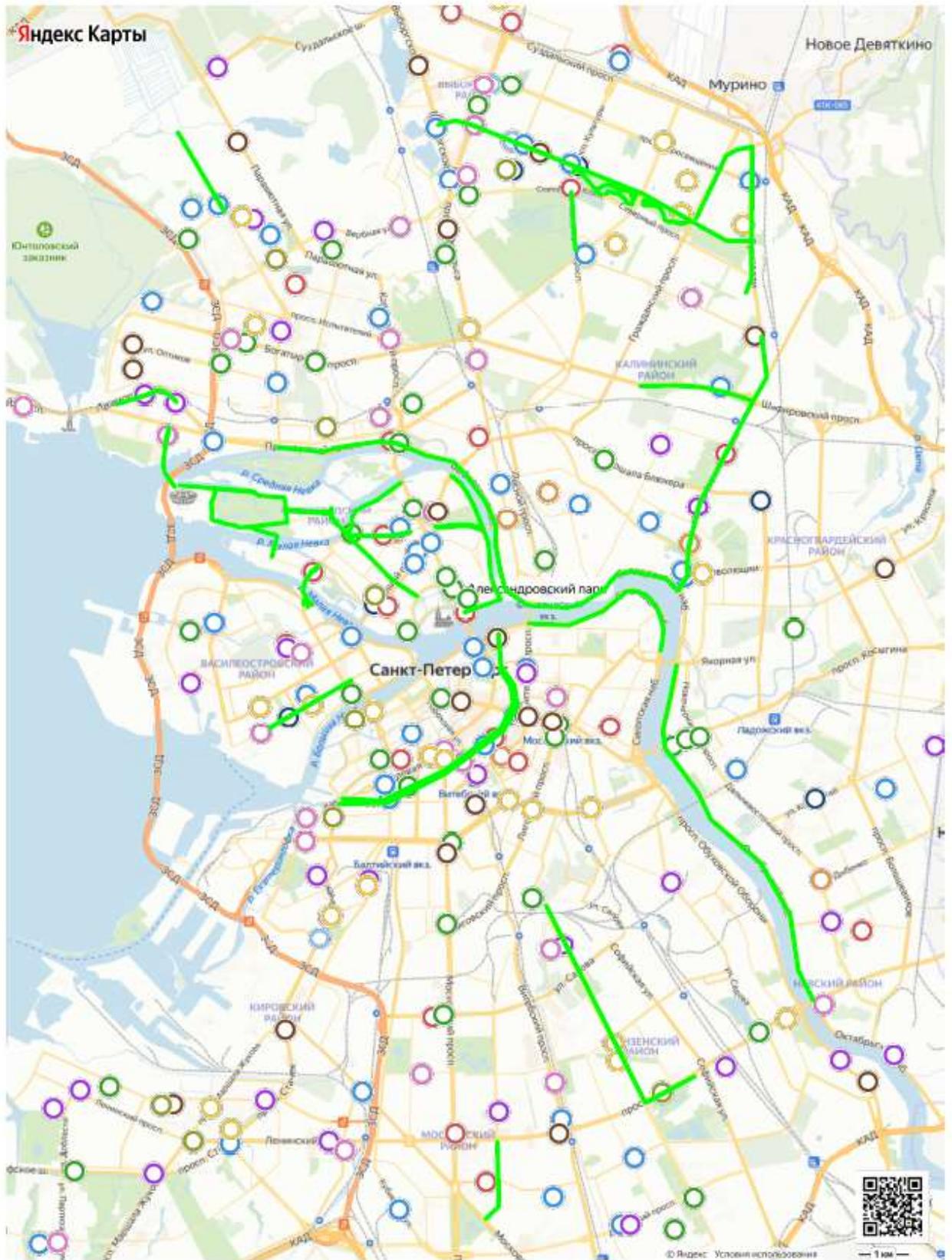


Рисунок 11 – Карта мест ДТП и велодорожек в Санкт-Петербурге

Сезоном увеличения аварийности был назван период с мая по октябрь, наибольшее количество ДТП наблюдалось в летний период. Месяц июль показал значительное снижение аварийности по сравнению с другими летними месяцами (июнем и августом) по причине снижения количества машин и велосипедов на дорогах из-за летних школьных каникул, переезда большого количества населения на дачи на летнее время, а также сезона отпусков. Количество ДТП с велосипедистами уменьшилось на 10%, количество смертей за 2023 год увеличилось.

1.3. Система «водитель–НМТС – дорога – среда»

Для выявления причин возникновения дорожно-транспортных происшествий с автомобилистами используется системный анализ, в частности система «водитель — ТС — дорога — среда» (ВАДС) [85]. Безопасность дорожного движения зависит от надежности входящих в систему ВАДС компонентов [97]. Ключевым компонентом системы является водитель ТС. Он обрабатывает данные о ситуации на дороге, условиях движения, показаниях приборов и положении управляющих элементов. Получая эту информацию, водитель влияет на органы управления транспортного средства и регулирует режим движения в соответствии с дорожной ситуацией. Надежность компонентов системы и правильное взаимодействие их между собой является ключевым фактором в обеспечении БДД. В свою очередь, дорожно-транспортное происшествие можно рассматривать как результат ненадежной работы данной системы [103].

Эффективность работы систем оценивается рядом показателей: технических, экономических, социальных, а также абсолютных и относительных. Количество ДТП, произошедших за конкретный период времени, ДТП в выделенных условных участках или районах обобщенно характеризует систему организации дорожного движения.

Для наглядной демонстрации взаимосвязей системы рассмотрим расстояние, преодолеваемое ТС с момента обнаружения препятствия и до его полной остановки. При экстренном торможении водитель должен оценить ситуацию и выбрать скорость так, чтобы остановочный путь автомобиля не превышал расстояния, на котором в данных условиях можно объективно прогнозировать обстановку.

Оценка безопасности дорожного движения и дорожно-транспортных происшествий с участием НМТС также требует использования системного анализа, то есть разработки системы аналогичной ВАДС, системы «водитель (велосипедист) — НМТС — дорога — среда» (ВНМДС), для выявления причинно-следственных связей компонентов системы при ДТП. Главным элементом данной системы будет являться водитель НМТС, рисунок 12.

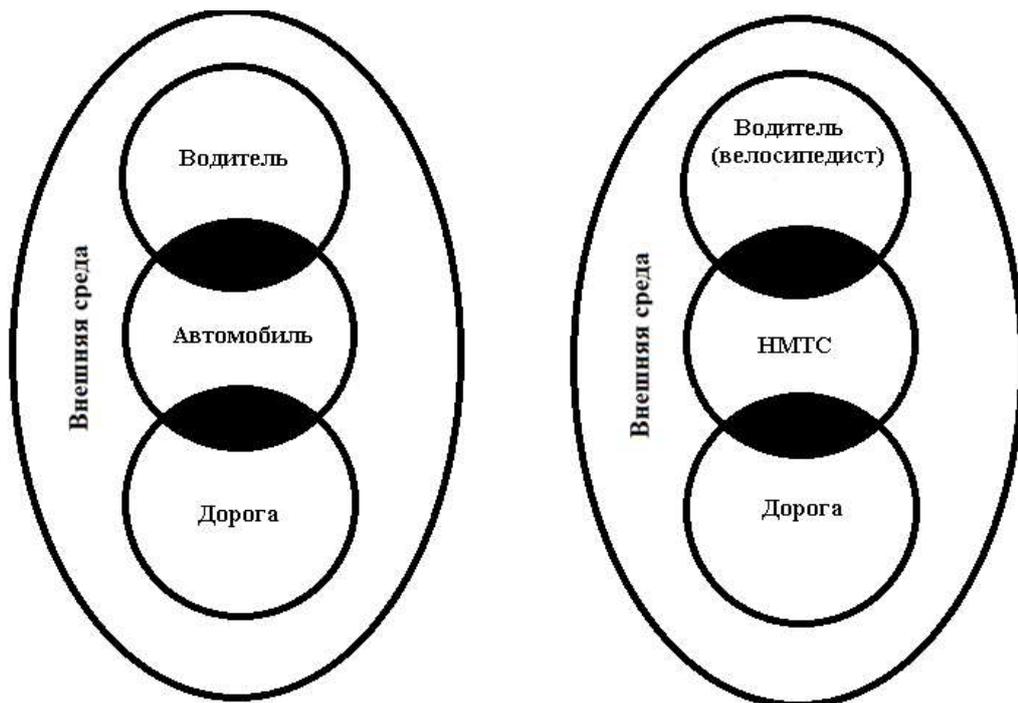


Рисунок 12 – Взаимодействие систем «ВАДС» и «ВНМДС»

В приведенной структурной схеме можно выделить следующие основные подсистемы: 1 – внешняя среда – водитель/велосипедист; 2 – водитель/велосипедист – автомобиль/НМТС; 3 – автомобиль/НМТС - дорога; 4 – внешняя среда - дорога; 5 – дорога – автомобиль/НМТС; 6 –

автомобиль/НМТС – водитель/велосипедист; 7 - внешняя среда – автомобиль/НМТС.

Для повышения безопасности дорожного движения необходимо добиваться повышения надежности каждой составляющей подсистем ВАДС и ВНМДС, а именно повышать качество каждого составного элемента системы. Модернизировать процесс обучения водителей, обеспечивать надлежащее качество дорожного покрытия в любой сезон, поддерживать техническое состояние транспортного средства. В целях предотвращения конфликтов были разработаны и постоянно совершенствуются Правила дорожного движения, которые регламентируют действия каждого участника дорожного движения. Правила являются базой для надлежащего функционирования систем ВАДС и ВНМДС.

1.4. Мировая классификации велосипедов

Популярность велосипедов (немеханических транспортных средств), как и их количество на дорогах, с каждым годом растет во всем мире, в том числе и в Российской Федерации.

В действующих правилах дорожного движения присутствует понятие «механического транспортного средства», однако в определении «транспортного средства» не указано каким именно образом оно может приводиться в движение [78]. Вследствие этого существует необходимость введения понятия «немеханического транспортного средства».

Немеханическое транспортное средство (велосипед/самокат) – транспортное средство, приводимое в движение мускульной энергией водителя при помощи педалей или рукояток педалей и может также иметь электродвигатель номинальной максимальной мощностью в режиме длительной нагрузки, не превышающей 0,25 кВт, автоматически отключающийся на скорости более 25 км/ч.

В настоящее время в Российской Федерации вопрос разработки классификации велосипедов, как немеханических транспортных средств является актуальным так как велосипед, как вид транспорта для постоянного передвижения становится с каждым годом все более востребованным [35].

1.4.1 Основные конструктивные элементы НМТС

Для более детального изучения велосипедов, как немеханических транспортных средств, требуется знание конструкции велосипедов различных типов [28].

На рисунке 13 приведены основные элементы НМТС.

а) Рама – основной силовой элемент любого НМТС, к которому крепятся иные составные элементы.

Рама состоит из труб или стержней, формирующих два треугольника (передний и задний). Задний треугольник создается с помощью двух пар труб и служит задней вилкой, к которой прикрепляется заднее колесо. Данное решение обеспечивает максимальную жесткость рамы при ее минимальной массе.



Рисунок 13 – Конструкция велосипеда. 1 – руль, 2 – тормозные ручки, 3 – рулевая труба, 4 – передние тормоза, 5 – амортизационная вилка, 6 – седло, 7 – подседельный штырь, 8 – рама, 8.1 – верхняя труба, 8.2 – нижняя труба, 8.3 – перья, 9 – педаль, 10 – шатун, 11 – задние тормоза, 12 – задний переключатель передач, 13 – кассета и трещотка, 16 – передний переключатель передач, 17 – цепь, 18 – каретка, 19 – спицы, 20 – втулка, 21 – обод колеса, 22 – шина, 23 – клапан.

Передний треугольник конструкции образуется подседельной трубой, которая соединяет седло с кареткой, нижней трубой, связывающей каретку с рулевой колонкой, и верхней трубой, устанавливающей связь между рулевой колонкой и подседельной трубой. Бывают рамы, в которых отсутствует верхняя труба, или она располагается параллельно нижней трубе. Такие рамы известны как открытые - они имеют большую массу по сравнению с закрытыми, обладающими схожими характеристиками. Велосипеды с открытой рамой чаще всего используются женщинами, так как на него можно сесть в юбке. В современном мире особенно в городах-мегаполисах часто используются открытые складные рамы для удобства хранения и транспортировки велосипеда. Различные материалы рам влияют на комфорт

езды велосипедиста. Мягкие рамы обладают лучшими свойствами для поглощения вибраций, что помогает сглаживать неровности (выбоины, ямы) дороги. В свою очередь, жесткие рамы эффективно передают энергию от педалей к колесам, минимизируя потери, что существенно влияет на скорость движения [30]. Материалы рам: сталь, сплавы алюминия, титана, магния, молибдена, а также из углепластика (карбона). Самыми популярными являются рамы из алюминиевых сплавов, так как они легче остальных.

б) Тормоза - бывают ободными, дисковыми и барабанными.

Ободные тормоза - классический тип тормозов, используются в велосипедах на протяжении уже более ста лет. Впервые начали использоваться для горных велосипедов. Бывают типа V-brake и U-brake, а также клещевыми.

– Дисковые тормоза – самые современные и эффективнее тормоза на данный момент. Бывают механические и гидравлические. В механических тормозах присутствует стальной тросик, в гидравлических тормозах он заменен тормозной жидкостью, также в механических системах приводится только одна колодка, а в гидравлических обычно обе.

– Барабанные тормоза – тормоза для городских и детских велосипедов. Остановка велосипеда происходит нажатием на педаль в обратную сторону.

с) На велосипеде устанавливаются два колеса одинакового размера. Они состоят из металлического обода, который соединен с втулкой при помощи спиц. Внутри каждого колеса находится резиновая камера, напоминающая автомобильную, но более тонкая, а также покрытие (шина) с протектором.

Высота протектора шин разных типов велосипеда, а также его износостойкость – важнейшая характеристика, по которой велосипеды подразделяют по категориям во всех рассмотренных классификациях. Существующие типы протектора:

- Слик – гладкая покрывка с прорезями для водоотвода (асфальтированные, плотные покрытия);
- Полуслик – гладкая середина, по краям невысокий грунтозацеп (шип) (асфальтированные, плотные грунтовые покрытия);
- Грязевой – Плотные расположенные шипы, высокий протектор.

За износостойкость шины отвечает компаунд – состав протектора шины.

Компаунды подразделяются на:

- мягкие (хорошее сцепление, высокая износостойкость),
- средние (сочетают характеристики по сцеплению и износостойкости),
- жесткие (наибольшая износостойкость, не обладают хорошим сцеплением), многосоставные (сочетают лучшие характеристики по износостойкости и сцеплению в зависимости от дорожного покрытия) [15].

1.4.2 Зарубежные классификации НМТС

В мире существует ряд классификаций велосипедов: азиатская, американская и европейская. Согласно азиатской классификации, таблица 6, велосипеды делятся на 6 категорий, которые включают в себя велосипеды разных типов, имеющие разные особенности эксплуатации [19]. Категории также характеризуют тип покрытия, на котором рекомендуется использование определенного типа велосипедов, рисунок 14.

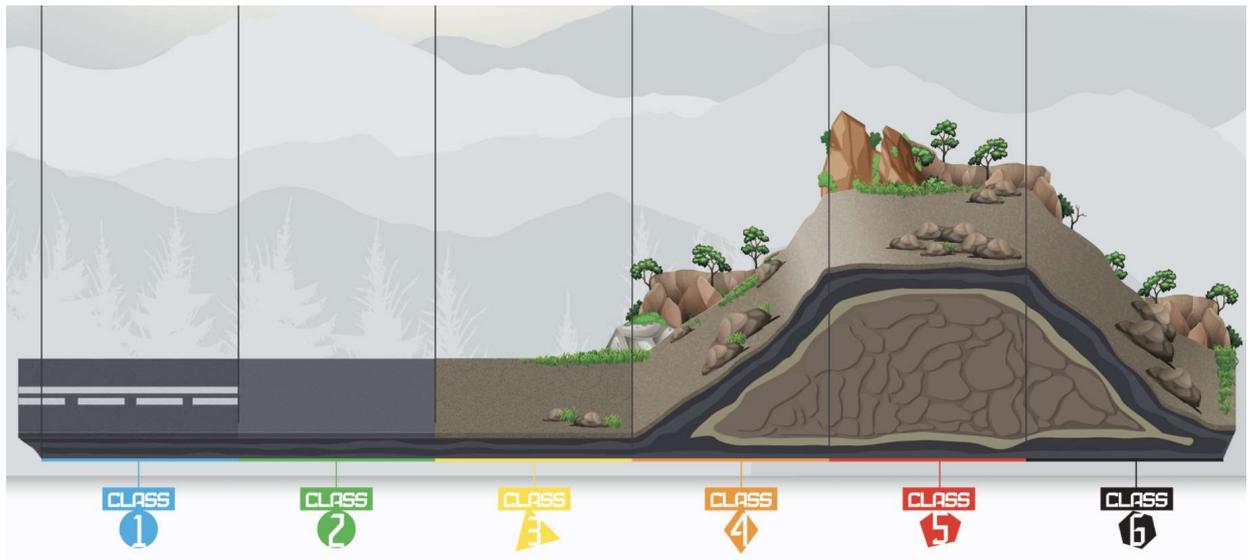


Рисунок 14 – Азиатская классификация велосипедов. 1 класс – асфальтобетонное покрытие с выделенной велосипедной дорожкой; 2 класс – асфальтобетонное покрытие; 3 класс – гравийное покрытие; 4 класс – пересеченная грунтовая местность; 5 класс – очень пересеченная, каменистая местность (включая байк-парк); 6 класс – дорожное покрытие для экстремального прыжка или спуска на неровных поверхностях.

Таблица 6 – Азиатская классификация немеханических транспортных средств (велосипедов)

Категория (Class)	Типы велосипедов	Особенности эксплуатации
1	2	3
1	<ul style="list-style-type: none"> -Детские велосипеды 12"-16" -Детские велосипеды диаметр колеса 20 дюймов (включая ВМХ начального уровня) -Городские велосипеды - без подвески 	<ul style="list-style-type: none"> -Эксплуатация велосипеда на обычном асфальте, велодорожках и гравийной дороге, где хорошее сцепление шины с дорогой; Скорость велосипеда менее 15 км/ч; -Не предназначен для прыжков и езды на одном колесе (переднем или заднем). -Водитель должен избегать любого торможения, вызывающего подъем заднего колеса.
2	<ul style="list-style-type: none"> -Велосипеды для шоссейных гонок -Городские велосипеды с подвеской -Велосипеды спокойной езды без подвески 	<ul style="list-style-type: none"> -Эксплуатация велосипеда на обычном асфальте, велодорожках и гравийной дороге, где хорошее сцепление шины с дорогой; -Велосипед движется со средней или высокой скоростью. -Не предназначен для прыжков и езды на одном колесе (переднем или заднем).

1	2	3
3	-Туристические велосипеды -Гибридные или сдвоенные спортивные велосипеды с подвеской -Горные велосипеды для взрослых, оснащенные подвеской -24 " горный велосипед с подвеской	-Эксплуатация велосипеда на обычном асфальте, велодорожках и гравийной дороге, немоощеных пешеходных тропах с неровностями дороги и худшим сцеплением с дорогой -Не предназначен для прыжков
4	-Горные велосипеды, предназначенные для езды по бездорожью -24-дюймовые полноподвесные велосипеды со сквозной осью	-Эксплуатация велосипеда на таких же поверхностях как в категории 3, а также на более пересеченной грунтовой местности. -Прыжки и падения должны быть с менее 1 м (максимальная высота).
5	- Горные велосипеды полноподвесной, ход подвески 130-180мм	- Совокупность условий для эксплуатации велосипеда категории 4, а также на очень пересеченной, каменистой местности (включая байк-парк). -Из-за его тяжелого предназначения использования в конце сеанса необходима регулярная чистка, смазка и уход
6	- Горные велосипеды полноподвесной, ход подвески ≥ 180 мм, такие как: -Велосипеды для скоростного спуска, фрирайда и фристайла -Велосипеды для слоупстайла и гоночные велосипеды BMX	- Совокупность условий для эксплуатации велосипеда категорий 4 и 5, а также экстремального прыжка или спуска на неровных поверхностях. Из-за его интенсивного использования; в конце тренировки необходима регулярная чистка, смазка и тщательный осмотр всего велосипеда

В США нет четкой классификации велосипедов, как немеханических транспортных средств, а лишь рассмотрены велосипеды по типам, рисунок 15. Однако, более детально рассмотрена классификация электрических велосипедов:

Категория 1: Велосипед оснащен двигателем, который начинает работать, только когда велосипедист, используя педали, достигнет скорости в 20 миль/ч (30км/ч);

Категория 2: Велосипед, оснащен двигателем, который может использоваться исключительно для приведения велосипеда в движение. Когда

велосипед достигает скорости 20 миль/ч (30км/ч) двигатель перестает работать;

Категория 3: Велосипед оснащен двигателем, который начинает работать, только когда велосипедист, используя педали достигнет скорости в 28 миль/ч (40км/ч). Велосипед оснащен спидометром.

В стране существует организация «Лига велосипедистов Америки» [6], которая на федеральном уровне следит за соблюдением правил дорожного движения, как со стороны велосипедиста, так и со стороны других участников дорожного движения, и обеспечивает безопасную езду на велосипедах с 1880 года. Лига также определяет стандарты и стратегии для улучшения правил дорожного движения, с целью улучшения взаимодействия велосипедистов и других участников дорожного движения.

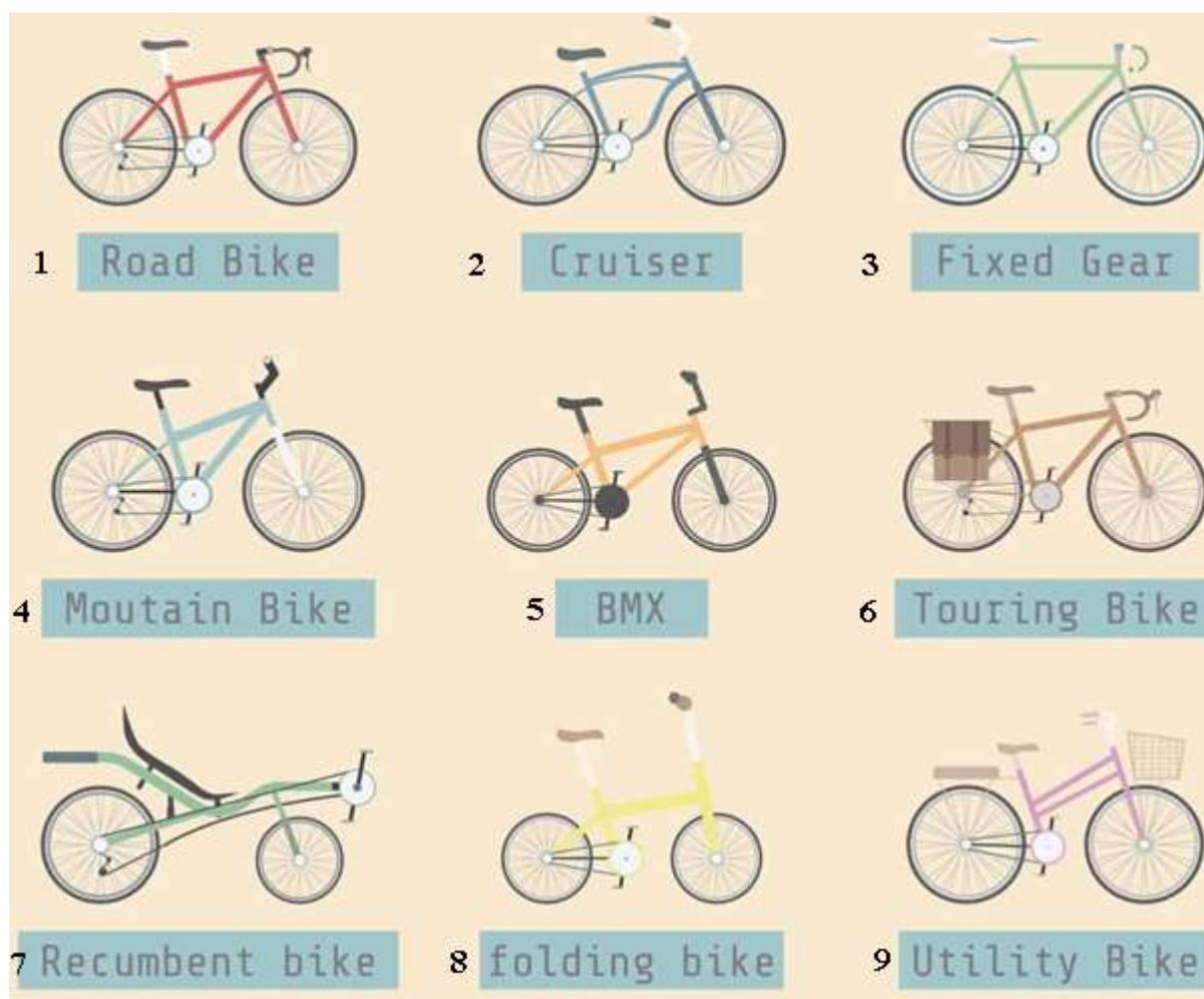


Рисунок 15 – Американская классификация велосипедов по типам. 1 класс – дорожный велосипед; 2 класс – городской велосипед (круизер); 3 класс – велосипед с

фиксированной передачей; 4 класс – горный велосипед; 5 класс – БМХ -велосипед для мотокросса и мотофристайла; 6 класс – туристический велосипед; 7 класс – лежачий велосипед; 8 класс – складной велосипед; 9 класс – «полезный» велосипед или велосипед с корзиной.

Европейская классификация велосипедов состоит из 7 (0-6) категорий, которые включают велосипеды разных типов, конструкций и возможностей эксплуатации, таблица 7 [26].

Таблица 7 – Европейская классификация немеханических транспортных средств (велосипедов)

Категория (Class)	Типы велосипедов	Особенности эксплуатации
1	2	3
0	- Детские велосипеды	-Асфальтированные дороги, не используемые для движения автотранспорта, и велосипедные дорожки, дороги, вымощенные гравием, песком или аналогичными материалами, не используемые автотранспортом. Полный контакт с поверхностью. -Не предназначен для прыжков и езды на одном колесе (переднем или заднем). -Водитель должен избегать любого торможения, вызывающего подъем заднего колеса.
1	- Шоссейные велосипеды - Велосипеды для триатлона - Городские велосипеды	-Асфальтированные дороги, не используемые для движения автотранспорта, и велосипедные дорожки. Полный контакт с поверхностью. -Не предназначен для прыжков и езды на одном колесе (переднем или заднем). -Водитель должен избегать любого торможения, вызывающего подъем заднего колеса.
2	-Велосипеды для трека и кросса -Гравийные велосипеды	Дороги с твердым покрытием: асфальтированные дороги, велосипедные дорожки, дороги, вымощенные гравием, песком или подобными материалами, мощные пешеходные тропы с небольшим количеством корней, порогов, камней. Небольшая потеря контакта с поверхностью из-за неровностей. -Не предназначен для прыжков и езды на одном колесе (переднем или заднем). - Водитель должен избегать любого торможения, вызывающего подъем заднего колеса.

1	2	3
3	Горные велосипеды передняя подвеска макс. ход 120 мм	<p>- Асфальтированные дороги, велосипедные дорожки, дороги, вымощенные гравием, песком или подобными материалами, мощеные пешеходные тропы с большим количеством корней, порогов, камней. Небольшая потеря контакта с поверхностью из-за неровностей.</p> <p>- Не предназначен для прыжков и езды на одном колесе (переднем или заднем).</p> <p>- Водитель должен избегать любого торможения, вызывающего подъем заднего колеса.</p>
4	<p>- Горные велосипеды передняя подвеска макс. ход 130 мм</p> <p>- Горные велосипеды полноподвесной макс. ход 160/170 мм</p>	<p>- Асфальтированные дороги, велосипедные дорожки, дороги, вымощенные гравием, песком или подобными материалами, мощеные пешеходные тропы с большим количеством корней, порогов, камней, а также более пересеченная грунтовая местность с прерывистыми прыжками / падениями высотой до 0,5 м.</p> <p>Небольшая потеря контакта с поверхностью из-за неровностей.</p> <p>- Водитель должен избегать любого торможения, вызывающего подъем заднего колеса. Важно! при использовании подножек, брызговиков, багажников, а также велосипедных прицепов область применения модели меняется на классификационную категорию 2.</p>
5	- Горные велосипеды полноподвесной макс. ход 170/190 мм	<p>- Очень пересеченная и каменистая местность с прерывистыми прыжками на высоту до 1м, в спорт-и байк- парках</p> <p>- Из-за его тяжелого предназначения использования в конце сеанса необходима регулярная проверка велосипеда</p> <p>Важно! при использовании подножек, брызговиков, багажников, а также велосипедных прицепов область применения модели меняется на классификационную категорию 2.</p>
6	- Горные велосипеды полноподвесной макс. ход ≥ 200 мм	<p>- Официально обозначенные/ подписанные трассы, а также спортивные и велосипедные парки</p> <p>- Из-за его тяжелого предназначения использования в конце сеанса необходима регулярная проверка велосипеда</p> <p>Важно! при использовании подножек, брызговиков, багажников, а также велосипедных прицепов область применения модели меняется на классификационную категорию 2.</p>

Категории в классификациях определяются в зависимости от типа дорожного покрытия, по которому может ездить тот или иной тип велосипеда, что говорит в первую очередь о различии типа шин, высоты протектора, конструкций рам, расположении сидения относительно колес и типа тормозов.

Для проведения экспертных исследований необходимо проанализировать всю информацию как об обстоятельствах ДТП, так и о транспортных средствах, участвующих в дорожном происшествии. Эксперту при проведении осмотра необходимо визуально определить к какому типу относится велосипед, участвующий в ДТП. Визуальные отличия основных типов велосипедов (НМТС) представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Основные визуальные отличия типов велосипедов

Тип велосипеда (НМТС)	Складной велосипед	Горный велосипед	Городской велосипед	Шоссейный велосипед
Рама	Складная	Массивная, прочная	Классическая	Тонкая, жесткая
Руль	Прямой	Прямой	Прямой	Особая скрученная форма
Диаметр колеса, дюйм	Широкие: <20	Широкие: 26-29	Широкие: 26, 28	Узкие: 27,5-29
Покрышки	Слик; Полуслик; Грязевой	Полуслик; Грязевой	Полуслик	Слик; Полуслик
Тормоз	Дисковый; Ободной; Ножной	Дисковый; Ободной	Ободной; Ножной	Дисковый; Ободной
Трансмиссия	1-3 передачи	Многоскоростная (горная)	1-3 передачи	Многоскоростная (акцент на скорость)
Вес, кг	8-18 кг.	10-20 кг.	8-18 кг.	6-12 кг.
Посадка	Прямая	Спортивная	Прямая	Спортивная
Амортизаторы	Отсутствуют	Есть	Отсутствуют	Отсутствуют
Доп. оборудование	Отсутствует	Отсутствует	Часто: багажник, корзина	Отсутствует

1.4.3 Анализ популярности НМТС в России

На основании проведенного анализа крупнейших производителей самыми популярными типами велосипедов в России являются [71, 101]:

- Горный велосипед. Особенности: высокая рама, наличие амортизаторов, широкие шины, большая высота протектора, большое количество скоростей. В зависимости от уровня навесного оборудования делятся на «Начальные», «Любительские», «Полупрофессиональные» и «Профессиональные» [3, 4, 9, 21, 29].

- Женский велосипед. Особенности: чаще имеет заниженную раму для большего удобства, хорошую управляемость и высокую надежность, может быть как горным, так и комфортным городским, т.е. может иметь большую и среднюю высоту протектора.

- Детский велосипед. Особенности: диаметр колеса = от 8 до 20 дюймов; бывают оборудованы боковыми колесиками для устойчивости и безопасности, а также мягкими накладками на руль и багажником для игрушек. Общепринятое разделение детских моделей на велосипеды для детей от 3 лет (8-12’’), от 3-х до 5-ти (14-16’’) и от 5-ти до 9-ти (18-20’’).

- Подростковый велосипед. Особенности: конструкция как в горном велосипеде, но диаметр колеса 24 дюйма, рассчитан на комфортное управление при небольшом росте и весе седока, обычно оснащены крыльями и подножкой.

- Складной велосипед. Особенности: удобство при транспортировке и хранении, не предназначен для спортивного или экстремального катания. Есть модели с несколькими скоростями и короткоходными вилками.

- Комфортный велосипед (круизер). Особенности: для неспешной спокойной езды по асфальту или хорошему грунту. Все узлы и элементы конструкции обеспечивают максимальный комфорт при катании. К комфортным велосипедам относятся «Комфортные хардтейлы» (велосипед с амортизационной вилкой для неагрессивного катания), «Дорожные

велосипеды» (байк с жесткой вилкой для длительных велопрогулок в городе и на природе), «Тандемы» (двухместный велосипед для использования в городе) и «Круизеры» (стильный прогулочный велосипед).

- Двухподвес. Особенности: подвид горного велосипеда, оснащенный двумя амортизаторами: передним и задним. При агрессивном катании (даунхиллинг, фрирайд) движении на двухподвесе намного более удобна и безопасна, чем на «хардтейле» (горном велосипеде с одним только передним амортизатором), однако рама двухподвесного велосипеда имеет больший вес, а цена его выше.

- Экстремальный велосипед. Особенности: не предназначен для езды на большие расстояния, отличаются повышенной прочностью рамы и колес, которая позволяет этим моделям выдерживать серьезные нагрузки при трюковой езде и выполнении прыжков. («Дерт», «Триал» или «BMX»).

- Шоссейный велосипед. Особенности: скоростная движения по ровному гладкому асфальту или спортивные треки, является самым быстрым типом велосипедов. Отличительные признаки: загнутый вниз руль, очень легкая и тонкая рама, высокие колеса, узкие покрышки со слабо выраженным протектором. На шоссейные модели, как правило, не ставятся крылья, фонари и другие аксессуары, чтобы не увеличивать вес велосипеда. (Циклокроссовые велосипеды - рассчитаны на скоростную езду по смешанным трассам, в том числе грунту. Внешне циклокроссовый велосипед похож на шоссейный, но отличается от него широкими покрышками с «зубастым» протектором и несколько иной геометрией рамы — более заниженной и короткой.)

- Городской велосипед. Особенности: катание по асфальту или легкому грунту, стильным дизайн, хорошая управляемость и повышенная безопасностью при езде. («Фитнес-велосипеды» и «Кроссовые»). Велосипеды для фитнеса — это гибриды шоссейных и горных велосипедов с жесткой вилкой. Большие (28”) колеса, спортивная посадка и отсутствие гасящего скорость переднего амортизатора позволяют быстро разогнаться на шоссе. В

кроссовых велосипедах применяется амортизационная вилка. Благодаря большим (28'') колесам и передней звезде с 48 зубьями он развивает приличную скорость на шоссе, а прочная рама, передний амортизатор и двойные обода облегчают подъем в гору и езду по бездорожью).

- Электровелосипеды (велогибриды). Особенности: в комплектацию которых входит электродвигатель, работающий от аккумулятора; 3 режима: за счет двигателя (без помощи педалей), при выключенном двигателе (как на обычном велосипеде) или частично за счет двигателя (педали + двигатель). Электровелосипеды экологически безопасны, а аккумуляторы на большинстве моделей являются съемными и заряжаются от обычной розетки.

Согласно представленной статистике сайта «New-retail» [71], горный велосипед сейчас является самым популярным видом велосипеда в России – стремятся приобрести именно горный велосипед 41,8% [101]. Этот тип велосипеда лидировал по спросу и в 2019 г., однако его доля была меньше - 31,2%.

ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ

В результате исследования состояния безопасности дорожного движения с участием велосипедистов был сделан вывод о том, что, не смотря на развитие велосипедной инфраструктуры и просматриваемой тенденции на сокращение количества погибших в дорожно-транспортных происшествиях с участием велосипедистов анализ факторов и показателей аварийности подтверждает актуальность проблемы безопасности дорожного движения для велосипедистов. Недостаточность и непродуманность веломаршрутов города является основной причиной возникновения многих ДТП с участием велосипедистов. Аварийность возрастает вблизи велодорожек, на пути следования велосипедного транспортного средства от одной части велосипедной маршрута до другой, а также в местах отсутствия велодорожек, на основных магистралях, соединяющих районы города. Масса велосипеда и велосипедиста, тип велосипеда, конструкции рам, типы и высота протектора шин, тип тормозов, а также погодные условия, влияющие на коэффициент сцепления наиболее значимо влияют на установившееся замедление велосипедного транспортного средства.

Смертность среди велосипедистов наиболее высока в летние месяцы, с июня по сентябрь. Почти три четверти всех смертей от рук велосипедистов происходят в городских районах. Несоблюдение правил дорожного движения является наиболее распространенным фактором дорожно-транспортных происшествий со смертельным исходом, за которыми следует невидимость велосипедистов.

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА ДТП С НМТС

2.1 Дорожно-транспортное происшествие с наездом велосипедистов на пешеходов и АТС

Водитель НМТС, как полноценный участник ДД должен должен действовать в соответствии с п.1.3 ПДД РФ. Водитель НМТС не должен создавать помех для движения другим участников ДД и не подвергать опасности окружающих и себя. Все права и обязанности велосипедиста прописаны в разделе 24 ПДД. Однако при отсутствии возможности двигаться по велосипедной, велопешеходной дорожкам, проезжей части велосипедной зоны или полосе для велосипедистов он вынужден передвигаться [77]:

- по правому краю проезжей части, в случаях, когда габаритная ширина велосипеда, прицепа к нему либо перевозимого груза превышает 1 м или движение велосипедистов осуществляется в колоннах;
- по обочине, в случаях, когда отсутствует возможность двигаться по правому краю проезжей части;
- по тротуару или пешеходной дорожке, в случаях, когда отсутствует возможность двигаться по правому краю проезжей части/обочине или велосипедист сопровождает велосипедиста в возрасте до 14 лет либо перевозит ребенка в возрасте до 7 лет на дополнительном сиденье, в велоколяске или в прицепе, предназначенном для эксплуатации с велосипедом.

Отсутствие у велосипедистов надлежащих знаний ПДД или нежелание их соблюдать влекут за собой повышенный риск попадания в ДТП и приводят к ежегодному увеличению статистики пострадавших в таких столкновениях. В мае 2023 года в г. Москва был проведен рейд по выявлению количества велосипедистов, нарушивших ПДД. За 3 дня было выявлено 3394 нарушения, среди которых самыми частыми оказались: не спешивание перед пешеходным переходом, пересечение проезжей части в неполюженном месте, движении по

дороге без соблюдения ПДД, нахождение на проезжей части без цели ее перехода, движение по тротуарам.

К сожалению, многие велосипедисты ввиду нежелания изучить ПДД систематически совершают запрещенные действия при езде, в частности по городу, такие как например: управление ТС с использованием лишь одной руки или без рук, а также исполнение левого поворота или разворота на дорогах с трамвайным движением возможно только в том случае, если эти дороги имеют несколько полос, предназначенных для движения в этом направлении. Систематическое нарушение ПДД влечет за собой опасность как велосипедиста, так и окружающих его людей и ТС. Предотвращение таких ДТП – одна из важнейших проблем безопасности дорожного движения, требующая особенного внимания ввиду ежегодного увеличения числа людей, пользующихся велосипедами.

В результате более детального анализа карточек ДТП с участием велосипедистов, представленных на сайте со статистикой ГИБДД [76], было выявлено, что в 2023 году в 49% ДТП виноват сам велосипедист.

Рассмотрим ряд ДТП с участием велосипедистов.

1. ДТП при выезде с прилегающей территории

На основании ПДД при выезде автомобиля с прилегающей территории водитель АТС обязан уступить дорогу НМТС. Во всех возможных случаях виноват водитель АТС, однако возникает вопрос возможности предотвращения данного ДТП велосипедистом. Данное ДТП может рассматриваться как наезд НМТС на АТС).

2. ДТП на перекрестке

Так как велосипедист является водителем ТС, то согласно ПДД обязанности спешиваться при проезде перекрестка по проезжей части у него нет. Водитель АТС в данном случае обязан пропустить движущееся прямо ТС и только после этого совершить поворот.

3. ДТП на пешеходном переходе

При пересечении проезжей части по пешеходному переходу водитель НМТС слезть с него и идти рядом, что классифицирует данное ДТП как наезд на пешехода [99]. Однако, стоит отметить, что многие велосипедисты пренебрегают данным правилом, что влечет за собой смену виновника. Водитель АТС обязан давать преимущество движению пешехода, но не транспортному средству, что делает виновником данного ДТП велосипедиста.

4. ДТП наезд на пешехода

Чаще всего результатом таких ДТП является нарушение водителем НМТС ПДД, то есть виновник таких ДТП - велосипедист. Часто в таких ДТП сбитый пешеход не обращается к сотрудникам ГИБДД или велосипедист покидает место ДТП, что влечет за собой расплывчатость статистических данных и отсутствие четкого понимания количества таких ДТП.

2.2 Дорожно-транспортная экспертиза ДТП с НМТС

Дорожно-транспортные происшествия — это результат череды событий, пройденных в небольшой промежуток времени, поэтому чаще всего участникам и свидетелям ДТП трудно предоставить полностью достоверную информацию о произошедшем. В таких случаях, когда определить причинно-следственные связи, приведшие к ДТП крайне трудно или невозможно, например, ввиду отсутствия свидетелей, судебные органы обращаются за помощью к специалистам в области судебной экспертизы [87, 90]. Выносятся постановления о назначении судебной автотехнической экспертизы, в котором формулируются вопросы, требующие решения, указываются исходные данные и материальные объекты, требующие экспертных исследований [103]. Результаты проведения судебной автотехнической экспертизы оформляются заключением эксперта, в котором отражены выводы по поставленным вопросам [67, 98]. В каждом конкретном случае содержание предмета автотехнической экспертизы будет определено конкретными объектами исследования и вопросами, поставленными для решения эксперта.

Начальная регистрация пространственно-следовой информации на месте аварии, а также сведения о ее участниках, имеют важное значение для восстановления механизма дорожно-транспортного происшествия. Тем не менее, даже сейчас существует проблема недостаточно тщательного осмотра места происшествия, что связано с низким уровнем автоматизации сбора данных и нехваткой квалифицированных специалистов. Человеческий фактор часто приводит к увеличению погрешностей измерений, что, в свою очередь, затрудняет доказательство или опровержение различных сценариев, а также определение причинно-следственной связи между действиями водителя и последствиями ДТП. Если установить такие связи невозможно, эксперту не остается иного выбора, кроме как констатировать, что в данном конкретном случае восстановление механизма ДТП невозможно. Соответственно, анализ ДТП будет основываться на субъективных показаниях участников аварии [53-55, 86, 91-93, 102].

Особенно заметен пробел в части анализа и определения причинно-следственных связей при расследовании ДТП с участием велосипедистов (НМТС). Для проведения анализа ДТП с велосипедистами и полноценного расчета эксперту необходимы исходные данные по параметрам замедления и фактической скорости велосипедиста в момент вступления в контактно-следовое взаимодействие (столкновение), однако данные параметры не исследуются в таких ДТП, что не дает эксперту провести детальную оценку и полноценно провести реконструкцию механизма ДТП [2, 50, 59, 60].

Любой механизм ДТП можно разделить на три стадии.

Замедление (торможение) НМТС — это одна из главных величин, позволяющих эксперту оценить различные версии произошедшего и создать математическую модель ДТП. Оценим различия между тремя основными способами торможения велосипедистов:

– Первый способ - только передний тормоз - включал в себя пульсирующую или прерывистую блокировку переднего колеса во время торможения. Более безопасный способ заключается не в полной блокировке, а в

быстрой и многократной блокировке и разблокировке переднего колеса, особенно на неровных поверхностях. Удерживая переднее колесо от блокировки, водитель может сохранять управляемость. Как и в случае с автомобилями, не оборудованными антиблокировочной системой тормозов, после блокировки передних колес водитель теряет значительный контроль над рулевым управлением. Используя данный тип торможения, у велосипедиста есть высокий риск падения через руль.

– Второй способ включает в себя блокировку заднего колеса и противодействие рулевому управлению для поддержания баланса. Второй прием отличается от первого блокировкой тормозного колеса.

– Третий способ, при котором используются оба тормоза (комбинированный способ), является наиболее эффективным способом снижения скорости, однако не самым безопасным. Используя данный тип торможения со скорости 20 км/ч у велосипедиста, есть высокий риск падения через руль [25].

Эксперт при производстве заключения ДТП с участием автомобиля и велосипеда в современной практике все еще не рассматривает вопрос возможности велосипедистом предотвратить ДТП, однако стоит отметить, что велосипедист, как и любое другое ТС при возникновении препятствия применяет экстренное торможение, однако в отличие от автомобиля велосипедист стремится применить экстренное торможение так, чтобы избежать значительную потерю контроля над рулевым управлением, падения и получения серьезных травм.

Рассмотрим пример проведения ДТЭ с участием ТС и НМТС: ТС следовало по улице, в районе перекрестка перестраивалось из правой полосы движения в левую полосу со скоростью 20 км/ч и на регулируемом пешеходном переходе имел место наезд данного ТС на НМТС, который пересекал проезжую часть по пешеходному переходу на велосипеде на зеленый сигнал светофора, двигаясь справа налево относительно направления движения а/м.

Возможность у водителя ТС, технической возможности предотвратить наезд на НМТС, может быть выражено следующим неравенством:

$$S_0 < S_y;$$

где S_0 – остановочный путь ТС, в данной ДТС при экстренном торможении, (см. ниже);

S_y – удаление ТС от места наезда на НМТС в момент возникновения опасности для движения, (см. ниже).

Остановочный путь ТС при экстренном торможении в данном случае составит $\sim S_0 \approx 9,3\text{м}$:

$$\begin{aligned} S_0 &= \frac{(t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \cdot V_A}{3,6} + \frac{V_A^2}{25,92 \cdot j} = \\ &= \frac{(1,0 + 0,1 + 0,5 \cdot 0,35) \cdot 20,0}{3,6} + \frac{20,0^2}{25,92 \cdot 6,8} \approx 9,3\text{м} \end{aligned} \quad (1)$$

где t_1 – время реакции водителя а/м, в данной ДТС, $t_1 = 1,0$ с. [40],

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), $t_2 = 0,1$ с, $t_3 = 0,35$ с, $j = 6,8\text{м/с}^2$ – асфальт – сухой [16];

V_A – скорость движения а/м, $V_A = 20\text{км/ч}$.

Определим удаление ТС, от места наезда на НМТС в момент возникновения опасности для водителя $S_y \approx 8\text{м}$:

$$S_y = \frac{V_A \cdot S_{0П}}{V} = \frac{20,0 \cdot 4,0}{10} \approx 8\text{м} \quad (2)$$

где V_A – см. выше,

$S_{0П}$ – расстояние, которое преодолело НМТС в опасной зоне непосредственно перед ДТП, $S_{0П} = 4,0$ м;

V – скорость движения велосипедиста в данной ДТС, $V \approx 10\text{км/ч}$.

Таким образом, имеем: при скорости движения а/м, $V_A = 20\text{км/ч}$, $S_0 \approx 9,3\text{м} > S_y \approx 8\text{м}$, а это значит, что водитель, а/м, с момента возникновения

опасности для движения, не имел технической возможности предотвратить наезд своего а/м на велосипедиста в данной ДТС. Следовательно, учитывая вышеизложенное, в сложившейся ДТС, действия водителя а/м, с экспертной точки зрения, с момента возникновения опасности для движения, не противоречили требованиям п.10.1 Правил дорожного движения РФ (см. выше).

Рассмотрим аналогичную ситуацию и проведем оценку возможности велосипедиста предотвратить наезд на АТС, используя таблицу замедления велосипедов из работы Пучкина В.А. (таблица 12) [79].

Остановочный путь НМТС в рассматриваемом случае, при экстренном торможении составит:

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

$$\frac{(1,0 + 0,1 + 0,5 \cdot 0,4) \cdot 10,0}{3,6} + \frac{10,0^2}{25,92 \cdot 6,0} \approx 4,25 \text{ м} \quad (3)$$

где: t_1 – время реакции водителя НМТС, в данной ДТС, $t_1 = 1,0$ с. [40],

t_2, t_3, j – тормозные характеристики типа велосипеда участвовавшего в ДТС, соответственно, время запаздывания срабатывания тормозного привода (t_2), время нарастания давления в тормозной системе (t_3), $t_2 = 0,1$ с, $t_3 = 0,4$ с, $j = 6,0 \text{ м/с}^2$ – асфальт – сухой [16];

V_B – скорость движения велосипедиста, $V_B = 10 \text{ км/ч}$.

Расстояние удаления тогда составит:

$$S_Y = \frac{V_B \cdot S_{0П}}{V} = \frac{10,0 \cdot 9,3}{20} \approx 4,65 \text{ м} \quad (4)$$

где V_B – см. выше,

$S_{0П}$ – расстояние, которое преодолело ТС в опасной зоне непосредственно перед ДТП;

V – скорость движения а/м в данной ДТС, $V = 20 \text{ км/ч}$.

Исходя из этого установлено, что при скорости движения НМТС $V_B = 10 \text{ км/ч}$,

$S_0 \approx 4,25\text{м} < S_y \approx 4,65\text{м}$, а это значит, что при расчете на основании методики 1993 года (таблица 12), с момента возникновения опасности для движения, можно сделать вывод о том, что водитель НМТС имел техническую возможность предотвратить наезд своего НМТС на ТС в данной ДТС, однако при расчете данной методикой не учитывается тип НМТС согласно разработанной классификации, а как следствие конструкция рамы, тип тормозов, нагрузка, действующая на НМТС [33, 63, 66]. Ввиду недостаточности вышеизложенных данных отсутствует возможность однозначной оценки ДТП, что влечет за собой неточность экспертной оценки.

2.3 Анализ факторов, влияющих на передвижение велосипедов

Основные научные результаты по исследованиям параметров ускорения и торможения НМТС были представлены в сравнительно небольшом количестве публикаций. Множество факторов и показателей влияют на точность реконструкции механизма ДТП. Коэффициент сцепления шины с дорожным покрытием является основным фактором, который определяет безопасность передвижения транспортного средства. Это способствует улучшению безопасности дорожного движения, поскольку увеличивает сцепление шины с дорожной поверхностью. При анализе свойств сцепления шины с дорогой принимается во внимание коэффициент ϕ . Данный коэффициент определяется как соотношение максимальной силы реакции T_{\max} , действующей в области контакта, к вертикальной нагрузке G_k , которая распределяется на одно колесо [88]. При использовании коэффициента сцепления в реальных столкновениях необходимо учитывать, что качение колес транспортных средств может рассматриваться в нескольких формах: качение без проскальзывания, с проскальзыванием, проскальзывание без качения и вращение без качения. С учетом этих аспектов, коэффициент сцепления можно определить как движение колеса без проскальзывания и буксования [5, 18, 27, 58, 83]. Проскальзывание и буксование колеса отражают значение продольного коэффициента качения, при этом нужно помнить, что данное движение происходит в плоскости качения. В то же время,

когда движение осуществляется под углом к оси вращения, это будет характеризовать коэффициент поперечного сцепления. Если скорость поступательного перемещения колеса больше окружной скорости колеса, то данный процесс называется буксованием. Следует отметить, что колесо может проскальзывать в обоих направлениях: продольном и поперечном [20-22, 39].

Для получения информации о коэффициенте сцепления дорожного покрытия и колеса транспортного средства необходимо определить отношение замедления (отрицательного ускорения) транспортного средства к ускорению силы тяжести с помощью трения проектора шины о дорожное покрытие. В зависимости от типа дорожного покрытия коэффициент сцепления принимает абсолютно разные значения, равно, как и установившееся замедления любого транспортного средства, измеряемые деселерометром.

Из проведенных исследований известно, что на коэффициент сцепления оказывают влияние различные факторы [82], значения коэффициентов сцепления для различных случаев приведены в трудах Пучкина В.А. [79-81].

Определение коэффициента сцепления производилось при помощи комплекса измерительной передвижной аэродромно-дорожной лаборатории с динамометрическим прицепом типа ПКРС-2 РДТ, рисунок 16 и рисунок 17.

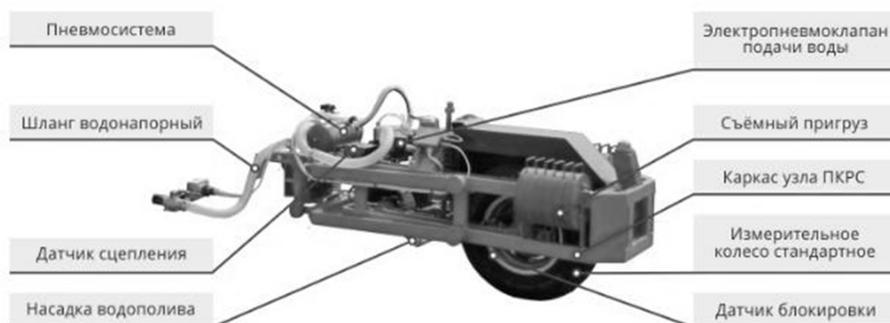


Рисунок 16 – Динамометрический прицеп типа ПКРС-2 РДТ



Рисунок 17– Дорожная лаборатория КП-514 РДТ с динамометрическим прицепом типа ПКРС-2 РДТ

Можно выделить несколько методов определения скорости транспортного средства в Российской Федерации основанные на практике экспертов. Особенностью самого заурядного метода является анализ дорожной обстановки, в частности видимости в условиях поворота транспортного средства. Скорость ТС на месте ДТП можно определить по длине следов торможения (юза) и волочения, а также по «разлету» (параметрам перемещений) ТС после столкновения. После ДТП определить скорость возможно проведя осмотр ТС на предмет полученных деформаций в конструкциях в месте контакта при столкновении, что позволяет определить затраченную кинетическую энергию.

При производстве ДТЭ для определения скорости движения ТС в момент начала торможения используется следующая формула [6, 15, 28]:

$$V_a = 1,8 \cdot t_3 \cdot j + 3,6 \cdot \sqrt{2,0 \cdot j \cdot S_{ю}} \quad (5)$$

где t_3 – время нарастания замедления до установившегося, с; j – установившееся замедление, м/с²; V_a – скорость движения НМТС/МТС в момент принятия решения о торможении; $S_{ю}$ – следы торможения, м. [52].

Американские эксперты из Calculator Academy из города Филадельфия в 2018 году вывели формулу для определения скорости велосипеда, зависящую от количества оборотов секунду т.е частоты вращения каретки велосипеда, а также его физических характеристик [49]. Для расчета скорости необходимо измерить диаметр колеса, толщину шины, количество зубцов цепи и каретки, и рассчитать частоту вращения каретки.

Формула для определения скорости:

$$V = 3,14 \cdot (D + (2 \cdot T)) \cdot \frac{CH}{COG} \cdot CA \quad (6)$$

где D - диаметр колеса, дюйм; T - толщина шины, дюйм; CH - количество зубцов цепи, COG - количество зубцов каретки, CA - частота вращения каретки, V - скорость велосипеда миль/ч.

Тем не менее, ни одна из формул, применяемых в экспертной практике на сегодняшний день, не принимает в расчет множество факторов, влияющих на величину замедления, время, необходимое для его формирования, и конечный исход в целом. К таким факторам относятся: вид тормозной системы, нагрузки, состояние покрытия дороги и т.д.

Качество расчетов при проведении ДТЭ зависит объективности и детальности проведенной экспертом оценки. Отсутствие полного перечня исходных данных приводит к поверхностной оценке дорожно-транспортного происшествия с велосипедистами. В частности, при проведении экспертиз таких ДТП используются справочные значения фактической скорости движения велосипеда, однако эти данные не отражают реальных значений, что влечет за получение некорректных результатов [11, 20, 21, 24-26].

Одним из основных параметров для оценки ДТП с велосипедами является расстояние, необходимое для полной остановки велосипеда, а также время реакции велосипедиста.

Время реакции НМТС – это промежуток, необходимый велосипедисту для того, чтобы заметить потенциальную угрозу впереди, осознать ее значимость, принять решение о необходимости торможения и, в конечном итоге, среагировать на возникшую опасность, нажав на тормоза, таблица 9 [12].

Таблица 9 – Составляющие времени реакции управляющего НМТС (в сек.)

Обозначения	Расшифровка	Экспериментально установлено
t_0	Время обнаружения опасности	0,10-0,25
$t_в$	Время восприятия (осознания)	0,25-0,45
t_p	Время принятия решения о реакции	0,35-0,50
t_T	Время принятия решения о способе торможения (передним, задним или обоими)	0,05-0,15
t_c	Время на сжатие кистей рук	0,07-0,15

Время реакции велосипедиста складывается из ряда компонентов:

$$T_1 = t_0 + t_в + t_p + t_T + t_c \quad (7)$$

где t_0 - время на обнаружение опасности;

$t_в$ - время восприятия (осознания) опасности;

t_p - время принятия решения о реакции;

t_T - время принятия решения о способе торможения, если способов несколько;

t_c - время на сжатие кистей рук [3].

Оценим параметры, влияющие на расстояние полного торможения велосипеда:

1. Скорость;
2. Нагрузка: вес велосипеда, велосипедиста;
3. Тормозная способность велосипеда: тип тормозов, высота и тип протектора, тип рисунка проектора, конструкция рамы;

4. Дорожное покрытие: коэффициент сцепления в зависимости от погодных условий.
5. Время реакции велосипедиста.

Экстренное торможение на велосипеде не должно осуществляться сразу до предела, так как такая резкая остановка может привести к падению. При обнаружении угрозы и принятии решения о срочном торможении велосипедисту требуется постепенное торможение, одновременно смещая вес тела назад, чтобы избежать падения [12].

Необходимое расстояние для полной остановки НМТС возможно определить по следующей формуле:

$$S = S_1 + S_2 \quad (8)$$

где S_1 - расстояние, которое проедет велосипед от осознания велосипедистом опасности до начала торможения, S_2 - расстояние от начала торможения до полной остановки.

$$S_1 = V * T_1 \quad (9)$$

$$S_2 = \frac{V^2}{25,92 * J} \quad (10)$$

где V - скорость НМТС, м/с, S - расстояние полной остановки, м, J – установившееся замедление ДТС, м/с²

2.4 Методы определения замедления НМТС

Установленное замедление – это то, что является результатом исследования процесса торможения любых типов транспортных средств. Существует несколько подходов к оценке величины торможения: это можно сделать, проведя следственный эксперимент в условиях дороги, где произошло событие, или в подобных обстановках, а также сравнивая данные с другими методами. На практике иногда возникают обстоятельства, при которых проведение следственного эксперимента становится невозможным. В таких случаях

существует несколько альтернативных способов определения замедления: расчетным методом, основанный на формулах, разработанных В.А. Бекасовым и Н.М. Кристи (ЦНИИСЭ) или использование справочных данных, таких как в работе Пучкина В.А. применяют либо расчетный метод определения замедления, где формулы разработаны В.А. Бекасовым и Н.М. Кристи (ЦНИИСЭ), либо пользуются справочными табличными значениями, такими как в работе Пучкина В. А., где приведены параметры торможения НМТС от 1993 года [68, 79].

Однако в связи с активным развитием конструкции и типов НМТС, требуются актуализация справочных значений и более детальное рассмотрение факторов, оказывающих влияние на результаты ДТП. Как отмечалось ранее, исследование установившегося замедления НМТС практически не проводилось. В монографии Трофименко Ю.В., Шелмакова С.В., Зеге С.О., Шашина Е.В. рассмотрены преимущества и недостатки велосипедного движения и уровень его развития в разных странах, однако отсутствуют данные о ДТП с участием велосипедистов, а также информация о реконструкции ДТП данного типа [96].

При проведении исследований был рассмотрен процесс торможения НМТС, диаграмма данного процесса приведена на рисунке 18.

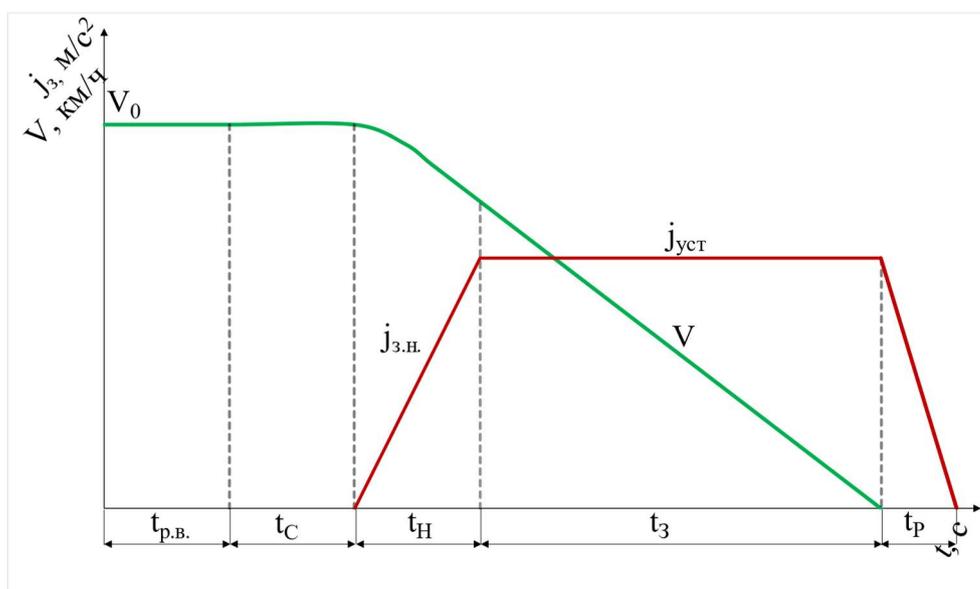


Рисунок 18 – Процесс торможения НМТС

Для определения установившегося замедления, используется следующая формула:

$$J_{\text{зам}} = \varphi_n g \quad (11)$$

где g - ускорение свободного падения;

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

$$\varphi_n = \frac{\varphi}{k_3} \cos a \pm \sin a \quad (12)$$

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

k_3 - коэффициент эффективности торможения.

Более детальное рассмотрение процесса замедления дает возможность оценить его составляющие. Параметры постоянно изменяются на протяжении всего процесса торможения. Замедление рассчитывается в конечный момент времени, в момент полной остановки, и складывается из таких параметров 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 (велосипед+велосипеист);
- $P_{\text{в}}$ - сила сопротивления воздуха;
- δ - коэффициент учета вращающихся масс;
- $P_{\text{зац}}$ - сила зацепа шипа;
- K_3 - коэффициент эффективности торможения.

Формула расчета замедления ТС:

$$J_{\text{н зам}} = (g(m_{\text{тор}} \cos \alpha \varphi_n + m_a g \sin \alpha) + P_{\text{н в}}) / (m_a \delta K_{3n}) \quad (13)$$

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;

$P_{n \text{ в}}$ - сила сопротивления воздуха;

δ - коэффициент учета вращающихся масс;

$K_{\text{Э}n}$ - коэффициент эффективности торможения на определенном интервале.

$$\delta = 1 + (0,03 + 0,05u_k^2)m_n / m_a = 1 + (z_k J_k) / (m_a r_k^2) \quad (14)$$

где Z_k - число вращающихся колес;

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

m_n - полная масса ТС;

J_k - момент инерции колес;

r_k - статический радиус колес.

$$P_{(n \text{ в})} = W_b V_a^2 = (C_x \rho F_A V_n^2) / 2 \quad (15)$$

где C_x - коэффициент лобового сопротивления;

W_b - фактор обтекаемости автомобиля;

ρ - плотность воздуха;

F_A - лобовая площадь.

$$S_{(\text{тор. путь})} = 2(V_n^2 m_a \delta K_{\text{Э}n}) / (g(m_{\text{тор}} \cos \alpha \varphi_n + m_a g \sin \alpha) + (C_x \rho F_A V_n^2)) \quad (16)$$

где $K_{\text{Э}n}$ - коэффициент эффективности торможения на определенном интервале.

Во избежание получения заведомо ложных значений замедления тормозной путь ТС было принято разделять на отрезки, на каждом из которых рассчитывалось замедление ТС.

Во второй части пособия по Судебной автотехнической экспертизе (ВНИИСЭ), 1980 г. замедление велосипеда при одновременном торможении двумя тормозами определяется по формулой (17). Величина $K_{\text{Э}}$ при блокировке колес принимается равной 1,0-1,2.

$$j_3 = \frac{\varphi_n}{K_3} \cdot g \quad (17)$$

где φ_n - значение коэффициента сцепления, которое необходимо установить экспериментально на месте происшествия с помощью подходящих измерительных приборов. В случае отсутствия таких данных значение берется из таблиц, основываясь на типе и состоянии дорожного покрытия в месте происшествия;

K_3 - коэффициент эффективности торможения, который отражает уровень использования общей силы сцепления шин заблокированных колес с дорожной поверхностью (разница между фактическими тормозными силами на колесах и силами сцепления) [53-55,62,72,74,92,91-93].

При проведении ДТЭ значение замедления выбирается в зависимости от различных условий, в том числе от состояния колес:

$$\begin{aligned} K_3 &= 1,2 \text{ при } \varphi_n \geq 0,7; \\ K_3 &= 1,1 \text{ при } \varphi_n = 0,5-0,6; \\ K_3 &= 1,0 \text{ при } \varphi_n \leq 0,4. \end{aligned} \quad (18)$$

Иногда от тормозной системы НМТС может быть отсоединено одно колесо. В этих случаях замедление велосипеда следует определять по формулам:

Тормозит одно переднее колесо:

$$j_3 = \frac{b \cdot \varphi_n}{2L - h_{ц} \varphi_n} g \quad (19)$$

Тормозит одно заднее колесо:

$$j_3 = \frac{a \cdot \varphi_n}{2L + h_{ц} \varphi_n} g \quad (20)$$

где b - расстояние по горизонтали от центра тяжести до задней оси велосипеда, м; a - расстояние по горизонтали от центра тяжести до рулевой колонки, оборудованной тормозами, м;

L – длина велосипеда, м;

Замедление велосипеда определяют по следующей формуле:

$$j_3 = g \left[\frac{(\varphi_{mp} a + K_3 b f_{mp}) \cos \alpha}{K_3 L + h_{ц} (\varphi - K_3 f_{mp})} \pm \sin \alpha \right], \quad (21)$$

где φ_{mp} - коэффициент сцепления шин заднего колеса велосипеда с опорной поверхностью;

K_3 - принимается обычно равным 1,2;

f_{mp} - коэффициент сопротивления качению переднего колеса велосипеда.

$$j_3 = \frac{g}{\delta_1} \left(\frac{K_3 m_1 G_1 f + m_2 G_2 \varphi}{K_3 G} \pm \sin \alpha \right), \quad (22)$$

где $m_1 = 1,25$, $m_2 = 0,8$ при $\varphi > 0,4$;

$m_1 = 1,1$, $m_2 = 0,9$ при $\varphi \leq 0,4$.

где δ_2 - коэффициент учета инерции вращающегося заднего колеса, $\delta_2 = \delta_1$.

Самым точных из методов определения замедления является проведение следственного эксперимента. Диаграмма, полученная в результате проведенных экспериментов на торможение, рисунок 19. Она позволяет определить установившееся замедление транспортного средства и множество других факторов принципиально важных для эксперта.

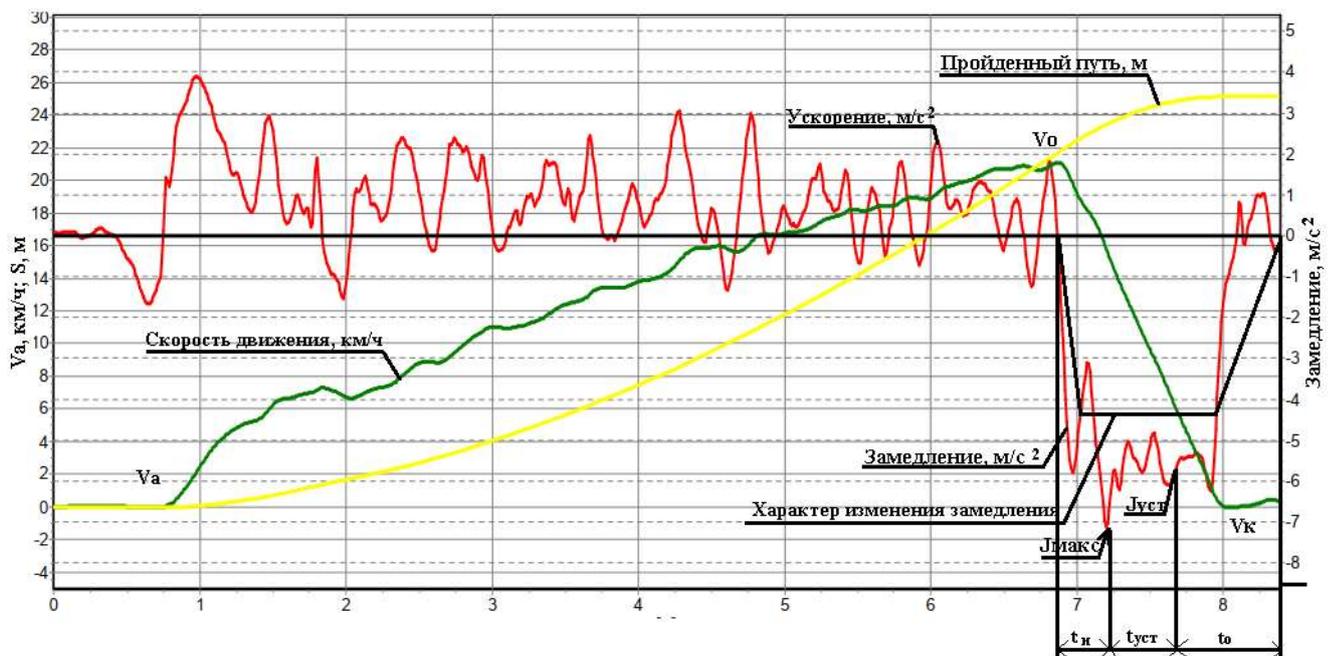


Рисунок 19 – Диаграмма процесса торможения НМТС

ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ

Существующее отличие НМТС, описанное в первой главе, не позволяет определить имеющимся математическим аппаратом индивидуальную величину установившегося замедления для каждого типа велосипеда. Выявленное отсутствие сведений о замедлении велосипедов с полностью ручным тормозом сведений о полном тормозном пути велосипедов подтверждает необходимость исследований данной области.

На сегодняшний день при реконструкции ДТП не учитываются конструктивные особенности НМТС, состояние дорожного покрытия, а также нагрузки, действующие на НМТС, что подтверждает необходимость применения математического аппарата для повышения уровня достоверности расследуемых ДТП.

ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ УСТАНОВИВШЕГОСЯ ЗАМЕДЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ НМТС

3.1 Разработка классификации немеханических транспортных средств для Российской Федерации

На основании проведенных исследований зарубежных классификаций и анализа рынка на предмет спроса на велосипеды различных типов в России, представленных в главе 1, впервые была разработана классификация немеханических транспортных средств (велосипедов) для Российской Федерации, таблица 10.

Таблица 10 – Классификация НМТС для Российской Федерации

Категория (Class)	Типы НМТС	Особенности эксплуатации
1	2	3
0	- Детский - Подростковый	<ul style="list-style-type: none"> - Асфальтированные дороги, не используемые для движения автотранспорта, велосипедные дорожки, дороги, вымощенные гравием, песком или аналогичными материалами, не используемые автотранспортом; - Имеют полный контакт с поверхностью; - Не предназначен для прыжков и езды на одном колесе (переднем или заднем); - Водитель должен избегать любого торможения, вызывающего подъем заднего колеса.
1	- Складной	<ul style="list-style-type: none"> - Дороги с твердым покрытием: асфальтированные дороги, велосипедные дорожки, дороги, вымощенные гравием, песком или подобными материалами, мощные пешеходные тропы с небольшим количеством корней, порогов, камней; - Имеют полный контакт с поверхностью; - Не предназначен для прыжков и езды на одном колесе (переднем или заднем); - Водитель должен избегать любого торможения, вызывающего подъем заднего колеса.

1	2	3
2	<ul style="list-style-type: none"> - Городской - Комфортный (круизер) - Электровелосипеды (велогибриды) 	<ul style="list-style-type: none"> - Дороги с твердым покрытием: асфальтированные дороги, велосипедные дорожки, дороги, вымощенные гравием, песком или подобными материалами, мощные пешеходные тропы с небольшим количеством корней, порогов, камней; - Не предназначен для прыжков и езды на одном колесе (переднем или заднем); - Водитель должен избегать любого торможения, вызывающего подъем заднего колеса.
3	<ul style="list-style-type: none"> - Горный 	<ul style="list-style-type: none"> - Асфальтированные дороги, велосипедные дорожки, дороги, вымощенные гравием, песком или подобными материалами, мощные пешеходные тропы с большим количеством корней, порогов, камней; - Небольшая потеря контакта с поверхностью из-за неровностей; - Не предназначен для прыжков и езды на одном колесе (переднем или заднем); - Водитель должен избегать любого торможения, вызывающего подъем заднего колеса.
4	<ul style="list-style-type: none"> - Шоссейный - Трековый 	<ul style="list-style-type: none"> - Асфальтированные дороги и велосипедные дорожки; велосипедные треки - Имеют полный контакт с поверхностью; - Водитель должен избегать любого торможения, вызывающего подъем заднего колеса.
5	<ul style="list-style-type: none"> - Экстремальный («Дерт», «Триал» или «BMX») 	<ul style="list-style-type: none"> - Официальные спортивные и велосипедные парки - Из-за его тяжелого предназначения использования в конце каждой поездки необходима регулярная проверка велосипеда Важно! При использовании подножек, брызговиков, багажников, а также велосипедных прицепов область применения модели меняется на классификационную категорию 2.

Необходимость введения классификации немеханических транспортных средств непосредственно связана с безопасностью дорожного движения [85,97]. Опыт зарубежных классификаций показывает необходимость разработки и применения классификации велосипедных транспортных средств в Российской

Федерации для более точной оценки замедления велосипедов разных типов, учитывающий протектор шины, погодные условия, а также нагрузку, действующую на велосипед (вес велосипедиста с грузом) [35].

3.2 Планирование полнофакторного исследования по определению значений замедления НМТС

Целью исследований является определение значений замедления НМТС и влияния на него типа НМТС и нагрузок, действующих на него, а также погодноклиматических условий и высоты протектора шины.

В рамках работы были проведены испытания на замедление велосипедов при положительных температурах:

- на сухом асфальтобетонном покрытии (САП);
- на влажном асфальтобетонном покрытии (ВАП);
- на мокром асфальтобетонном покрытии (МАП);

Необходимо отметить, что экспертное исследование торможение НМТС в большинстве случаев является исследованием экстренного торможения при положительных температурах.

Конструктивные отличия различных НМТС отличимы визуально. Распределение весовой нагрузки по колесам происходит по-разному, в зависимости от веса велосипедиста и конструктивных особенностей велосипеда.

Основные силы, действующие на велосипед при движении по ровному участку, представлены на рисунке 20.

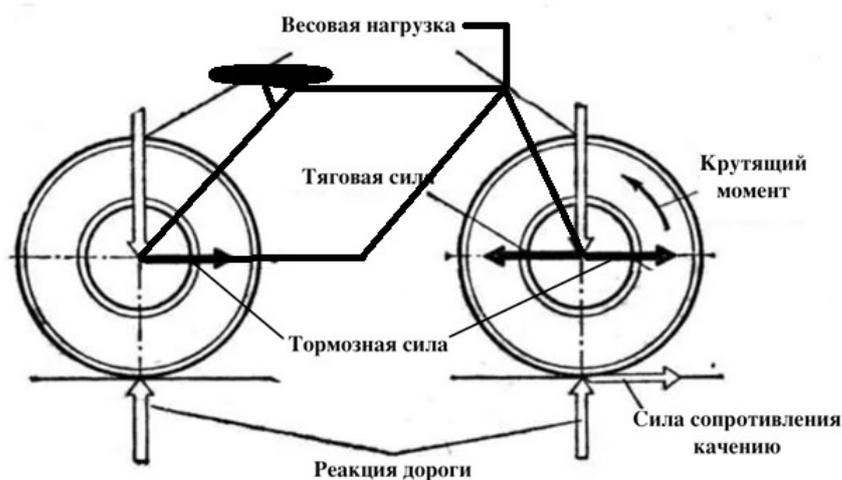


Рисунок 20 – Схема сил на ровном участке дороги действующих на НМТС – велосипед

Рассматриваемые силы:

- Тяговая сила – развивается педалями и передается на ведущее колесо (как правило заднее-ведущее, а переднее-ведомое), где передаваемый к колесам крутящий момент (вызывает окружную силу в точке касания с опорной поверхностью) зависит от соотношения зубьев цепной передачи и усилия прилагаемого к педалям велосипеда;
- Сила сопротивления воздуха – является крайне малой величиной и зависит от скорости движения и обтекаемости НМТС с водителем.
- Сила сопротивления качению – является произведением полного веса НМТС с водителем и коэффициент сопротивления качению шин, который зависит от давления воздуха в шинах и качества дорожного покрытия, для асфальтобетонного покрытия - от 0,014 до 0,020;
- Сила сцепления колес с дорогой – является произведением коэффициента сцепления и веса НМТС с водителем;
- Сила сопротивлению подъему – является крайне малой, поскольку экспериментальные исследования проводились на плоском ровном дороге.

– Сила сопротивления разгону/торможению – является крайне малой величиной в НМТС и равна произведению массы автомобиля на ускорение/замедление.

– Сила тяжести – равнозначно действующие на каждое колесо силы в зависимости от конструктивных особенностей НМТС – велосипеда и массы водителя, и исходящие из центра масс.

– Сила инерции – величина, зависящая от ускорения/замедления и силы, необходимой для углового ускорения вращающихся частей автомобиля.

– Разворачивающая сила у НМТС проявляется как в продольном, так и в поперечном направлении, и возникает из-за несоответствия между инерцией движения и коэффициентом сцепления колес с дорогой. Устойчивость транспорта в значительной степени зависит от положения центра тяжести НМТС. В условиях прямолинейного движения, чем ниже центр тяжести, тем выше стабильность НМТС при резком торможении и меньший риск опрокидывания.

Если баланс сил не соблюдается во время экстренного торможения, это может привести к перемещению водителя НМТС вокруг переднего колеса, которое блокируется; то есть, это может закончиться переворотом через руль. Следовательно, при экстренном торможении водитель НМТС нажимает на ручку переднего тормоза с максимальным усилием, однако важно, чтобы переднее колесо не блокировалось в начале остановки, чтобы избежать падения. Распределение сил при движении на велосипеде представлено на рисунке 21, где черным цветом обозначены силы, действующие при равномерном движении, а синим цветом обозначены силы, действующие при торможении.

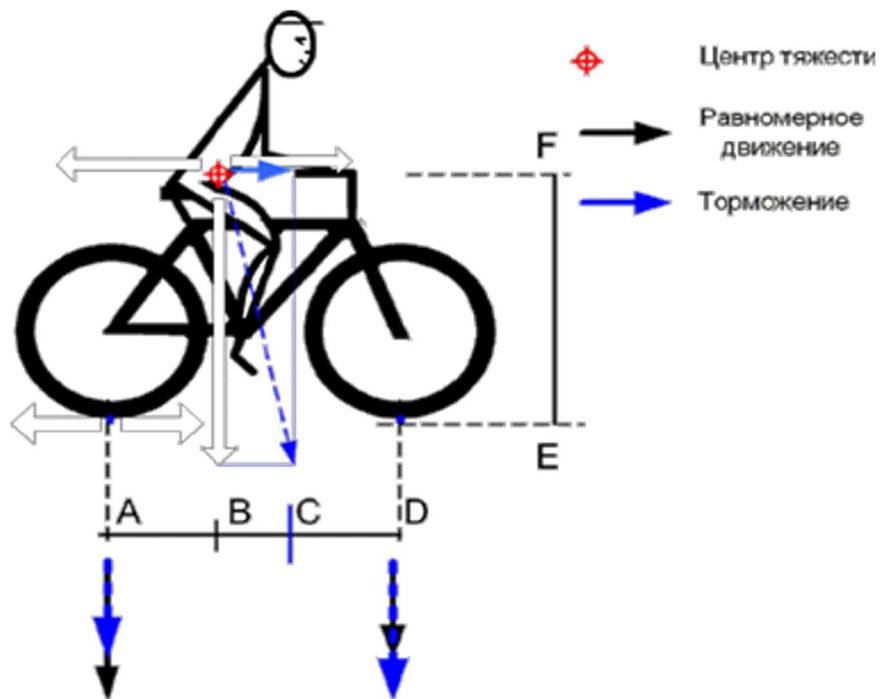


Рисунок 21 – обозначение действующих сил при разных условиях движения.

Силы, действующие на велосипед при равномерном торможении представлены на рисунке 22.

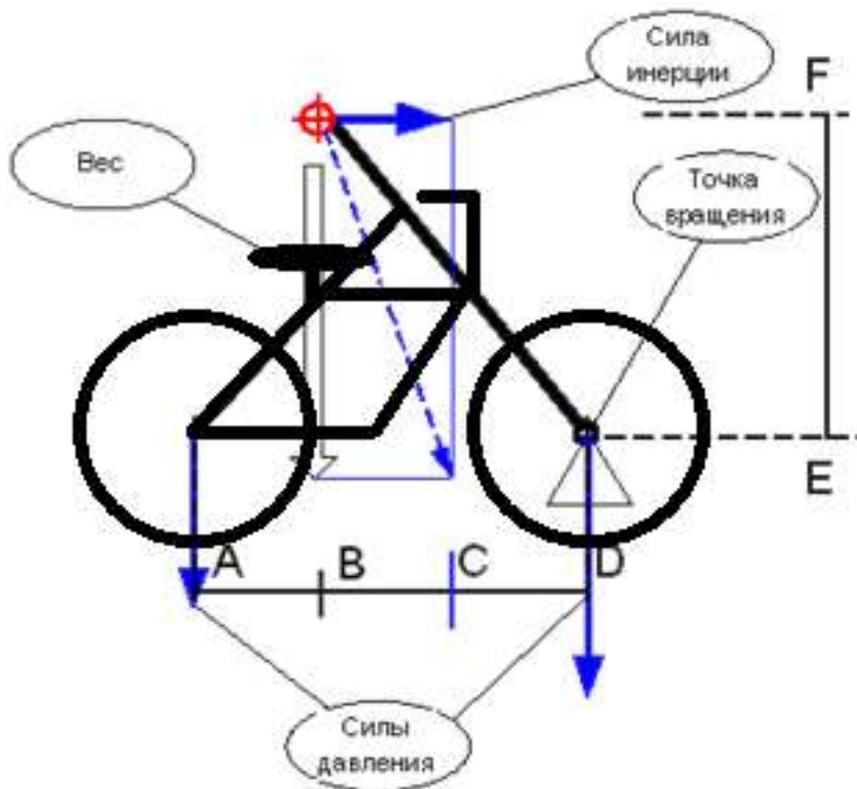


Рисунок 22 – Нормальное распределение сил при торможении

Обозначенная на рисунке 22 точка вращения является осью втулки переднего колеса, точкой центральной опоры переднего колеса.

Факторы, которые имеют наибольшее значение, позволяют упростить экспериментальную модель исследования [47,48]. Для измерения установившегося замедления в ходе планирования полнофакторного эксперимента, было проведено исследование [92,100]. Эксперимент включал в себя 24 велосипеда 4-х типов: складной, горный, городской и шоссейный, которые были приспособлены к различным условиям эксплуатации: при сухом, влажном и мокром асфальтобетонном покрытии. Всего было произведено более 2500 замедлений, что подразумевает проведение более 2500 экспериментальных исследований.

Предварительно для участия в эксперименте на НМТС, необходимо было пройти визуальный осмотр шин велосипеда. Перед экспериментальными исследованиями были зафиксированы следующие параметры:

- погодные-климатические условия - испытания проводились при температуре воздуха от +10°C до +30°C.;
- состояние дорожного покрытия - чистое асфальтобетонное покрытие без сколов, трещин, ям;
- тип, марка, модель НМТС;
- высота протектора шины (от 1 мм до 5 мм);
- оценка износа протектора шин;
- нагрузка на НМТС – 50 кг, 70 кг, 90 кг.

Для проведения экспериментальных исследований были подготовлены технически исправные НМТС, различающиеся массой, высотой протектора шин, типом шин, материалами рам, типом тормозов, подвеской, геометрией и назначением. Технические характеристики велосипедов представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Характеристики исследуемых велосипедов

№ п.п.	Велосипед				Тормоз	
	Тип	Марка	Модель	Вес, кг	Передний	Задний
1	Складной велосипед	Shulz	Easy	13,20	Ободной	Ободной
2		Stels	Pilot	14,12	Ножной	Ножной
3		Forward	Tracer	14,00	Ободной	Ободной
4		Giant	Expressway 2	11,40	Ободной	Ободной
5		Strida	SD	12,20	Дисковый	Дисковый
6		Novatrack	TG-30	15,20	Ободной	Ножной
7	Горный	Author	Gang	15,60	Дисковый	Дисковый
8		Forward	Sporting	17,00	Дисковый	Дисковый
9		GARY FISHER	TASSAJARA	14	Дисковый	Дисковый
10		Mongoose	Meteore elite	15	Дисковый	Дисковый
11		STELS	Navigator	17	Дисковый	Дисковый
12		Aspect	Stimul	15	Дисковый	Дисковый
13	Городской (круизер)	Electra	Townie	15	Ободной	Ножной
14		Haro	Lxi Flow	15	Ободной	Ободной
15		Nopsa	Kombi Multi	15	Ободной	Ободной
16		ROMET	SONATA 2.0	17	Ободной	Ободной
17		Dawnstar	Retro s1 b28	16	Ободной	Ободной
18		Stels	Navigator 150	17	Ободной	Ободной
19	Шоссейный	Bear	Milan	10	Ободной	Ободной
20		Fuji	Feather	10	Ободной	Ободной
21		FORWARD	IMPULSE 1.0	11	Ободной	Ободной
22		AUTHOR	AURA	10	Ободной	Ободной
23		STINGER	STREAM	13	Дисковый	Дисковый
24		SCHWINN	RACER	10	Ободной	Ободной

Экспериментальные исследования по определению факторов происходили на асфальтобетонном покрытии с фиксацией тормозного пути, по результатам которых были определены факторы влияющие на процесс замедления..

Рассматривался ряд факторов, влияющих на процесс замедления НМТС. Данные факторы приведены в таблице 12.

Таблица 12 - Факторы, влияющие на процесс замедления НМТС

№ п/п	Тип фактора	Значение
1	2	3
1	Нагрузка на НМТС (Вес водителя НМТС)	X ₁
2	Высота протектора	X ₂
3	Тип тормозов	X ₃
4	Тип протектора	X ₄
5	Тип рисунка протектора	X ₅
6	Тип велосипеда	X ₆
7	Погодные условия	X ₇
8	Значение установившегося замедления	Y

Факторы № п.п. 3 – 6 являются со зависимыми и характеризуют фактор №6 – тип велосипеда в соответствии с разработанной для Российской федерации классификацией. Каждый тип НМТС имеет индивидуальные, выделяющие его характеристики, такие как: конструкция рамы, тип тормозов, размер шин, тип и величина протектора [94]. Планированное полно факторного эксперимента ввиду невозможности ранжирования вышеуказанные факторы сводится к виду 3^3 для каждого типа НМТС, представленных в таблице 1.

В результате предварительных экспериментальных исследований было установлено, что на замедление НМТС оказывают доминирующее влияние три технологических фактора. Эффекта взаимодействия факторов не выявлено (т.е. парный эффект практически отсутствует). Уровни факторов представлены в таблице 13, а необходимое число опытов в эксперименте $N = 3^3 = 27$.

Таблица 13 - Факторы, влияющие на процесс замедления НМТС

№	Тип велосипеда	Характеристика асфальтобетонного покрытия	Коэффициент сцепления	Масса велосипедиста	Высота протектора шины
1	Складной	Сухое	0,7-0,8	50 кг	1 мм
2		Влажное	0,5-0,6	70 кг	2.5 мм
3		Мокрое	0,35-0,45	90 кг	5 мм
4	Горный	Сухое	0,7-0,8	50 кг	1 мм
5		Влажное	0,5-0,6	70 кг	2.5 мм
6		Мокрое	0,35-0,45	90 кг	5 мм
7	Городской	Сухое	0,7-0,8	50 кг	1 мм
8		Влажное	0,5-0,6	70 кг	2.5 мм
9		Мокрое	0,35-0,45	90 кг	5 мм
10	Шоссе	Сухое	0,7-0,8	50 кг	1 мм
11		Влажное	0,5-0,6	70 кг	2 мм
12		Мокрое	0,35-0,45	90 кг	3 мм

Матрица планирования полнофакторного экспериментального исследования является подходит для каждого типа велосипеда, поскольку имеет одинаковое число факторов и их значений, представлена в таблице 14 и содержит 27 опытов. В таблице 15 представлена матрица планирования ПФЭ для шоссейного велосипеда.

Таблица 14 – Матрица планирования ПФЭ 3^3

№ опыта	Коэффициент сцепления	Масса велосипедиста	Высота протектора шины
	X_1	X_2	X_3
1	2	3	4
1	(-1)	(-1)	(-1)
2	(-1)	0	(-1)
3	(-1)	(+1)	(-1)
4	(-1)	(-1)	0
5	(-1)	0	0
6	(-1)	(+1)	0
7	(-1)	(-1)	(+1)
8	(-1)	0	(+1)
9	(-1)	(+1)	(+1)
10	0	(-1)	(-1)
11	0	0	(-1)

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4
12	0	(+1)	(-1)
13	0	(-1)	0
14	0	0	0
15	0	(+1)	0
16	0	(-1)	(+1)
17	0	0	(+1)
18	0	(+1)	(+1)
19	(+1)	(-1)	(-1)
20	(+1)	0	(-1)
21	(+1)	(+1)	(-1)
22	(+1)	(-1)	0
23	(+1)	0	0
24	(+1)	(+1)	0
25	(+1)	(-1)	(+1)
26	(+1)	0	(+1)
27	(+1)	(+1)	(+1)

Таблица 15 – Матрица планирования ПФЭ 3³ для шоссейного велосипеда

№ опыта	Коэффициент сцепления	Масса велосипедиста	Высота протектора шины
	X ₁	X ₂	X ₃
1	2	3	4
1	0,7-0,8	50 кг	1 мм
2	0,7-0,8	70 кг	1 мм
3	0,7-0,8	90 кг	1 мм
4	0,5-0,6	50 кг	1 мм
5	0,5-0,6	70 кг	1 мм
6	0,5-0,6	90 кг	1 мм
7	0,35-0,45	50 кг	1 мм
8	0,35-0,45	70 кг	1 мм
9	0,35-0,45	90 кг	1 мм
10	0,7-0,8	50 кг	2 мм
11	0,7-0,8	70 кг	2 мм
12	0,7-0,8	90 кг	2 мм
13	0,5-0,6	50 кг	2 мм
14	0,5-0,6	70 кг	2 мм
15	0,5-0,6	90 кг	2 мм

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4
16	0,35-0,45	50 кг	2 мм
17	0,35-0,45	70 кг	2 мм
18	0,35-0,45	90 кг	2 мм
19	0,7-0,8	50 кг	3 мм
20	0,7-0,8	70 кг	3 мм
21	0,7-0,8	90 кг	3 мм
22	0,5-0,6	50 кг	3 мм
23	0,5-0,6	70 кг	3 мм
24	0,5-0,6	90 кг	3 мм
25	0,35-0,45	50 кг	3 мм
26	0,35-0,45	70 кг	3 мм
27	0,35-0,45	90 кг	3 мм

3.3 Проведение экспериментальных исследований различных типов НМТС

На рисунке 23 приведена блок-схема процесса проведения экспериментальных исследований различных типов НМТС с целью определения их установившегося замедления в зависимости от вариативности нагрузок на них, а также погодно-климатических условий.

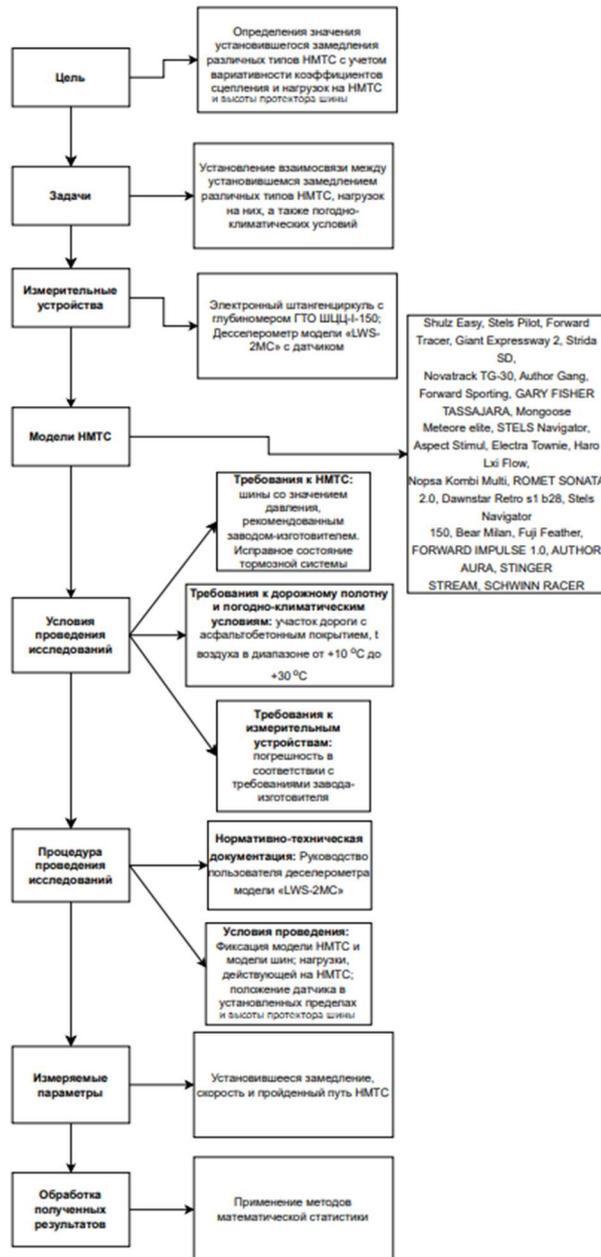


Рисунок 23 – Блок-схема процесса проведения экспериментальных исследований различных типов НМТС с целью определения их установившегося замедления

Разделение велосипедов на типы позволяет детально проанализировать каждую группу.

При проведении экспериментальных исследований принимали участие 24 велосипеда различных типов в соответствии с классификацией, предложенной для России: 6 складных велосипедов, 6 горных велосипедов, 6 городских велосипедов, 6 шоссейных велосипедов (таблица 16).

Таблица 16 – Исследуемые НМТС разных типов

Тип	Марка и Модель ТС
Складной велосипед	Shulz Easy, Stels Pilot, Forward Tracer, Giant Expressway 2, Strida SD, Novatrack TG-30
Горный велосипед	Author Gang, Forward Sporting, GARY FISHER TASSAJARA, Mongoose Meteore elite, STELS Navigator, Aspect Stimul
Городской велосипед	Electra Townie, Haro Lxi Flow, Nopsa Kombi Multi, ROMET SONATA 2.0, Dawnstar Retro s1 b28, Stels Navigator 150
Шоссейный велосипед	Bear Milan, Fuji Feather, FORWARD IMPULSE 1.0, AUTHOR AURA, STINGER STREAM, SCHWINN RACER

Подробные характеристики НМТС, участвующих в испытаниях, представлены в приложении А, а именно: тип, марка, модель, вес велосипеда, типы тормозов, наименование, модель, диаметр, ширина шины, тип проектора, тип рисунка, направленность, высота проектора.

Для определения высоты протектора шины НМТС использовался штангенциркуль ГТО ШЦЦ-I-150, общий вид которого показан на рисунке 24.



Рисунок 24 – Электронный штангенциркуль ГТО ШЦЦ-I-150

Манометром, не подлежащим обязательной сертификации, в соответствии с Постановлением Правительства №928 от 01.12.2009 г. измерялось внутреннее давление шин каждого участвующего в эксперименте велосипеда.

Измерение замедления НМТС проводились с использованием деселерометра модели «LWS-2МС», который предназначен для любых категорий ТС. Испытания на торможение проводились при различных нагрузках на НМТС на сухом, влажном и мокром асфальтобетонном покрытии. При проведении исследований на НМТС

были установлены деселерометр и датчик замедления, рисунок 25 и рисунок 26 соответственно. Перед каждым проведенным экспериментом с помощью шарнирного механизма проводилась калибровка датчика относительно горизонта, рисунок 27. В меню деселерометра до начала проведения эксперимента на НМТС задавалась скорость 20 км/ч, рисунок 28, при достижении велосипедом заданной скорости деселерометр издавал определенный звуковой сигнал, услышав который водитель НМТС применял экстренное торможение. Деселерометр и датчик были установлены таким образом, чтобы исключить возможность их смещения, рисунок 29, рисунок 30 и рисунок 31.

Каждый велосипедист с грузом или без проходил контрольное взвешивание перед началом проведения экспериментального исследования.



Рисунок 25 – Измерительный прибор «LWS-2MC»



Рисунок 26– Датчик измерительного прибора



Рисунок 27 – Меню калибровки датчика ускорения, где 1 – цифровое обозначение значения ускорения, 2 – графическое отображение ускорения



Рисунок 28 – Меню начало торможения НМТС



Рисунок 29 – Пример крепления измерительного прибора на НМТС при проведении экспериментальных исследований (вид со стороны велосипедиста)



Рисунок 30 – Конструкция крепления деселерометра модели «LWS-2MC» (вид с боку)



Рисунок 31 – Проведение экспериментальных исследований на примере городского (круизер) и горного велосипедов

После проведения испытания результат замера необходимо сохранить в 1 из 30 ячеек памяти.

Экспериментальные исследования были проведены:

- на САП при температуре окружающего воздуха $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- на ВАП при температуре окружающего воздуха $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$;

– на МАП при температуре окружающего воздуха +10 °С - +30 °С.

Погодные условия, при которых проводились эксперименты, являются среднестатистическими для данного региона в месяцы наибольшего количества ДТП, результаты измерений коэффициентов сцепления приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Данные о дорожном полотне при проведении исследований

Дорожное покрытие	Средние значения ϕ
САП	0,70-0,80
ВАП	0,50-0,60
МАП	0,30-0,40

На рисунке 32 и рисунке 33 представлены примеры проведения экспериментальных исследований при экстренном торможении со скорости 20 км/ч на горном и городском велосипедах соответственно. При движении и торможении во избежание неточностей в результатах экспериментов, велосипедист стремился минимизировать изменение прямолинейного движения.



Рисунок 32 – Пример проведения экспериментального исследования на горном велосипеде на САП



Рисунок 33 - Пример проведения экспериментального исследования на городском велосипеде на САП

По результатам экспериментальных исследований были получены тормозные диаграммы, примеры которых приведены на рисунке 34.

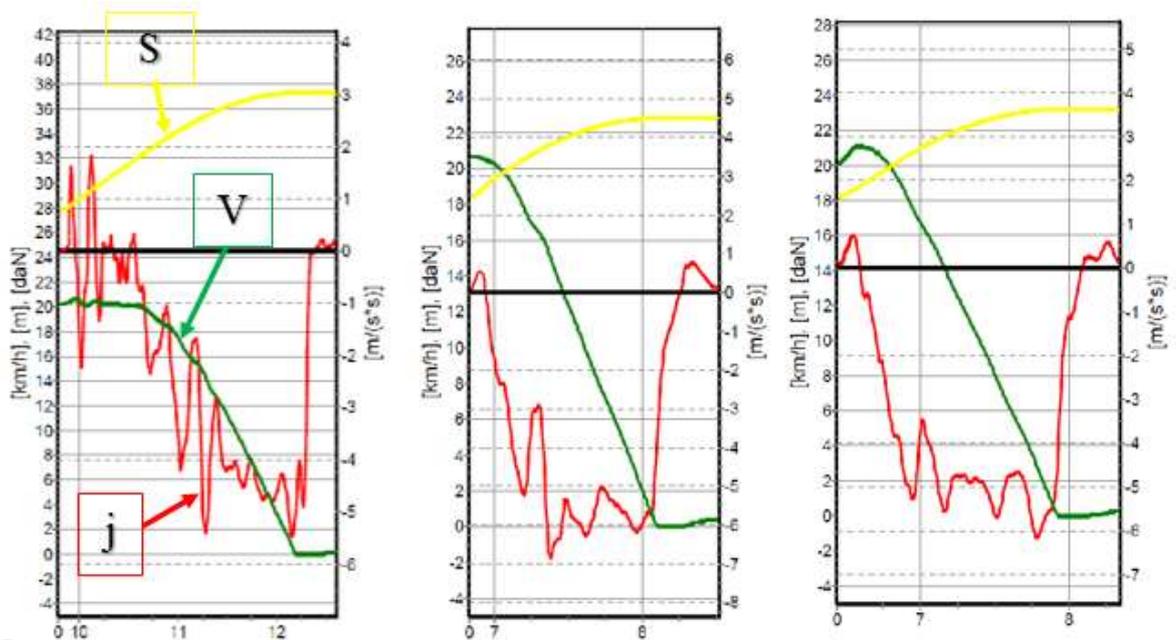


Рисунок 34 – Графическое отображение результатов замера замедления велосипедов на сухом, влажном и мокром асфальтобетонном покрытии

Представленные тормозные диаграммы отображают значение установившегося замедления для определенных погодных условий, а именно состояния дорожного покрытия. Скорость нарастания тормозных усилий и достижение максимального значения замедления будет отличной как у разных НМТС, так и при различных погодных условиях, поскольку даже при экстренном торможении необходимо соблюдать баланс и предотвратить переворот, что и приводит к разным значениям нарастания замедления полученных экспериментальным путем.

В рамках работы были получены значения тормозного пути и замедлений для мокрого, влажного и сухого асфальтобетонного покрытия при температуре окружающей среды +10 °С - +30 °С велосипедов 4 типов и различной высотой протектора шин (изношенные шины, шины среднего износа и новые шины): складных - Shulz Easy, Stels Pilot, Forward Tracer, Giant Expressway 2, Strida SD, Novatrack TG-30; горных - Author Gang, Forward Sporting, GARY FISHER TASSAJARA, Mongoose Meteore elite, STELS Navigator, Aspect Stimul; городских - Electra Townie, Haro Lxi Flow, Nopsa Kombi Multi, ROMET SONATA 2.0, Dawnstar Retro s1 b28, Stels Navigator 50; шоссейных - Bear Milan, Fuji Feather, FORWARD IMPULSE 1.0, AUTHOR AURA, STINGER STREAM, SCHWINN RACER.

3.3.1 Экспериментальные исследования складных НМТС

Велосипеды, отличительной характеристикой которых является их способность складываться, что упрощает их хранение и транспортировку.

Результаты экспериментальных исследований по определению установившегося замедления складных НМТС приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Результаты экспериментальных исследований по определению замедления для складных НМТС

Нагрузка	Установившееся замедление, м/с ²		
	САП	ВАП	МАП
50 кг	6,59	5,70	4,86
70 кг	6,49	5,51	4,82
90 кг	6,29	5,35	4,76

Конструктивные особенности подразумевают наличие складного механизма и прямую посадку, где руль выше седла. Размерность колес чаще всего составляет 20 дюймов.

Полученные результаты исследований отображены в полном объеме в приложении В.

3.3.2 Экспериментальные исследования горных велосипедов

Самый популярный тип велосипедов в России - 65%, поэтому имеет самое большое многообразие моделей.

Результаты экспериментальных исследований (средние значения) по определению замедления для горных велосипедов приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Результаты экспериментальных исследований по определению замедления для горных велосипедов

Нагрузка	Установившееся замедление, м/с ²		
	САП	ВАП	МАП
50 кг	5,71	4,99	4,71
70 кг	5,50	4,87	4,69
90 кг	5,31	4,67	4,60

Конструктивные особенности подразумевают низкую посадку, спортивная, для компенсации нагрузки на позвоночник. Размерность колес чаще всего составляет 26 дюймов, бывают 27,5 и 29.

3.3.3 Экспериментальные исследования городских велосипедов

Велосипеды, созданные для спокойной езды по городу по ровной дороге, часто бывают с дополнительным оборудованием.

Результаты экспериментальных исследований (средние значения) по определению замедления для городских велосипедов приведены в таблице 20.

Таблица 20 - Результаты экспериментальных исследований по определению замедления для городских велосипедов

Нагрузка	Установившееся замедление, м/с ²		
	САП	ВАП	МАП
50 кг	3,91	3,34	3,27
70 кг	3,84	3,28	3,25
90 кг	3,75	3,16	3,05

Конструктивные особенности подразумевают прямую посадку на широком седле, возможно наличие корзины, грязезащитных элементов, большого багажника. Размерность колес чаще всего составляет 26-28 дюймов.

3.3.4 Экспериментальные исследования шоссейных велосипедов

Велосипеды сконструирован для езды на дальние расстояния, при затрачивании тех же усилий, что и при езде на других типах велосипедов.

Результаты экспериментальных исследований (средние значения) для шоссейных велосипедов приведены в таблице 21.

Таблица 21 - Результаты экспериментальных исследований по определению замедления для шоссейных велосипедов

Нагрузка	Установившееся замедление, м/с ²		
	САП	ВАП	МАП
50 кг	4,21	4,02	3,63
70 кг	4,07	3,84	3,64
90 кг	3,81	3,40	3,34

Конструктивные особенности подразумевают особый изогнутый руль, шины с протектором типа слик. Размерность колес чаще всего составляет 28.

3.4 Результаты исследования установившегося замедления различных типов НМТС

Полученные значения установившегося замедления при выполнении экстренных торможений НМТС характеризуют частные динамические показатели

для рассматриваемых НМТС – велосипедов: Shulz Easy, Stels Pilot, Forward Tracer, Giant Expressway 2, Strida SD, Novatrack TG-30, Author Gang, Forward Sporting, GARY FISHER TASSAJARA, Mongoose Meteore elite, STELS Navigator, Aspect Stimul, Electra Townie, Haro Lxi Flow, Nopsa Kombi Multi, ROMET SONATA 2.0, Dawnstar Retro s1 b28, Stels Navigator 150, Bear Milan, Fuji Feather, FORWARD IMPULSE 1.0, AUTHOR AURA, STINGER STREAM, SCHWINN RACER с установленными на них шинами: Wanda P1023 20x1,95, Kenda K-870 20x2, Wanda P186 26x1,95, Kenda Kwest 20x1,5, Innova 18x1,25, Z-Axis 20x2,35, Kenda K-87 26x2,1, Tektro MD-M280 29x2,35, Bontrager Jones XR 26x2,2, Kenda Slant Six 26x2, Kenda TURNBULL CANYON 29x2, Kenda K1153 27,5x2,1, Wanda W-2023 26x2, Kenda Kwick Journey 27,5x1,75, Kenda K892 26x2,1, Wanda A/V 28x1,75, Wanda A/V 28x1,75, Kenda K80A 26x2,125, х, Kenda CST RECOURSE 28x2,1, Kenda Konzept 28x0,9, Kenda Kriterium 28x1, VITTORIA Zaffiro 28x1,1, Z-Axis Road 28x1,3, Bontrager T1 28x1, при действующих нагрузках на них от 50 до 90 кг и при различных погодных-климатических условиях и при различной высоте протектора шины (от 1 мм до 3 мм для шоссейных велосипедов и от 1 до 5 мм для остальных). Сходимость установленных значений позволяет сделать вывод о корректности результатов экспериментальных исследований.

На основании результатов установившегося замедления были построены графики зависимости установившегося замедления от массы, для разных типов НМТС и проведен их анализ [75, 81]. Были раскрыты факторы, влияющие на способность немеханического транспортного средства к торможению. Стоит отметить, что в ходе экспериментальных исследований неоднократно подтверждалась теория о невозможном сравнении велосипедов с разными конструктивными особенностями, а именно различным типом рамы, различными типами тормозных механизмов при различных погодных-климатических условиях, различных центрах масс.

Взаимодействие велосипедиста с велосипедом достигалось путем неоднократных повторений экстренного торможения с целью максимальной имитации экстренной ситуации.

Отличие веса велосипедистов, отличие нагрузки, сказывается как на интенсивности нарастания тормозных усилий, так и на дальнейший тормозной путь.

Графическое сравнение полученных результатов с результатами расчета по действующей методике представлена на рисунках 35-37.

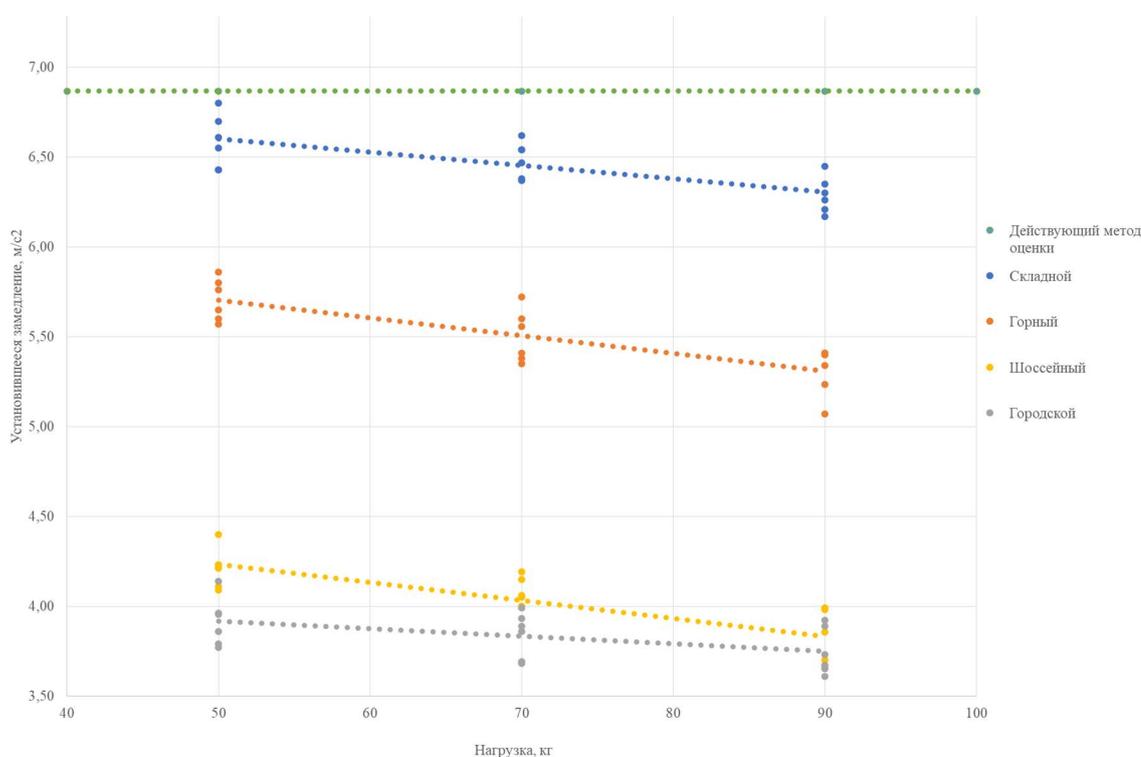


Рисунок 35 - Сопоставление значений установившегося замедления с результатами расчета по существующему методу на САП для различных типов НМТС и нагрузок, действующих на них.

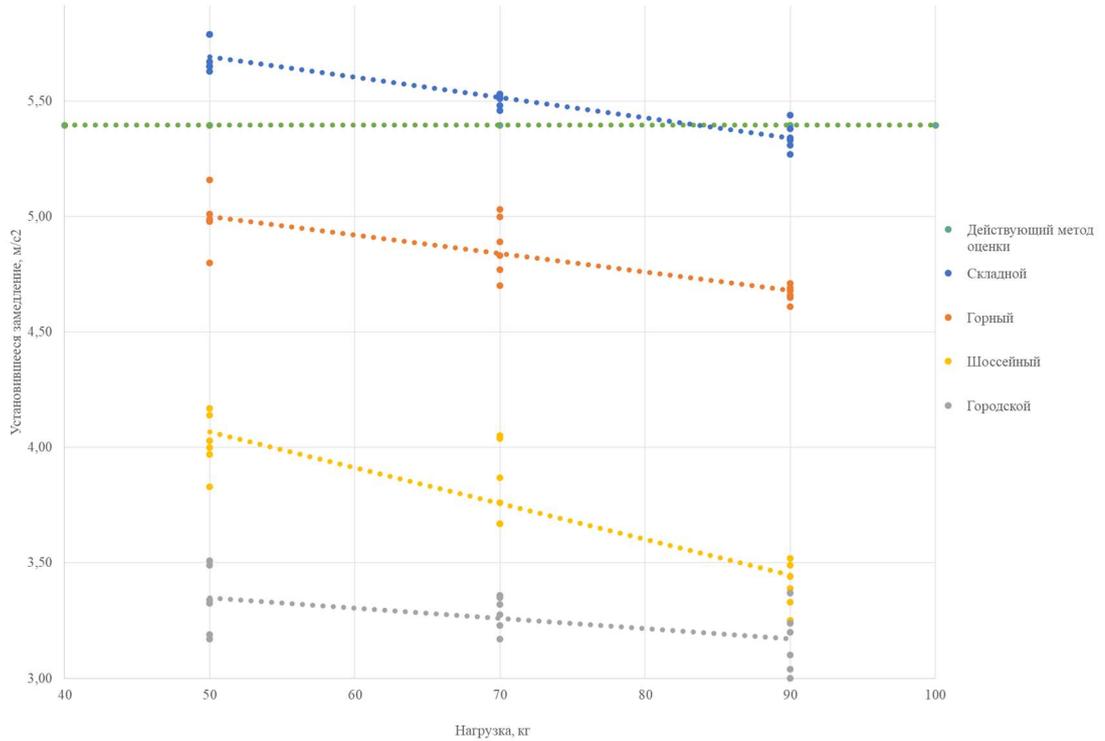


Рисунок 36 - Сопоставление значений установившегося замедления с результатами расчета по существующему методу на ВАП для различных типов НМТС и нагрузок, действующих на них.

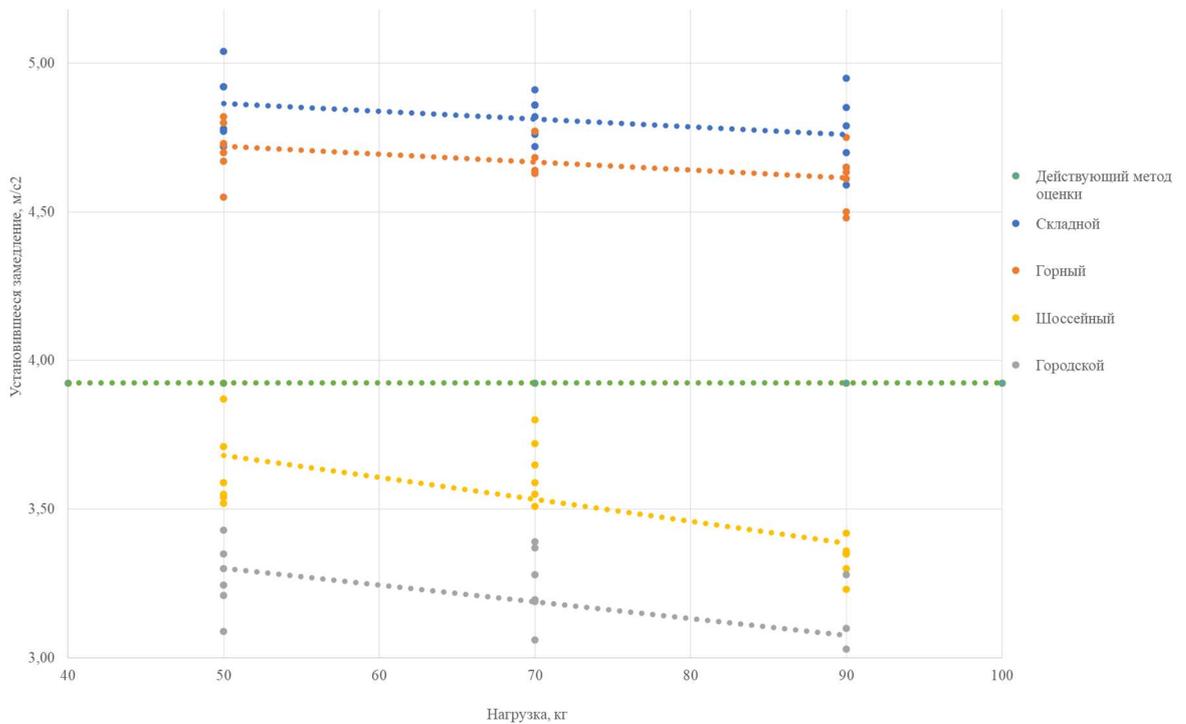


Рисунок 37 - Сопоставление значений установившегося замедления с результатами расчета по действующей методике на МАП для различных типов НМТС и нагрузок на них.

Сравнительная графическая оценка результатов исследований позволяет сделать вывод о том, что:

– Значения фактического замедления рассмотренных велосипедов на сухом асфальтобетонном покрытии меньше, чем расчетные значения по действующей методике, не учитывающие массу велосипедиста и конструктивные особенности.

– Большая часть значений фактического замедления рассмотренных велосипедов на влажном асфальтобетонном покрытии меньше, чем расчетные значения по действующей методике, не учитывающие массу велосипедиста и конструктивные особенности.

– Значения фактического замедления рассмотренных велосипедов на мокром асфальтобетонном покрытии описывают расчетные значения по действующей методике, но не учитывают массу велосипедиста и конструктивные особенности.

Влияние высоты протектора шины на процесс замедления:

1. На сухом асфальтобетонном покрытии:

Низкий рисунок протектора – максимальная площадь контакта с асфальтобетонным покрытием и лучшее сцепление, а деформация шин позволяет эффективно реализовать тормозные усилия.

Высокий рисунок протектора – контакт с асфальтобетонным покрытием осуществляется не всей площадью, а через выступы протектора. При экстренном торможении выступы протектора лучше врезаются в асфальтобетонное покрытие.

2. На влажном асфальтобетонном покрытии:

Низкий рисунок протектора – хорошее сцепление, если влага распределяется равномерно, но существует опасность проскальзывания.

Высокий рисунок протектора – ламели шины и дренажные канавки улучшают отвод воды из-под шины, а выступы протектора дополнительно сцепляются с асфальтобетонным покрытием.

3. На мокром асфальтобетонном покрытии:

Низкий рисунок протектора – большой риск аквапланирования, вода не успевает отводиться.

Высокий рисунок протектора – лучше отводит воду через канавки, а выступы протектора дополнительно сцепляются с асфальтобетонным покрытием. Риск потери управления снижен.

В результате использования формулы (23) и учета характеристик каждого транспортного средства, можно получить значения коэффициентов сцепления для каждого НМТС в зависимости от условий дорожного движения. Индивидуальные характеристики представленные в приложении А влияют на характеристики силы сопротивления дорожного покрытия, силу зацепа протектора, силу инерции велосипеда с велосипедистом, силу сопротивления воздуха, суммарно тормозящую силу для немеханических транспортных средств при $K_9=1$ получим выражение вида:

$$J_{\text{н зам}} = \frac{g\varphi_n(m_{\text{тор}}\cos\alpha + m_a\sin\alpha) + \left(\frac{c_{xp}F_A V^2 n}{2}\right) + \left(\frac{m_a \delta j}{g}\right) + (1z\sigma_p F_{\text{ВШ}})}{1 + \left(\frac{z_k J_k}{m_a r_k^2}\right) m_a} \quad (23)$$

Значения коэффициентов сцепления для рассматриваемых типов НМТС и дорожных условий приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Полученные значения коэффициента сцепления для различных типов НМТС и дорожных условий

Тип НМТС	Расчетное значение коэффициентов сцепления		
	САП, +15°C	ВАП, +15°C	МАП, +15°C
1	2	3	4
Шоссейный	0,85	0,72	0,30
Горный	0,91	0,73	0,30

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4
Городской	0,87	0,74	0,31
Складной	0,90	0,75	0,32

Рисунки 35-37 демонстрируют сравнительную характеристику расчетных значений, полученных в результате проведения экспериментов и значения различных типов дорог.

В экспертной практике значение начальной скорости торможения определяется по следующей формуле:

$$V_0 = 1,8j_{уст}t_3 + \sqrt{25,92 j_{уст} S_T} \quad (24)$$

Где: S_T – тормозной путь; V_0 - начальная скорость торможения НМТС, км/час; t_n – время нарастания замедления, с; $j_{уст}$ – установившееся замедление, м/с².

Тогда формула расчета значение тормозного пути будет иметь вид:

$$S_T = (V_0 - 1,8j_{уст}t_n)^2 / (25,92j_{уст}) \quad (25)$$

По результатам проведенных исследований составлена таблица 23.

Таблица 23 – Результаты экспериментальных исследований (средние значения) по определению тормозного пути различных типов НМТС

Тип НМТС	Тормозной путь ТС, м		
	САП, +15°C	ВАП, +15°C	МАП, +15°C
Шоссейный	1,76	2,06	2,44
Горный	2,18	2,43	2,75
Городской	1,76	2,06	2,44
Складной	1,96	2,37	2,48

Исходя из этого следует, что расчет тормозного пути для всех типов НМТС возможно произвести по следующей формуле:

$$S_T = \frac{V_0}{3,6} (t_c + 0,5 t_H) + \frac{V_0^2}{25,92 j_{уст}} \quad (26)$$

Для каждого типа НМТС значения установившегося замедления будут отличаться, так как они обладают индивидуальными характеристиками.

Проведем расчет тормозного пути при экстренном торможении с 20 км/ч с применением общего усредненного значения для всех типов НМТС:

- для расчета тормозного пути на САП при $t = +15^\circ\text{C}$:

$$S_{T \text{ сух}} = 2,84 \quad (27)$$

- для расчета тормозного пути на ВАП при $t = +15^\circ\text{C}$:

$$S_{T \text{ влаж}} = 3,28 \quad (28)$$

- для расчета тормозного пути на МАП при $t = +15^\circ\text{C}$:

$$S_{T \text{ мокр}} = 3,53 \quad (29)$$

По формулам 27-29 произведены расчеты тормозного пути, не учитывающие факторы, оказывающие влияние на значение замедления НМТС, в результате были получены следующие значения:

$$S_T = 2,45 \text{ м.}$$

$$S_T = 2,80 \text{ м.} \quad (30)$$

$$S_T = 2,97 \text{ м.}$$

ВЫВОДЫ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ

В результате планирования полнофакторного эксперимента были определены факторы, влияющие на установленное замедление. Ряд факторов определяются как созависимые и характеризуют общий фактор - тип НМТС, который включает в себя особенности конструкции велосипеда: тип рамы, размер шины, тип и величина протектора, что подтверждает разработанную для РФ классификацию НМТС.

Проведение экспериментальных исследований по определению установившегося замедления НМТС 4 типов согласно предложенной классификации, на которые действовали различные нагрузки, (массе велосипедиста с грузом и без 50 кг, 70 кг и 90 кг) проходило при температуре воздуха от +10°C до +20°C на сухом, влажном, и мокром асфальтобетонном покрытии (различных коэффициентах сцепления) в г. Санкт-Петербург с использованием шин с различной высотой протектора. В ходе экспериментальных исследований неоднократно подтверждалась теория о невозможном сравнении велосипедов с разными конструктивными особенностями, а именно различным типом рамы, различными типами тормозных механизмов при различных погодноклиматических условиях, различных центрах масс.

На основании проведенных исследований были построены графики сравнивающие полученные значений замедления с результатами расчета, полученные при помощи существующего метода для различных типов асфальтобетонного покрытия, типов НМТС и нагрузок, действующих на них.

В результате проведенного исследования установлено, что значение фактического замедления рассмотренных типов НМТС на САП меньше, чем расчетные значения, полученные при помощи существующего метода, не учитывающего массу велосипедиста и конструктивные особенности НМТС. Большая часть значений фактического замедления рассмотренных НМТС на ВАП меньше, чем расчетные значения по существующему методу, не учитывающему

массу велосипедиста и конструктивные особенности. Значения фактического замедления рассмотренных НМТС на МАП описывают расчетные значения по существующему методу, но не учитывают массу велосипедиста и конструктивные особенности.

ГЛАВА 4. ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДТЭ

4.1 Оценка тормозного пути НМТС

Для получения результирующего уравнения, описывающего проведенные эксперименты необходимо по полученным данным выделить полиномиальные уравнения, построение которых даст возможность провести их сравнение в части коэффициента детерминации R_2 , коэффициента линейной парной корреляции и ошибки аппроксимации [81].

По результатам проведения экспериментальных исследований были получены значения установившегося замедления, на основании которых были проведены расчеты всех вышеперечисленных видов регрессии, представленные в таблице 22.

По полученным экспериментальным значениям установившегося замедления были получены следующие уравнения регрессии различных видов, приведенные в таблице 24.

Таблица 24 – Уравнения регрессии $J(\varphi)$ различных видов

Вид регрессии	$J(\varphi)$
Линейная	$J(\varphi) = 0.07x + 0.20$
Квадратичная	$J(\varphi) = 0.03x^2 - 0.20x + 0.81$
Кубическая	$J(\varphi) = 0.06x^3 - 0.84x^2 + 3.86x - 5.30$
Степенная	$J(\varphi) = 0.20x^{0.61}$
Показательная	$J(\varphi) = 0.26 \cdot 1.15^x$
Логарифмическая	$J(\varphi) = 0.07 + 0.31 \cdot \ln x$
Гиперболическая	$J(\varphi) = 0.82 - 1.29/x$
Экспоненциальная	$J(\varphi) = e^{-1.35 + 0.14x}$

Результаты регрессионного анализа для каждого уравнения регрессии приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Результаты регрессионного анализа

Вид зависимости	r	R ²	A, %
Линейная	0,38	0,14	33,67
Квадратичная	0,41	0,17	31,89
Кубическая	0,50	0,25	31,08
Степенная	0,34	0,11	31,89
Показательная	0,35	0,13	31,43
Логарифмическая	0,36	0,13	31,09
Гиперболическая	0,35	0,12	34,34
Экспоненциальная	0,35	0,13	31,43

В результате проведенного анализа таблицы 22-23 можно сделать вывод о том, что кубическое уравнение регрессии демонстрирует минимальную ошибку аппроксимации, что в свою очередь является основанием для выбора кубического уравнения как результирующего.

Искомый результат, отображенный в формуле (31), достигнут.

$$S = \sum_{i=1}^{156} (y_i - F(x_i))^2 \rightarrow \min \quad (31)$$

С помощью полученного уравнения можно проводить как прямой расчет замедления, так и обратный, однако в условиях проведения эксперимента данный расчет произвести не представляется возможным, так как он требует значительного времени для осуществления.

Полученное уравнение регрессии, описывающие средние значения установившегося замедления НМТС представлено в формуле (32), а графическое отображение полученных уравнений на рисунке 38.

В рамках работы получено уравнение регрессии для оценки замедления НМТС, приведенное в формуле (32):

$$J(\varphi) = 0,06x^3 - 0,84x^2 + 3,86x - 5,30 \quad (32)$$

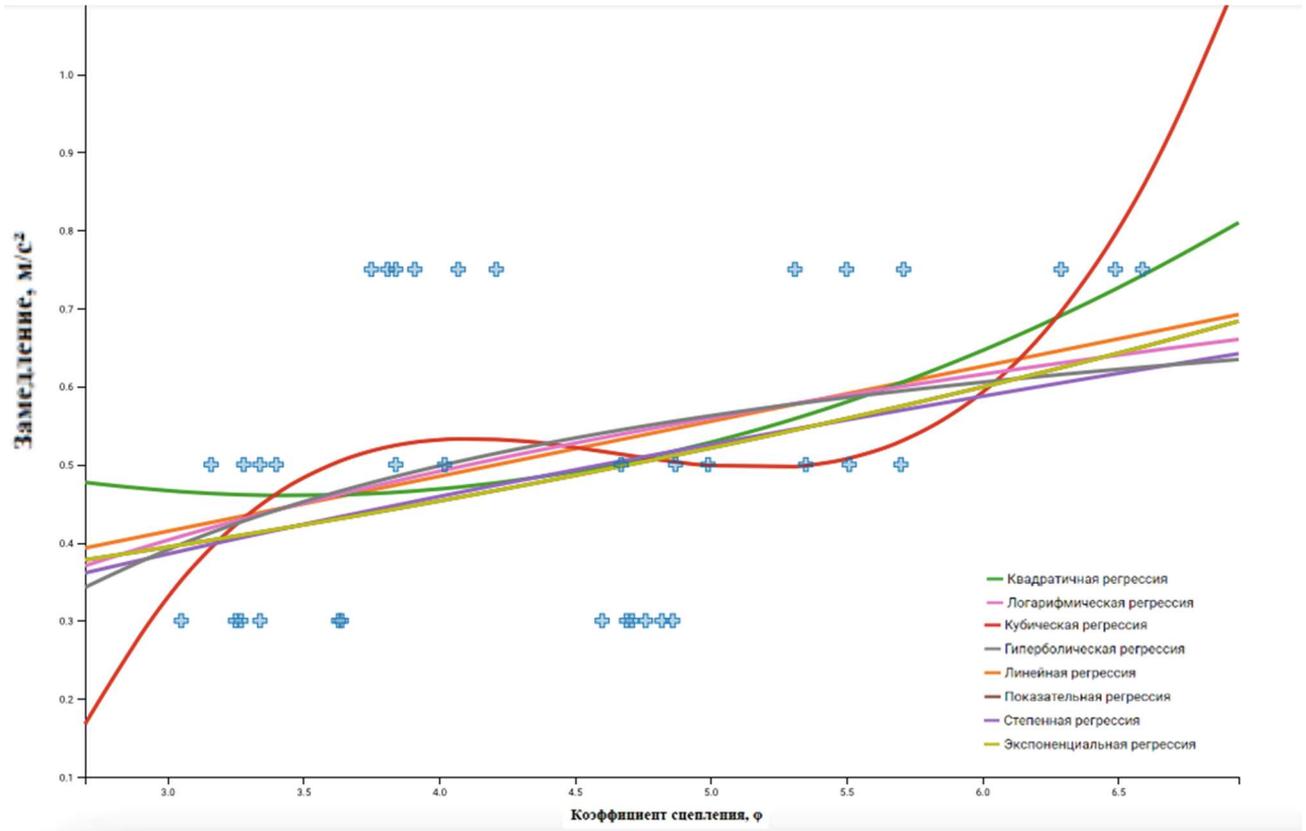


Рисунок 38 – Графическое отображение регрессионных уравнений

Полученные значения различных уравнений регрессий по результатам экспериментальных исследований приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Полученные уравнения регрессии J(S)

Вид регрессии	J(S)
Линейная	$J(S) = -0.77x + 8.45$
Квадратичная	$J(S) = 0.16x^2 - 2.26x + 11.77$
Кубическая	$J(S) = -0.04x^3 + 0.67x^2 - 4.63x + 15.33$
Степенная	$J(S) = 14.16x^{-0.72}$
Показательная	$J(S) = 9.96 \cdot 0.85^x$
Логарифмическая	$J(S) = 10.21 - 3.54 \cdot \ln x$
Гиперболическая	$J(S) = 1.38 + 15.42/x$
Экспоненциальная	$J(S) = e^{2.30 - 0.16x}$

Также были произведены расчеты коэффициентов корреляции, коэффициентов детерминации и средние ошибка аппроксимации для каждого

уравнений. В таблице 27 представлены результаты расчета средней ошибки аппроксимации.

Таблица 27 – Результаты регрессионного анализа

Вид зависимости	A, %
Линейная	2,79
Квадратичная	0,54
Кубическая	0,12
Степенная	0,40
Показательная	1,78
Логарифмическая	1,39
Гиперболическая	0,17
Экспоненциальная	1,78

Из таблицы 25 можно сделать вывод о том, что кубическое уравнение регрессии демонстрирует минимальную ошибку аппроксимации, что в свою очередь является основанием для выбора кубического уравнения как результирующего.

Полученное уравнение регрессии, описывающие средние значения установившегося замедления НМТС представлено в формуле (33).

$$J(S) = -0,04x^3 + 0,67x^2 - 4,63x + 15,33 \quad (33)$$

Точность расчетов подтверждается полученной ошибкой аппроксимации, которая составляет менее 0,12%. Полученные уравнения кубической регрессии дают возможность улучшить качество оценки экспертам ДТП с участием НМТС. Полученные уравнения регрессии с различными функциями приведены на рисунке 39. Фактор «тип НМТС», включающий в себя различные характеристики НМТС, оказывает воздействие на значения замедления, что отчетливо видно на рисунках 40-45.

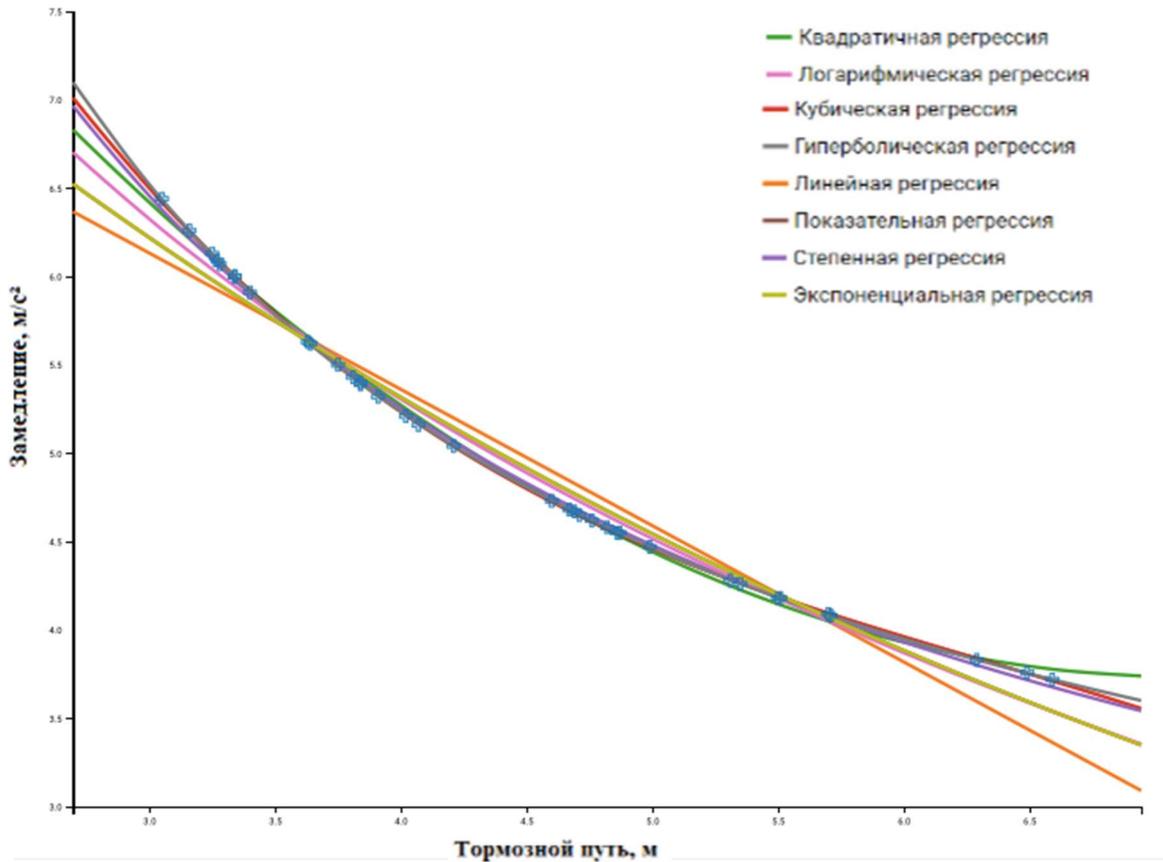


Рисунок 39 – Графическое отображение уравнений регрессии J(S)

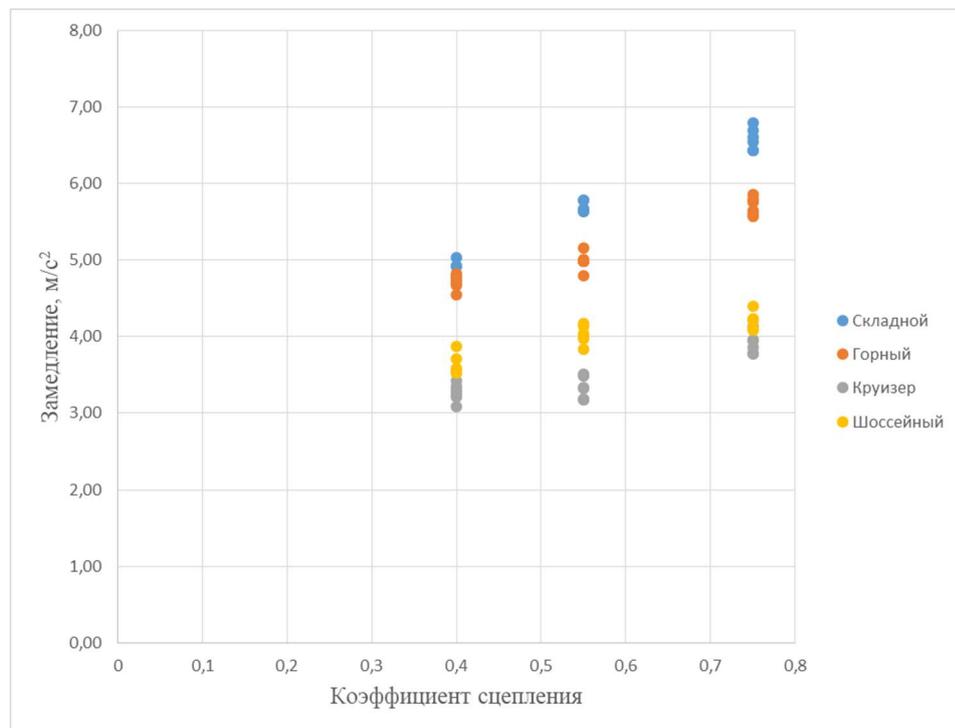


Рисунок 40 – Зависимость замедления различных типов НМТС от коэффициента сцепления при нагрузке 50 кг.

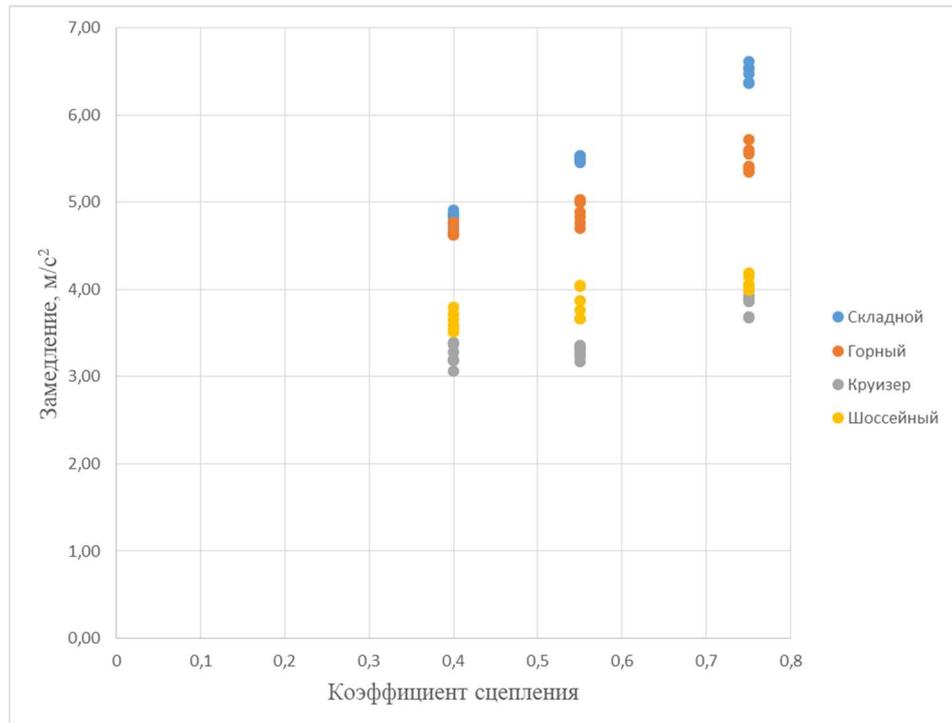


Рисунок 41 – Зависимость замедления различных типов НМТС от коэффициента сцепления при нагрузке 70 кг.

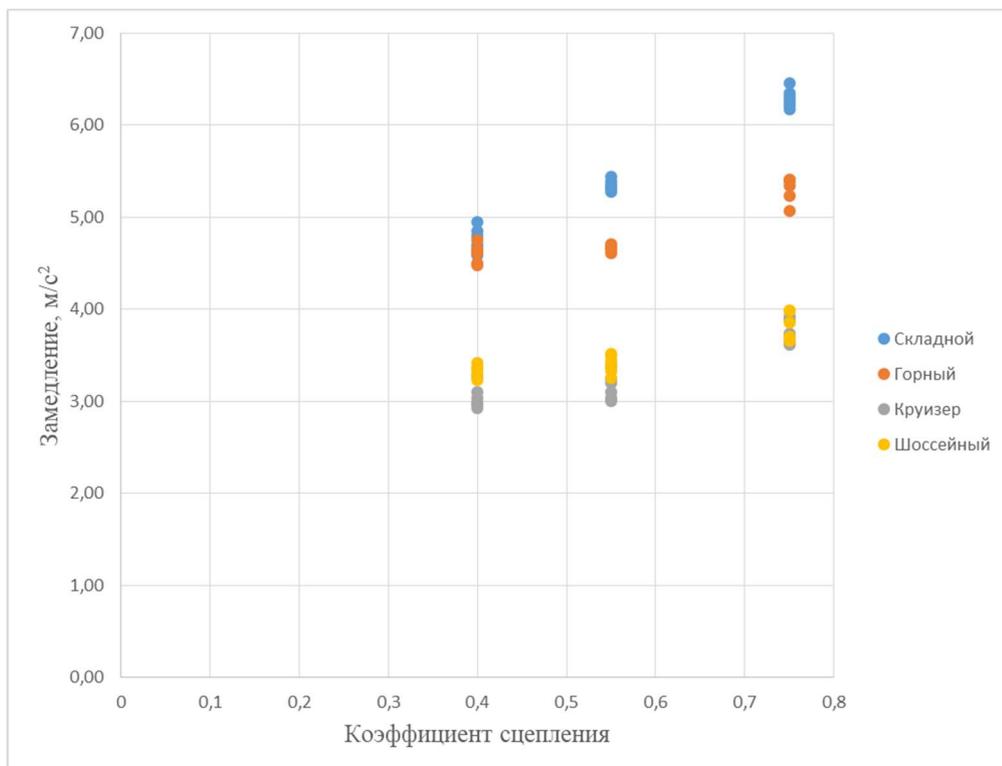


Рисунок 42 – Зависимость замедления различных типов НМТС от коэффициента сцепления при нагрузке 90 кг.

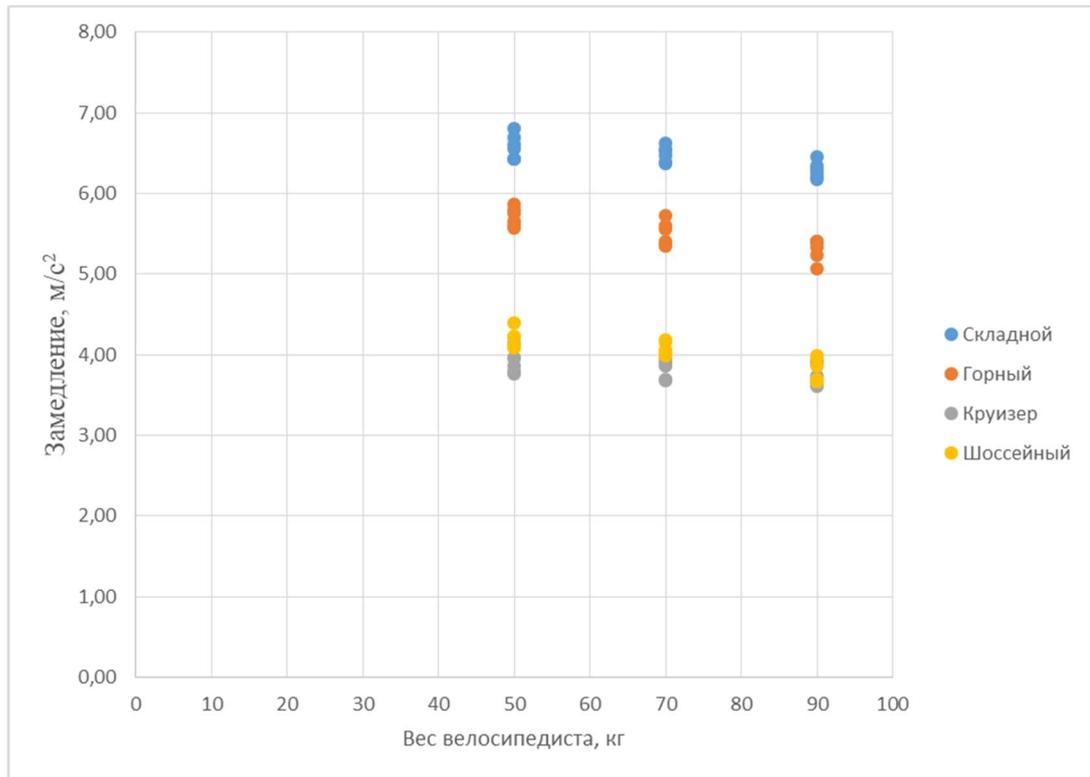


Рисунок 43 – Зависимость замедления различных типов НМТС от нагрузки при коэффициенте сцепления 0,75

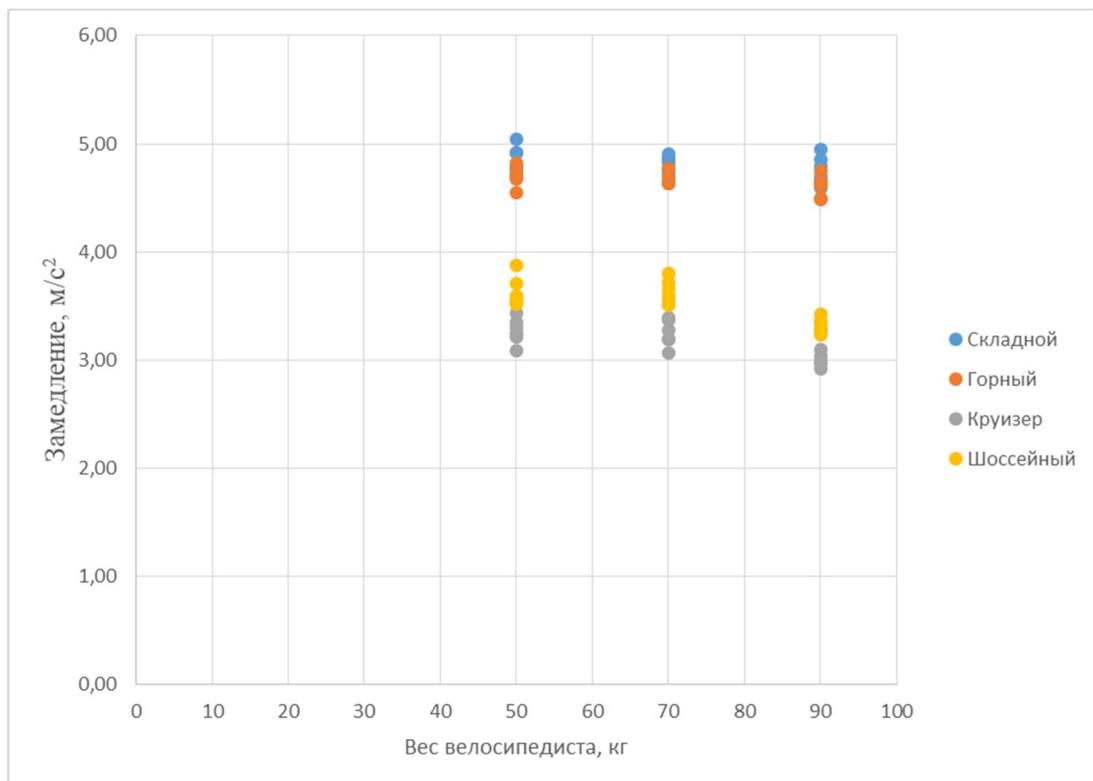


Рисунок 44 – Зависимость замедления различных типов НМТС от нагрузки при коэффициенте сцепления 0,4

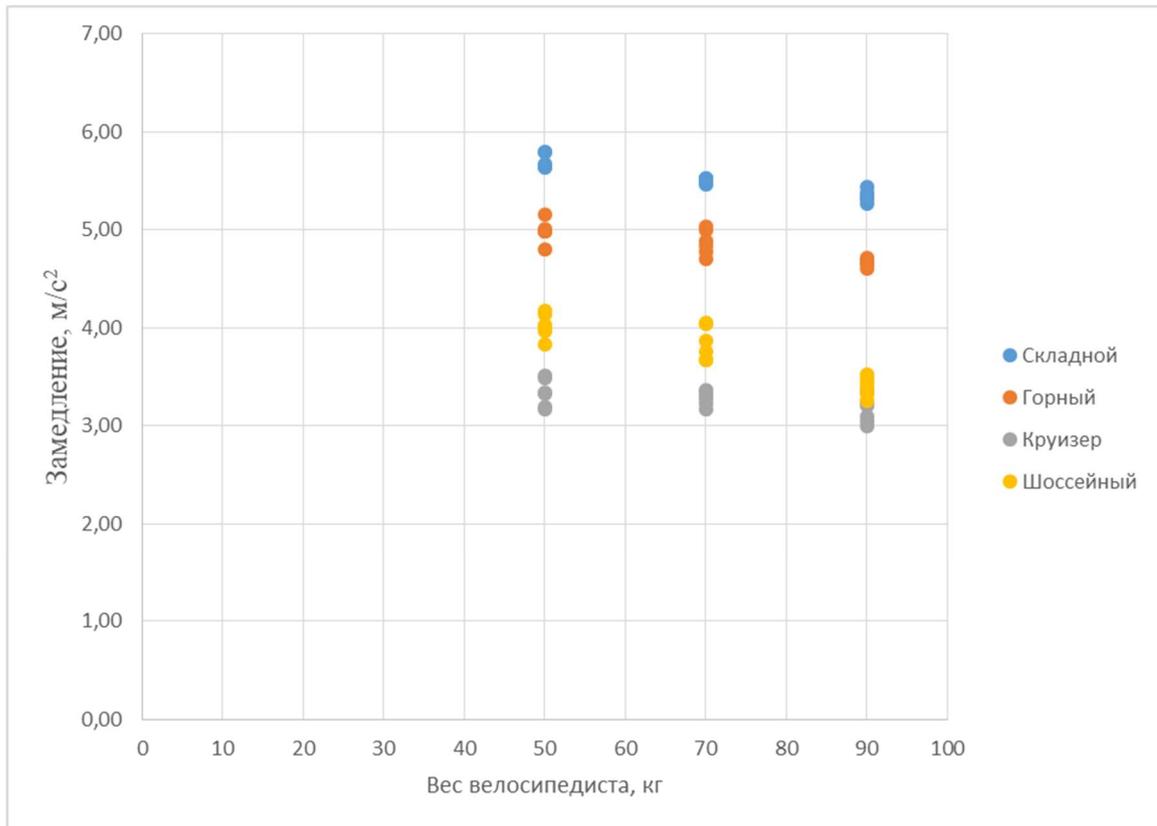


Рисунок 45 – Зависимость замедления различных типов НМТС от нагрузки при коэффициенте сцепления 0,55

Из приведенных зависимостей видно, что для каждого типа НМТС необходимо определить уравнение регрессии, которое также будет учитывать факторы, приведенные в нижней таблице 28.

Таблица 28 – Факторы, влияющие на установившееся замедление НМТС

№ п.п.	Значение	Название фактора
1	X_1	Коэффициент сцепления
2	X_2	Вес велосипедиста
3	X_3	Высота протектора шины

Полученные уравнения регрессии приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Полученные уравнения регрессии с учетом типа НМТС, коэффициента сцепления и нагрузки на НМТС

Тип велосипеда	Уравнение множественной регрессии
Складной	$J = 3,30 + 4,60X_1 - 0,005X_2 + 0,0244X_3$
Горный	$J = 4,09 + 2,44X_1 - 0,006X_2 + 0,0155X_3$
Городской	$J = 2,65 + 1,91X_1 - 0,004X_2 + 0,0155X_3$
Шоссейный	$J = 3,73 + 1,41X_1 - 0,010X_2 + 0,0316X_3$

Полученные уравнения регрессии для каждого типа НМТС из таблицы 27 требуют математического обоснования. По полученным в ходе проведения эксперимента данным проведем проверку расчетом, определяющим замедления НМТС. Оценка параметров уравнений множественной регрессии происходит по методу наименьших квадратов.

Y – установившиеся замедления, полученные в ходе проведения экспериментальных исследований, значения X_1 - X_2 и параметр μ . Вектор оценок коэффициентов регрессии по методу наименьших квадратов $J(X)$ имеет вид:

$$J(X) = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (34)$$

Определим матрицу $Y_j = Y_{162}$ с переменными $X_{i,j} = X_{3,162}$:

$$J = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ Y_4 \\ \dots \\ Y_{162} \end{bmatrix}; X = \begin{bmatrix} 1 & X_{1,1} & X_{2,1} & X_{3,1} \\ 1 & X_{1,2} & X_{2,2} & X_{3,2} \\ 1 & X_{1,3} & X_{2,3} & X_{3,3} \\ 1 & X_{1,4} & X_{2,4} & X_{3,4} \\ 1 & \dots & \dots & \dots \\ 1 & X_{1,162} & X_{2,162} & X_{3,162} \end{bmatrix} \quad (35)$$

$$J = \begin{bmatrix} 3,93 \\ 4,12 \\ 3,77 \\ 9,94 \\ \dots \\ 3,33 \end{bmatrix}; X = \begin{bmatrix} 1 & 0,75 & 50 & 1 \\ 1 & 0,75 & 50 & 1 \\ 1 & 0,75 & 50 & 1 \\ 1 & 0,75 & 50 & 1 \\ 1 & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0,4 & 90 & 5 \end{bmatrix} \quad (36)$$

Представляем вид матрицы в иной плоскости повернутой относительно главной диагонали $X_{T_{ji}} = X_{3,162}^T$.

$$X^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ X_{1,1} & X_{1,2} & \dots & X_{1,162} \\ X_{2,1} & X_{2,2} & \dots & X_{2,162} \\ X_{3,1} & X_{3,2} & \dots & X_{3,162} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,75 & 0,75 & \dots & 0,4 \\ 50 & 50 & \dots & 90 \\ 1 & 1 & \dots & 5 \end{bmatrix} \quad (37)$$

Полученную после преобразования матрицу необходимо умножить на матрицу X.

$$\begin{aligned} X_{j,i}^T \times X_{i,j} &= X_{3,162}^T \times X_{3,162} = \\ &= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,75 & 0,75 & \dots & 0,4 \\ 50 & 50 & \dots & 90 \\ 1 & 1 & \dots & 5 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0,75 & 50 & 1 \\ 1 & 0,75 & 50 & 1 \\ 1 & 0,75 & 50 & 1 \\ 1 & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0,4 & 90 & 5 \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} 162,00 & 91,80 & 11340,00 & 459,00 \\ 91,80 & 55,35 & 6426,00 & 260,10 \\ 11340,00 & 6426,00 & 837000,00 & 32130,00 \\ 459,00 & 260,10 & 32130,00 & 1741,50 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (38)$$

Путем перемножения матриц $X_{3,162}^T$ и J_{162} будет получено:

$$X_{j,i}^T \times J_j = X_{3,162}^T \times J_{162} =$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,75 & 0,75 & \dots & 0,4 \\ 50 & 50 & \dots & 90 \\ 1 & 1 & \dots & 5 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 3,93 \\ 4,12 \\ 3,77 \\ 9,94 \\ \dots \\ 3,33 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 555,16 \\ 320,90 \\ 38655,96 \\ 1579,80 \end{bmatrix} \quad (39)$$

Для расчета вектора вычислим обратную матрицу $(X_{3,162}^T \times X_{3,162})^{-1}$:

$$(X_{3,162}^T \times X_{3,162})^{-1} = \begin{bmatrix} 0,234 & -0,170 & -0,002 & -0,006 \\ -0,170 & 0,300 & 0,000 & 0,000 \\ -0,029 & 0,000 & 0,000 & 0,000 \\ -0,006 & 0,000 & 0,000 & 0,002 \end{bmatrix} \quad (40)$$

Вектор оценки в рассматриваемом случае будет определен следующим образом:

$$J(X) = (X_{3,162}^T \times X_{3,162})^{-1} \times X_{3,162}^T \times J_{162} = \begin{bmatrix} 2,64 \\ 1,90 \\ -0,005 \\ 0,016 \end{bmatrix} \quad (41)$$

Полученные значения β_i приведены в таблице 30.

Таблица 30 – Полученные значения коэффициентов β_i , при $i=0\dots3$

№ п.п.	Коэффициент регрессии	Значение
1	β_0	2,64
2	β_1	1,89
3	β_2	-0,005
4	β_3	0,0155

Доля дисперсии зависимой переменной (R^2), определяется по следующей формуле:

$$R^2 = 1 - \frac{s_e^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} \quad (42)$$

где s_e^2 определяется перемножением матриц:

$$s_e^2 = (Y - Y(X_i))^T (Y - Y(X_i)) =$$

$$= [0,09 \quad 0,28 \quad -0,07 \quad 0,10 \quad \dots \quad 0,26] \times \begin{bmatrix} 0,09 \\ 0,28 \\ -0,07 \\ 0,10 \\ \dots \\ 0,26 \end{bmatrix} = 3,81 \quad (43)$$

$$R^2 = 1 - \frac{3,81}{16,86} = 0,77 \quad (44)$$

Оценка дисперсии и среднеквадратичного отклонения определяются по следующим формулам:

$$s^2 = \frac{s_e^2}{n - m - 1} = \frac{3,81}{162 - 10 - 1} = 0,025 \quad (45)$$

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{0,025} = 0,158 \quad (46)$$

Для того, чтобы проверить разницу между расчетными значениями и фактическими проведем расчет средней ошибки аппроксимации по формуле (47).

$$A = \frac{\sum |(Y_i - Y(X)) : Y|}{n} \times 100\% = \frac{16,86}{162} \times 100\% = 10,4 \quad (47)$$

Полученные результаты приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Результат проверки уравнения

Уравнение	Коэффициент детерминации	Ошибка аппроксимации, %
$J = 2,65 + 1,89X_1 - 0,004X_2 + 0,0155X_3$	0,77	10,41

После этого необходимо провести проверку по критерию Стьюдента:

$$k(X) = S^2 \times (X_{3,162}^T \times X_{3,162})^{-1} \quad (48)$$

Исходя из этого, составлена таблица 32, где приведены оценки среднеквадратических отклонений.

Таблица 32 – Оценки среднеквадратичных отклонений S_{b_i}

S_{b_0}	S_{b_1}	S_{b_2}	S_{b_3}
0,077	0,087	0,001	0,008

Для проверки значимости полученных уравнений регрессии необходимо найти число степеней свободы по следующей формуле:

$$V = n - m - 1 = 162 - 10 - 1 = 151 \quad (49)$$

При $p=0,95$, значение коэффициента Стьюдента составит:

$$t = 1,975 \quad (50)$$

Результаты проверки значимости для коэффициентов полученных уравнений приведены в таблице 33.

Таблица 33 – Результаты проверки

i	0	1	2	3	t- статистика. Критерий Стьюдента
t _i	34,33	21,75	6,21	2,04	
Значимость при $p = 0,80$	+	+	+	+	1,28
Значимость при $p = 0,85$	+	+	+	+	1,44
Значимость при $p = 0,90$	+	+	+	+	1,65
Значимость при $p = 0,95$	+	+	+	+	1,97
Значимость при $p = 0,99$	+	+	+	-	2,61

Для каждого фактора по формуле (51) были определены коэффициенты эластичности. Полученные результаты приведены в таблице 34.

$$\varepsilon_i = b_i \frac{\Delta \bar{X}_i}{\Delta \bar{y}_i} \quad (51)$$

Таблица 34 – Результаты расчетов коэффициентов эластичности

i	1	2	3
Θ_i	0,31	-0,097	0,316

Расчет критерия Фишера производится по следующей формуле:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \times \frac{n - m - 1}{m} = \frac{0,773}{1 - 0,773} \times 15,1 = 51,61 \quad (52)$$

$$F_{кр} = 3,4 \quad (53)$$

В результате проведенных расчетов, можно сделать вывод о подтверждении статистической надежности полученного уравнения регрессии.

4.2 Определение значение замедления НМТС по усовершенствованному методу

Для выявления разницы полученных в ходе исследования уравнений, разделенных по типам и уравнения для усредненного значения, проведем сравнительный расчет двух НМТС разных типов и с разной нагрузкой (разной массой велосипедиста и протектором среднего износа).

В расчете будут рассматриваться: НМТС₁ - складной велосипед Shulz Easy с велосипедистом массой 50 кг и НМТС₂ - городской (круизер) Electra Townie с велосипедистом массой 90 кг.

Предположим, что значение замедления для обоих НМТС вне зависимости от типа на сухом асфальтобетонном покрытии при температуре окружающего воздуха +15 °С равно 5 м/с² в соответствии с формулой 11.

При $J_1=J_2$, по формуле 1 будет получено следующее:

$$S_1 = S_2 = 4,62 \text{ м} \quad (54)$$

На основании уравнений из таблицы 32 и формулы 1 тормозного пути получаем, что:

- для НМТС₁ при $J_1=6,59 \text{ м/с}^2$, то $S_1 = 2,07 \text{ м}$;
- для НМТС₂ при $J_2=3,73 \text{ м/с}^2$, то $S_2 = 3,87 \text{ м}$.

Проведенные расчеты позволяют определить разницу тормозного пути, которая составляет 1,8 м, что подтверждает необходимость разделения велосипедов на типы, а также обосновывает применение особенной методики расчета для каждого типа НМТС.

В зависимости от рассматриваемого типа НМТС формулу расчета тормозного пути необходимо дополнить корректирующим коэффициентом $K_{\text{ТП}}$. На основании этого следует, что формула расчета тормозного пути с учетом данного коэффициента примет следующий вид:

$$\text{при } S_3 = S_2 \quad (55)$$

$$S_{\text{ТП}} = K_{\text{ТП}}(t_2 + 0,5 \cdot t_3) \cdot \frac{V}{3,6} + \frac{V^2}{26 \cdot j} \quad (56)$$

В таблицах 35-37 приведены расчетные значения коэффициента $K_{\text{ТП}}$ в зависимости от типа НМТС и нагрузок, действующих на них, а также погодноклиматических условий.

Таблица 35 – Значения коэффициента $K_{\text{ТП}}$ в зависимости от типа НМТС при $P = 50 \text{ кг}$.

Тип НМТС	Складной	Горный	Городской	Шоссейный
J	$K_{\text{ТП}}$			
2,9	0,774	0,770	0,974	0,868
3,9	0,879	0,896	1,122	1,016
4,7	0,934	0,969	1,189	1,096
5,4	0,964	1,012	1,218	1,141
6,0	0,977	1,037	1,239	1,173
6,5	0,982	1,052	1,248	1,192

Таблица 34 – Значения коэффициента $K_{тп}$ в зависимости от типа НМТС при $P = 70$ кг.

Тип НМТС	Складной	Горный	Городской	Шоссейный
J	$K_{тп}$			
2,9	0,785	0,781	0,991	0,897
3,9	0,890	0,908	1,140	1,049
4,7	0,944	0,981	1,205	1,128
5,4	0,972	1,023	1,233	1,171
6,0	0,985	1,047	1,254	1,202
6,5	0,988	1,061	1,261	1,220

Таблица 36 – Значения коэффициента $K_{тп}$ в зависимости от типа НМТС при $P = 90$ кг.

Тип НМТС	Складной	Горный	Городской	Шоссейный
J	$K_{тп}$			
2,9	0,797	0,793	1,008	0,930
3,9	0,902	0,921	1,158	1,085
4,7	0,954	0,993	1,223	1,164
5,4	0,981	1,034	1,249	1,204
6,0	0,992	1,058	1,268	1,234
6,5	0,995	1,071	1,274	1,251

Произведенные расчеты замедления для НМТС₁ и НМТС₂, и учитывающие разные характеристики велосипедов разных типов позволяет сделать вывод о том, что формула замедления может быть откорректирована в части добавления в нее коэффициента эффективности, что приведет ее к виду:

$$J = \frac{\varphi}{K_0} \times g = \frac{\varphi}{K_э \times K_M} \times g \quad (57)$$

где $K_0 = K_э \times K_M$,

$K_э$ – коэффициент эффективности для сухого асфальтобетонного покрытия = 1,1–1,2, для других типов покрытия = 1,0 [2],

K_M – коэффициент массы водителя НМТС из таблицы 36, полученный расчетным методом.

Таблица 37 – Значение коэффициента K_M для разных нагрузок, типов покрытия и велосипедов со средним износом шин

Тип велосипеда	Характеристика асфальтобетонного покрытия	Нагрузка на НМТС		
		50 кг	70 кг	90 кг
Складной	Сухое	0,93	1,04	1,06
	Влажное	0,96	0,98	1,00
	Мокрое	0,73	0,75	0,77
Горный	Сухое	1,10	1,23	1,26
	Влажное	1,06	1,09	1,12
	Мокрое	0,74	0,77	0,79
Городской	Сухое	1,58	1,77	1,82
	Влажное	1,55	1,59	1,63
	Мокрое	1,10	1,14	1,18
Шоссе	Сухое	1,44	1,66	1,75
	Влажное	1,36	1,44	1,53
	Мокрое	0,93	0,99	1,06

Представленный коэффициент K_M позволяет производить расчет замедления с учетом коэффициента, учитывающего разные нагрузки, погодные условия и типы велосипедов и характеризует средний износ шин.

В формулах (58, 59) приведен пример расчета значения замедления на САП при $t = +15$ °С для НМТС₁ и НМТС₂:

$$\text{НМТС}_1: J_{kG} = \frac{0,7 * 9,81}{1,2 * 0,93} = 6,15 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \quad (58)$$

$$\text{НМТС}_2: J_{kG} = \frac{0,7 * 9,81}{1 * 1,82} = 3,78 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \quad (59)$$

Результаты проведенного исследования с учетом предлагаемых корректирующих коэффициентов приведены в таблице 38.

Таблица 38 – Полученные формулы с учетом корректирующих коэффициентов

№ п.п.			
1.	Существующая формула	Разработанный коэффициент	Формула с учетом разработанного коэффициента
	$S_{\text{тп}} = (t_2 + 0,5 \cdot t_3) \cdot \frac{V}{3,6} + \frac{V^2}{26 \cdot j}$	$K_{\text{тп}}$	$S_{\text{тп}} = K_{\text{тп}}(t_2 + 0,5 \cdot t_3) \cdot \frac{V}{3,6} + \frac{V^2}{26 \cdot j}$
	Результат		
	При равном $J_1=J_2$, $S_3=4,62$ м	$S_{\text{тп}}$ с учетом $K_{\text{тп}}$ для НМТС ₁ =2,12 м $S_{\text{тп}}$ с учетом $K_{\text{тп}}$ для НМТС ₂ =4,07 м	
2.	Существующая формула	Разработанный коэффициент	Формула с учетом разработанного коэффициента
	$J = \frac{\varphi}{K_3} \times g$	K_M	$J = \frac{\varphi}{K_3 \times K_M} \times g$
	Результат		
	При φ равном 1: $J = 9,81$ м/с ²	При φ равном 1: J с учетом K_M для НМТС ₁ =6,15 м/с ² J с учетом K_M для НМТС ₂ =3,89 м/с ²	
3.	Тип НМТС	Уравнения множественной регрессии	
	Складной	$J = 3,30 + 4,60X_1 - 0,005X_2 + 0,0244X_3$	
	Горный	$J = 4,09 + 2,44X_1 - 0,006X_2 + 0,0155X_3$	
	Городской	$J = 2,65 + 1,91X_1 - 0,004X_2 + 0,0155X_3$	
	Шосейный	$J = 3,73 + 1,41X_1 - 0,010X_2 + 0,0316X_3$	

4.3 Оценка эффективности усовершенствованного метода на примере произошедших ДТП

Для оценки эффективности усовершенствованного метода, выполнено сопоставление значений остановочных путей, определенных при использовании табличных данных и при помощи полученных в рамках диссертационного исследования, полученные результаты приведены в таблице 39.

Таблица 39 – Результаты сопоставления расчетных значений остановочных путей при проведении ДТЭ

№	Тип НМТС	$J_{\text{табл}}$	$J_{\text{расч}}$	S_y	S_o при $J_{\text{табл}}$	S_o при $J_{\text{расч}}$	Изменение ΔJ в причинной связи
1.	Складной	5,40	5,88	8,00	7,86	7,73	Нет
2.		3,90	4,95	8,00	8,06	7,59	Да
3.		4,70	5,18	8,50	7,89	7,72	Нет
4.		3,90	4,83	9,00	8,06	7,63	Нет
5.	Горный	6,50	5,62	7,50	7,59	7,79	Нет
6.		3,90	4,53	10,00	8,06	7,75	Нет
7.		2,90	4,28	8,50	8,83	7,86	Да
8.		3,90	4,77	8,50	8,06	7,65	Нет
9.	Городской	2,90	3,02	9,00	8,83	8,70	Нет
10.		5,40	3,60	8,00	7,86	8,66	Да
11.		4,70	3,41	8,50	7,89	8,59	Да
12.		6,50	3,98	9,00	7,59	8,43	Нет
13.	Шоссейный	5,40	3,88	8,00	7,86	8,49	Да
14.		3,90	4,17	8,50	8,06	8,25	Нет
15.		6,00	4,22	8,00	7,70	8,31	Да
16.		2,9	3,45	9,00	8,83	8,35	Нет

На основании проведенного сопоставления установлено, что изменение установившегося замедления НМТС находится в причинной связи с ДТП в 37% рассмотренных событий, что свидетельствует о том, что усовершенствованный метод по определению установившегося замедления НМТС будет способствовать повышению уровня достоверности при расследовании ДТЭ с участием данных ТС.

ВЫВОДЫ ПО ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ

В результате проведенных исследований установлены зависимости установившегося замедления для различных типов НМТС, нагрузок, действующих на них, а также коэффициентов сцепления. В рамках проведенного регрессионного анализа установлен вид зависимости – кубический, имеющий наименьшее значение ошибки аппроксимации 0,12% в сравнении с другими видами зависимостей. Предложены усовершенствованные формулы (с учетом корректирующих коэффициентов) для определения тормозного пути и установившегося замедления НМТС. Рассчитаны значения корректирующих коэффициентов K_{TM} и K_M для различных типов НМТС в соответствии с разработанной классификацией. На примере произошедших ДТП выполнена оценка эффективности усовершенствованного метода, показывающая повышение уровня достоверности реконструкции механизма ДТП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе диссертационного исследования получены следующие результаты:

1. Впервые разработана классификация по типам НМТС, используемых на территории РФ с учетом зарубежного опыта;
2. Экспериментальным путем определены значения установившегося замедления для различных типов НМТС в соответствии с разработанной классификацией, а также факторы, оказывающие влияние на данные значения;
3. Для каждого типа НМТС разработаны уравнения регрессии, определяющие значение установившегося замедления и позволяющие повысить точность расчетов тормозного пути в среднем на 11%;
4. Для определения тормозного пути разработаны корректирующие коэффициенты для различных типов НМТС с учетом вариативности коэффициентов сцепления и нагрузок, действующих на НМТС.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

НМТС – немеханическое транспортное средство;

РФ – Российская Федерация;

ТС – транспортное средство;

ДД – дорожное движение;

ДТП – дорожно-транспортное происшествие;

ПДД – правила дорожного движения;

ДТЭ – дорожно-транспортная экспертиза;

ЕСФ – европейская федерация велосипедного спорта;

ВОЗ – всемирная организация здравоохранения;

ООН – Организация Объединённых Наций;

ЕС – Европейский союз;

США – Соединённые Штаты Америки;

СЗФО – Северо-Западный федеральный округ;

АТС – Автомобильное транспортное средство;

КСОДД – комплексной схемы организации дорожного движения;

ВАДС – водитель — ТС — дорога — среда;

БДД – безопасность дорожного движения;

ВНМДС – водитель (велосипедист) — НМТС — дорога — среда;

ГИБДД – государственная инспекция безопасности дорожного движения;

ДТС – дорожно-транспортная ситуация;

ЦНИИСЭ – центральный научно-исследовательский институт судебных экспертиз;

ВНИИСЭ – всероссийский научно-исследовательский институт судебных экспертиз;

ПФЭ – полный факторный эксперимент;

САП – сухое асфальтобетонное покрытие;

ВАП – влажное асфальтобетонное покрытие;

МАП – мокрое асфальтобетонное покрытие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Advocacy Advance, 2019, URL: Advocacy Advance | Information on Bicycling and Pedestrian Initiatives;
2. Ashton, S.J. and Lambourn, R.F., “Some Aspects of Two Wheeled Vehicle Accident Reconstruction,” National Police Accident Investigation Seminar, March 1989. – p. 122;
3. Beck R.F., “Mountain Bicycle Acceleration and Braking Factors”, Casteel, Beck & Associates, Inc. San Diego, California, 2004, p. 9;
4. Bertucci W., Rogier S. Effects of different types of tyres and surfaces on the power output in the mountain bike field conditions: A preliminary study. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 15(Sup. 1): 2012, p. 234–236;
5. Bertucci W., Rogier S., Reiser R. Evaluation of aerodynamic and rolling resistances in mountain-bike field conditions. *Journal of Sports Sciences*, 31(14): 2013, p. 1606–1613;
6. Bill Nesper, Caron Whitaker, The league of American Bicyclists, URL: <https://bikeleague.org/content/about-league>, 2000-2021;
7. Brown, John F., and Obenski, Kenneth S., *Forensic Engineering Reconstruction of Accidents*, Charles C. Thomas, 1990. – p. 270;
8. Calculator Academy Team Bike Speed Calculator, 2023, URL: Bike Speed Calculator - Calculator Academy;
9. Downs T. *Bicycling: Illustrated bicycle maintenance for road and mountain bikes*. London, UK: Rodale Inc 2005, p. 38;
10. Elena Kurakina, Sergei Evtiukov, JaroslawRajczyk. Forecasting of road accident in the DVRE system. *Transportation Research Procedia*, Volume 36, 2018, Pages 380-385;
11. Statista Inc. New York, URL: EU: cyclist traffic fatalities | Statista;
12. Evtiukov S. A., Brylev I. S., Blinder M. M. Estimation of the reaction time of the driver of a two-wheeled vehicle in case of danger *The VII International Scientific*

and Practical Conference “Information Technologies and Management of Transport Systems” (ITMTS 2021) URL: https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2021/10/mateconf_itmts2021_00047/mateconf_itmts2021_00047.html;

13. Evtyukov S. A., Brylev I. S., Blinder M. M. Factors affecting the formation of the established deceleration of two-wheeled vehicles// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering at 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1159 012058, URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1159/1/012058/pdf>;

14. Evtyukov S. A., Brylev I. S., Blinder M. M., Rogov V. R., Ptitsyn D. A. Modeling of a road traffic accident using multivariate analysis of injuries in a two-wheeled vehicle collision with a car // 2021 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. 16–18 March 2021, Moscow. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9415998>;

15. Grant J. “Bicycle wheel components.” [Электронный ресурс] URL: <http://www.livestrong.com/article/82697-bicycle-wheel-components/>, 2010;

16. Guide for the development of bicycle facilities // American association of state highway and transportation officials - № 3(50). - 1999. - p.39-49;

17. Halving injury and fatality rates for cyclists by 2020 ECF Road Safety Charter, European Cyclists’ Federation asbl Rue Franklin 28 B-1000 Brussels, p. 6. URL: [ECF_Road_safety_charter.pdf](#);

18. Jackson R. L., Willis J. R., Arnold M. Synthesis of the effects of pavement properties on tire rolling resistance, AL: National Centre for Asphalt Technology, 2005, p. 13;

19. Jl. Veteran, Lingkar Timur, Desa Wadungasih, Kecamatan Buduran STANDARD CLASSIFICATION FOR BICYCLES USAGE, URL: <https://www.polygonbikes.com/classification-for-bicycles-usage/>, Sidoarjo, 1989-2021 Polygon Bikes;

20. Kurakina E., Evtyukov S. Results of studying road construction parameters condition. Architecture and Engineering. 2018. T. 3, № 1. c. 29–37;

21. LemonBin Vehicle Guides, URL: <https://lemonbin.com/types-of-bicycles/>
22. Paweł Rajczyk, Elena Kurakina, Marcin Knapiński The influence of surface topography on the safety of road and utility surfaces. *Transportation Research Procedia*, Volume 36, 2018, Pages 640-648;
23. Rutman J. “How to do a Roll-down Test.” Hyperlink. 2007, p. 22;
24. S. A. Evtyukov, I.S.Brylev, M.M. Blinder Modeling of a road traffic accident using multivariate analysis of injuries in a two-wheeled vehicle collision with a car, URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9415998>, 2021;
25. S. S. Evtyukov, I.S.Brylev, A. Marusin M.M. Blinder, A. Eremeev Experimental Studies of Bicycle Deceleration on Dry, Moist and Wet Asphalt Concrete Pavement, 2023, URL: [Experimental Studies of Bicycle Deceleration on Dry, Moist and Wet Asphalt Concrete Pavement | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore](https://ieeexplore.ieee.org/document/10188888)
26. Support European bike classification, URL: <https://www.cube.eu/en/service/bike-classification/>, 2020-2021;
27. Schwalbe S., “Rolling resistance.” Hyperlink: [http://www.schwalbetyres.com/tech_info/rolling_resistance], 2011;
28. Sutherland H., *Sutherland's handbook for bicycle mechanics* (6th ed.). Berkeley, CA: Sutherland Publication 1995, p. 58;
29. Takken T., Ribbink A., Heneweer H., Moolenaar H., Wittink H. Workload demand in police officers during mountain bike patrols. *Ergonomics*, 52(2): 2009, p. 245–250;
30. Titlestad J., Fairlie-Clarke T., Whittaker A., Davie M., Watt I. Effect of suspension systems on the physiological and psychological responses to sub-maximal biking on simulated smooth and bumpy tracks // *Journal of Sports Sciences*, 24(2): 2006, p. 125–135;
31. World Health Organization, *Global Status Report on Road Safety 2018* (Женева, 2018), С. 7. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>;

32. Алиша Майерс, Джессика Холл, Леа де Вос и Лена Кляйне-Калмер Как велосипедный транспорт способствует устойчивому развитию, World Bicycle Relief, 2021, URL: Как велосипедный транспорт способствует устойчивому развитию | Организация Объединенных Наций (un.org) ;
33. Арабули Ю. Г. Использование в экспертной практике экспериментально-расчетных значений параметров торможения транспортных средств. М.: ВНИИСЭ, 1990. С. 142–145;
34. Балакин В. Д. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учебное пособие. – Омск: Издательство СибАДИ, 2005. – 136 с. ;
35. Блиндер М. М. Классификация немеханических транспортных средств // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 4 (87). С. 105–112;
36. Блиндер М. М. Повышение безопасности дорожного движения велосипедного транспорта в Санкт-Петербурге 2023. № 1 (90). С. 114–120;
37. Боровский Б.Е. Безопасность движения автомобильного транспорта – Л.: Лениздат, 1984. – 304 с. ;
38. Брылев И. С. Реконструкция ДТП по параметрам процесса торможения двухколесных механических транспортных средств, 2015, с. 68–91;
39. Брылев И. С., Ворожейкин И. В., Куракина Е. В. Анализ коэффициента трения при боковом скольжении двухколесного механического транспортного средства на сухом и мокром асфальтобетонном покрытии/ И.С. Брылев // Вестник гражданских инженеров СПбГАСУ – 2019 №2 (73);
40. Брылев И.С., Евтюков С. С., Ворожейкин И. В. Оценка времени реакции водителя двухколесного механического транспортного средства при применении им торможения/ Вестник гражданских инженеров. - СПб.: СПбГАСУ – 2019. - №6(83). – с. 277-283;
41. Врубель Ю.А., Капский Д.В., Кот Е.Н. Определение потерь в дорожном движении. Минск: БНТТУ, 2006. 252 с. ;
42. Городкин, В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст]: учеб.пособие / В. Городкин.– Челябинск :ЮУрГУ, 2011.– 33 с;

43. Горянская А.С., Лазарев В.А. Анализ практики повышения качества расследования ДТП Автомобильный транспорт Дальнего Востока. 2016. № 1. С. 78-81;
44. Домке Э. Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Э. Р. Домке. – 2-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2012. – 288 с;
45. Евтюков С. С., Брылев И. С., Блиндер М. М. Оценка влияния транспортной инфраструктуры города Санкт-Петербург на безопасность дорожного движения велосипедистов, 2023, Сборник «Информационные технологии и инновации на транспорте»;
46. Евтюков С. С., Брылев И. С., Блиндер М. М. Пути повышения безопасности дорожного движения немеханических транспортных средств в г. Санкт-Петербург, 2023, сборник «Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте» ;
47. Евтюков С. А., Брылев И. С., Блиндер М. М. Факторы, влияющие на формирование установившегося замедления двухколесных транспортных средств. / Вестник гражданских инженеров. - СПб.: СПбГАСУ 2020. №6(83) С. 186-195;
48. Евтюков С. А., Брылев И. С., Блиндер М. М. Факторы, оказывающие влияние на формирование параметров установившегося замедления и времени нарастания замедления двухколесных транспортных средств, Прогрессивные технологии в транспортных системах: евразийское сотрудничество XV международная научно-практическая конференция Оренбург – 2020 с. 263-273 <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46255264&pff=1>
49. Евтюков С. А., Брылев И. С., Блиндер М. М., Реконструкция аварии и оценка травм велосипедиста, полученных при столкновении автомобиля с велосипедом/ Вестник гражданских инженеров. - СПб.: СПбГАСУ 2021. №2(85) С. 186-195;

50. Евтюков С. А., Брылев И. С. Обзор существующих методик расчета скорости двухколесных транспортных средств // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6;
51. Евтюков С. А., Васильев Я. В. Экспертиза ДТП: методы и технологии. СПб.: СПбГАСУ, 2012. 310 с;
52. Евтюков С.А., Брылев И.С. Алгоритм корректировки нормативных значений времени нарастания замедления, установившегося замедления двухколесных механических транспортных средств // Мир транспорта и технологических машин. 2015. № 3 (50). С. 3-11;
53. Евтюков С.А., Васильев Я.В. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий. СПб.: ООО «Издательство ДНК», 2-ое издание, 2005. – 288 с.;
54. Евтюков С.А., Васильев Я.В. Реконструкция и экспертиза ДТП в примерах. Издательский дом «Петрополис». СПб, 2012г.;
55. Евтюков С.А., Васильев Я.В. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий. Справочник. – СПб.: Издательство ДНК, 2006. – 536 с.;
56. Евтюков С.А., Гинзбург Г., Волков С.А., Проблемы механизма реконструкции ДТП по параметрам процесса торможения двухколесных механических транспортных средств, Transportation research procedia, 2017, [Электронный ресурс] URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146517300546>;
57. Евтюков С.А., Голов Е.В. Реконструкция дорожно-транспортных происшествий / СПб. : Издательский дом «Петрополис», 2017 – 204 стр;
58. Евтюков С.А., Евтюков С.С. Параметры, влияющие на сцепные качества покрытий автодорог / Вестник Тувинского государственного университета. №3 Технические и физико-математические науки. 2013. № 3 (18). С. 75-82;

59. Евтюков С.А., Евтюков С.С. Проблемы расчета скорости движения двухколесных механических транспортных средств при ДТП Transportation research procedia 36. - 2018, p. 84-89;
60. Евтюков С.С., Гинзбург Г. Results of studying road construction mechanism using parameters of braking process of two-wheeled motor vehicles Architecture and Engineering, 2016, [Электронный ресурс] URL:<http://aej.spbgasu.ru/index.php/AE/article/view/31>;
61. Замиховский, М. И. Установление причинно-следственной связи в автотехнической экспертизе [Текст]: методические рекомендации / М. И. Замиховский.– Саратов: 2009.– № 4.– с. 81-95;
62. Иларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учебник для вузов / В.А. Иларионов. – М. : Транспорт, 1989. – 210 с;
63. Использование в экспертной практике экспериментально-расчетных значений параметров торможения мототранспортных средств. (Методические рекомендации). М., ВНИИСЭ, 1990. – 9 с.;
64. Комплексная схема организации дорожного движения Санкт-Петербурга на период до 2033 года, 2019 URL: Комплексная схема организации дорожного движения Санкт-Петербурга на период до 2033 года - Официальный сайт Администрации Санкт-Петербурга (gov.spb.ru);
65. Корчагин В.А., Ляпин С.А., Клявин В.Э., Ситников В.В. Повышение безопасности движения автомобилей на основе анализа аварийности и моделирования ДТП // Фундаментальные исследования. 2015. № 6. с.251-256;
66. Креницын А.А. Применение нормативных значений параметров торможения мототранспортных средств в экспертной практике: метод. рекомендации. М.: ВНИИСЭ, 1987. – С. 149-152;
67. Китайгородский Е.А. Экспертная практика / Е. А. Китайгородский [и др.]: Методические рекомендации. – М.: ЭКЦ МВД России, 2013
68. Кристи Н.М. Методические рекомендации по производству автотехнической экспертизы. М.: ЦНИИСЭ, 1971. – 112 с. ;
69. Лукошявичене О.В. Моделирование дорожно-транспортных

происшествий. М.: Транспорт, 1988. – 96 с.

70. Любовецкий В. П. Гоночные велосипеды. Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1989. 319 с;

71. Медиапортал NEW RETAIL, [Сайт], [2019] URL: https://new-retail.ru/novosti/retail/velosipednyu_bum_v_rossii_za_god_spros_vyros_na_tret2897/;

72. Молодцов, В. А. Расследование и экспертиза ДТП [Текст]: методич. указания / В. А. Молодцов, А. А. Гуськов.– Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014.– 52с. ;

73. Мучкина И. «Новый венский журнал» На велосипедах за здоровьем 2021, URL: На велосипедах за здоровьем — nwm.at;

74. Никонов В. Н., Куприянов А. А. Экспертиза механизма дорожно-транспортных происшествий // Уголовный процесс. 2005. № 6. – С. 53-57.

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

76. Официальный сайт Министерства внутренних дел Российской Федерации 2023, ГИБДД России [Электронный ресурс] URL: <http://stat.gibdd.ru>;

77. Правила дорожного движения с изменениями от 31 декабря 2020 года – СПб.: 2021 – 96 с. URL: ПДД 2023. Правила дорожного движения 2023 РФ Изменения 1 января 2023 России (pdd24.com);

78. Пучкин В. А. Основы экспертного анализа дорожно-транспортных происшествий: Базы данных. Экспертная техника. Методы решений. Ростов-на-Дону: ИПО ЮФУ, 2010. с. 192–193;

79. Пучкин В.А. Актуальные проблемы судебной автотехнической экспертизы/ Юж. Региональной центр суд. экспертизы. Ростов-на-Дону, 2001. – 80 с. ;

80. Пучкин В.А., Лозовой В.И. Справочно-нормативные материалы для эксперта-автотехника. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2002. – 172 с.

81. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. М.: Наука, 1971. – 192 с.

82. Рябоконт Ю.А., Храпова С.М. О результатах исследования влияния дорожных факторов на изменение условий движения. Журнал вестник иркутского государственного технического университета издательство: иркутский государственный технический университет (Иркутск) issn: 1814-3520, 2009. – С. 70-73.

83. С.С. Евтюков, И.С. Гладушевский Совершенствование методики исследования замедления ТС при эксплуатации летних шин с разной высотой протектора // Мир транспорта и технологических машин. 2020. № 1 (65). С. 72;

84. Сараев А. В. Информационная система анализа и исследования дорожно-транспортных происшествий / А. В. Сараев // Управление проектами, системный анализ и логика. Киев: НТУ, 2013. Вып. 12. С. 163-169;

85. Сильянов В.В. Приоритеты научных и практических работ в области безопасности дорожного движения. Наука и техника в дорожной отрасли. № 2 2011. – с. 1-2.

86. Смирнова С.А. Судебная экспертиза на рубеже XXI века. Состояние, развитие проблемы. 2-е изд-е, пер. и доп. СПб.: Питер, 2004. – 875 с.

87. Степина П.А. Разработка методики совершенствования автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий: Дисс. канд. техн. наук.- СПб, 2010. – 168 с.

88. Стецюк Л.С., Паршин М.А., Елифанцев А.Т. Сцепление колеса с дорогой и безопасность движения. - М.: Автотрансиздат, 1963. – 354 с. ;

89. Столяров В.В. Теория риска в судебно-технической экспертизе дорожно-транспортных происшествий (+АБС): Монография. - Саратов: Издательский дом «МарК», 2010. – 412 с.

90. Суворов Ю.Б. Свод методических и нормативно-технических документов в области экспертного исследования обстоятельств дорожно-транспортных происшествий – М.: ВНИИСЭ, 1993. – 322 с.

91. Суворов Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза: Учеб.пособие. – М.: Изд. «Экзамен», «Право и закон», 2003. – 208 с.

92. 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. – 492 с.

93. Суходольский Г. В. Инженерно-психологическая экспертиза дорожно-транспортных происшествий Х.: Изд-во Гуманитарный центр, 2006, с. 156;

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

95. Товстик Е.А., Емельянов И.П. Проблема сбора данных о ДТП и анализ безопасности дорожного движения // автомобили, транспортные системы и процессы: настоящее, прошлое и будущее. Сборник статей 3-й Международной научно-технической конференции. Курск, 2021. С. 371-375;

96. Трофименко Ю.В., Шелмакова С.В., Зега С.О., Шашина Е.В. Велосипедный транспорт в городах, МАДИ, 2020, с. 13-35;

97. Федеральный закон от 10.12.1995 N 196-ФЗ "О безопасности дорожного движения";

98. Федеральный закон РФ от 31.05.2001 №73-ФЗ (ред. от 25.11.2013) «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации», Российская газета, Федеральный выпуск №2718.

99. Федотов В.Н. Создание модели процесса наезда транспортного средства на неподвижное препятствие для экспертной оценки ДТП. Известия Волгоградского государственного технического университета, Т.8 №5, 2008. – С. 36-38.

100. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента [текст] -/ Х. Шенк - М.: Мир, 1972. – 381 с.

101. Экспертное руководство по выбору техники Топ 20 лучших велосипедов 2021-2023, 2023, URL: ТОП 20 лучших велосипедов 2021-2023: как и какой выбрать? | Экспертные руководства по выбору техники (my-expert.ru)

102. Якимов А.Ю. Независимая техническая экспертиза транспортных

средств. Материалы 8-ой международной конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». СПб., 2008;

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

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Технические характеристики немеханических транспортных средств
задействованных в экспериментальных исследованиях

№ п.п.	Марка и модель велосипеда			Шина		Давление в шине	
	Марка	Модель	Вес, кг	Диаметр	Ширина	Min, psi	Max, psi
1	2	3	4	5	6	7	8
Складной велосипед							
1	Shulz	Easy	13,20	20,0	1,95	40,00	65,00
2	Stels	Pilot	14,12	20,0	2,00	40,00	65,00
3	Forward	Tracer	14,00	26,00	1,95	40,00	65,00
4	Giant	Expressway 2	11,40	20,0	1,50	40,00	65,00
5	Strida	SD	12,20	18,0	1,25	40,00	65,00
6	Novatrack	TG-30	15,20	20,0	2,35	40,00	65,00
Горный							
7	Author	Gang	15,60	26,0	2,10	40,00	65,00
8	Forward	Sporting	17,00	29,0	2,35	40,00	65,00
9	GARY FISHER	TASSAJARA	14	26,0	2,20	40,00	65,00
10	Mongoose	Meteore elite	15	26,0	2,00	40,00	65,00
11	STELS	Navigator	17	29,0	2,00	40,00	65,00
12	Aspect	Stimul	15	27,5	2,10	40,00	65,00
Городской (круизер)							
13	Electra	Townie	15	26,0	2,00	40	65,00
14	Haro	Lxi Flow	15	27,5	1,75	50	60,00
15	Nopsa	Kombi Multi	15	26,0	2,10	40	65,00
16	ROMET	SONATA 2.0	17	28,0	1,75	40	65,00
17	Dawnstar	Retro s1 b28	16	28,0	1,75	40	65,00
18	Stels	Navigator 150	17	26,0	2,13	40	65,00
Шоссейный							
19	Bear	Milan	10	28,0	2,10	110	120,00
20	Fuji	Feather	10	28,0	0,90	110	110,00
21	FORWARD	IMPULSE 1.0	11	28,0	1,00	110	110,00
22	AUTHOR	AURA	10	28,0	1,10	110	110,00
23	STINGER	STREAM	13	28,0	1,30	110	110,00
24	SCHWINN	RACER	10	28,0	1,00	110	110,00

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Акты внедрения диссертационного исследования



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет»
(СПбГАСУ)
 ул. 2-я Красноармейская, д. 4, Санкт-Петербург, 190005

21.01.2025 № 08.32/25/21

[Акт внедрения материалов диссертации]
 в учебный процесс СПбГАСУ



«УТВЕРЖДАЮ»
 Проректор по образовательной
 деятельности
 ФГБОУ ВО СПбГАСУ

Михайлов С.В.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

материалов, содержащихся в диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук «Совершенствование метода оценки параметров замедления немеханических транспортных средств при проведении дорожно-транспортных экспертиз» Блиндер Марии Михайловны, в учебный процесс Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета

Комиссия в составе:

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

Членов комиссии:

доктора технических наук, доцента Куракиной Е.В. – заведующего кафедрой наземных транспортно-технологических машин;

кандидата технических наук, доцента Черняева И.О. – заведующего кафедрой технической эксплуатации транспортных средств;

кандидата технических наук, Голова Е.В. – доцента кафедры транспортных систем и дорожно-мостового строительства.

Настоящим подтверждает внедрение материалов, содержащихся в диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук «Совершенствование метода оценки параметров замедления немеханических транспортных средств при проведении дорожно-транспортных экспертиз» аспиранта кафедры транспортных систем Блиндер Марии Михайловны (научный руководитель: заведующий кафедрой кафедры

транспортных систем и дорожно-мостового строительства, доктор технических наук, профессор Евтюков С.С.) в учебный процесс выпускающей кафедры транспортных систем и дорожно-мостового строительства автомобильно-дорожного факультета для обучающихся по направлениям подготовки 08.03.01 «Строительство – Автомобильные дороги» и 23.03.01 «Технология транспортных процессов» и аспирантов по специальности 2.9.5 «Эксплуатация автомобильного транспорта».

Результаты диссертации Блиндер Марии Михайловны нашли теоретическое и практическое применение в учебном процессе по следующим дисциплинам:

08.03.01 «Строительство – Автомобильные дороги»:

- Б1.В.04 Проектирование автомобильных дорог;
- Б1.В.09 Диагностика автомобильных дорог;

23.03.01 «Технология транспортных процессов»:

- Б1.В.03 Организация дорожного движения;
- Б1.В.06 Управление дорожным движением;
- Б1.В.08 Безопасность дорожного движения.

2.9.5 «Эксплуатация автомобильного транспорта»:

- 2.1.01.03 Эксплуатация автомобильного транспорта.

Внедрение результатов диссертации Блиндер Марии Михайловны обсуждено на заседании учебно-методической комиссии автомобильно-дорожного факультета Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета «28» ноября 2024 г., протокол № 2.

Основные положения диссертации «Совершенствование метода оценки параметров замедления немеханических транспортных средств при проведении дорожно-транспортных экспертиз» для экспертной деятельности в области безопасности дорожного движения изложены в следующих печатных трудах автора:

1. Евтюков С. А., Брылев И. С., Блиндер М. М. Факторы, влияющие на формирование установившегося замедления двухколесных транспортных средств. / Вестник гражданских инженеров. - СПб.: СПбГАСУ 2020. №6(83) С. 186-195.
2. Evtuykov S. A., Brylev I. S., Blinder M. M. Factors affecting the formation of the established deceleration of two-wheeled vehicles// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering at 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1159 012058, URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1159/1/012058/pdf>;
3. Evtuykov S. A., Brylev I. S., Blinder M. M., Rogov V. R., Ptitsyn D. A. Modeling of a road traffic accident using multivariate analysis of injuries in a two-wheeled vehicle collision with a car // 2021 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. 16–18 March 2021, Moscow.

4. Евтюков С. А., Брылев И. С., Блиндер М. М., Реконструкция аварии и оценка травм велосипедиста, полученных при столкновении автомобиля с велосипедом/ Вестник гражданских инженеров. - СПб.: СПбГАСУ 2021. №2(85) С. 186-195.

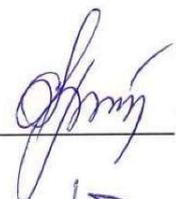
5. Блиндер М. М. Классификация немеханических транспортных средств // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 4 (87). С. 105–112.

6. Блиндер М. М. Повышение безопасности дорожного движения велосипедного транспорта в Санкт-Петербурге 2023. № 1 (90). С. 114–120.

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


Зазыкин А.В.

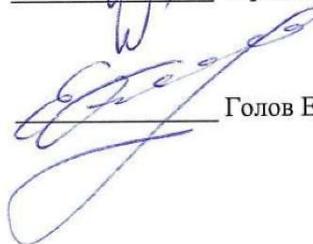
Члены комиссии:
Заведующий кафедрой НТТМ,
д.т.н., доцент


Куракина Е.В.

Заведующий кафедрой ТЭТС,
к.т.н., доцент


Черняев И.О.

Доцент кафедры ТСиДМС
к.т.н.


Голов Е.В.



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



ИНСТИТУТ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Санкт-Петербург, 190103, ул. Курляндская, д. 2/5, тел. 8-952-384-59-00,
8 (812) 251-92-08, 2519208@mail.ru

№ 24012025/001 от 24.01.2025 г.

Акт об использовании результатов диссертационной работы аспиранта
СПбГАСУ Блиндер Мария Михайловны на тему:
«Совершенствование метода оценки параметров замедления немеханических
транспортных средств при проведении дорожно-транспортных экспертиз»

Настоящим сообщаем, что результаты диссертационной работы
аспиранта Блиндер Марии Михайловны, приняты к внедрению в ИБДД
СПбГАСУ и будут использоваться экспертами в расчетно-исследовательских
работах, в также в практической деятельности при решении вопросов,
связанных с реконструкцией механизмов ДТП с участием автотранспортных
средств.

Результаты диссертационной работы Блиндер Марии Михайловны
позволяют уточнить существующий метод замедления немеханических
транспортных средств, а также повысить точность расчетов и качество
экспертных заключений.

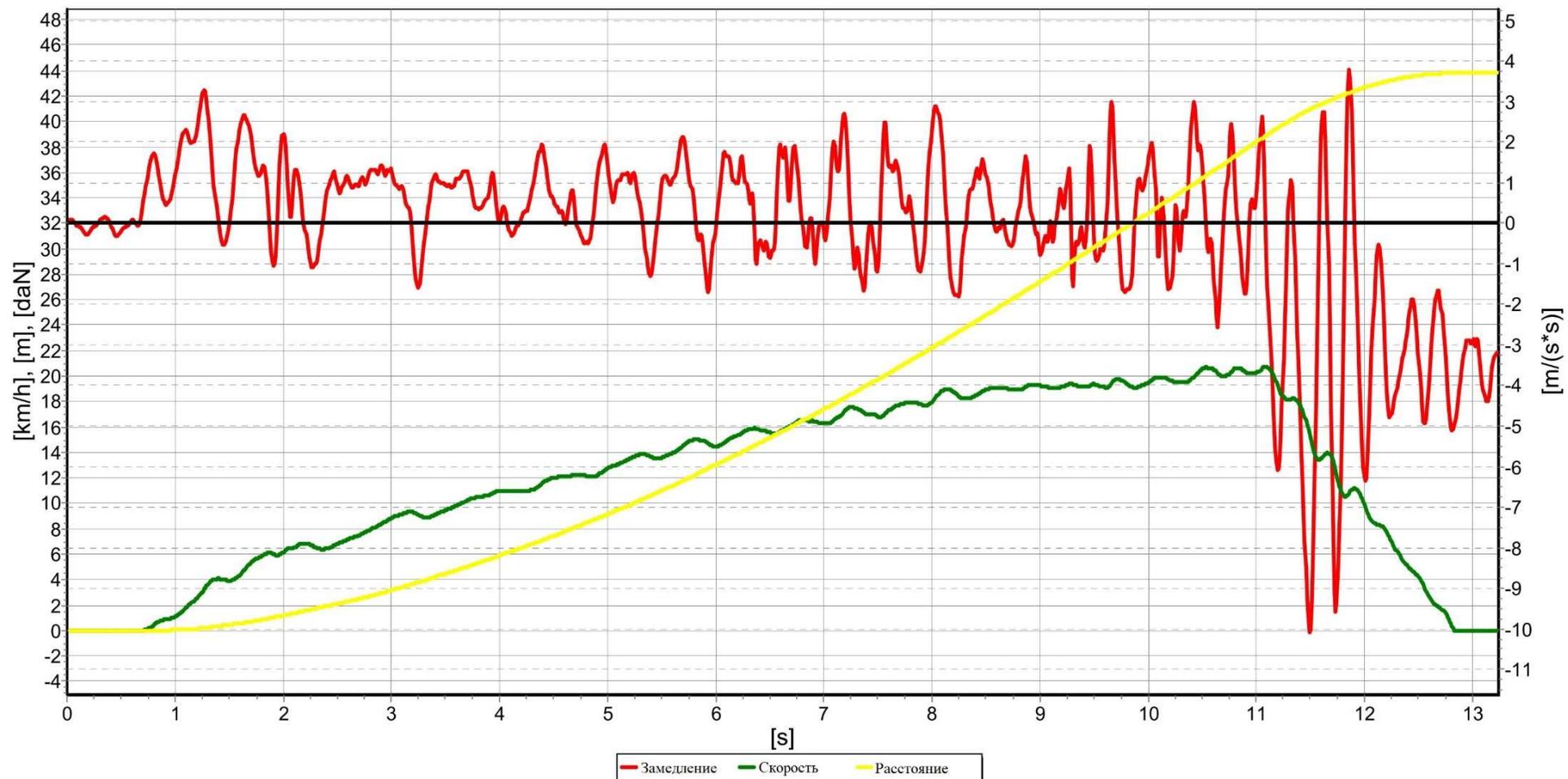
Начальник отдела АТЭ ИБДД ГАСУ,
к.т.н., доцент

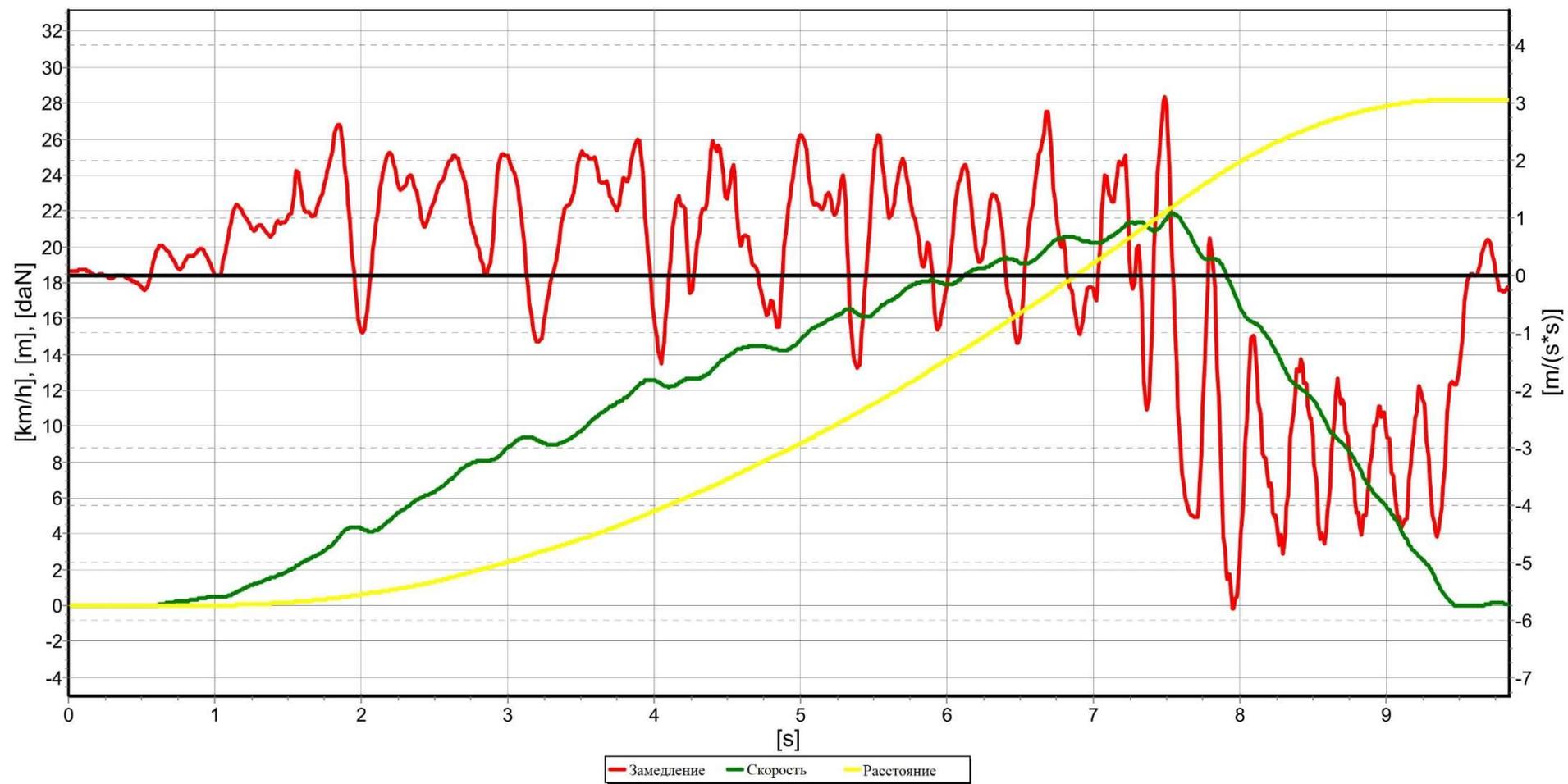


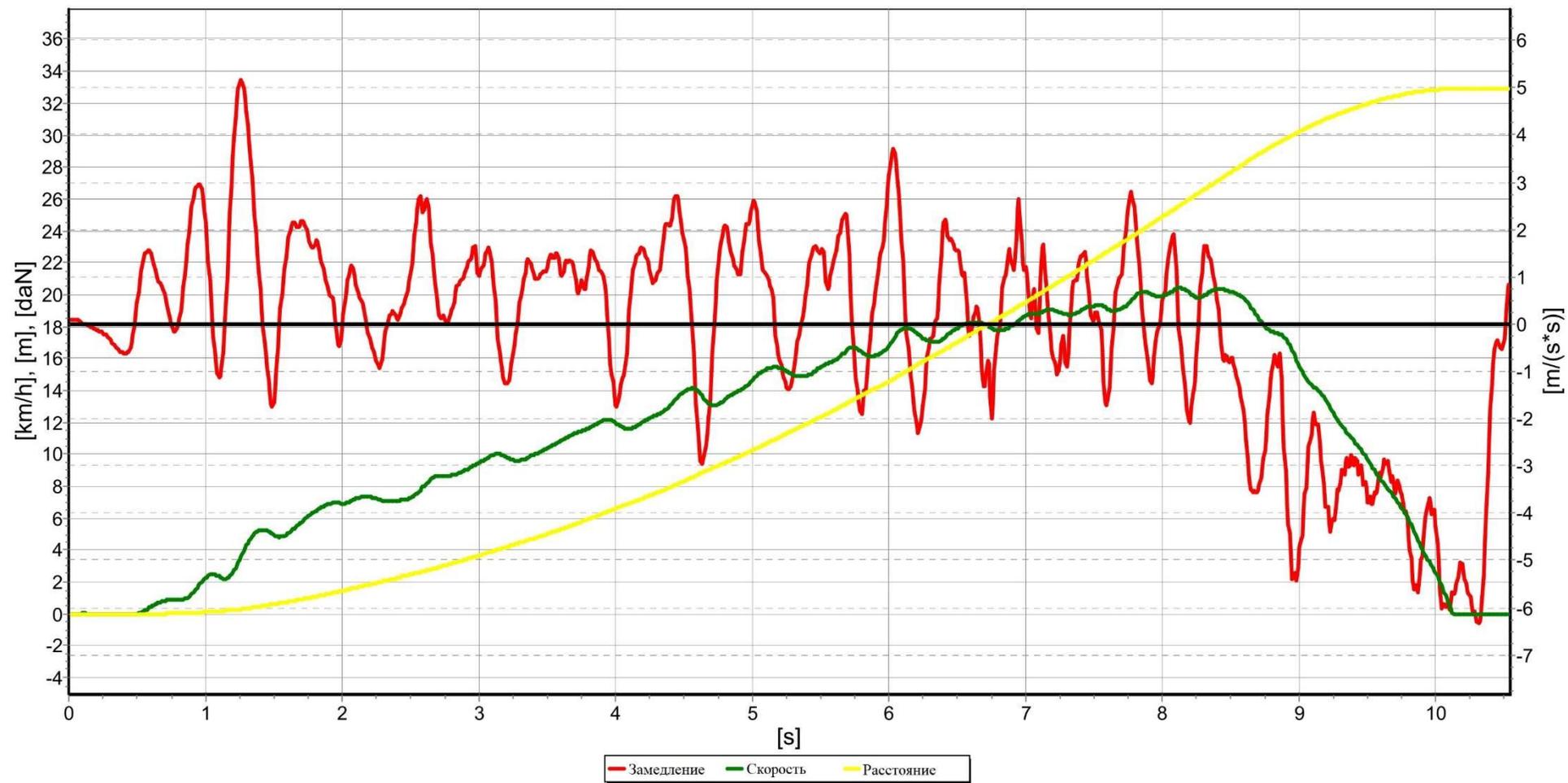
И.С. Брылев

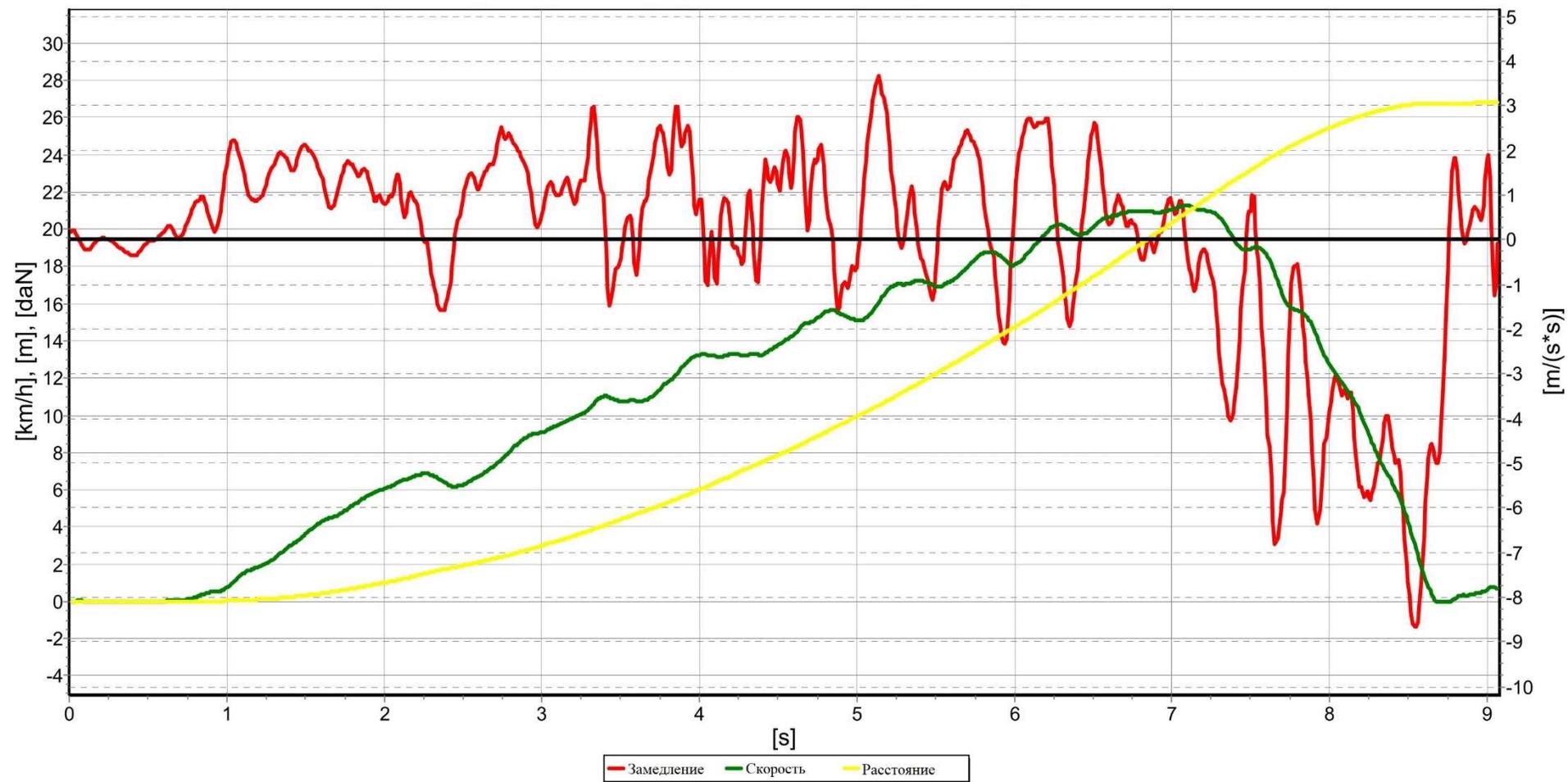
ПРИЛОЖЕНИЕ В

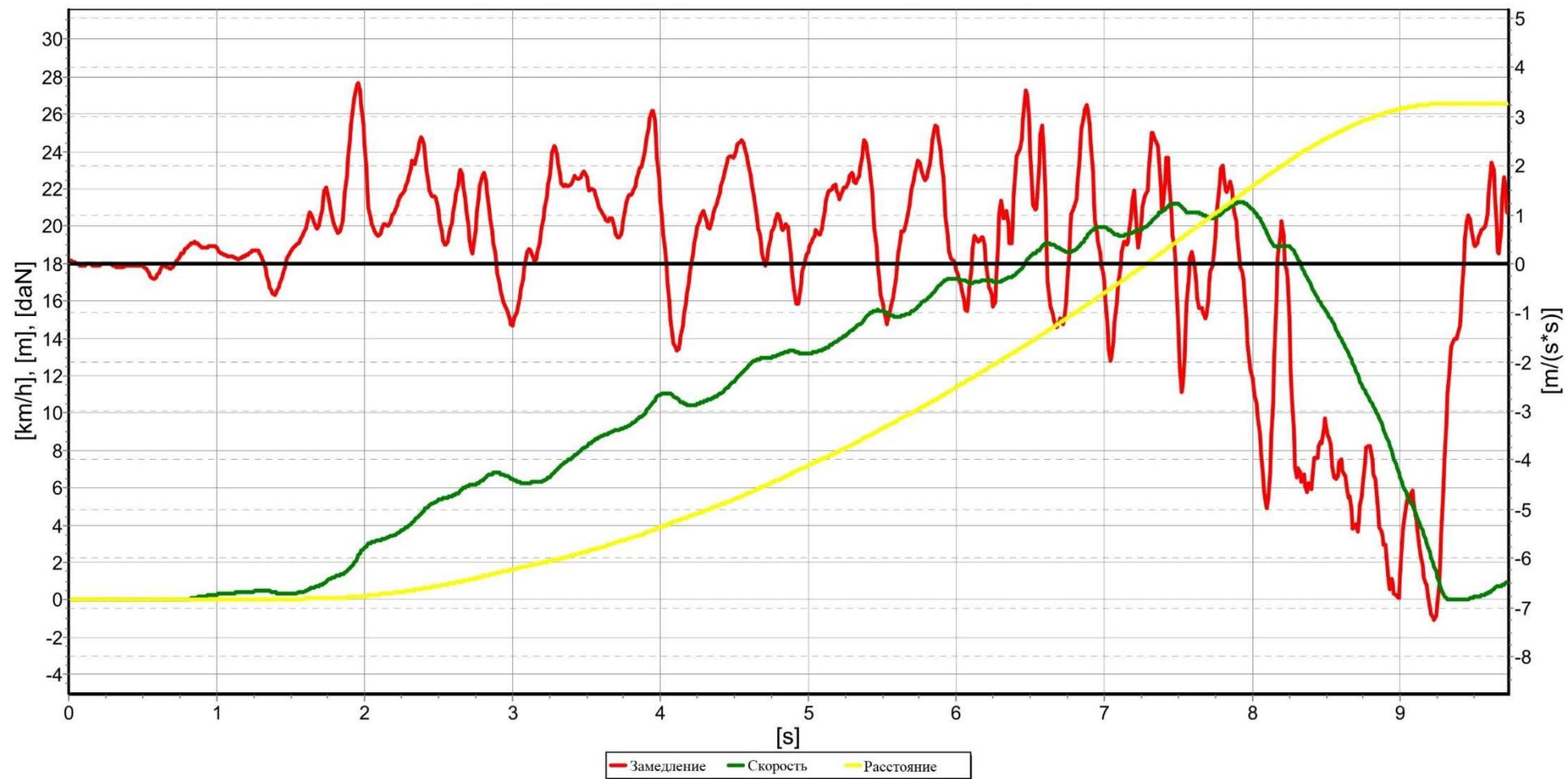
Полученные графические отображения замедления немеханических транспортных средств при помощи
деселерометра LWS – 2/МС

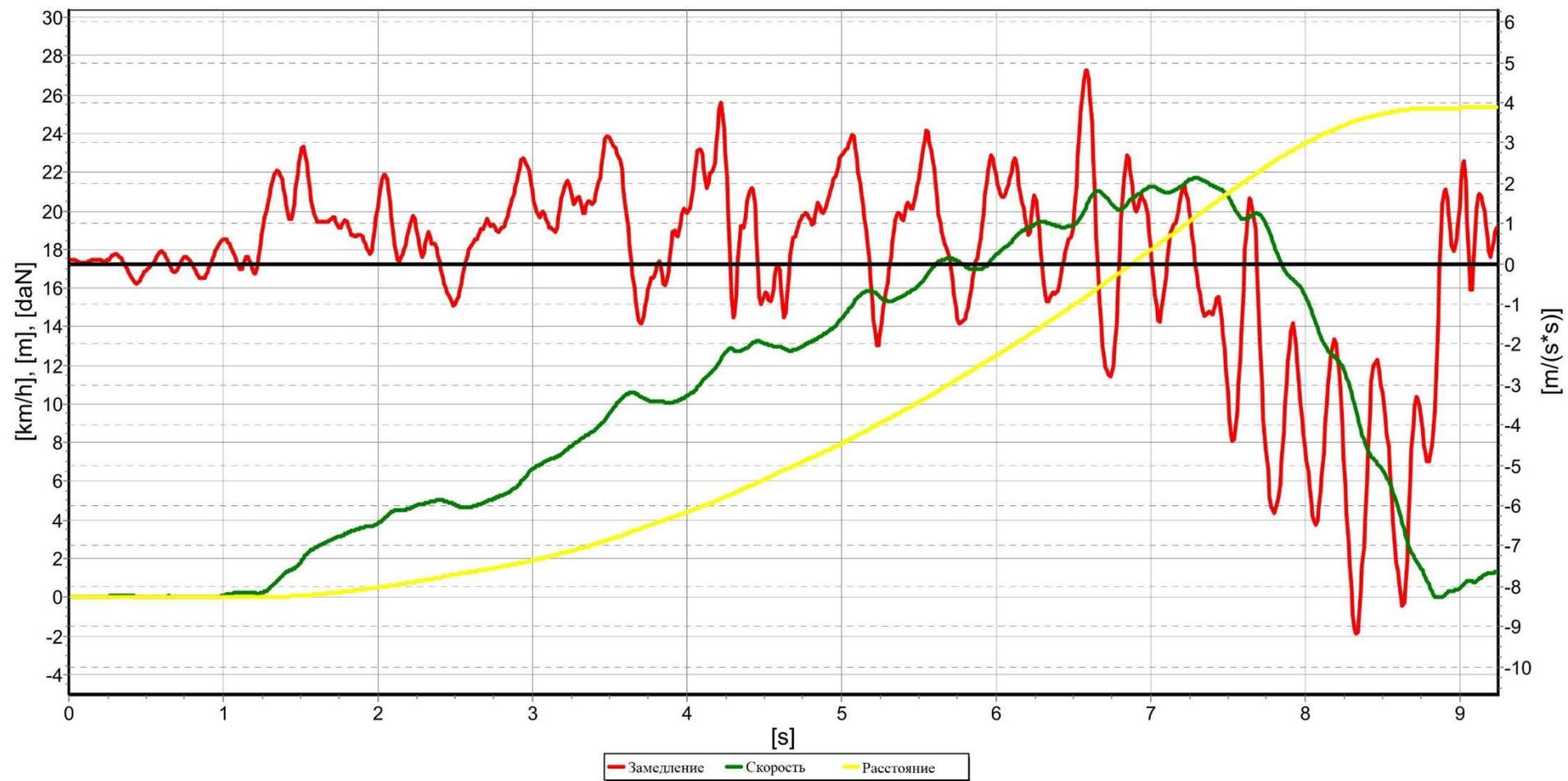


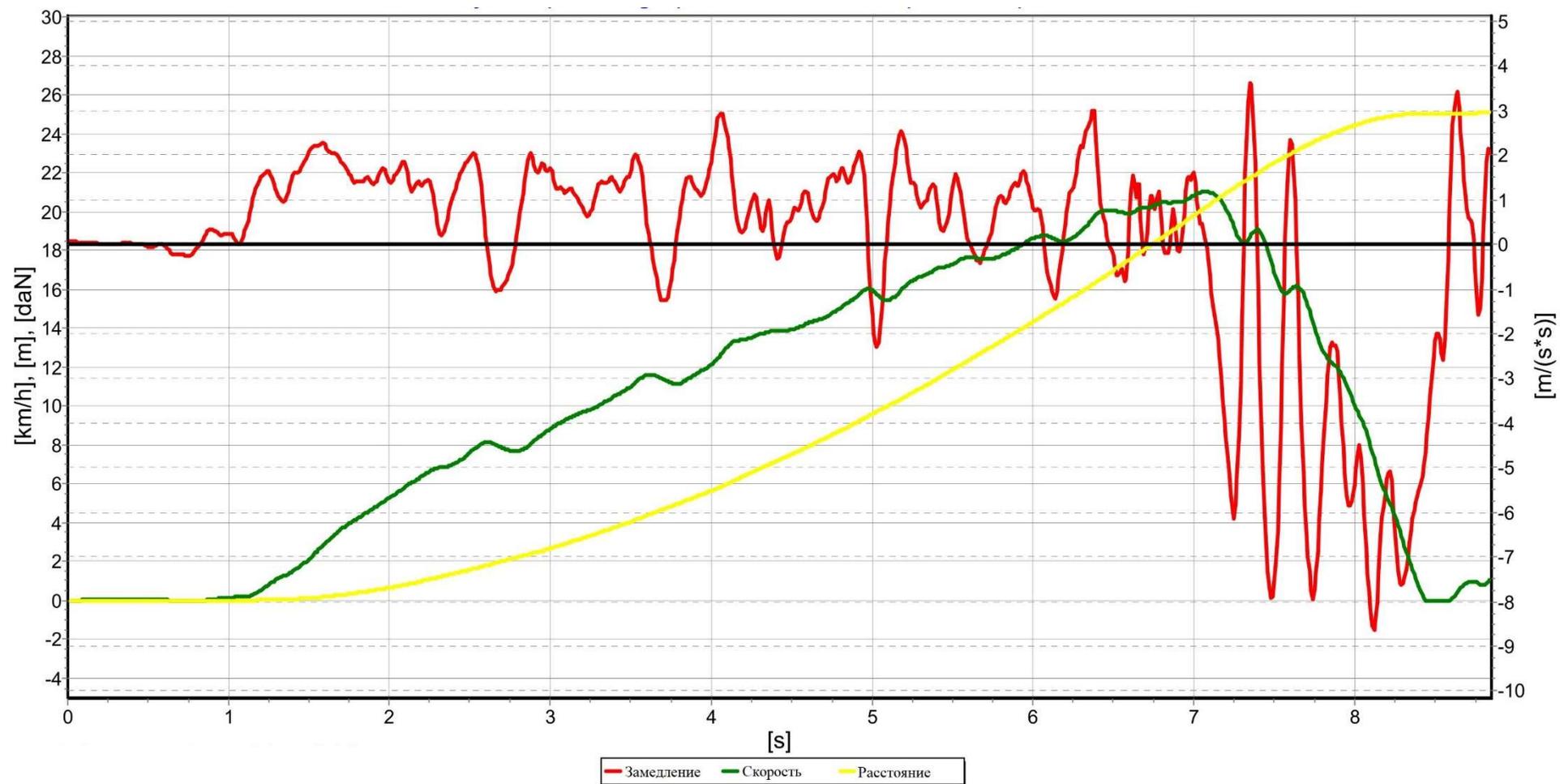




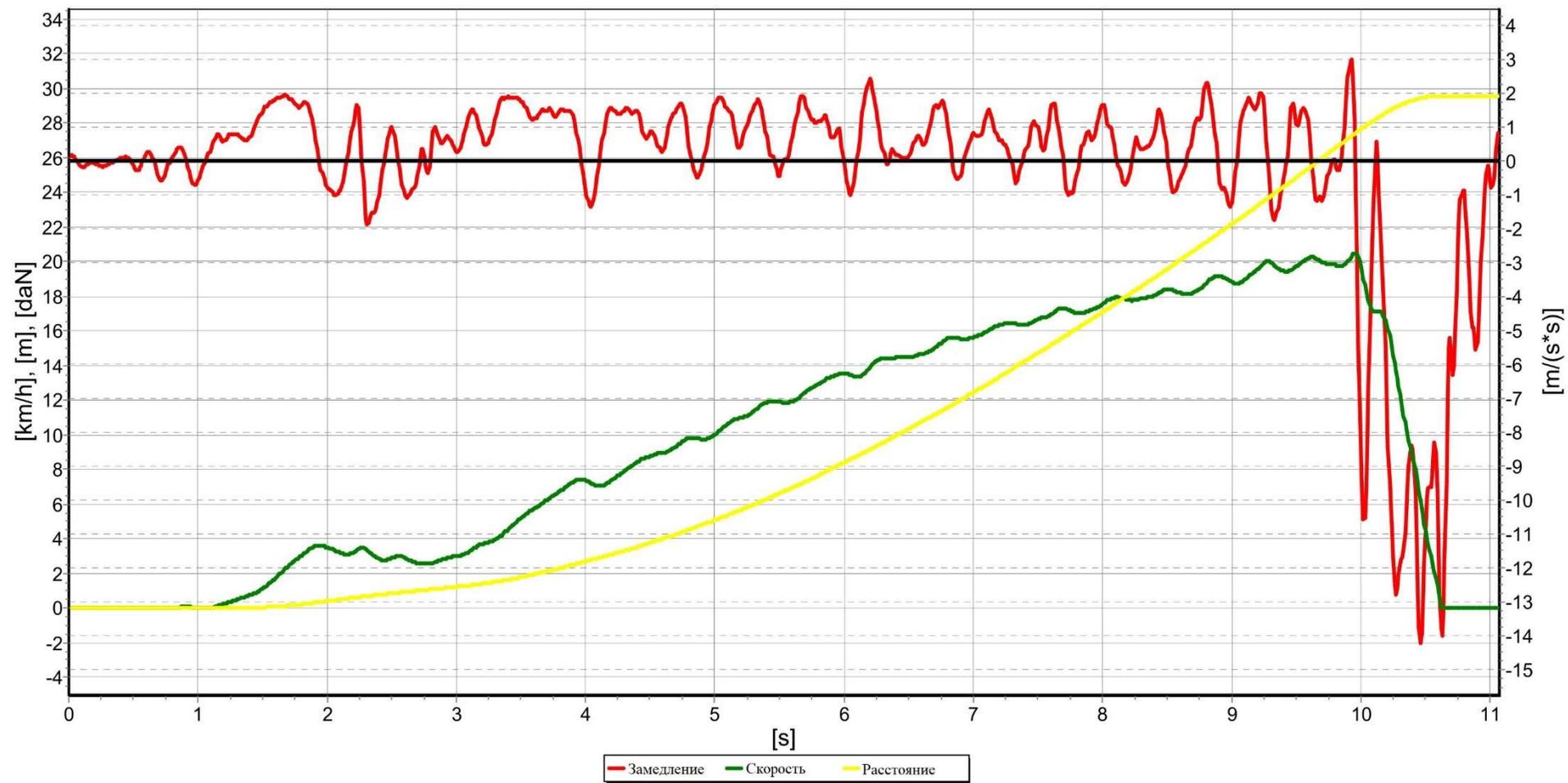


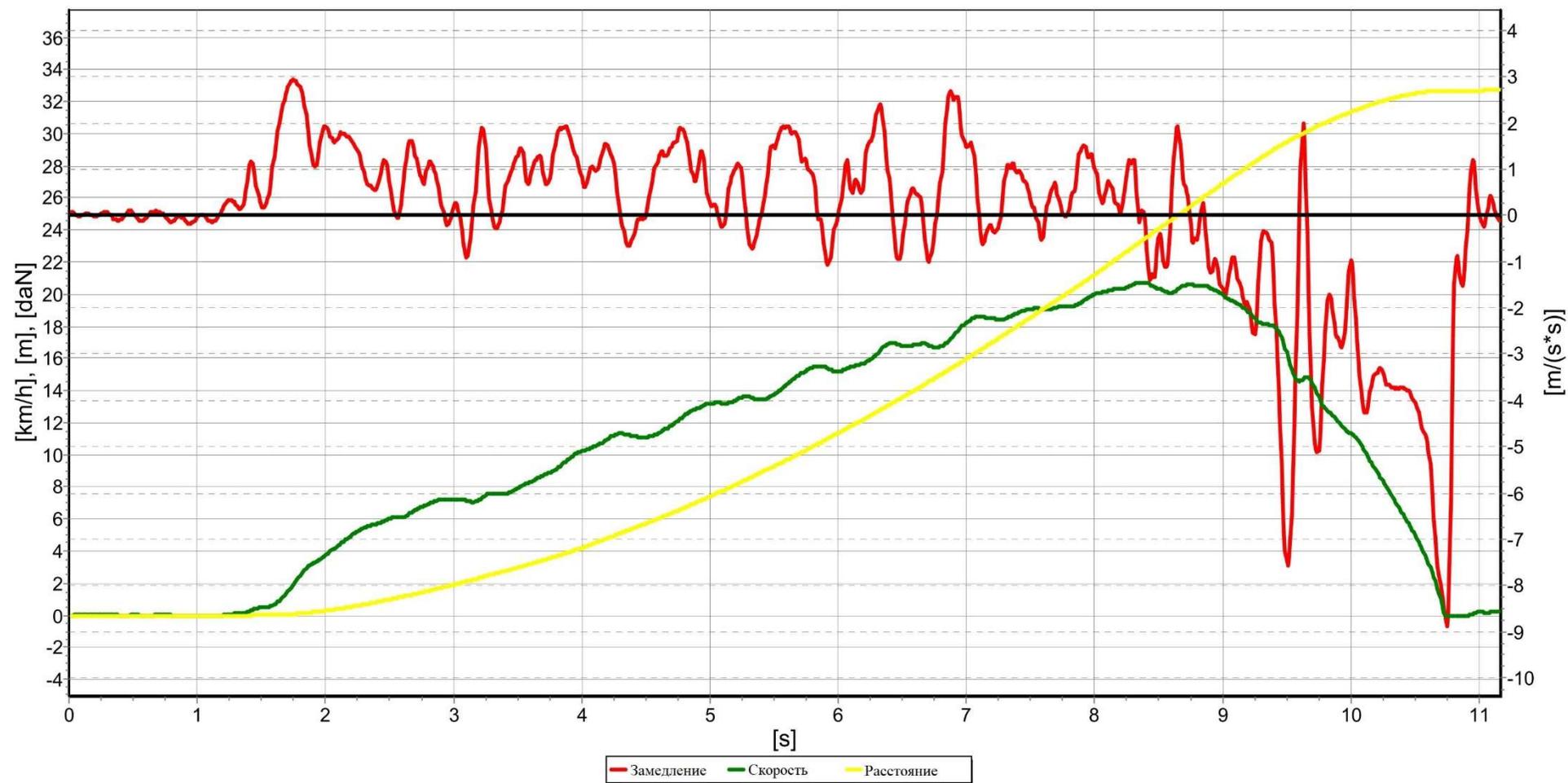


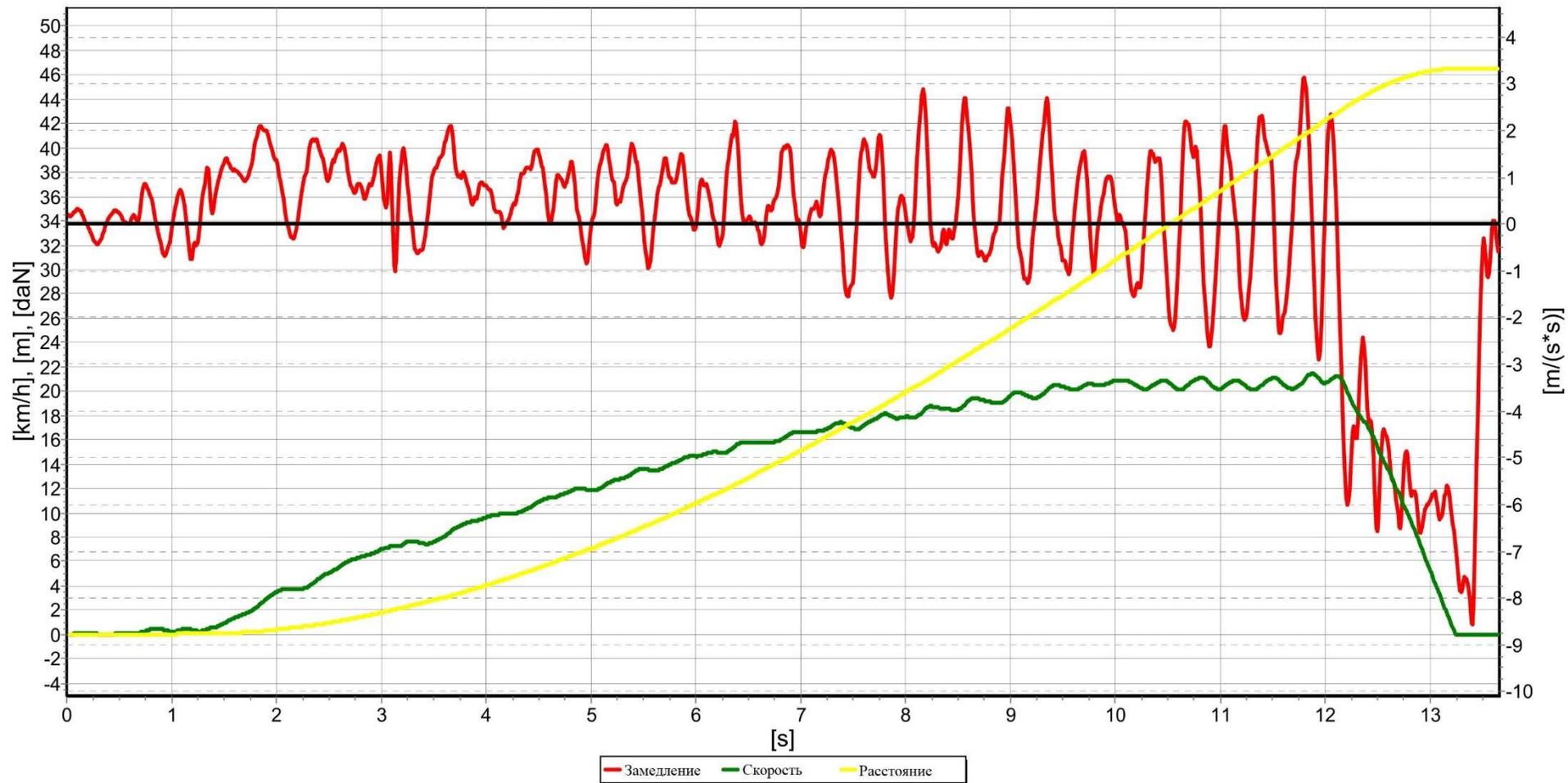


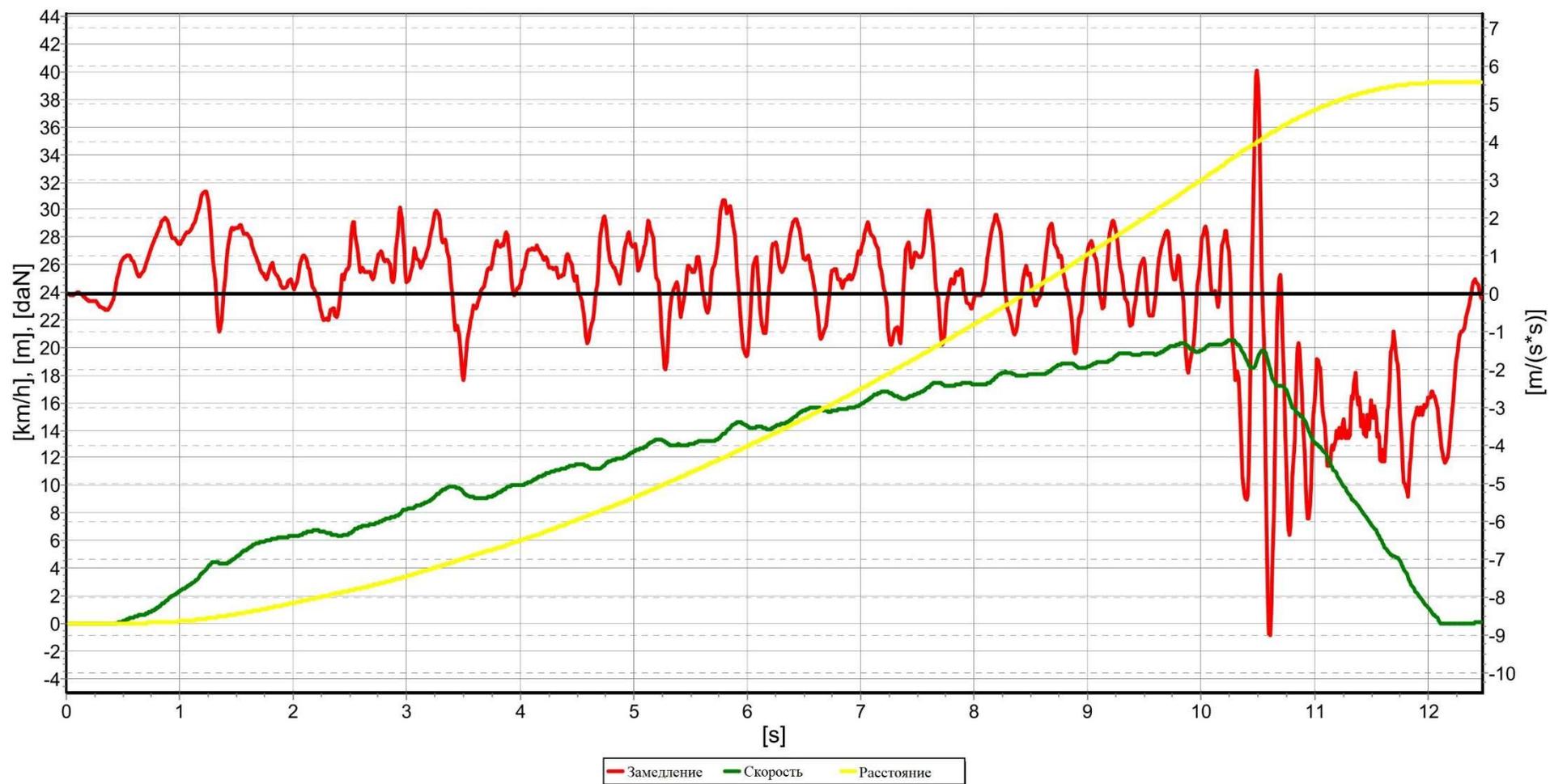




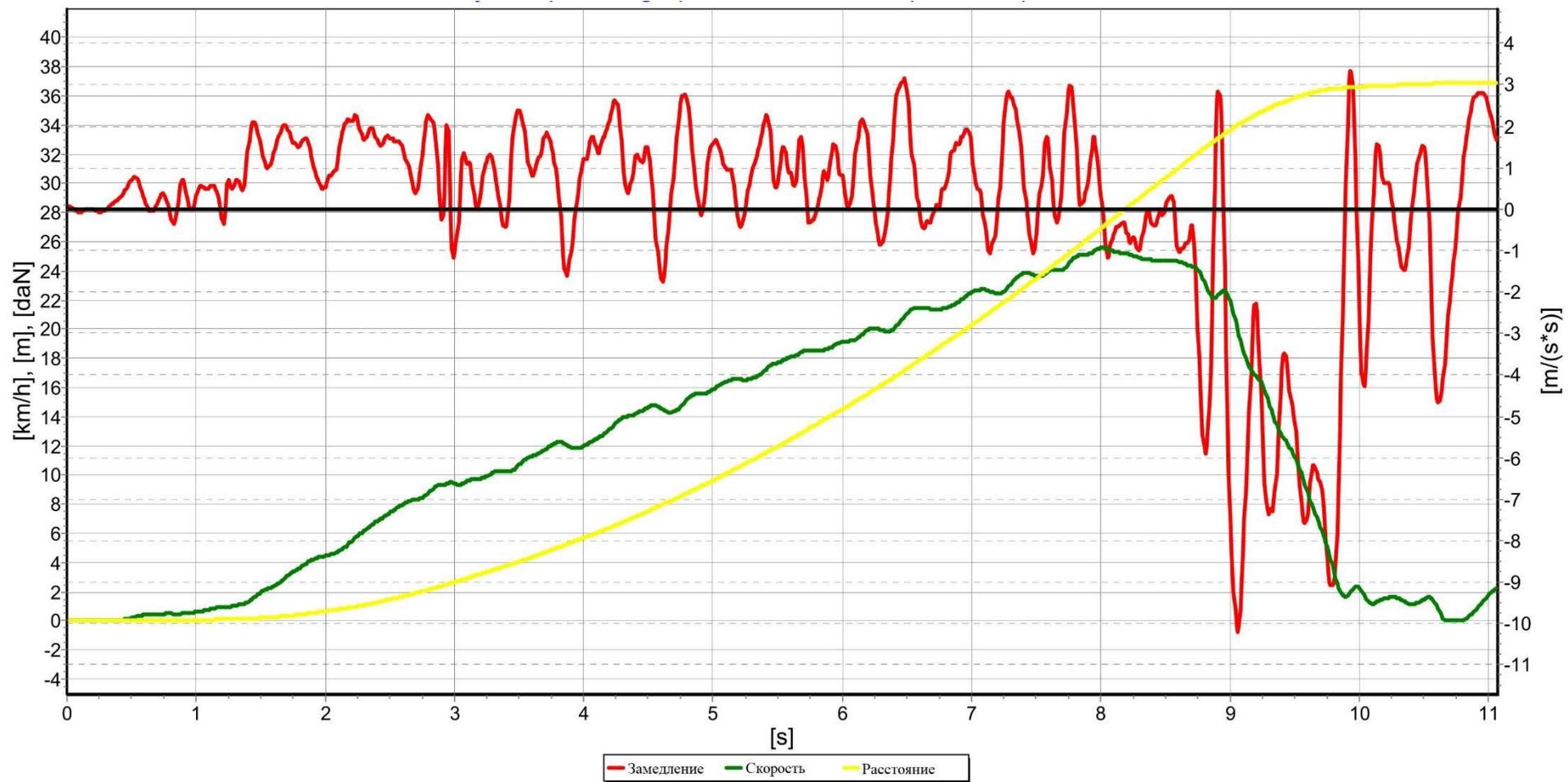




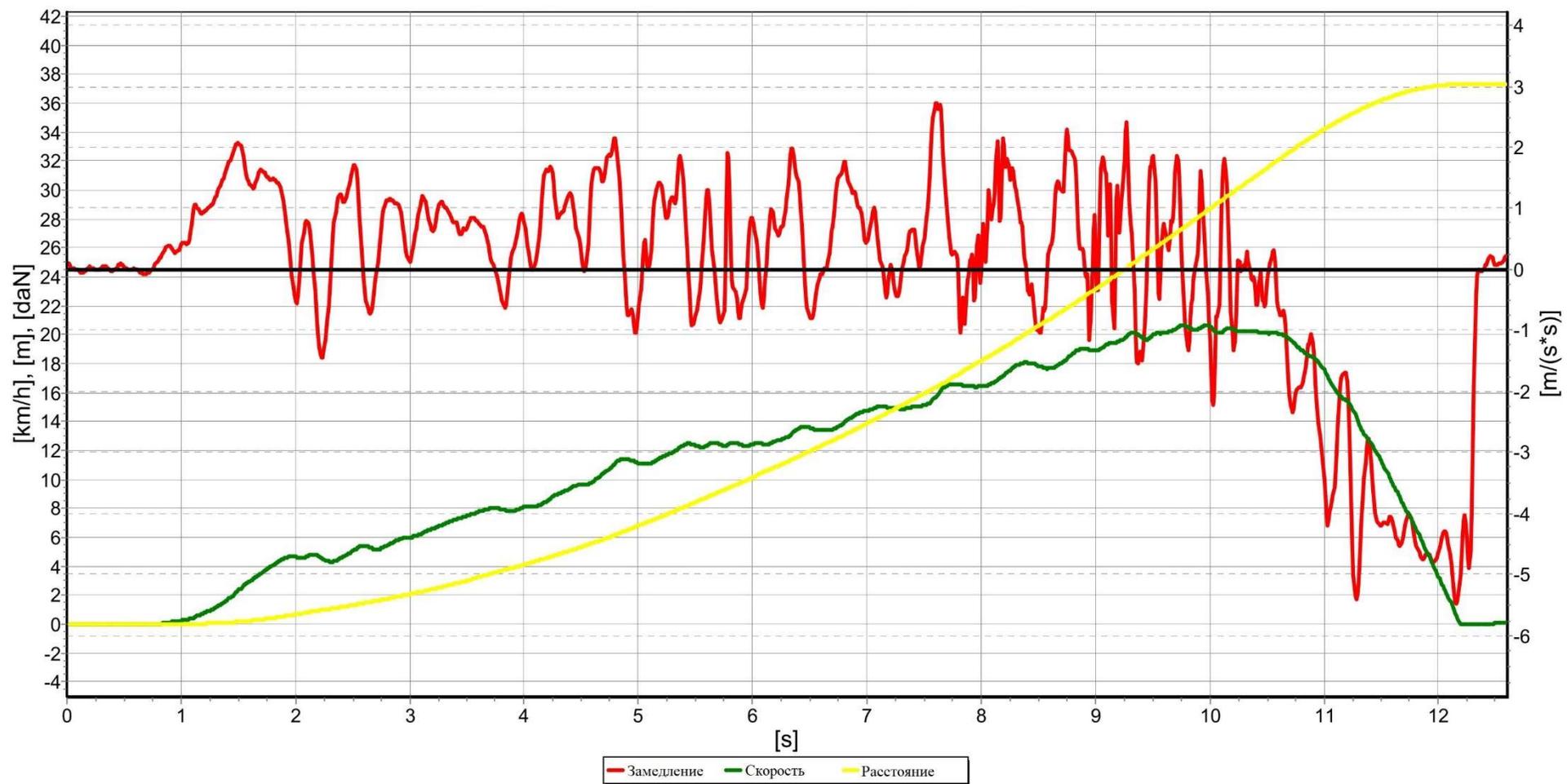


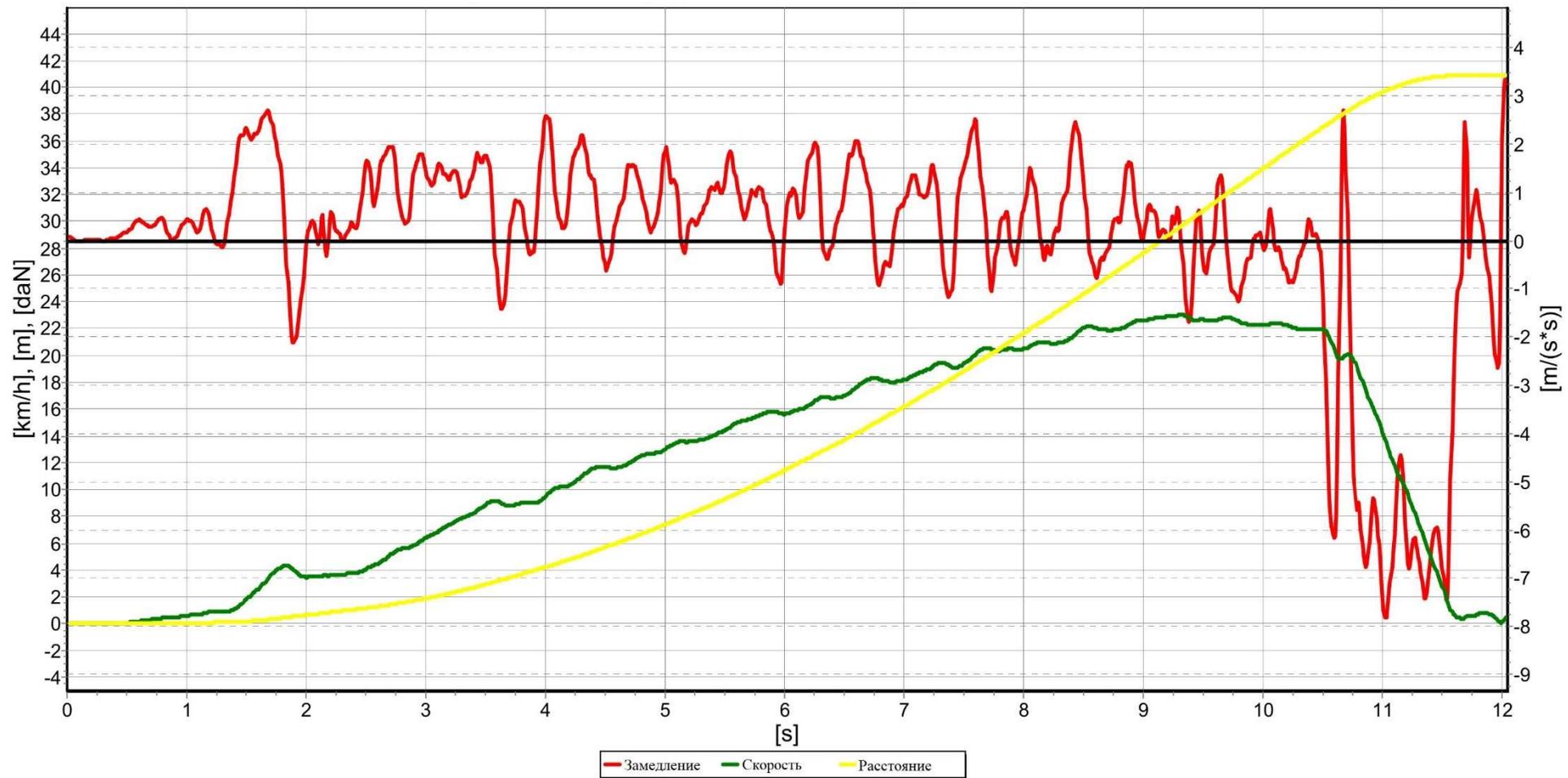


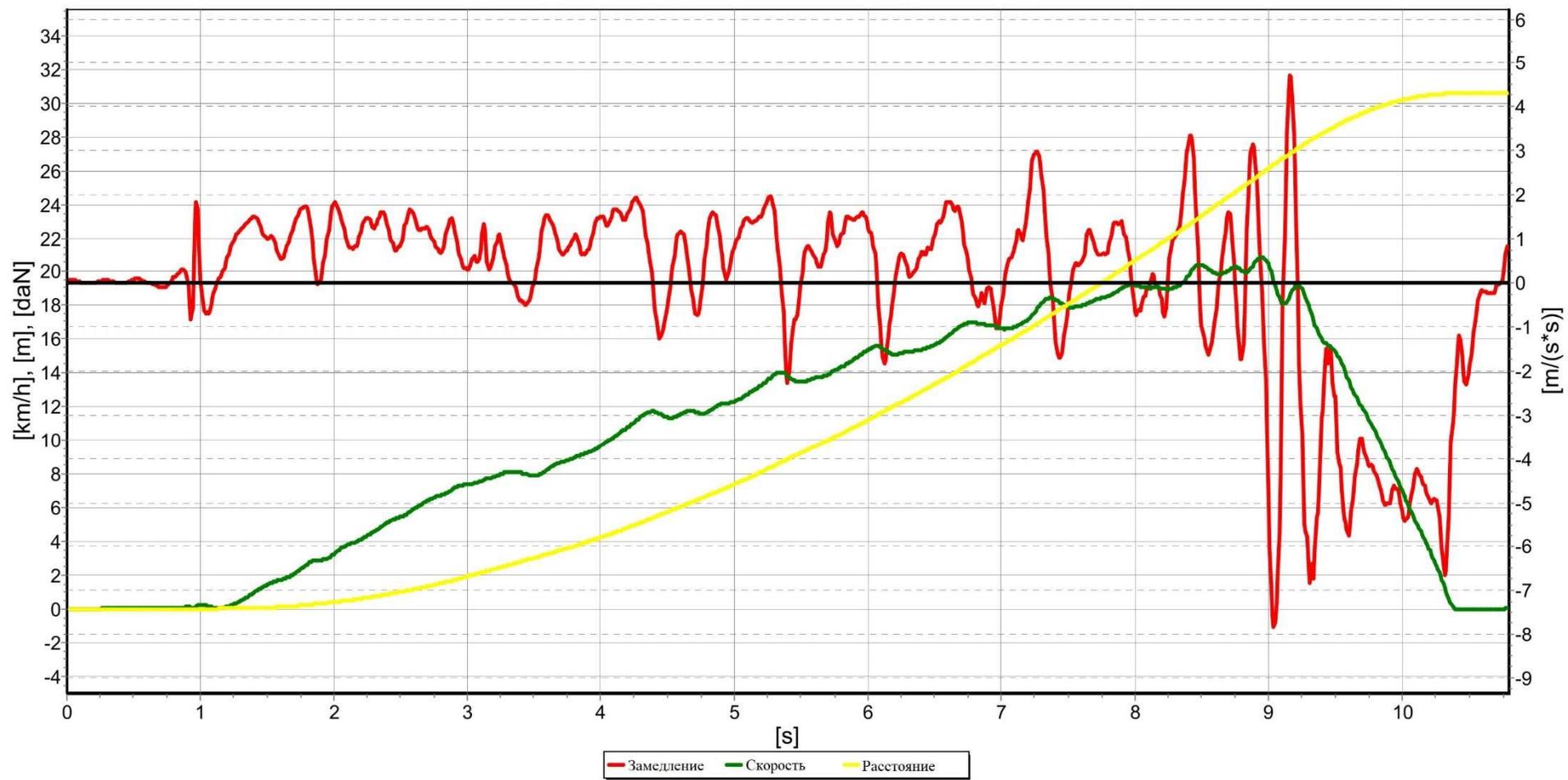


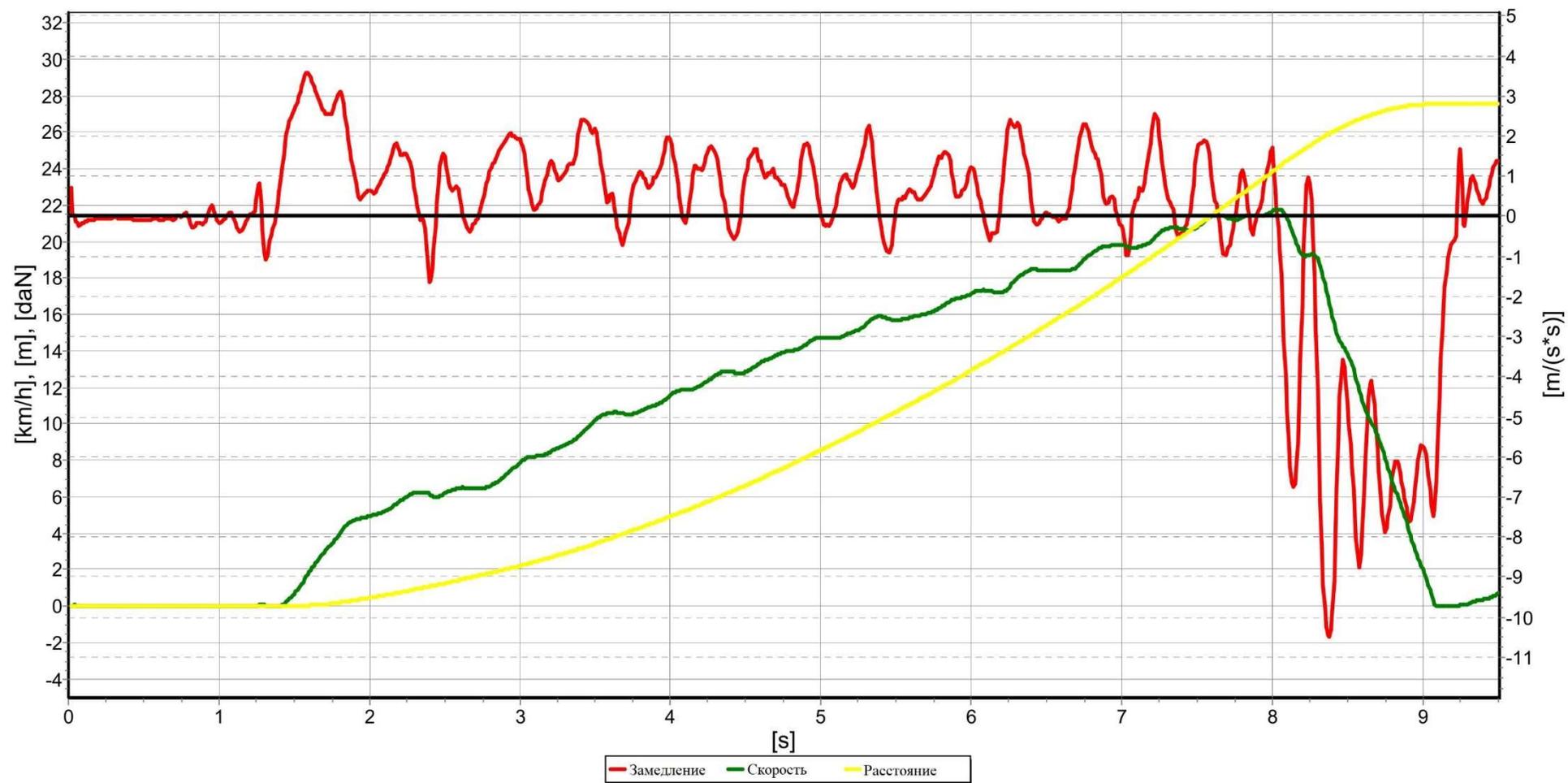


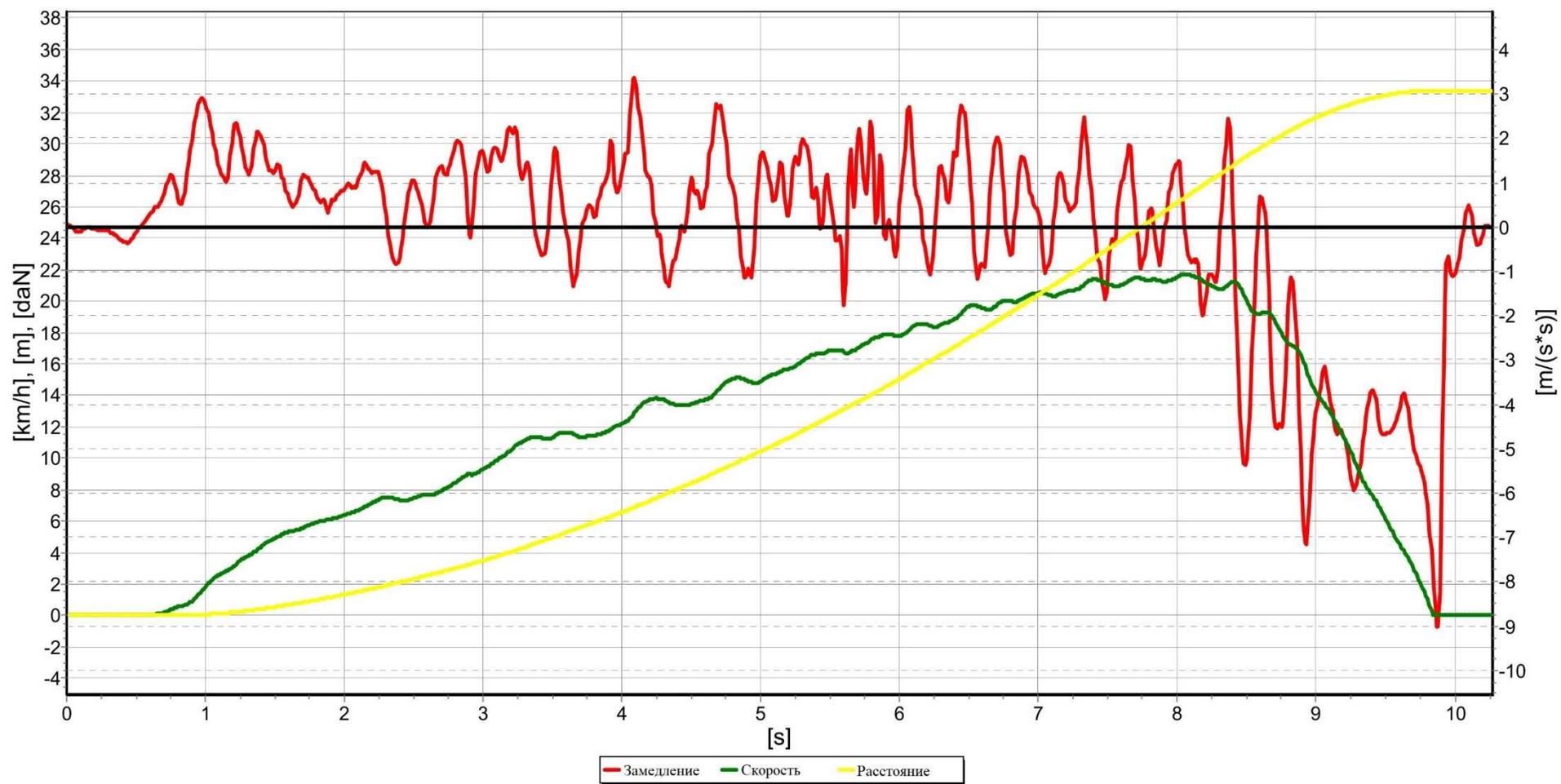


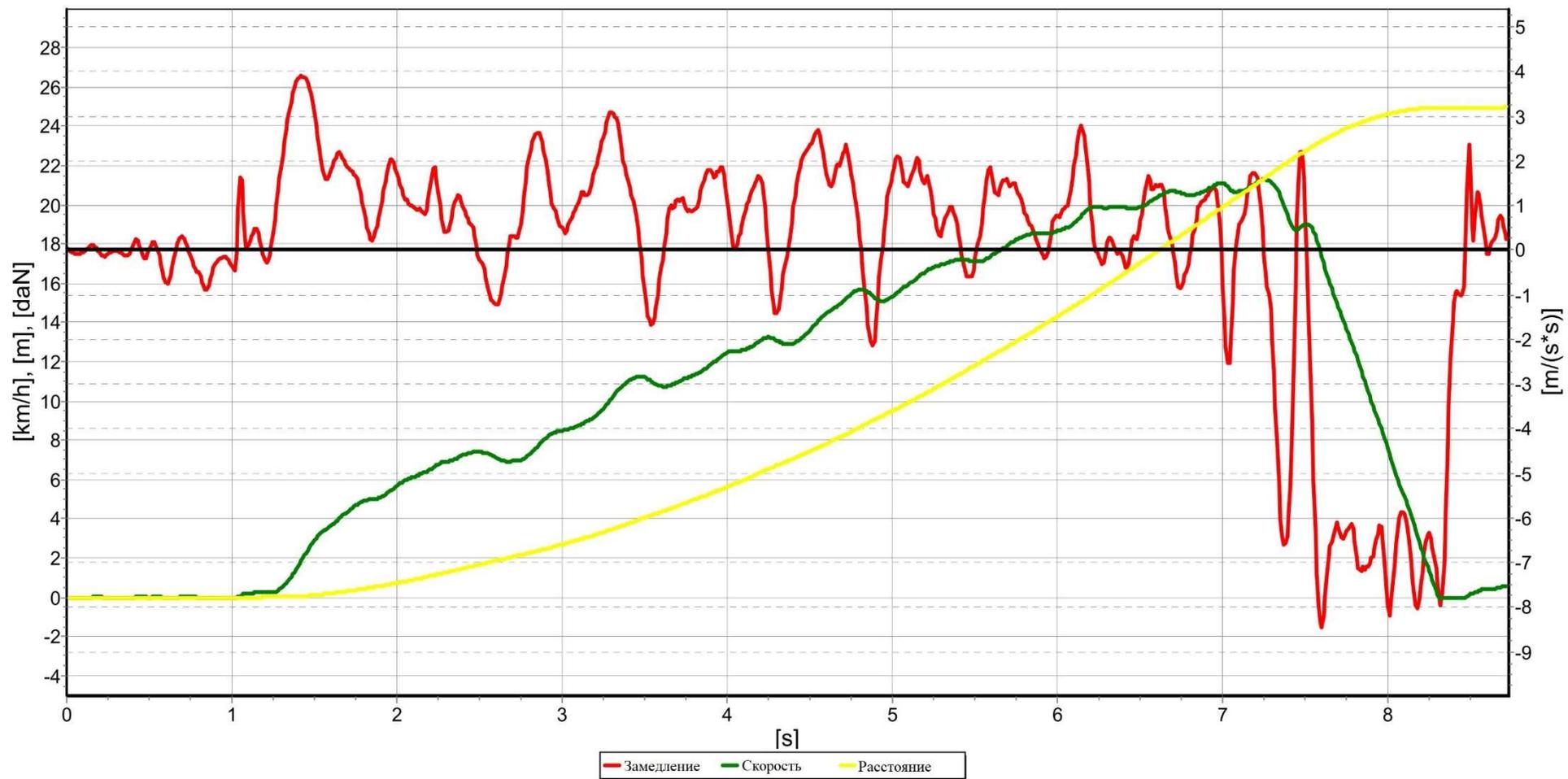




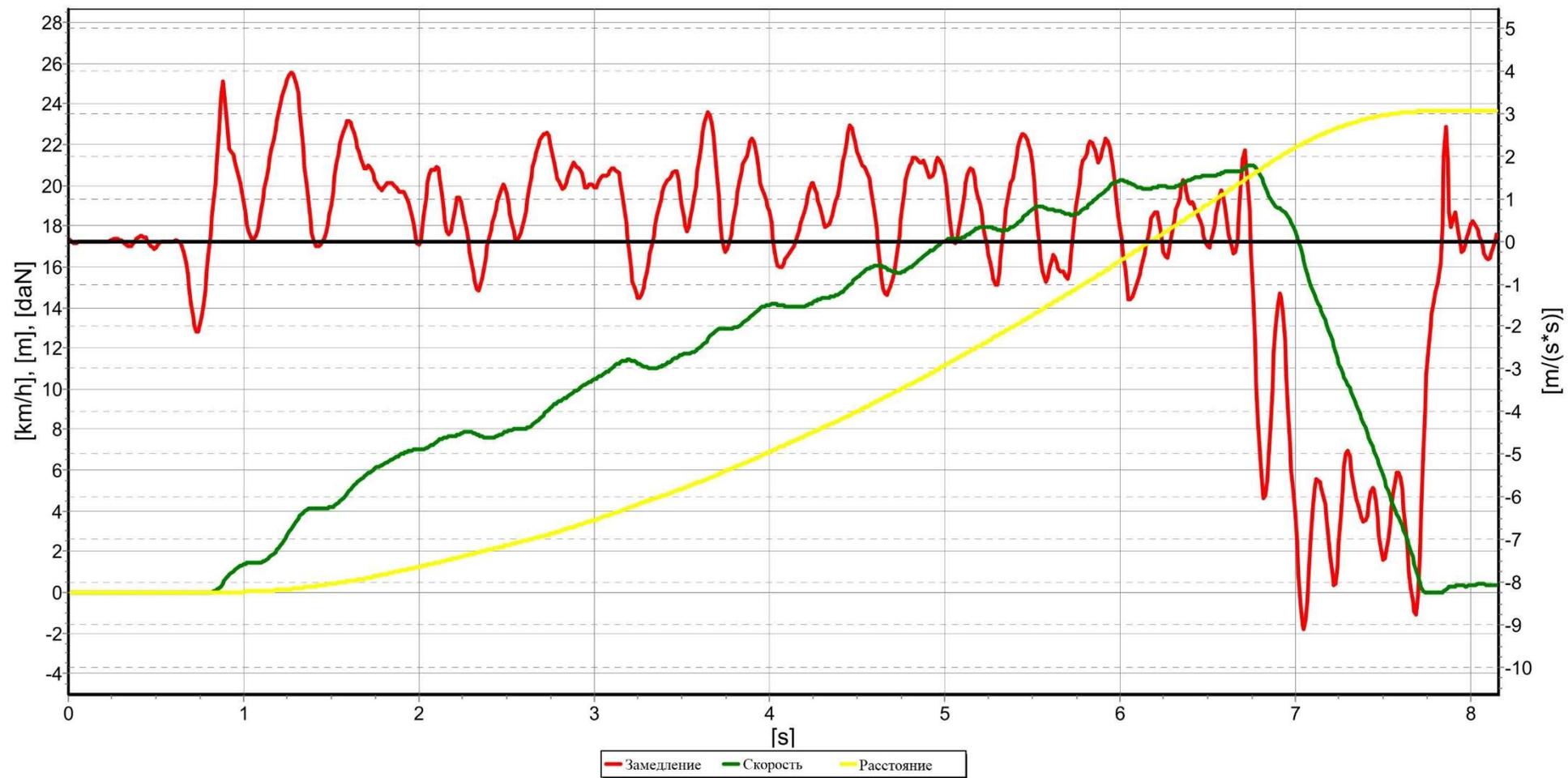


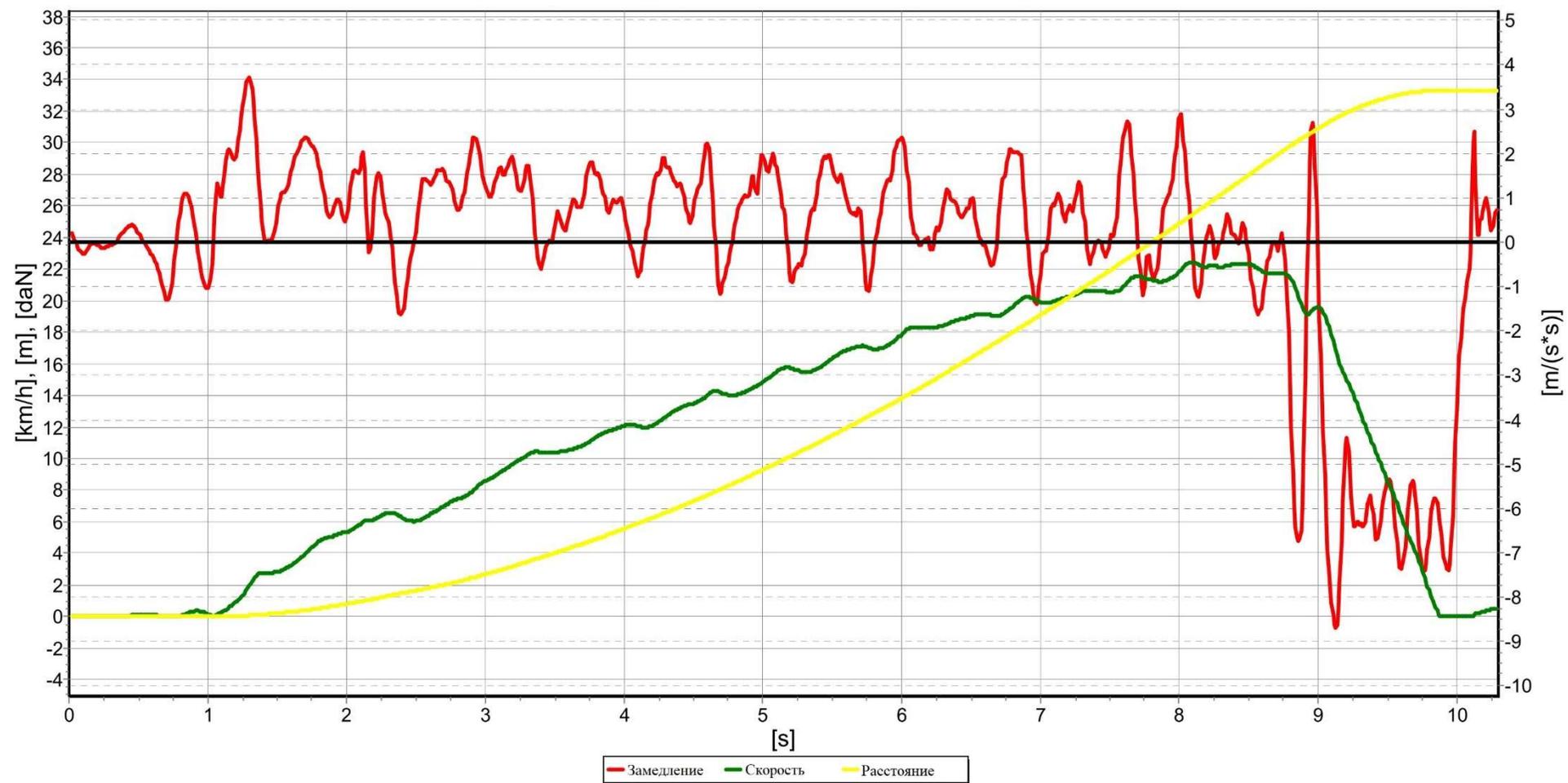


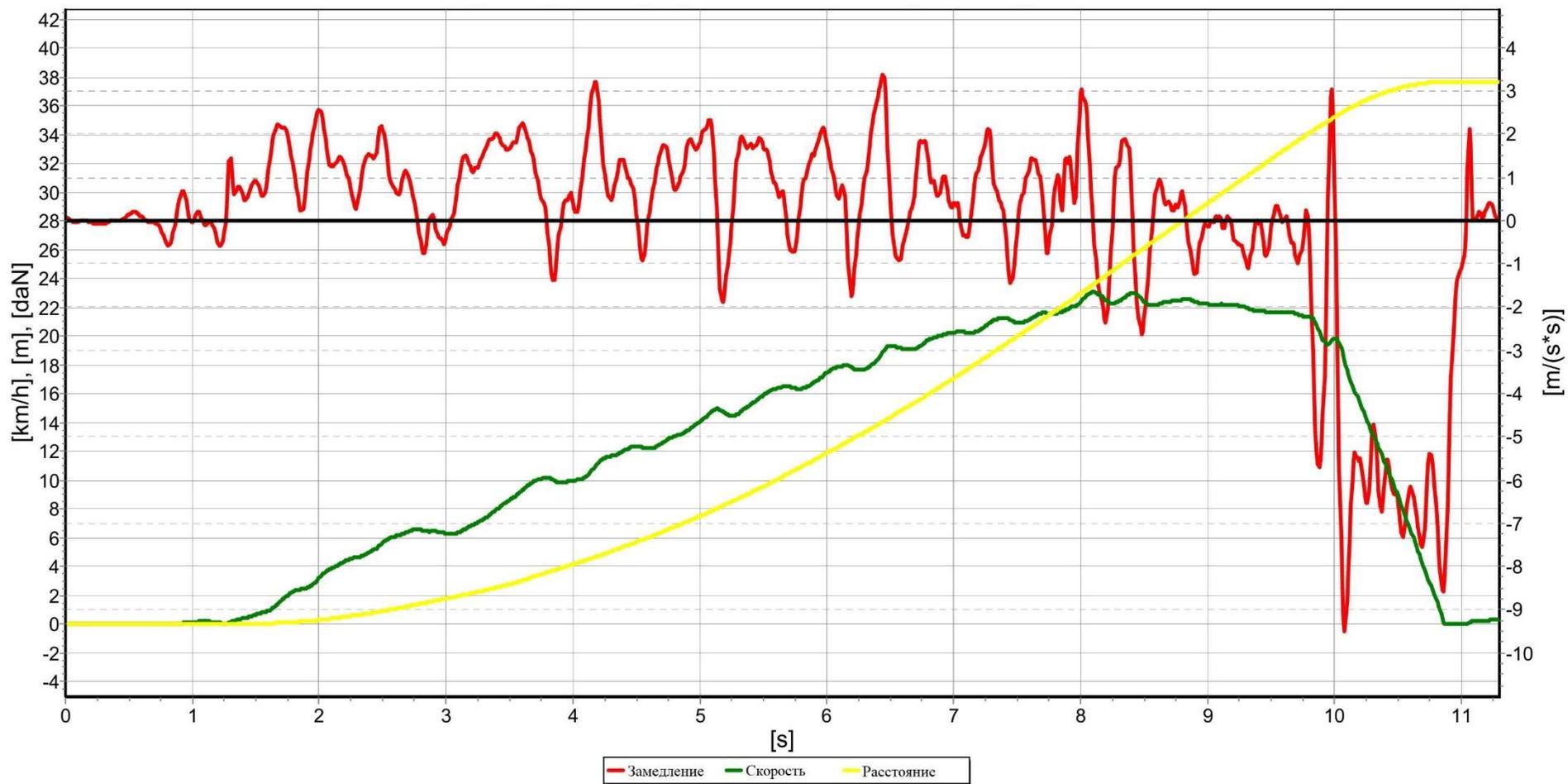


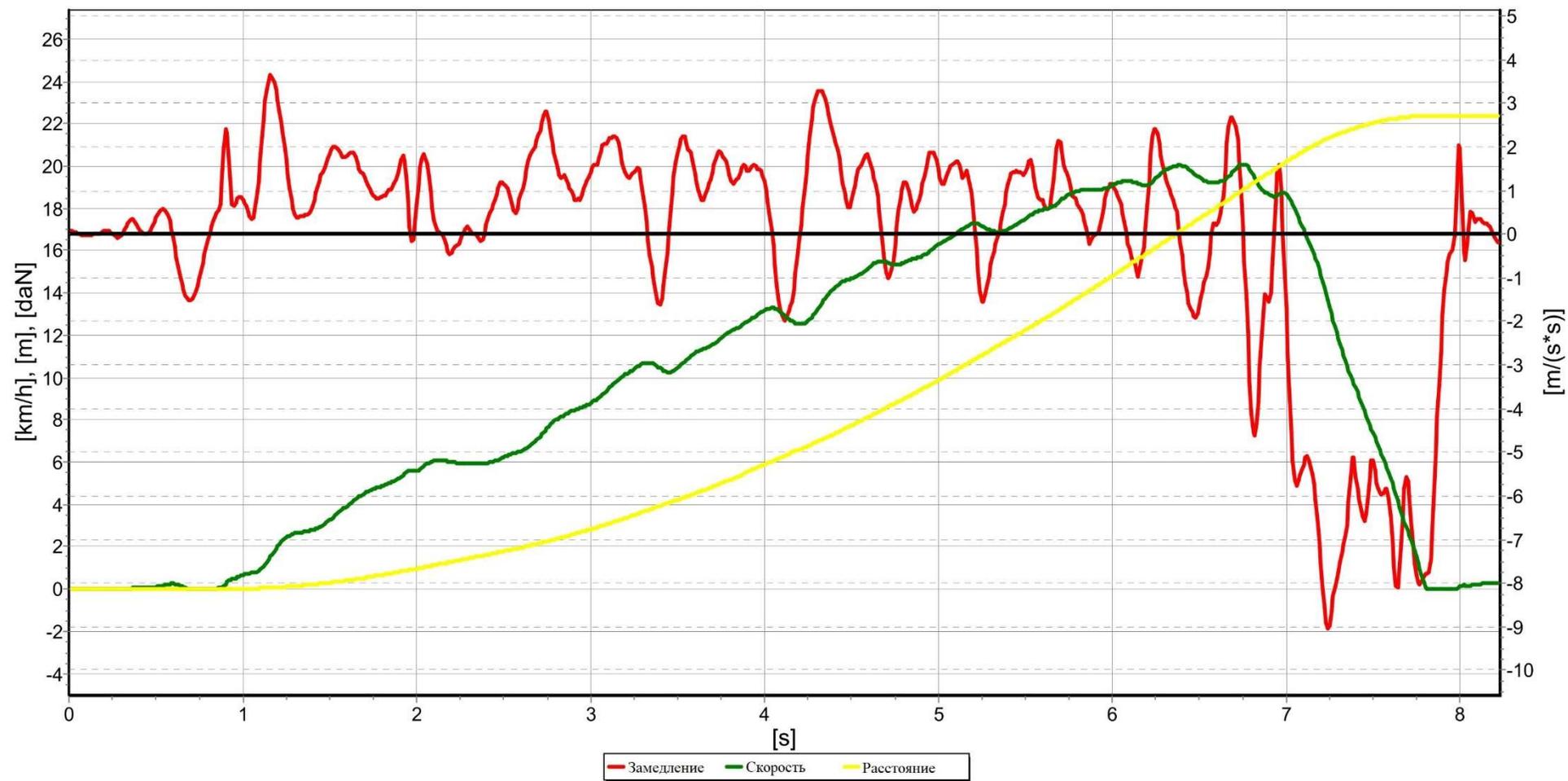


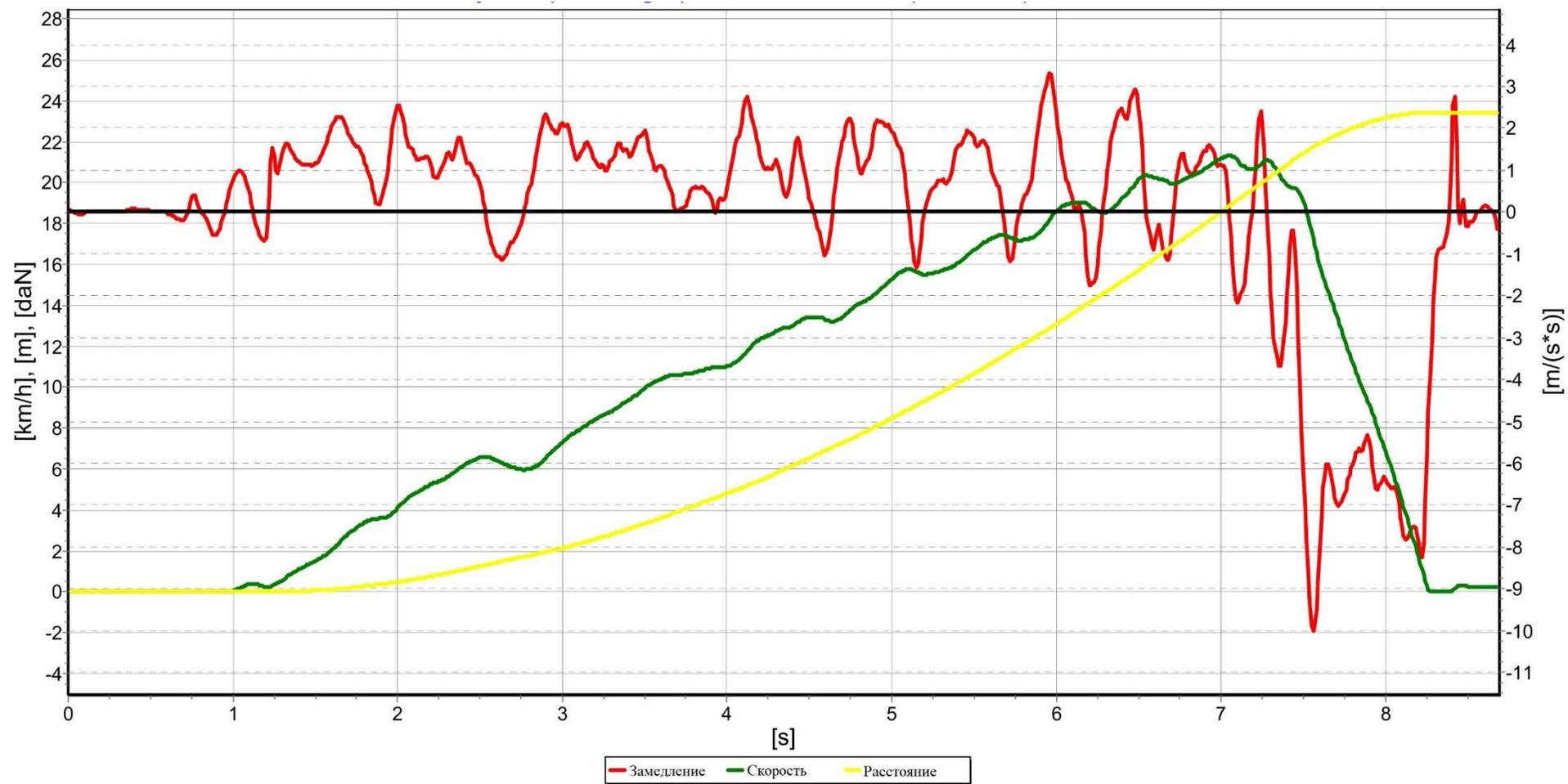


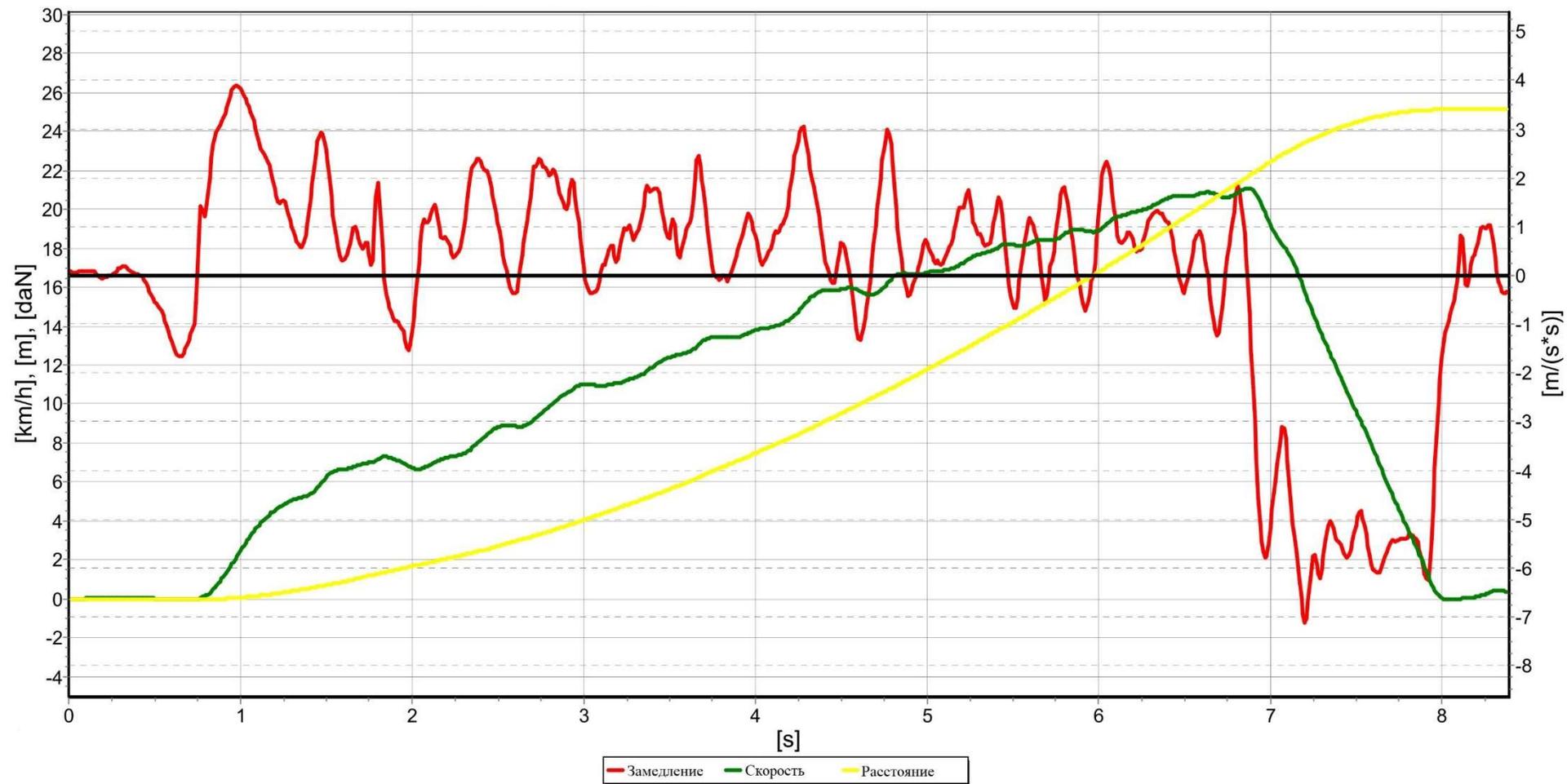


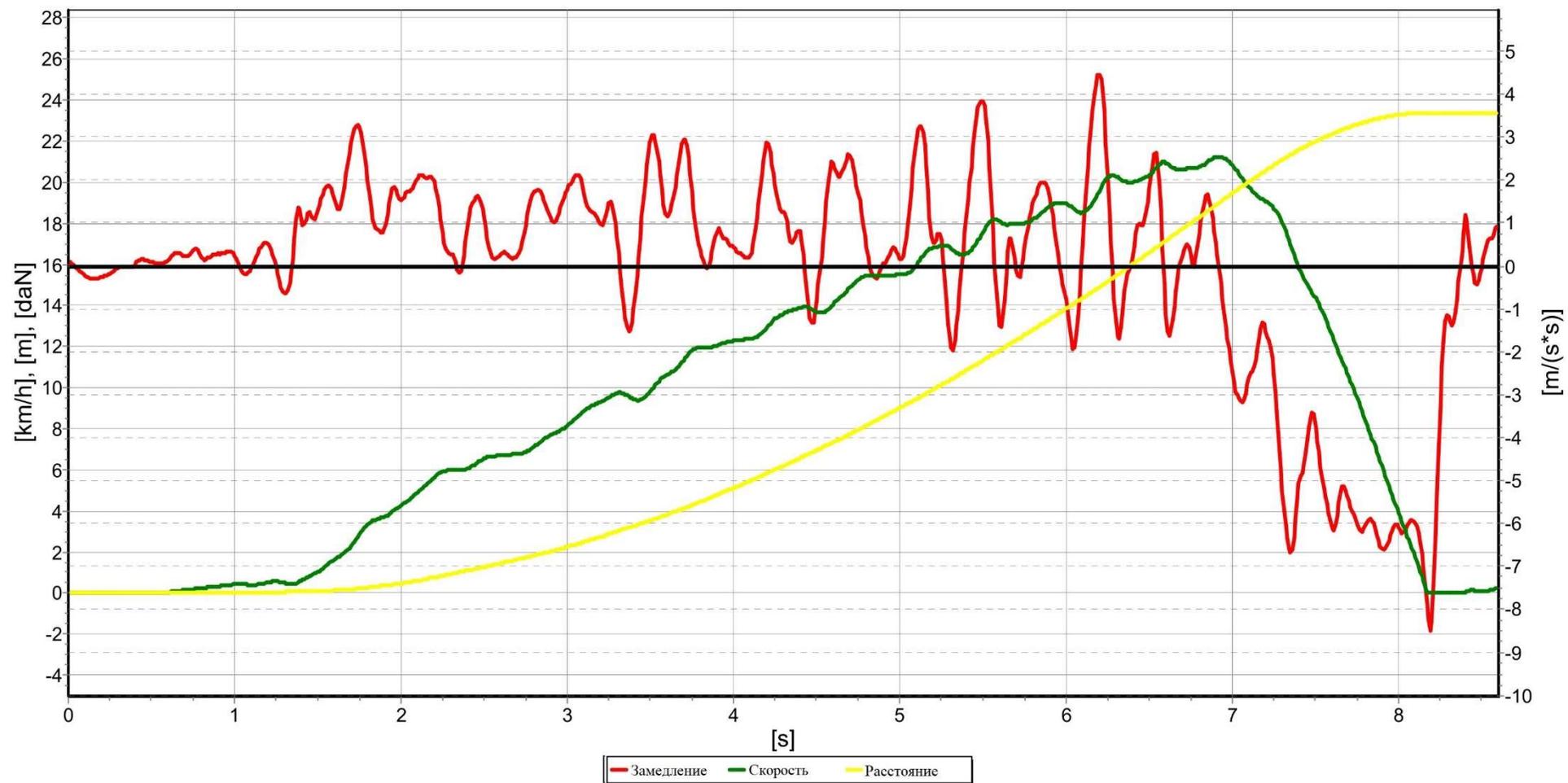


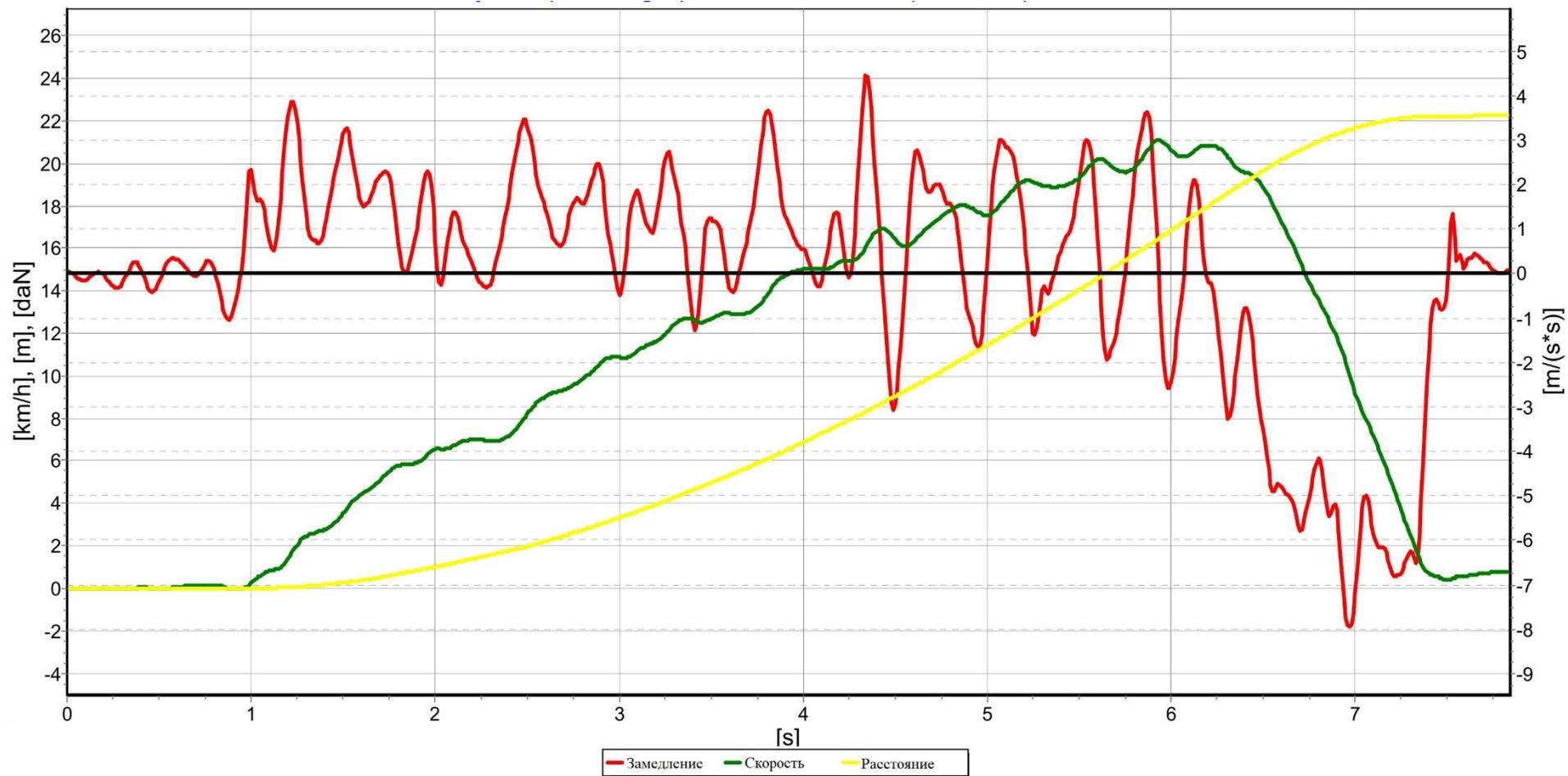


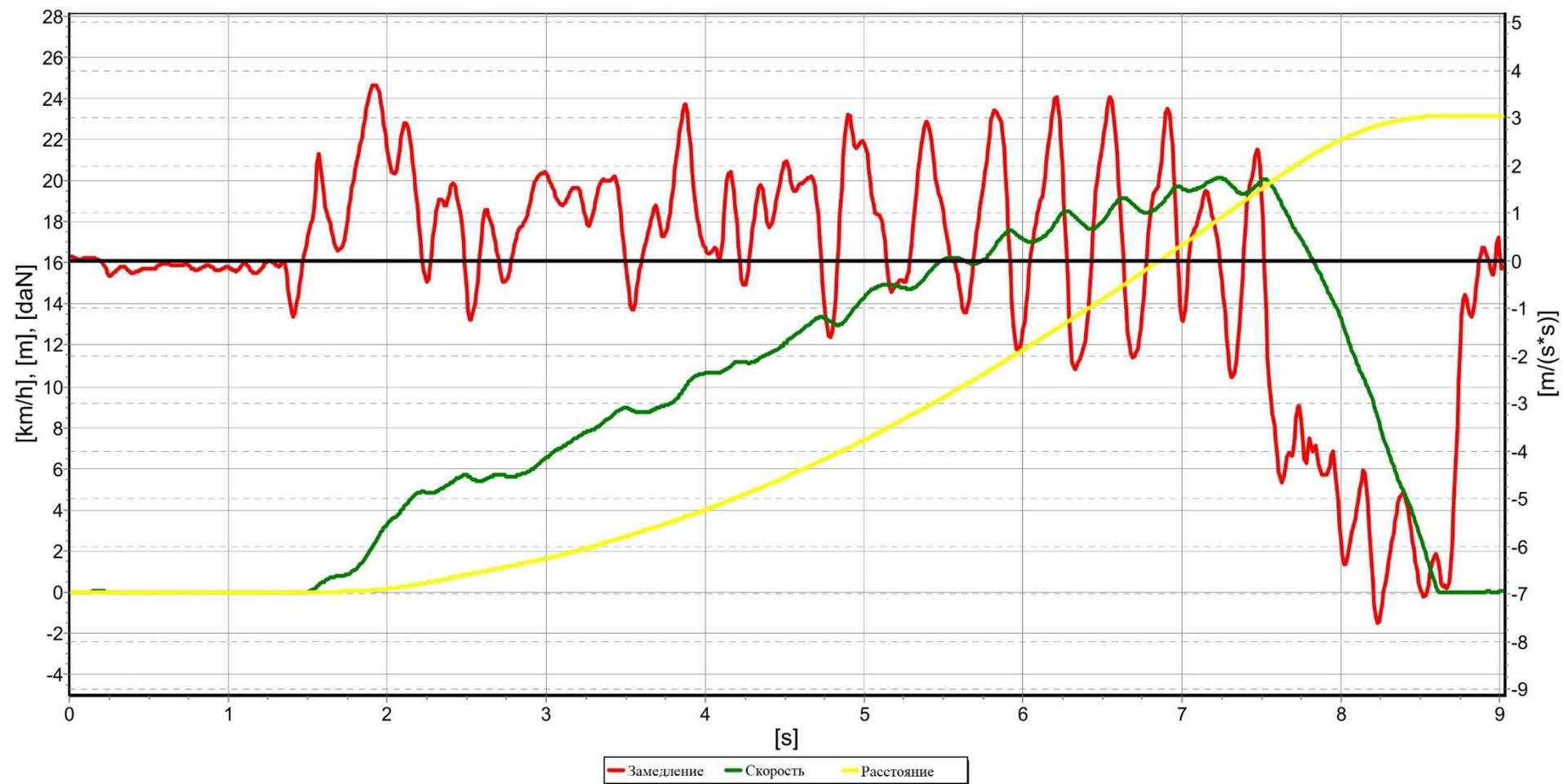


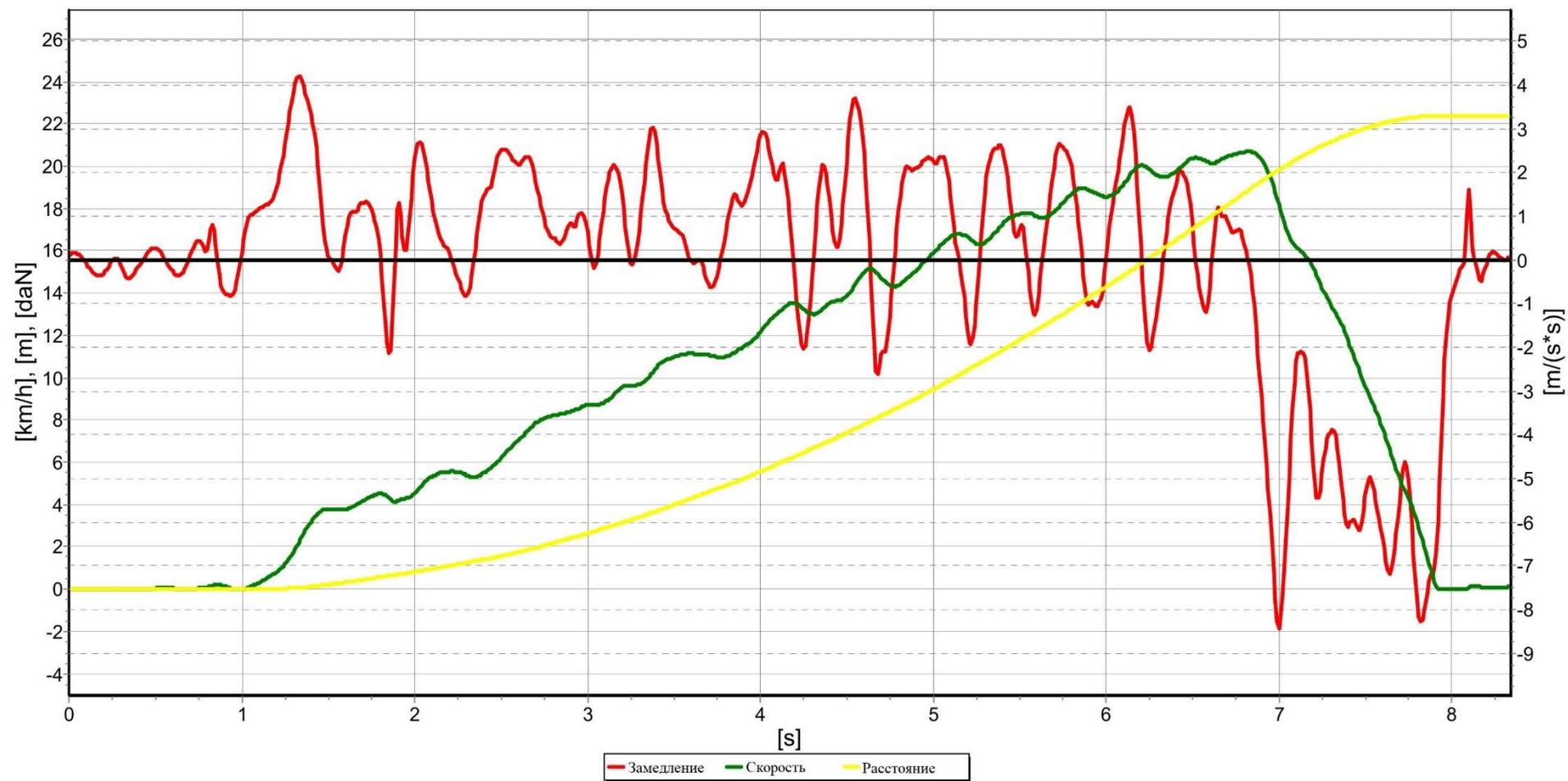


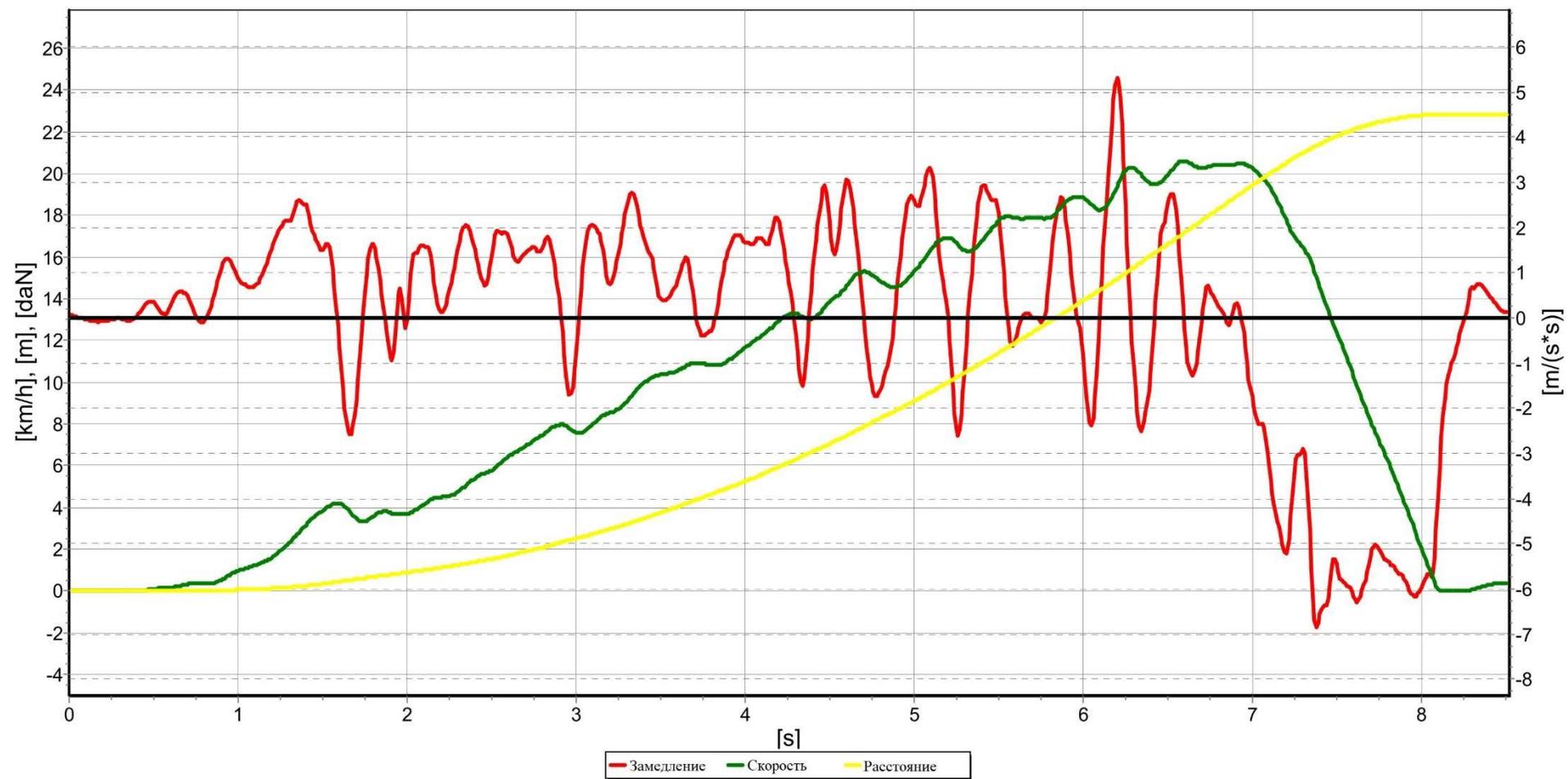


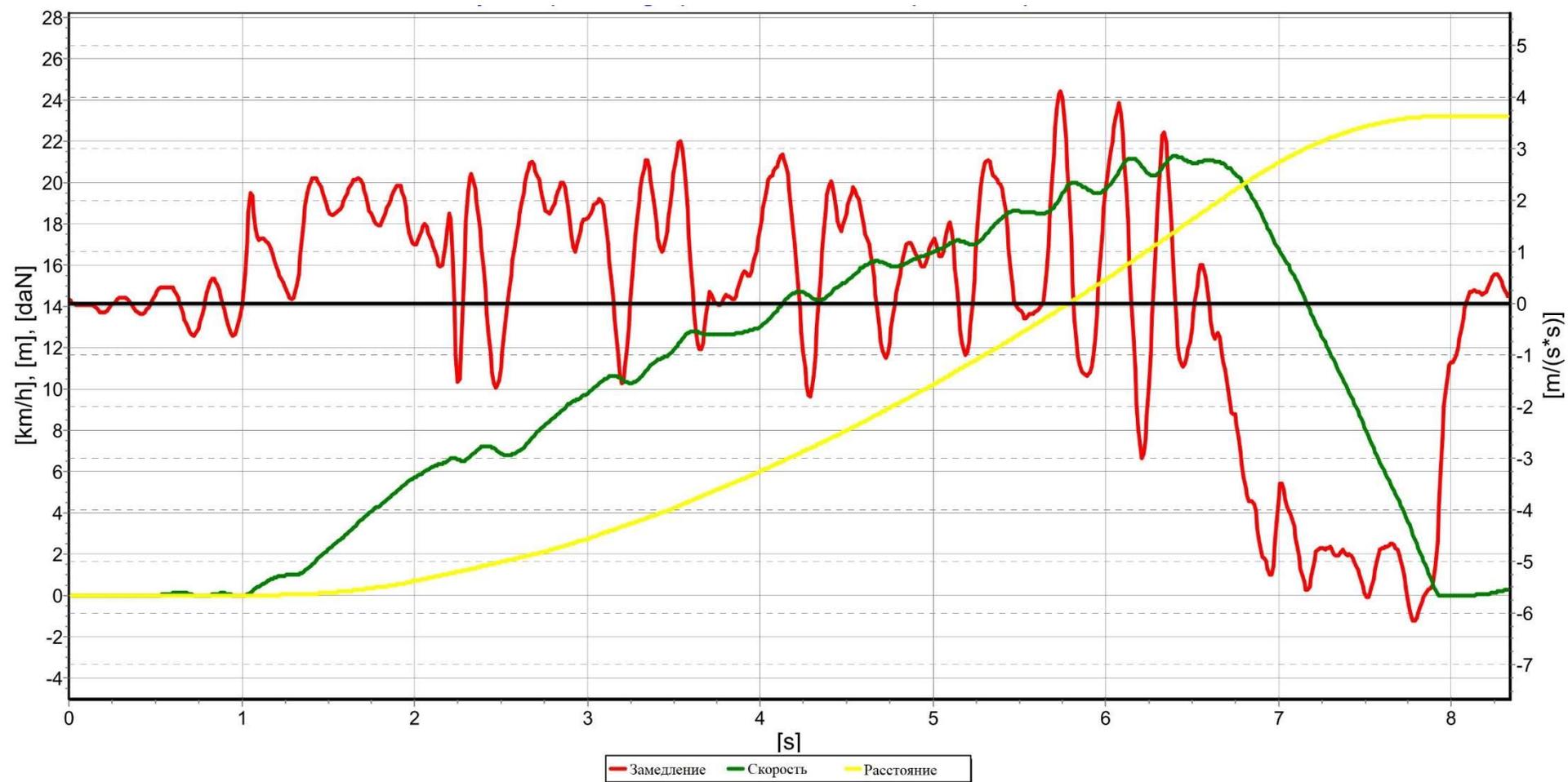


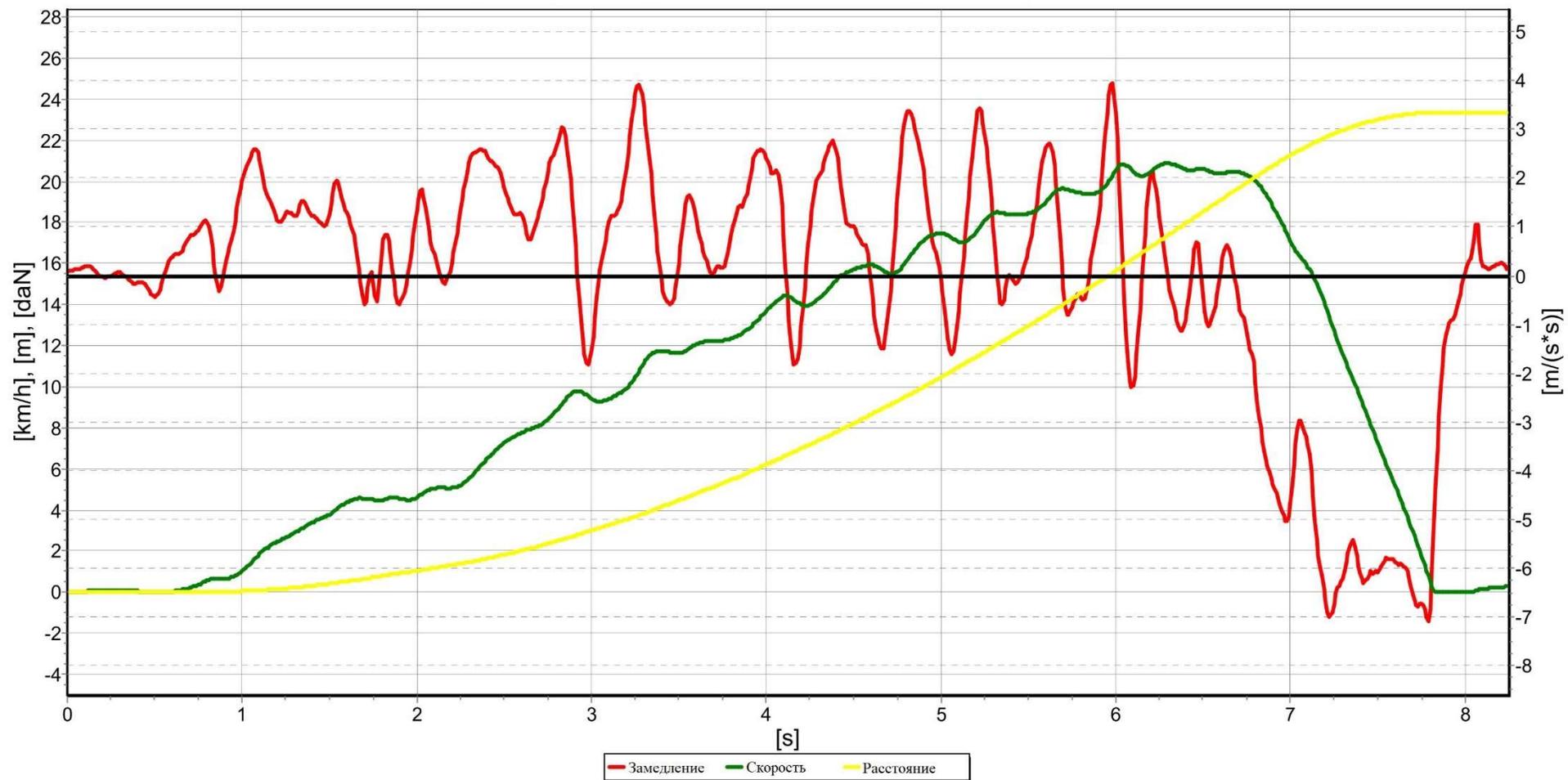


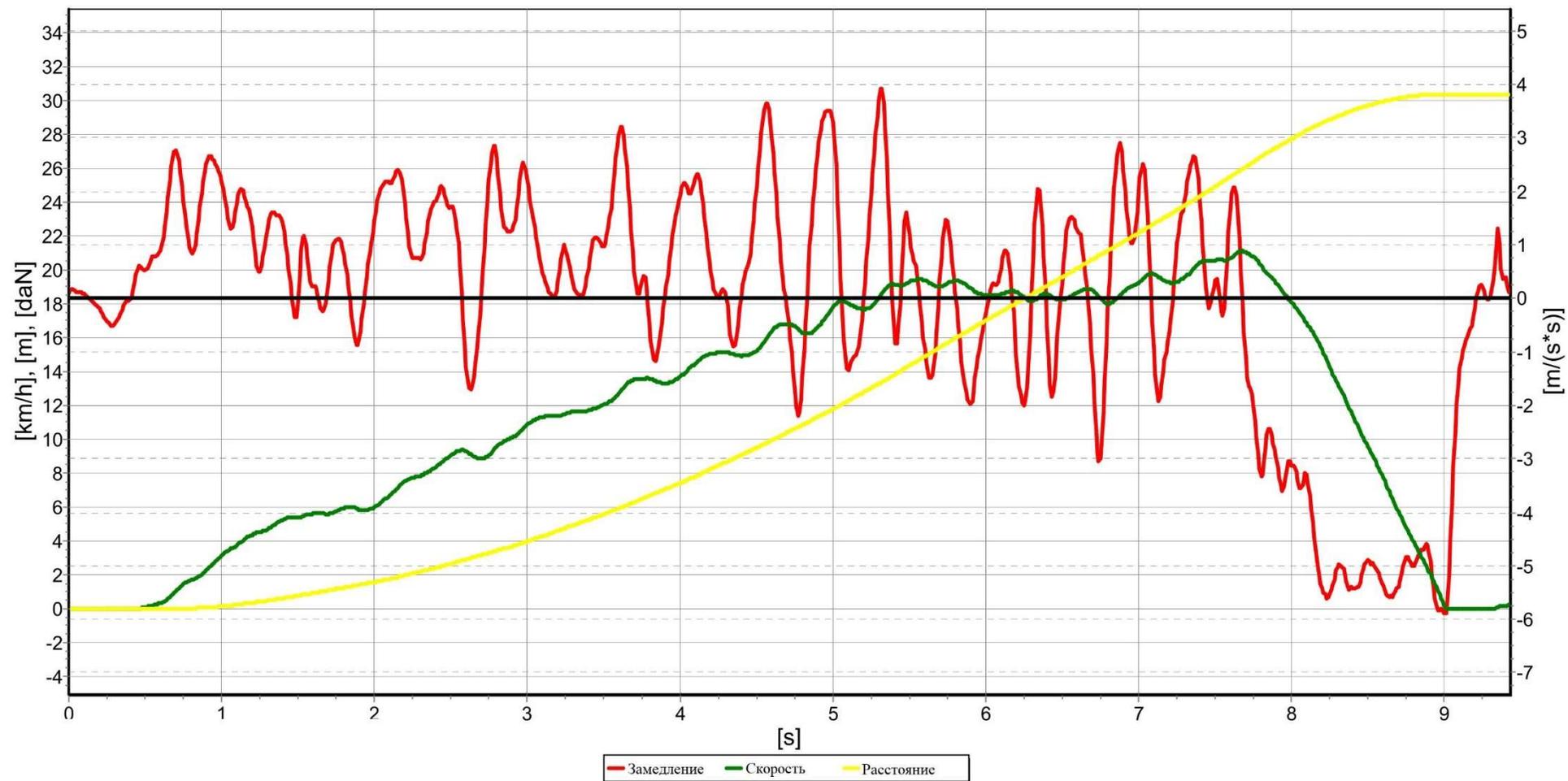


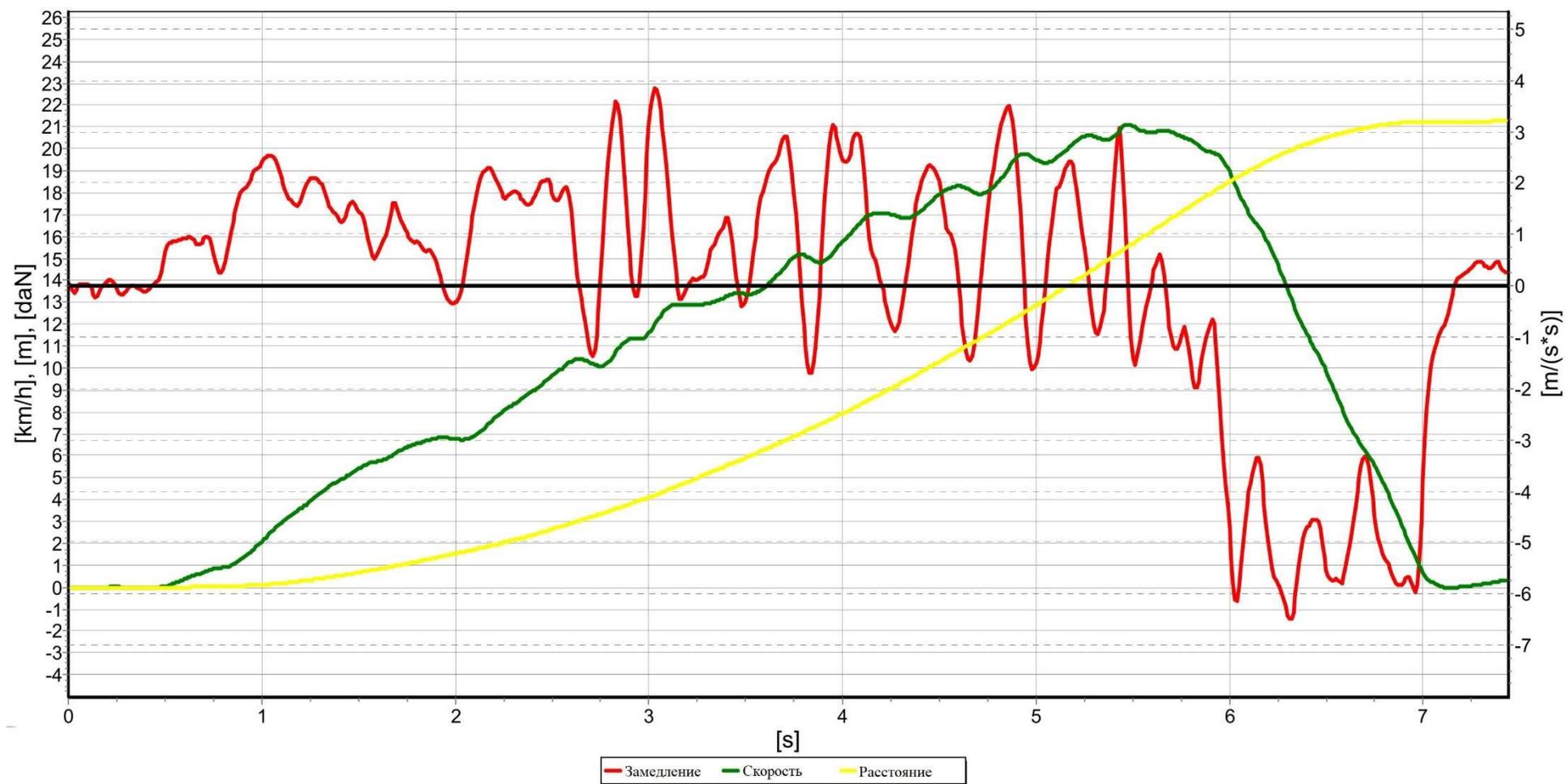


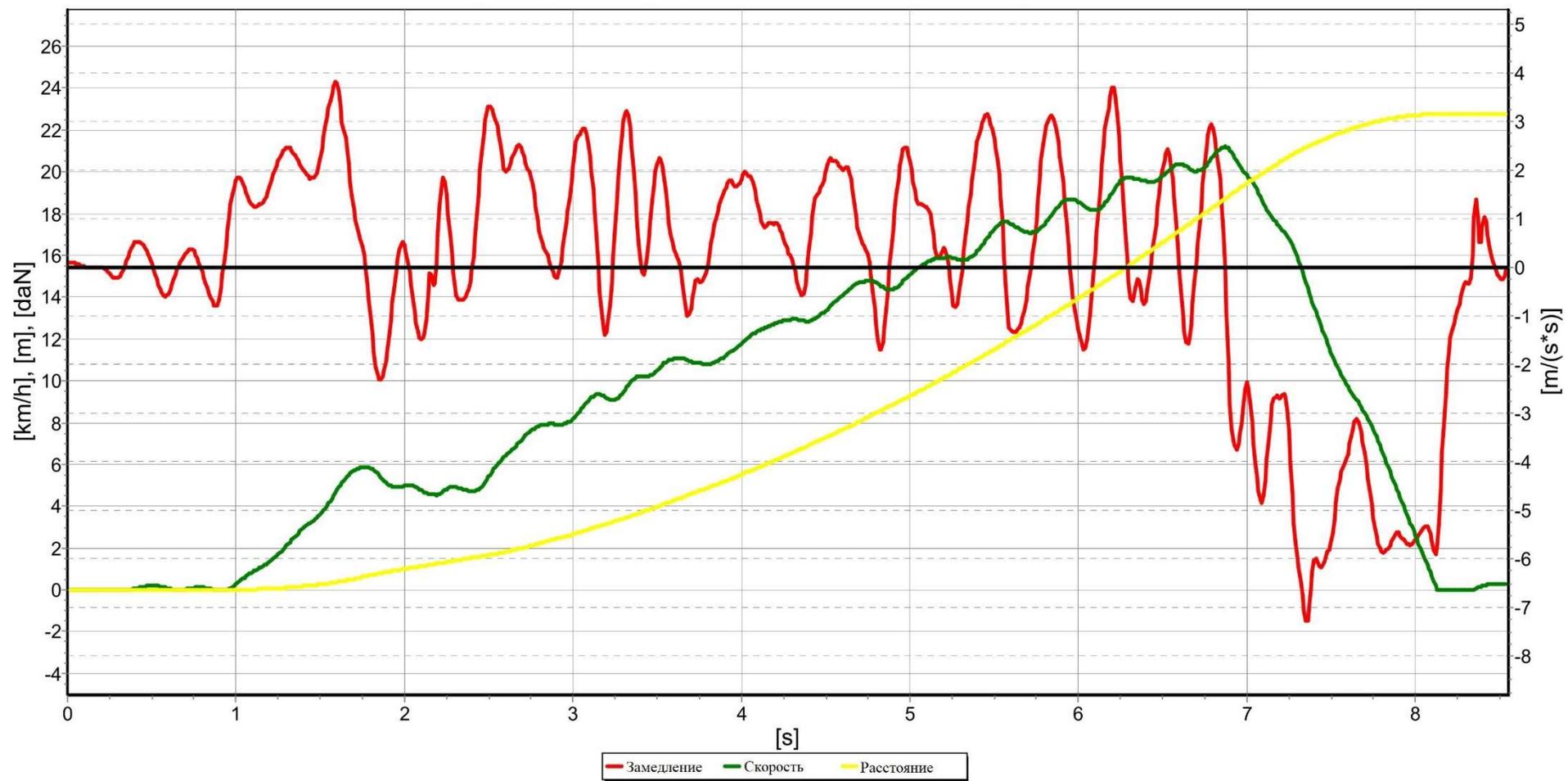


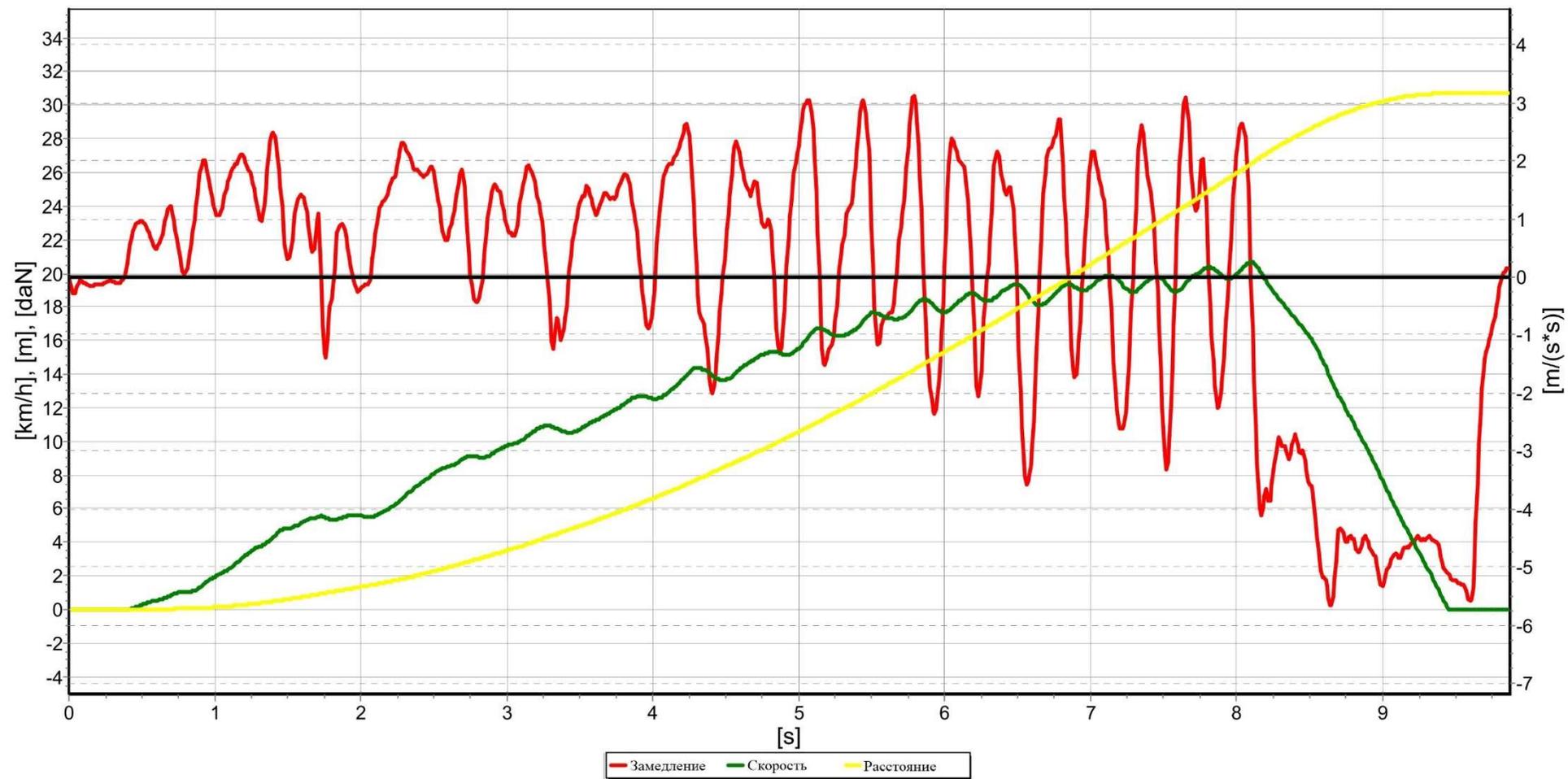


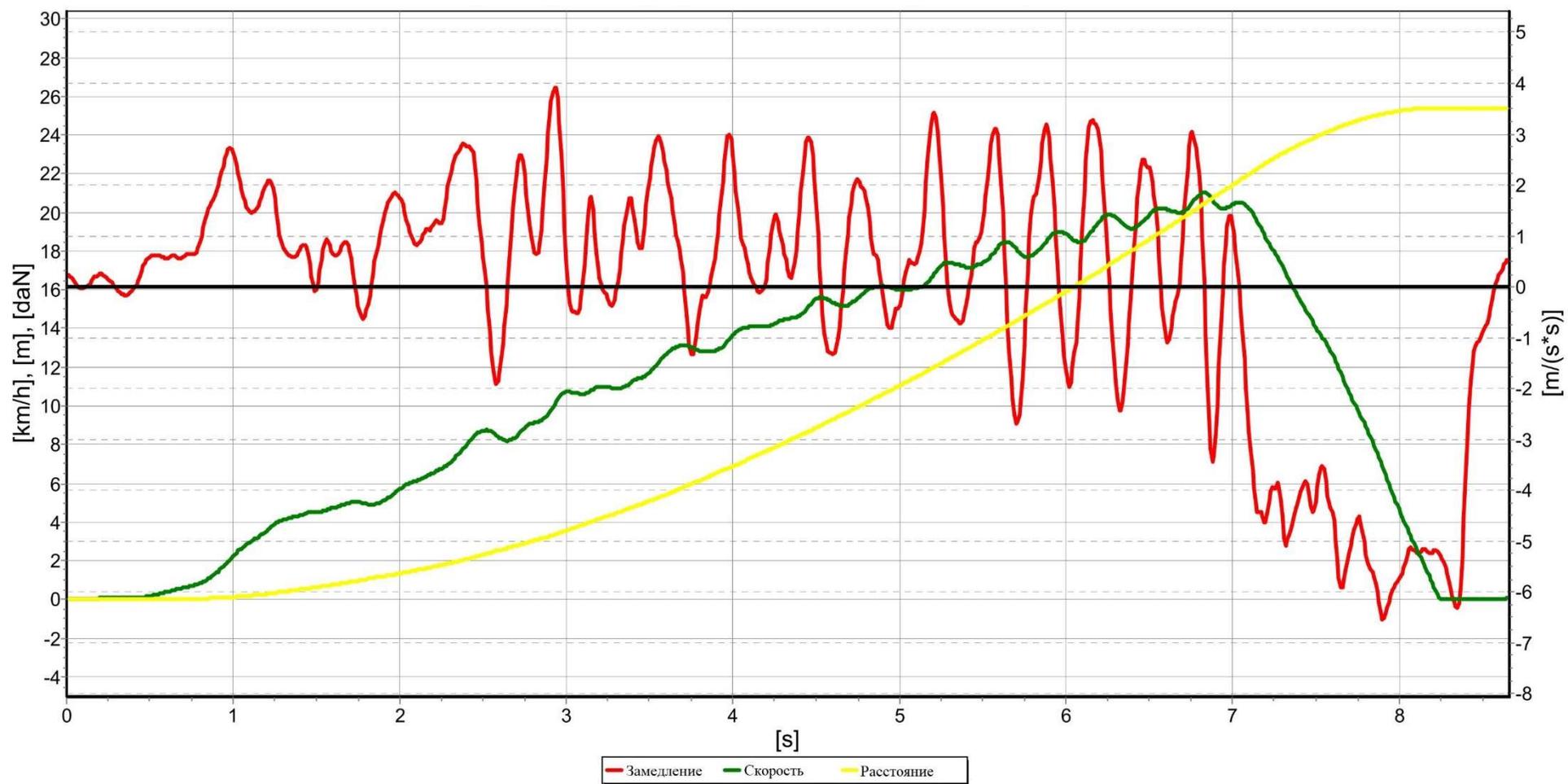


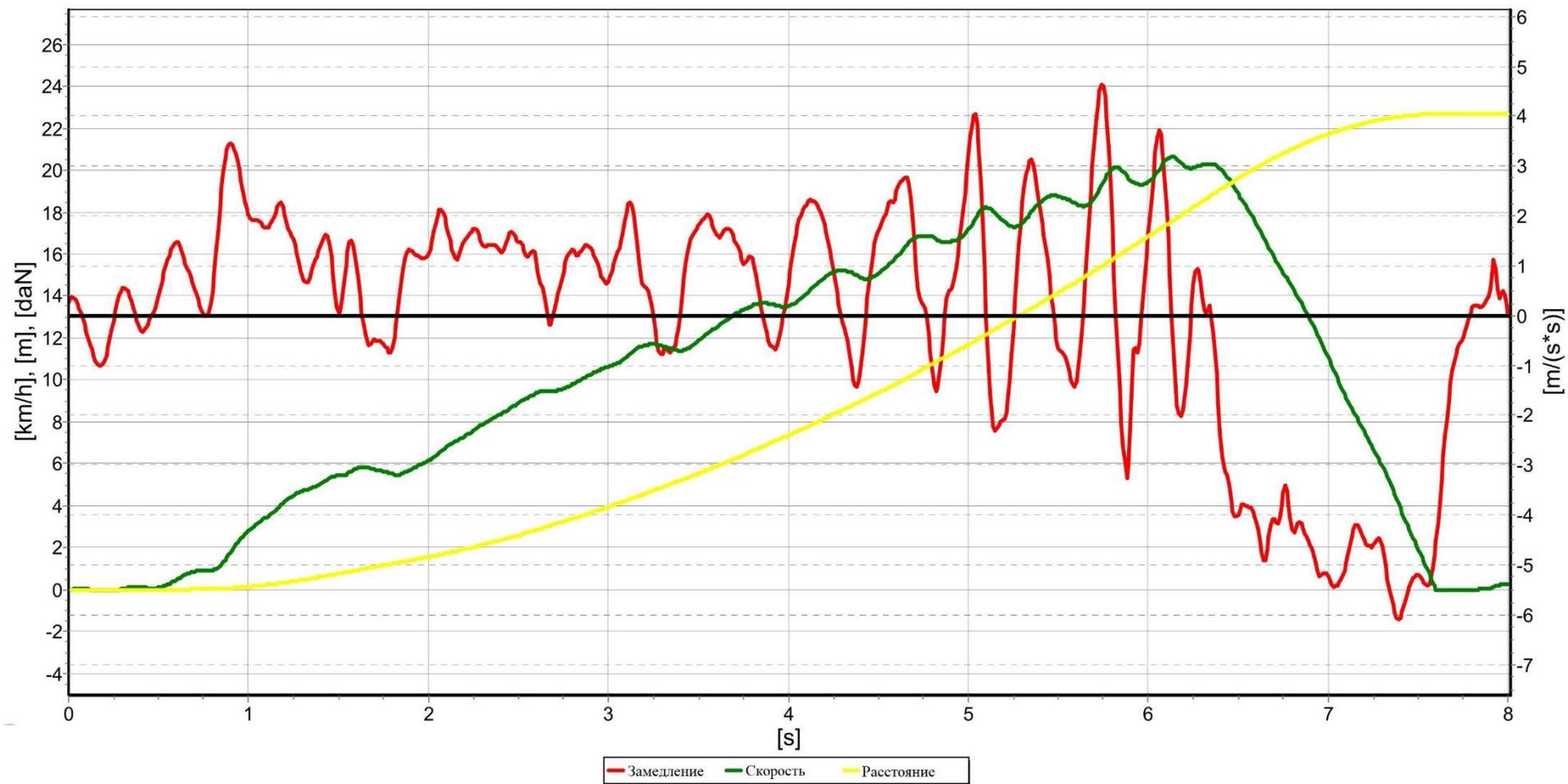












ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Сертификаты и дипломы об участиях в конкурс



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

Автомобильно-дорожный факультет

СЕРТИФИКАТ

Настоящий сертификат подтверждает, что

Блиндер Мария Михайловна

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



И.В. Зазыкин

Санкт-Петербург 2021



ДИПЛОМ

за первое место

в конкурсе научных работ студентов и молодых ученых в рамках
XVI Международной научно-практической конференции

**«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ
ПЕРЕВОЗОК, БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ»**

Блиндер Мария Михайловна

Тема: Экспериментальные исследования параметров установившегося замедления и времени его нарастания двухколесных транспортных средств на сухом и мокром дорожном покрытии

Научный руководитель: Брылев Илья Сергеевич

Секция: «Современные технологии снижения травматизма участников дорожного движения»

Председатель жюри:

Проректор по науке и инновациям

д.т.н.



А.А. Фомин



ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»



Кафедра «Организация перевозок, безопасность движения и сервис автомобилей»

16 апреля 2021 года



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Уральское межрегиональное отделение Российской Академии транспорта (УРО РАТ)

Международная научно-техническая конференция
«Транспортные и транспортно-технологические системы»

ДИПЛОМ

II СТЕПЕНИ
В НОМИНАЦИИ «ДОКЛАДЫ АСПИРАНТОВ»
ВРУЧАЕТСЯ

Марии Михайловне Блиндер

За доклад: «Реконструкция дорожно-транспортного происшествия и
оценка травм велосипедиста, полученных при столкновении
двухколесного транспортного средства с автомобилем»

ДИРЕКТОР
ИНСТИТУТА ТРАНСПОРТА



А.В. МЕДВЕДЕВ

ТЮМЕНЬ, 15 апреля 2021



RUSSIAN (MOSCOW) IEEE CIRCUITS
AND SYSTEMS (CAS04) CHAPTER IEEE REGION 8,
RUSSIAN SECTION CHAPTER, MTT/ED



INSTITUTE OF RADIO
AND INFORMATION SYSTEMS (IRIS)

DIPLOMA

Winner of the international scientific conference

**“2021 Systems of signals generating and processing
in the field of on board communications”**

IEEE Conference #51389

March 16-18, 2021, Moscow, Russia

SECTION 5. INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

SUB-SECTION 4. Test methods of motor vehicles integrated into an intelligent transport environment

AWARDED

Maria M. Blinder

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia

for best scientific report

**MODELING OF A ROAD TRAFFIC ACCIDENT USING MULTIVARIATE
ANALYSIS OF INJURIES IN A TWO-WHEELED VEHICLE COLLISION
WITH A CAR**

**team of authors: Sergey A. Evtyukov, Ilya S. Brylev, Maria M. Blinder
Vyacheslav R. Rogov, Danila A. Ptitsyn**

Chairman of “Institute of Radio and Information Systems” (IRIS)
Doctor of Technical Science (Engineering), Oleg V. Varlamov

Conference manager of “Institute of Radio and Information
Systems” (IRIS), Svetlana S. Dymkova