

На правах рукописи

БРЫЛЕВ ИЛЬЯ СЕРГЕЕВИЧ

**РЕКОНСТРУКЦИЯ ДТП ПО ПАРАМЕТРАМ ПРОЦЕССА
ТОРМОЖЕНИЯ ДВУХКОЛЕСНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Специальность: **05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2015

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Евтюков Сергей Аркадьевич

Официальные оппоненты: **Сильянов Валентин Васильевич**
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-
дорожный государственный технический
университет (МАДИ)», советник ректора;

Федотов Виталий Николаевич
кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-
сырьевой университет «Горный» (Горный
университет), кафедра транспортно-
технологических процессов и машин,
доцент, г. Санкт-Петербург

Ведущая организация: **ФГБОУ ВПО «Сибирская
государственная автомобильно-дорожная
академия» (СибАДИ), г. Омск**

Защита диссертации состоится «03» декабря 2015 г. в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.223.02 при ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по адресу: 190103, Санкт-Петербург, ул. Курляндская, д.2/5, аудитория 340-К.

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

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» и на сайте www.spbgasu.ru.

Автореферат разослан «_____» _____ 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук,
доцент

Олещенко Елена Михайловна

I ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность избранной темы. Почти во всех странах мира в дорожном движении наблюдается рост числа двухколесных механических транспортных средств (ДМТС, мотоциклов, ТС категории L₃). В связи с этим возросло число жертв и тяжело раненных в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП). В большинстве своем ДТП это – результат многих обстоятельств, которые образуют совокупности различных причин и следствий. Установление фактических причин, приведших к аварии, и обстоятельств им способствующих, является одной из важных задач обеспечения безопасности движения.

За последние десятилетия, с одной стороны, конструкции двухколесных механических транспортных средств значительно усовершенствованы, поэтому требуется приведение в соответствии с ними аналитического аппарата оценки параметров процесса их торможения. С другой стороны, в действующей экспертной практике анализа ДТП при проведении расчетов продолжают использоваться оценки времени нарастания замедления и установившегося замедления для мотоциклов отечественного производства прошлых лет, которые на сегодняшний день по возрасту практически не участвуют в дорожном движении. Оба этих обстоятельства требуют переработки, уточнения и формирования обновленной расчетной базы оценки процессов торможения ДМТС с целью повышения достоверности такой оценки при проведении экспертизы ДТП – для задач установления соответствия либо несоответствия действий водителей требованиям правил дорожного движения (ПДД), обоснования причин возникновения аварийных ситуаций, оценки наличия либо отсутствия технической возможности у водителя ДМТС предотвратить ДТП. Решение всех перечисленных задач может быть обеспечено отсутствующими в настоящее время эффективными методиками их расчетной (количественной) оценки.

Работа посвящена уточнению методики реконструкции ДТП, основанной на оценке параметров процесса торможения ДМТС, которая обеспечила бы учет типа тормозной системы мотоцикла, наличие антиблокировочной системы (АБС), величину нагрузки на мотоцикл, режима торможения, состояния и типа дорожного покрытия.

Степень разработанности темы исследования. Исследованиями по вопросам реконструкции ДТП занимались многие ученые, среди которых: Иларионов В.А., Бекасов В.А., Зотов Б.Л., Боровский Б.Е., Балакин В.Д., Кристи Н.М., Евтюков С.А., Суворов Ю.Б., Добромиров В.Н., Васильев Я.В., Сильянов В.В., Рябоконт Ю.А., Федотов В.Н., Грушецкий С.М. и многие другие, а так же зарубежные специалисты, среди которых: Severy, D., Brink, H., Blaisdell, Hurt, H.H., Ouellet, J.V., Thom, D.R., Fricke, Lynn B., Riley, Warner W., Brown, John F., Obenski, Kenneth S., Niederer, Peter F. и многие другие, однако существующие проблемы, возникающие при проведении реконструкции ДТП с участием ДМТС, в работах перечисленных авторов не были решены.

Недостатки существующей, общепринятой методики расчета скорости движения ДМТС при торможении, созданной в 60-х годах прошлого века и применяемой до сих пор в Российской Федерации состоят в том, что предусматривается расчет скорости движения ДМТС по следам торможения, в результате имеет место «занижение» оценки расчетной скорости движения.

Экспертная практика показывает, что фактическая скорость движения ДМТС к моменту начала торможения, оказывается выше расчетной, т.к. эксперты уже заведомо используют заниженные, осредненные значения установившегося замедления и времени его нарастания до установившегося значения замедления.

В существующей методике расчёта скорости движения, тормозного и остановочного пути, времени торможения, удаления от места столкновения в момент возникновения опасности для движения не учитывается так же влияние на получаемые оценки установившегося замедления ДМТС и времени его нарастания наличие антиблокировочной системы (АБС), типа тормозной системы мотоцикла и переменной степени его нагрузки.

Опыт экспертной деятельности позволяет утверждать, что в вышеприведенном контексте, методика оценки параметров процесса торможения при реконструкции ДТП, учитывающая вышеперечисленные особенности конструкции ДМТС и режимы движения в процессе торможения, при ее максимальной адаптации к исследуемому ДТП в целом, дает возможность приведения ее в соответствие с уровнем современного технического оснащения ДМТС, способным существенно повысить точность получения оценок параметров процесса торможения и объективность этих оценок.

Цель исследования заключается в уточнении методики реконструкции ДТП по параметрам процесса торможения двухколесных механических транспортных средств, способной повысить достоверность расчетов и объективность выводов экспертных исследований.

Задачи исследования:

- провести исследования действующих приемов анализа аварийности с участием двухколесных механических транспортных средств и выявить полное множество факторов, способствующих ее снижению;
- обосновать массив исходных данных для моделирования ДТП, учитывающего конструктивные особенности ДМТС;
- установить закономерности влияния типа и состояния дорожного покрытия, типа тормозной системы ДМТС (комбинированной либо независимой), переменной степени нагрузки, наличия АБС и типа (режима) торможения на формирование величины установившегося замедления и времени его нарастания;
- разработать методику реконструкции ДТП по параметрам процесса торможения ДМТС, учитывающей уточненные значения исходных данных и выявленные закономерности взаимодействия мотоцикла с дорожной поверхностью.

Объект исследования – двухколесные механические транспортные средства (ТС категории L₃, мотоциклы), оснащенные и не оснащенные АБС, с независимым и комбинированным типом тормозной системы.

Предмет исследования – процессы торможения двухколесных механических транспортных средств.

Научная новизна исследования заключается в достижении следующих результатов:

1. Уточнена методика механизма реконструкции ДТП средствами корректировки действующих нормативных (осредненных) значений установившегося замедления, времени его нарастания с учетом типа тормозной системы ДМТС, степени его нагрузки, типа и состояния дорожного покрытия, наличия АБС и режима торможения, т.е. методика, представляющая собой совокупность решения всех перечисленных частных задач, обеспечивающих достижение общей цели диссертационного исследования – создание уточненной методики реконструкции ДТП, по параметрам процесса торможения ДМТС.

2. Экспериментально подтверждено влияние вышеперечисленных дополнительных факторов на формирование величины установившегося замедления и времени его нарастания в процессе экстренного торможения ДМТС.

3. Разработаны эмпирические модели определения установившегося замедления и времени его нарастания при различных режимах торможения, степени нагрузки ДМТС, наличии АБС и состояниях дорожного покрытия, позволяющие повысить точность и достоверность результатов расчетов при реконструкции ДТП с участием мотоциклов.

4. Разработан алгоритм определения коэффициентов, корректирующих величину установившегося замедления (K_j) и времени его нарастания (K_i), в зависимости от типа тормозной системы ДМТС, переменной степени его нагрузки, типа и состояния дорожного покрытия, наличия АБС и режима торможения.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что результат выполненной работы, используемый при расчетной оценке параметров процесса торможения ДМТС и обеспечивающий учет факторов, влияющих на формирование величины установившегося замедления ДМТС и времени его нарастания, обеспечивает аналитическую базу повышения точности и достоверности механизма реконструкции ДТП.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в применении уточненной методики реконструкции ДТП по параметрам процесса торможения ДМТС в практической сфере деятельности автотехнических экспертов, при реконструкции механизма ДТП с их участием; в модернизации и увеличении доказательной базы при исследовании механизма ДТП, в частности установлении обоснованности и правомерности выбора скорости движения водителями ДМТС; в повышении качества проводимых автотехнических исследований и улучшении уровня подготовки экспертов по анализу дорожно-транспортных происшествий.

Методология и методы диссертационного исследования.

Методологической основой диссертационного исследования является реконструкция механизмов дорожно-транспортных происшествий с участием ДМТС, математические и статистические методы обработки данных экспериментальных исследований, регрессионный анализ экспериментальных исследований, а так же рекомендуемые методы расчета параметров торможения ДМТС.

Положения, выносимые на защиту:

- расчетные зависимости параметров процесса торможения ДМТС, учитывающие тип тормозной системы, переменную степень их нагрузки, тип и состояние дорожного покрытия, наличие АБС и режим торможения;
- экспериментально установленные закономерности влияния на процесс торможения мотоциклов таких факторов, не учитываемых в действующей практике, как тип тормозной системы ДМТС, величина нагрузки на мотоцикл, режим торможения, наличие АБС, состояние дорожного покрытия;
- разработанные эмпирические модели определения установившегося замедления и времени его нарастания при различном режиме торможения, степени нагрузки ДМТС, наличии АБС и состоянии дорожного покрытия;
- алгоритм определения величины коэффициентов, корректирующих величину установившегося замедления (K_j) и времени его нарастания (K_i).

Область исследования соответствует паспорту научной специальности 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта, а именно п.7 «Исследования в области безопасности движения с учетом технического состояния автомобиля, дорожной сети, организации движения автомобилей; проведение дорожно-транспортной экспертизы».

Степень достоверности результатов базируется на использовании обоснованных исследований современных российских и зарубежных ученых, формировании ограничений и допущений, принятых в ходе проведения исследований, корректном планировании экспериментов, метрологической оценкой результатов экспериментов, применением методов математического, статистического и системного анализа при оценке погрешности результатов, допустимой сходимостью результатов экспериментальных исследований, применением поверенного оборудования, подтверждением результатов путем проведения сравнительных расчетов параметров торможения ДМТС, на примере реконструкции реальных ДТП.

Апробация результатов. Основные теоретические положения и выводы диссертационной работы были представлены на международных научно-практических конференциях: международной научно-технической конференции «Строительная наука – 2014: образование, практика, теория, инновации» (г. Архангельск, 2014 год); 70-й научной конференции профессорско-преподавательского состава СПбГАСУ (Санкт-Петербург, 2014 год); III международной научно-практической конференции «Инновации на транспорте и в машиностроении» (Национальный

минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург 2015 год); 68-ой научно-технической конференции преподавателей, научных работников, аспирантов и студентов (Санкт-Петербург, 2015 год); международной научно-практической конференции «Информационные технологии и инновации на транспорте» на базе ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК» (г. Орел, 2015 год); международной научно-технической конференции «Строительная наука – XXI век: образование, теория, практика, инновации Северо-арктическому региону» (г. Архангельск, 2015 год).

Разработанная методика реконструкции ДТП по параметрам процесса торможения ДМТС используется в экспертной практике Институтом безопасности дорожного движения, страховым публичным акционерным обществом «РЕСО-Гарантия», с целью повышения качества экспертных исследований при реконструкции механизма дорожно-транспортных происшествий. Организациями представлены акты о внедрении научных результатов.

Результаты диссертационной работы внедрены в ЦПК ИБДД СПбГАСУ при подготовке по программам «Эксперт-техник по независимой технической экспертизе ТС», «Судебная инженерно-техническая экспертиза», а так же используются в учебном процессе при подготовке по специальностям «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» и «Организация и безопасность движения».

Работа выполнена в рамках гранта администрации Санкт-Петербурга для аспирантов, молодых ученых, молодых кандидатов наук в 2014 году (Диплом серии ПСП №14058).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ, общим объемом 3,6 п.л., в том числе 7 статей опубликованы в научных журналах, включенных в перечень, утвержденный ВАК РФ.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация изложена на 159 страницах печатного текста, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 131 источник, и десяти приложений на 44 страницах. В работе представлено 47 рисунков, 29 таблиц и 46 формул.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель и задачи исследования, обоснована научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе выполнен анализ факторов и показателей аварийности на территории Российской Федерации с участием двухколесных транспортных средств, обоснованы проблемы проведения автотехнических исследований с их участием, выполнен анализ основных параметров перемещения ДМТС на стадиях «сближение-контакт-разлет», анализ моделей расчета динамических показателей движения ДМТС, обоснована цель и задачи исследования.

Во второй главе проведены теоретические исследования методов определения скорости движения ДМТС при ДТП, оценена погрешность

расчетов данных методов, рассмотрено применение нормативных и экспериментально-расчетных значений параметров торможения ДМТС в экспертной практике, определена необходимость экспериментального уточнения значения установившегося замедления, времени его нарастания, и определения по результатам исследований перечня факторов, необходимых для учета и корректировки нормативных значений, указанных выше тормозных параметров.

В третьей главе представлены исследования по определению коэффициента сцепления в продольном направлении перед каждой серией испытаний ДМТС на торможение, экспериментально определены фактические значения установившегося замедления и времени его нарастания для ДМТС с различной тормозной системой, на дорожных покрытиях с различным коэффициентом сцепления при переменной степени нагрузки, на различных режимах торможения с АБС и без нее.

По результатам математической обработки полученных результатов исследований, установлена зависимость установившегося замедления и времени его нарастания от введенных в методику дополнительных факторов. Разработан алгоритм определения коэффициентов, корректирующих величину установившееся замедления (K_j) и времени его нарастания (K_i), позволяющий использовать его для программ машинной обработки и решения задач разработанной методики.

В четвертой главе показана практическая значимость уточненной методики реконструкции ДТП по параметрам процесса торможения ДМТС, которая повышает достоверность расчетов, а так же объективность оценки экспертом, реконструирующим ДТП, соответствия действий водителей требованиям ПДД РФ, при определении наличия или отсутствия у них технической возможности предотвратить ДТП.

II ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИССЕРТАЦИИ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Уточнена методика механизма реконструкции ДТП средствами корректировки действующих нормативных (осредненных) значений установившегося замедления, времени его нарастания с учетом типа тормозной системы ДМТС, степени его нагрузки, типа и состояния дорожного покрытия, наличия АБС и режима торможения, т.е. методика, представляющая собой совокупность решения всех перечисленных частных задач, обеспечивающих достижение общей цели диссертационного исследования – создание уточненной методики реконструкции ДТП, по параметрам процесса торможения ДМТС.

Проведенный анализ недостатков действующей методики расчетной оценки таких основных параметров как: остановочный путь ДМТС (S_0), скорость движения перед торможением (V_a), удаление ДМТС от места столкновения (S_y), остановочное время (T_0), допустимая скорость движения по условию видимости ($V_{дв}$), традиционно применяемых при реконструкции

ДТП позволил установить, что при выборе нормативных значений установившегося замедления и времени его нарастания не учитывается тип тормозной системы ДМТС, промежуточная степень их нагрузки, наличие АБС, влияющих на формирование значений параметров процесса торможения.

Результаты сравнительной оценки соответствия требованиям дня значений установившегося замедления и времени его нарастания, одобренных и рекомендованных Научно-методическим советом по судебной автотехнической экспертизе при ВНИИСЭ МЮ СССР и введенных в действие с 01.01.1991, а так же установленных ГОСТ 41.78-2001 – и значений, полученных в экспериментальных исследованиях установлено, что величина времени нарастания замедления и установившегося замедления ДМТС значительно занижена. Это связано с тем, что применяемые нормативные значения были установлены без учета значительных изменений конструкции ДМТС, их надежности и других функциональных свойств. В российской экспертной практике эти новые качества конструкций ДМТС не нашли своего отражения в расчетных зависимостях, рекомендуемых к применению при расследовании и реконструкции механизма ДТП при определении остановочного пути, удаления ДМТС от места столкновения, расчета скорости движения в момент начала торможения, остановочного времени, допустимой скорости движения по условию видимости.

В ходе проведения экспериментальных исследований, проведена оценка влияния указанных выше факторов на формирование значения установившегося замедления (j) и времени его нарастания до установившегося значения замедления (t_3), обоснована необходимость учета в расчетных зависимостях наличия либо отсутствия АБС, типа тормозной системы, переменной степени нагрузки ДМТС, режима торможения, в зависимости от состояния дорожного покрытия на момент возникновения ДТП. В этой связи, при выборе значения установившегося замедления и времени его нарастания показана целесообразность введения экспериментальных коэффициентов K_j и K_i , корректирующих величину установившегося замедления и времени его нарастания с учетом режима торможения, типа тормозной системы ДМТС, состояния и типа дорожного покрытия, наличия АБС и переменной степени нагрузки ДМТС. Расчетные зависимости для вычисления параметров процессов торможения при реконструкции механизма ДТП, с учетом указанных факторов примут вид:

- остановочный путь ДМТС, м:

$$S_o = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3 \cdot K_i) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26,0 \cdot j \cdot K_j} ; \quad (1)$$

- скорость ДМТС в начале торможения при наличии зафиксированных следов торможения, км/ч:

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

- удаление ДМТС от места столкновения, м:

$$S_y = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3 \cdot K_i) \cdot \frac{V_a}{3,6} + S_t; \quad (3)$$

- остановочное время ДМТС, с:

$$T_o = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3 \cdot K_i) + \frac{V_a}{3,6 \cdot j \cdot K_j}; \quad (4)$$

- допустимая скорость движения ДМТС по условиям видимости, км/ч:

$$V_{дв} = 3,6 \cdot \sqrt{(j \cdot K_j \cdot (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3 \cdot K_i))^2 + 2 \cdot j \cdot K_j \cdot S_{\text{в}} - 3,6 \cdot j \cdot K_j \cdot (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3 \cdot K_i)}, \quad (5)$$

где K_j – поправочный коэффициент, формирующий величину установившегося замедления ДМТС; K_i – поправочный коэффициент, формирующий величину времени нарастания замедления ДМТС до установившегося значения; t_1 – время реакции водителя, с; t_2 – время срабатывания тормозного привода, с; t_3 – время нарастания замедления до установившегося, с; j – установившееся замедление м/с²; S_t – тормозной след ДМТС от его начала до места столкновения, м; V_a – скорость движения в момент принятия решения о торможении; $S_{\text{ю}}$ – следы торможения, м; $S_{\text{в}}$ – видимость с места водителя.

Анализируя результаты экспериментальных исследований установившегося замедления (j) и времени его нарастания (t_3) установлено, что их фактическая величина у большинства современных ДМТС существенно превышает нормативные значения, рекомендуемые к использованию при проведении автотехнических исследований. При расчете технической возможности у водителя ДМТС предотвратить ДТП, целесообразно использовать не нормативную величину установившегося замедления и времени его нарастания, а величину фактически установленную в ходе экспериментальных исследований ДМТС такой же марки (если непосредственно после ДТП ДМТС обездвижено), т.е. нужно иметь табличные данные тормозных параметров по каждой модели ДМТС.

Разработанная система моделей количественной оценки параметров процесса торможения ДМТС позволяет обосновать блок-схему элементов организации экспериментальных исследований процесса торможения различных марок ДМТС для задач исследования влияния величины коэффициента продольного сцепления колес с дорожной поверхностью, типа тормозной системы ДМТС, режима торможения, степени нагрузки ДМТС, а так же наличия АБС на формирование величины установившегося замедления и времени его нарастания. Определение тормозных параметров способно обеспечить уточнение расчетных зависимостей, применяемых при реконструкции механизма ДТП и снизить величину ошибки количественной оценки параметров торможения (рисунок 1).

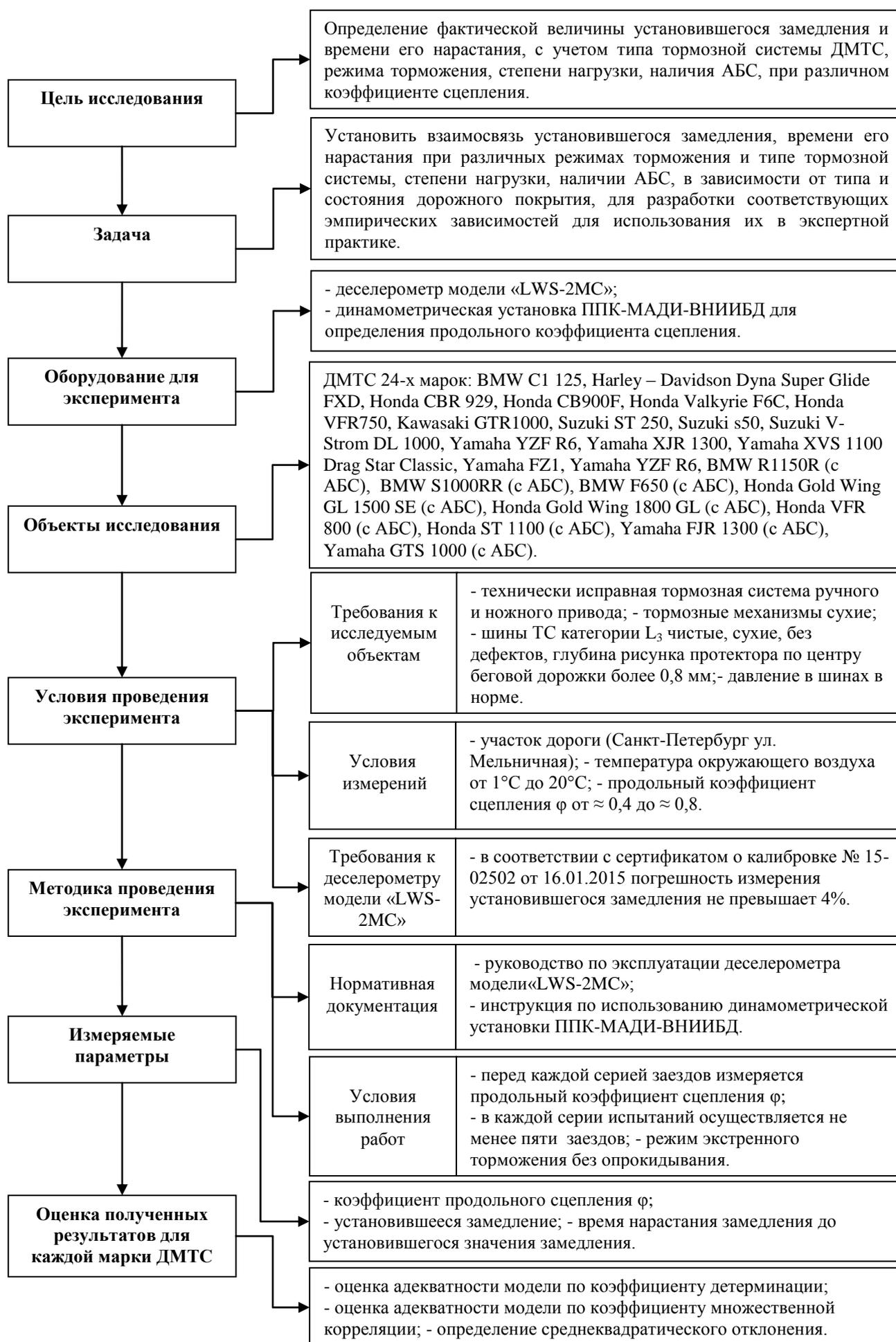


Рисунок 1 – Блок-схема организации и обеспечения оценки полученных результатов экспериментальных исследований процесса торможения ДМТС

Общий вид одного из исследуемых ДМТС и внешний вид деселерометра модели «LWS-2МС» (рисунок 2).

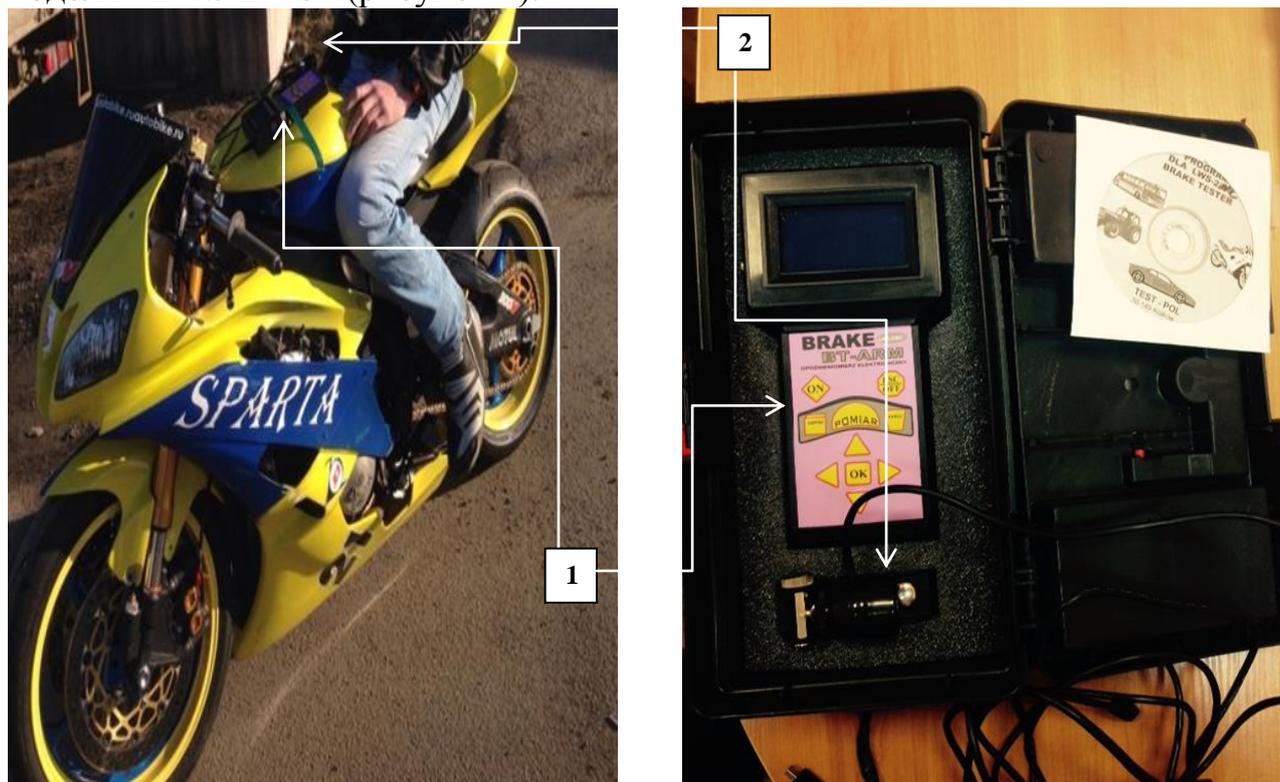


Рисунок 2 – Общий вид исследуемого мотоцикла марки Yamaha YZF R6
1 – деселерометр модели «LWS-2МС», 2 – датчик ускорения

Корректность уточненной методики реконструкции ДТП с использованием результатов экспериментов на моделях-оригиналах обеспечит уточнение рассчитываемых параметров с высокой точностью (достоверность подтверждена математической оценкой полученных результатов).

Экспериментальные данные рекомендуются к использованию экспертами при выборе значений установившегося замедления и времени его нарастания в ситуациях, когда невозможно проведение эксперимента в дорожных условиях.

Введенные уточнения расчетных зависимостей для определения остановочного пути ДМТС (S_0), скорости движения в начале торможения (V_a), удаления ДМТС от места столкновения (S_y), остановочного времени (T_0), допустимой скорости движения по условию видимости ($V_{дв}$), позволяют повысить точность и достоверность, а так же объективность оценки экспертом по анализу ДТП, действий водителя с точки зрения наличия или отсутствия у него технической возможности предотвратить ДТП.

2. Экспериментально подтверждено влияние вышеперечисленных дополнительных факторов на формирование величины установившегося замедления и времени его нарастания в процессе экстренного торможения ДМТС.

Тормозные испытания проводились на 24 мотоциклах шести марок. В качестве примера представлены результаты измерения установившегося замедления мотоцикла марки BMW S1000RR с комбинированной тормозной системой (КТС) при включенной и выключенной АБС, а так же результаты

измерения среднего значения времени нарастания замедления ДМТС с независимой тормозной системой (НТС) без АБС (таблица 1-3).

Таблица 1 – Экспериментальные значения установившегося замедления мотоцикла марки BMW S1000RR (2009 г.в.) с КТС при включенной АБС, j , м/с²

BMW S1000RR, АБС включено										
Нагрузка φ	Снаряж. масса		Снаряж. масса + 20 кг		Снаряж. масса + 40 кг		Снаряж. масса + пассажир		Снаряж. масса + пассажир + 20 кг	
	р	н	р	н	р	н	р	н	р	н
	Тип торможения									
0,4	7,5	6,4	7,4	6,3	7,1	6,0	6,9	5,9	6,7	5,7
0,5	7,5	6,5	7,5	6,3	7,5	6,4	7,8	6,1	7,1	5,7
0,6	8,3	6,9	8,3	6,8	7,6	6,9	7,8	6,5	7,5	6,4
0,7	8,9	7,6	8,9	8,1	8,3	7,9	8,5	7,8	8,5	7,2
0,8	9,3	8,7	9,3	8,6	9,2	8,4	8,9	8,0	8,7	7,7

Таблица 2 – Экспериментальные значения установившегося замедления мотоцикла марки BMW S1000RR (2009 г.в.) с КТС при выключенной АБС, j , м/с²

BMW S1000RR, АБС выключено										
Нагрузка φ	Снаряж. масса		Снаряж. масса + 20 кг		Снаряж. масса + 40 кг		Снаряж. масса + пассажир		Снаряж. масса + пассажир + 20 кг	
	р	н	р	н	р	н	р	н	р	н
	Тип торможения									
0,4	6,3	5,5	6,2	5,5	6,1	5,3	5,8	5,0	5,7	4,9
0,5	6,6	5,9	6,5	5,5	6,3	5,8	5,9	5,3	5,8	5,0
0,6	7,4	6,4	7,0	6,3	6,9	6,3	6,4	5,8	6,3	5,5
0,7	7,9	7,2	7,8	6,8	7,5	6,9	7,3	6,4	7,1	5,9
0,8	8,1	7,3	8,0	7,0	7,8	6,9	7,5	6,5	7,3	6,0

Таблица 3 – Средние значения времени нарастания замедления ДМТС с НТС без АБС,

t_3 , с

Нагрузка φ	Снаряж. масса			Снаряж. масса + 20 кг			Снаряж. масса + 40 кг			Снаряж. масса + пассажир			Снаряж. масса + пассажир + 20 кг		
	р	н	к	р	н	к	р	н	к	р	н	к	р	н	к
0,4	0,2	0,4	0,4	0,25	0,4	0,45	0,25	0,4	0,4	0,25	0,4	0,4	0,25	0,4	0,4
0,5	0,25	0,45	0,45	0,25	0,45	0,5	0,35	0,4	0,45	0,35	0,45	0,45	0,35	0,45	0,45
0,6	0,3	0,55	0,55	0,3	0,50	0,55	0,3	0,55	0,5	0,35	0,55	0,5	0,4	0,55	0,5
0,7	0,45	0,55	0,65	0,45	0,6	0,65	0,45	0,55	0,65	0,45	0,55	0,65	0,45	0,55	0,65
0,8	0,5	0,6	0,65	0,5	0,65	0,65	0,5	0,7	0,7	0,5	0,7	0,75	0,5	0,65	0,75

Характер изменения величины замедления и времени его нарастания на примере мотоцикла марки Yamaha XVS 1100 Drag Star Classic при комбинированном режиме торможения, коэффициенте сцепления $\varphi \approx 0,8$, в снаряженном состоянии, получен в ходе проведения экспериментов и представлен в виде диаграммы торможения (рисунок 3).



$t_{уст}$ - время торможения с установившимся замедлением, с t_n - время нарастания замедления, с t_p - время растормаживания, с

Рисунок 3 – Тормозная диаграмма мотоцикла марки Yamaha XVS 1100 Drag Star Classic при комбинированном режиме торможения и снаряженной массе, $\varphi \approx 0,8$

Из тормозной диаграммы на рисунке 3 следует, что фактическая величина установившегося замедления мотоцикла марки Yamaha XVS 1100 Drag Star Classic при комбинированном режиме торможения, коэффициенте сцепления $\varphi \approx 0,8$, в снаряженном состоянии на 22% больше нормативного значения, при этом значение времени нарастания замедления до установившегося значения замедления в 4 раза превышает нормативное значение.

С целью дальнейшего определения корректирующих коэффициентов K_j и K_t , из диаграмм торможения, для исследуемых типов мотоциклов были получены фактические значения установившегося замедления и времени его нарастания ($j_{уст}$, t_3) с учетом типа тормозной системы ДМТС, режима торможения, степени нагрузки, наличия АБС, при различном коэффициенте сцепления.

3. Разработаны эмпирические модели определения установившегося замедления и времени его нарастания при различных режимах торможения, степени нагрузки ДМТС, наличии АБС и состояниях дорожного покрытия, позволяющие повысить точность и достоверность результатов расчетов при реконструкции ДТП с участием мотоциклов.

На основании экспериментальных данных, по каждому исследуемому ДМТС определен характер изменения установившегося замедления и времени его нарастания при различной степени нагрузки, режиме торможения и наличии АБС, в зависимости от состояния дорожного покрытия. На рисунке 4-6 приведены полученные в исследовании темы диссертации номограммы, позволяющие определить исследуемый параметр (t_3 , $j_{уст}$) в зависимости от коэффициента продольного сцепления (φ) на примере мотоцикла марки BMW S1000RR и мотоцикла марки Suzuki ST250.

Изменение величины установившегося замедления при различных режимах торможения обусловлено меняющимся распределением тормозного

усилия между передним и задним колесом мотоцикла. Аналогичные номограммы определены для других марок исследуемых мотоциклов.

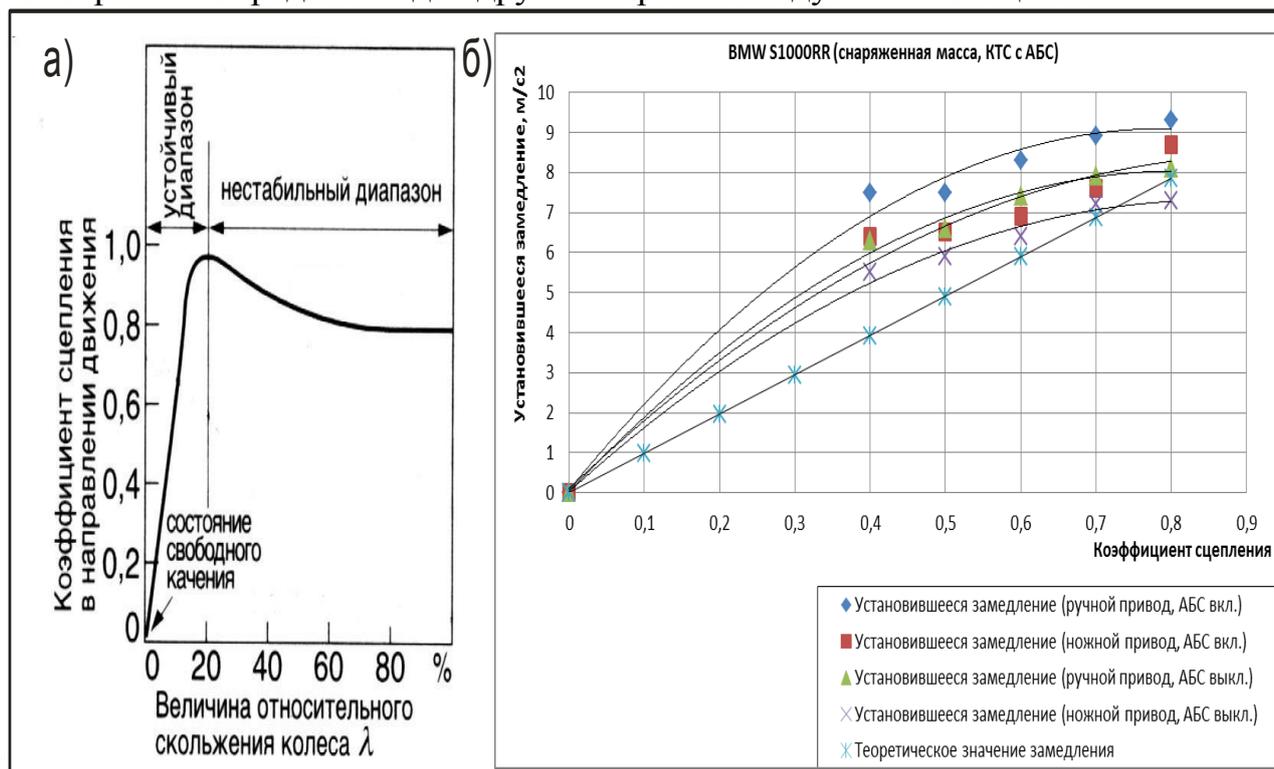


Рисунок 4 – а) теоретический характер изменения коэффициента сцепления в зависимости от величины относительного скольжения колеса; б) изменение установившегося замедления на примере мотоцикла марки BMW S1000RR при снаряженной массе и различном режиме торможения, в зависимости от коэффициента сцепления

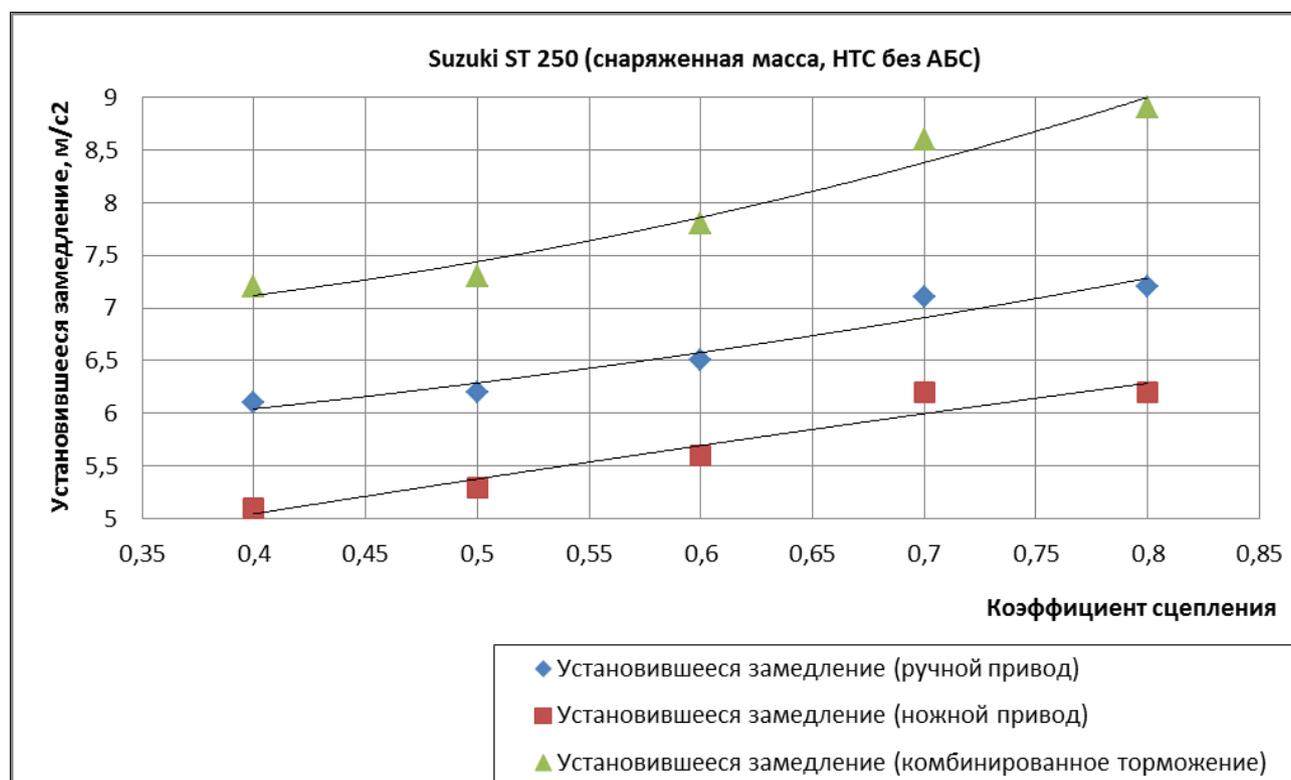


Рисунок 5 – Изменение установившегося замедления на примере мотоцикла марки Suzuki ST250 при снаряженной массе и различном режиме торможения, в зависимости от коэффициента сцепления

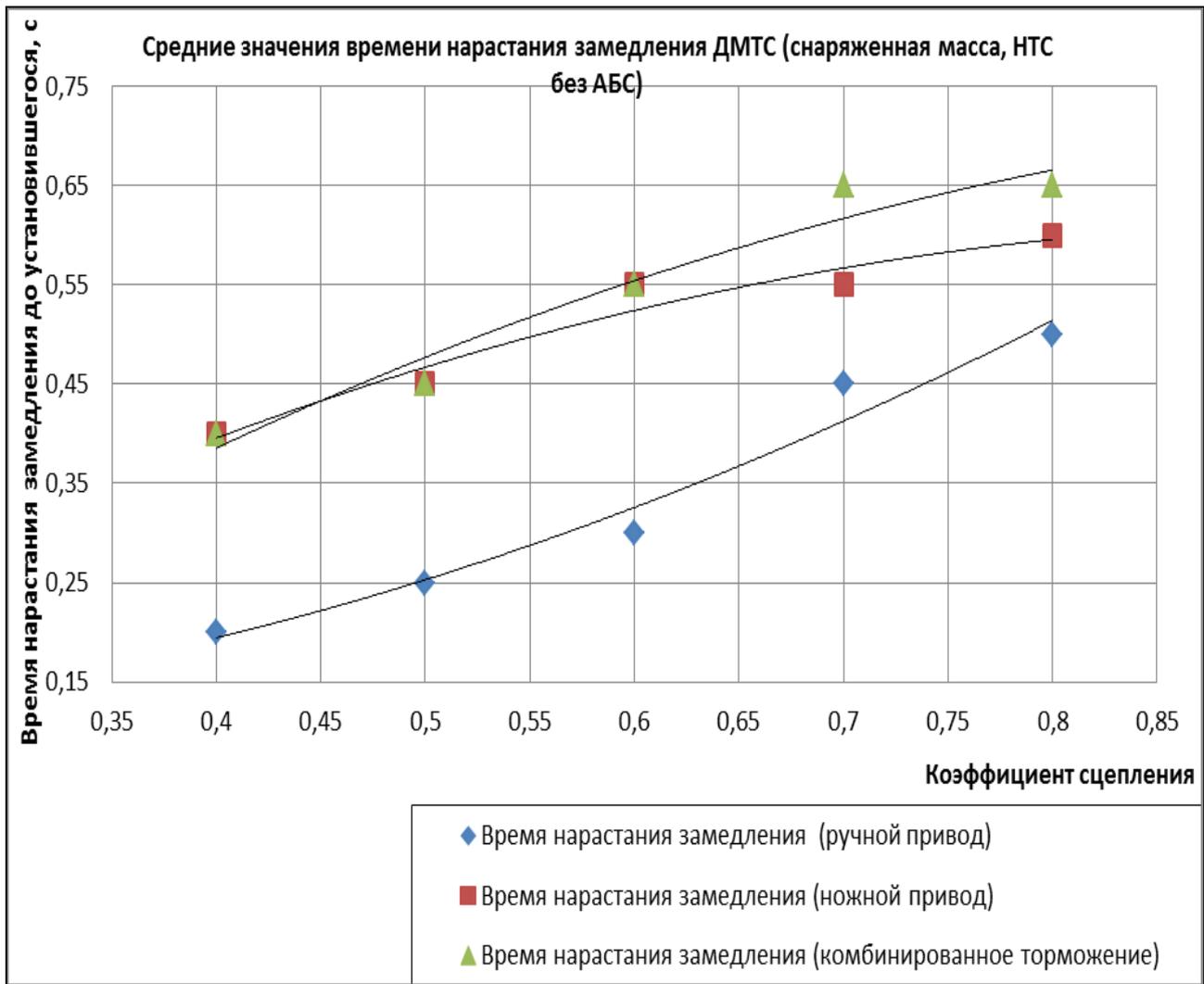


Рисунок 6 – Изменение среднего значения времени нарастания замедления ДМТС с независимой тормозной системой без АБС, при снаряженной массе и различном режиме торможения, в зависимости от коэффициента сцепления

Обработка результатов экспериментальных исследований позволила получить полиномиальные уравнения регрессии, с достоверностью аппроксимации R^2 , колеблющейся в пределах от 0,89 до 0,98, среднеквадратическое отклонение σ в пределах от 0,1523 до 0,2485, что указывает на сходимость и достоверность результатов исследования.

Полученные зависимости на примере мотоцикла марки BMW S1000RR проверялись по коэффициенту детерминации, коэффициенту множественной корреляции и коэффициенту линейной корреляции Пирсона, которые подтвердили адекватность регрессионной модели.

Полученные уравнения регрессии описывают полиномиальные кривые (средние значения), с помощью которых можно получить единичное значение установившегося замедления, времени его нарастания для любого типа тормозной системы, режима торможения ДМТС, степени его нагрузки и наличия АБС, в зависимости от состояния дорожного покрытия (таблица 4).

Таблица 4 – Примеры уравнений регрессии значений установившегося замедления мотоцикла марки BMW S1000RR и уравнений регрессии среднего значения времени нарастания замедления ДМТС с НТС без АБС

№	Параметры измерения	Рис.	Уравнения регрессии, $y=f(x)$	Достоверность аппроксимации, R^2
1	$J_{уст}$ – ручной привод (АБС вкл.), снаряж. масса	4	$y = 4,2857x^2 - 0,1429x + 6,7571$	0,9567
2	$J_{уст}$ – ножной привод (АБС вкл.), снаряж. масса	4	$y = -3,5714x^2 + 9,1857x + 3,1057$	0,9706
3	$J_{уст}$ – ручной привод (АБС выкл.), снаряж. масса	4	$y = 16,429x^2 - 14,014x + 9,3857$	0,9697
4	$J_{уст}$ – ножной привод (АБС выкл.), снаряж. масса	4	$y = -2,1429x^2 + 7,4714x + 2,7914$	0,9661
5	t_3 – ручной привод, снаряж. масса	6	$y' = -0,7143x^2 + 1,5571x - 0,1229$	0,956
6	t_3 – ножной привод, снаряж. масса	6	$y' = -0,7143x^2 + 1,3571x - 0,0329$	0,9524
7	t_3 – комбинированное торможение, снаряж. масса	6	$y' = 0,7143x^2 - 0,0571x + 0,1029$	0,9659

где x – коэффициент продольного сцепления, y – установившееся замедление, m/c^2 , y' – время нарастания замедления, с.

Практическая значимость уравнений регрессии заключается в возможности их использования для определения величины установившегося замедления и времени его нарастания для различного типа тормозной системы, режима торможения ДМТС, степени его нагрузки и наличия АБС при заданном коэффициенте сцепления в ситуациях, когда исследование или проведение следственного эксперимента для определения величины установившегося замедления и времени его нарастания не представляется возможным, из-за полученных в результате ДТП повреждений.

4. Разработан алгоритм определения коэффициентов, корректирующих величину установившегося замедления (K_j) и времени его нарастания (K_i), в зависимости от типа тормозной системы ДМТС, переменной степени его нагрузки, типа и состояния дорожного покрытия, наличия АБС и режима торможения.

Из экспертной практики известно, что в большинстве случаев не представляется возможным определить фактическое значение установившегося замедления и времени его нарастания ($y_{\phi j}$) и ($y_{\phi i}$) на момент ДТП. В таких случаях, в рамках решения краевой задачи, рекомендуется нормативные, справочные значения замедления (y_{nj}) и времени его нарастания (y_{ni}) сравнивать с рекомендуемыми (y_{pj}) и (y_{pi}), полученными автором в ходе проведения

экспериментов. Если $(y_n) \geq (y_p)$, то исследуемый тормозной параметр не может повлиять на формирование величины установившегося замедления либо времени его нарастания, а если $(y_n) < (y_p)$, то исследуемый тормозной параметр оказывает влияние на формирование величины установившегося замедления, либо времени его нарастания. Алгоритм определения корректирующих коэффициентов K_i, K_j (рисунок 7).

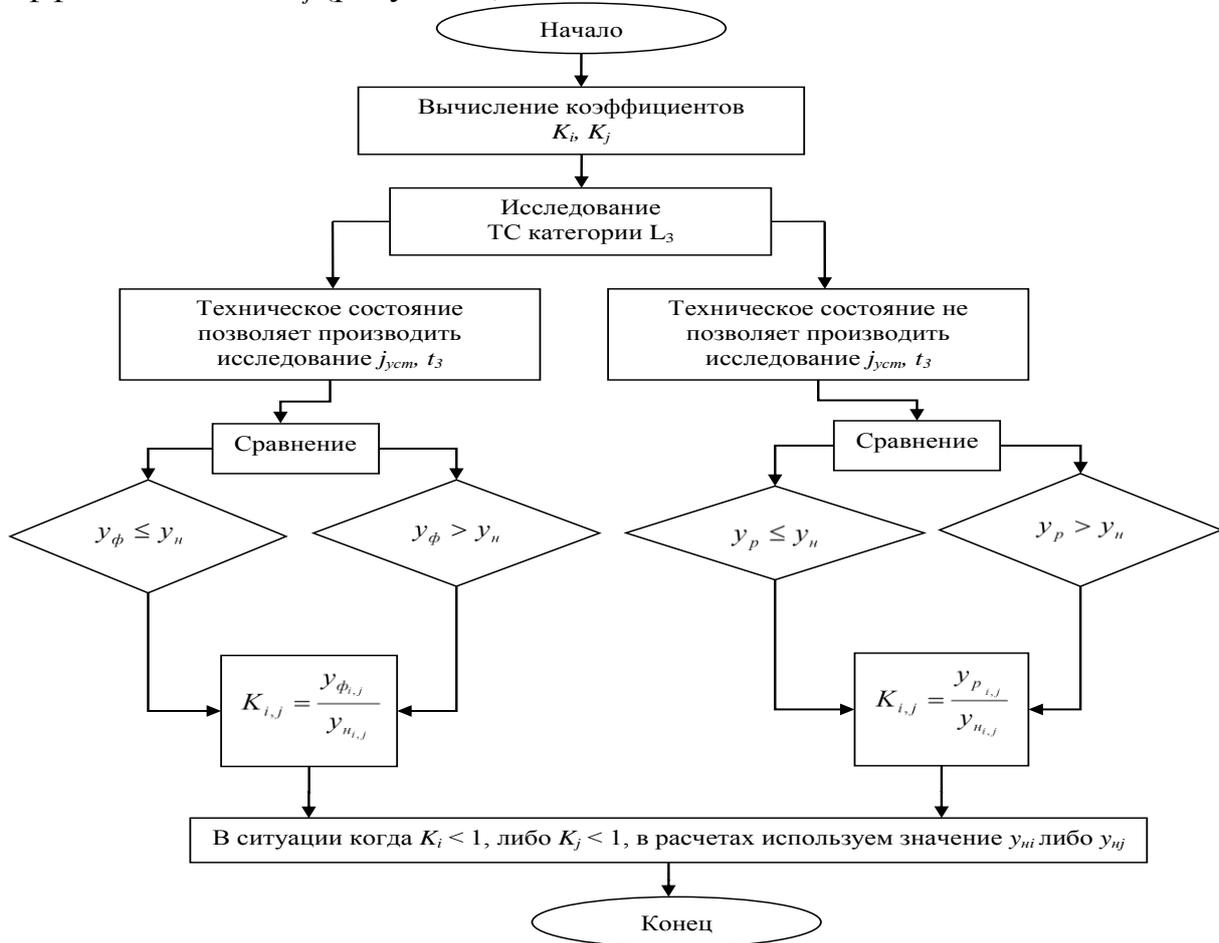


Рисунок 7 – Алгоритм определения коэффициентов K_j и K_i , корректирующих нормативное значение установившееся замедления и время его нарастания

При наличии возможности определения фактического значения установившегося замедления ТС категории L_3 и времени его нарастания непосредственного после ДТП, коэффициент $K_{i,j}$ вычисляется по зависимости:

$$K_{i,j} = \frac{y_{\phi,i,j}}{y_{n,i,j}}. \quad (6)$$

В случае отсутствия возможности определения фактического значения установившегося замедления ТС категории L_3 и времени его нарастания непосредственного после ДТП, коэффициент $K_{i,j}$ вычисляется по зависимости:

$$K_{i,j} = \frac{y_{p,i,j}}{y_{n,i,j}}. \quad (7)$$

Из анализа полученных экспериментальных значений установившегося замедления и времени его нарастания, автором обоснована целесообразность

введения корректирующих коэффициентов K_i , K_j учитывающих тип тормозной системы ДМТС, тип и состояние дорожного покрытия, переменную степень нагрузки, наличие АБС и режим торможения.

Примеры усредненных корректирующих коэффициентов K_i , K_j для ДМТС с НТС без АБС (таблица 5-6).

Таблица 5 – Коэффициент K_j , корректирующий значение установившегося замедления ДМТС с НТС без АБС

Нагрузка ϕ	Снаряж. масса			Снаряж. масса + 20 кг			Снаряж. масса + 40 кг			Снаряж. масса + пассажир			Снаряж. масса + пассажир + 20 кг		
	Тип торможения														
	р	н	к	р	н	к	р	н	к	р	н	к	р	н	к
0,4	1,7	1,6	1,6	1,7	1,5	1,5	1,7	1,5	1,5	1,6	1,5	1,5	1,5	1,7	1,6
0,5	1,9	1,6	1,5	1,8	1,6	1,2	1,8	1,5	1,3	1,8	1,4	1,4	1,7	1,6	1,4
0,6	2,2	1,7	1,5	2,1	1,7	1,3	2,0	1,6	1,4	1,9	1,6	1,3	1,8	1,6	1,5
0,7	2,3	2,0	1,4	2,3	1,7	1,2	2,0	1,7	1,3	1,9	1,6	1,3	1,8	1,7	1,4
0,8	2,4	2,0	1,3	2,4	1,9	1,3	2,3	1,6	1,3	2,3	1,6	1,2	2,0	1,8	1,4

Таблица 6 – Коэффициент K_i , корректирующий значение времени нарастания замедления ДМТС с НТС без АБС

Нагрузка ϕ	Снаряж. масса			Снаряж. масса + 20 кг			Снаряж. масса + 40 кг			Снаряж. масса + пассажир			Снаряж. масса + пассажир + 20 кг		
	Тип торможения														
	р	н	к	р	н	к	р	н	к	р	н	к	р	н	к
0,4	1,2	2,0	2,0	1,25	2,0	2,25	1,25	2,0	2,0	1,25	2,0	2,0	1,25	2,0	2,0
0,5	1,25	2,25	2,25	1,25	2,25	2,5	1,75	2,0	2,25	1,75	2,25	2,25	1,75	2,25	2,25
0,6	1,5	2,75	2,75	1,5	2,5	2,75	1,5	2,75	2,5	1,75	2,75	2,5	2,0	2,75	2,5
0,7	2,25	2,75	3,25	2,25	3,0	3,25	2,25	2,75	3,25	2,25	2,75	3,25	2,25	2,75	3,25
0,8	2,5	3,0	3,25	2,5	3,25	3,25	2,5	3,5	3,5	2,5	3,5	3,75	2,5	3,25	3,75

Практическая значимость введения корректирующих коэффициентов заключается в повышении точности и достоверности результатов расчетов при реконструкции ДТП с участием ТС категории L₃.

III ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам работы над диссертацией получены следующие выводы и результаты:

1. Проведенные испытания ДМТС на торможение, экспериментально подтвердили влияние АБС на формирование величины установившегося замедления. В среднем, значение установившегося замедления при торможении с АБС выше на 12-16% по сравнению с замедлением, определенным при торможении без АБС.

2. Экспериментально определенные фактические значения установившегося замедления исследуемых ДМТС на дорожном покрытии с различными коэффициентами сцепления позволили установить факт их превышения по сравнению со справочными значениями в среднем на 20-25%; фактические

значения времени нарастания замедления до установившегося значения выше имеющихся справочных значений в среднем в 2-3 раза.

3. Корректировка нормативных (осредненных) значений установившегося замедления и времени его нарастания, позволила уточнить методику реконструкции ДТП в зависимости от типа тормозной системы ДМТС, величины массы ДМТС, типа и состояния дорожного покрытия, наличия АБС и режима торможения.

4. Разработаны модели изменения установившегося замедления и времени его нарастания, обеспечивающие возможность их анализа в зависимости от величины массы ДМТС, режима торможения, наличия АБС и состояния дорожного покрытия;

5. Разработаны и обоснованы эмпирические модели, позволяющие обеспечить возможность определения установившегося замедления и времени его нарастания при различной величине массы ДМТС, режиме торможения, для различных типов коэффициентов сцепления.

6. Обоснован алгоритм определения корректирующих коэффициентов (K_b , K_j), учитывающих влияние типа тормозной системы ДМТС, величины массы ДМТС, типа и состояния дорожного покрытия, наличия АБС и режима торможения, формирующих значение установившегося замедления и времени его нарастания.

7. С учетом полученных выводов и результатов, уточненные параметры торможения в зависимости от выше перечисленных факторов рекомендуется использовать на практике при реконструкции ДТП с участием мотоциклов.

IV ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. **Брылев, И.С.** Определение значения времени нарастания замедления, установившегося замедления двухколесных механических транспортных средств [текст] / И.С. Брылев // Вестник гражданских инженеров СПбГАСУ – 2015. – №3 (50). – С.219-224 (0,4 п.л.).

2. **Брылев, И.С.** Экспериментальные исследования параметров установившегося замедления ДМТС [текст] / И.С. Брылев // Вестник гражданских инженеров СПбГАСУ – 2015. – №2 (49). – С.131-137 (0,5 п.л.).

3. **Брылев, И.С.** Структура и требования к системе автоматического уведомления о ДТП для задач реконструкции механизма ДТП [текст] / И.С. Брылев, С.А. Евтюков, Я.В. Васильев // Вестник гражданских инженеров СПбГАСУ – 2015. – №1 (48). – С.187-193 (0,5 п.л./0,3 п.л.).

4. **Брылев, И.С.** Экспериментальные исследования параметров установившегося замедления и тормозного пути транспортных средств [текст] /И.С. Брылев, С.А. Евтюков// Мир транспорта и технологических машин г. Орел №4, – 2014. – С.125-130 (0,4 п.л./0,3 п.л.).

5. **Брылев, И.С.** Факторы, влияющие на определение тормозного пути в расчетах при проведении экспертизы [текст] / И.С. Брылев, С.А. Евтюков, Н.В.

Сватковский // Вестник гражданских инженеров СПбГАСУ – 2014. – №6 (47). – С.178-182 (0,31 п.л./0,15 п.л.).

6. **Брылев, И.С.** Оценка погрешности расчетов скорости движения мотоциклов на стадии сближения [текст] / И.С. Брылев // Вестник гражданских инженеров СПбГАСУ – 2014. – №6 (47). – С.194-199 (0,41 п.л.).

7. **Брылев, И.С.** Обзор существующих методик расчета скорости двухколесных транспортных средств [электронный ресурс] / И.С. Брылев, С.А. Евтюков // Современные проблемы науки и образования.- 2013.-№6; URL: www.science-education.ru/113-10750 (0,6 п.л./0,4 п.л.)

Публикации в других изданиях:

8. **Брылев, И.С.** Проблемы проведения автотехнических экспертиз с участием мотоциклистов [текст] / И.С. Брылев, С.А. Евтюков // Фундаментальные и прикладные науки North Charleston, SC, USA – 2013. – б/н– С.125-129 (0,31 п.л./0,15 п.л.).

9. **Брылев, И.С.** Экспериментальные исследования факторов, влияющих на значение установившегося замедления двухколесных механических транспортных средств [текст] / И.С. Брылев, С.А. Евтюков // Международная научно-практическая конференция «Информационные технологии и инновации на транспорте» 19-20 мая 2015. г. Орел ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК» С.131-136 (0,41 п.л./0,3 п.л.).

10. **Брылев, И.С.** Погрешность расчета скорости движения ДМТС при ДТП [текст] / И.С. Брылев, С.А. Евтюков // Инновации на транспорте и в машиностроении: сборник трудов III международной научно-технической конференции 2015. г. Санкт-Петербург «Горный институт» С.54-58 (0,31 п.л./0,2 п.л.).

11. **Брылев, И.С.** Определение значения времени нарастания замедления, установившегося замедления мотоциклов [текст] / И.С. Брылев, С.А. Евтюков // Международная научно-техническая конференция «Строительная наука-XXI век: теория, образование, практика, инновации Северо-арктическому региону» г. Архангельск 2015. г. Изд-во ООО «Агентство рекламы РАД», С.129-136 (0,6 п.л./0,5 п.л.).