

На правах рукописи



ГРОМАЛОВА Виктория Олеговна

**УТОЧНЕННАЯ МЕТОДИКА ЭКСПЕРТИЗ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ
ПРОИСШЕСТВИЙ С НАЕЗДОМ АВТОМОБИЛЯ НА ПЕШЕХОДА В
ТЕМНОЕ ВРЕМЯ СУТОК НА ДОРОГАХ, ПОКРЫТЫХ ХИМИЧЕСКИМИ
ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

Специальность 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Иркутск – 2023 г.

Работа выполнена
в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении
высшего образования
«Иркутский национальный исследовательский технический университет»

Научный руководитель

Федотов Александр Иванович,
Заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный
исследовательский технический универ-
ситет», заведующий кафедрой Автомо-
бильного транспорта

Официальные оппоненты

Дорохин Сергей Владимирович,
доктор технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Воронежский государствен-
ный лесотехнический университет им.
Г.Ф. Морозова», декан Автомобильного
факультета (г. Воронеж)

Масленников Василий Геннадьевич,
кандидат технических наук,
ФГБОУ ВО «Забайкальский государ-
ственный университет», доцент кафедры
Транспортных и технологических систем
(г. Чита)

Ведущая организация

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный
автомобильно-дорожный университет»

Защита состоится «16» февраля 2024 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета ИРНТУ.05.01, созданного на базе ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», по адресу: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, корпус «К», конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» и на официальном сайте: <https://www.istu.edu/deyatelnost/nauka/dissertatsii/elementy/>

Отзывы на автореферат (два экземпляра, заверенные гербовой печатью организации) направлять в адрес диссертационного совета ИРНТУ.05.01:

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, аудитория К-115;

е-mail: ds.05.01@istu.edu; телефон: **8-(3952) 40-56-89**; факс: **8-(3952) 40-51-00**

Автореферат разослан: «22» декабря 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета ИРНТУ.05.01,
кандидат технических наук



Яньков Олег Сергеевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В России из года в год увеличивается парк колесных транспортных средств (КТС). При этом на автомобильных дорогах всего за три дня погибших и пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) людей больше, чем на протяжении всего года на других видах транспорта. Это указывает на то, что автомобильный транспорт является одним из самых опасных видов транспорта.

Согласно статистическим данным, большое число дорожно-транспортных происшествий связано с наездом и гибелью пешеходов на зимних дорогах в темное время суток, в условиях плохой видимости. При этом зимний период является преобладающим по продолжительности в большинстве регионов Российской Федерации. В большей части зимнего периода дороги России характеризуются зимней скользкостью, вызванной низкими температурами, выпадением снега, а также отложением и замерзанием снега и льда на дорожном покрытии. Зимняя скользкость дорог приводит к увеличению тормозного пути колесных транспортных средств (КТС) и увеличению числа ДТП, в том числе с летальным исходом.

В борьбе с зимней скользкостью дорожные службы активно применяют химические противогололедные материалы (ХПГМ), нанося их на рыхлый снег, снежный накат, стекловидный лед или их сочетания. Под действием ХПГМ снежно-ледяные отложения начинают таять, образуя совместно с фрикционными материалами (песок, шлак, ПГС и пр.) жидкие фракции на дороге, которые поднимаются колесами движущихся КТС, загрязняя приборы освещения и световой сигнализации (*указатели поворота, стоп-сигналы*) и световозвращатели. Поднятые колесами КТС продукты обработки дороги с химическими противогололедными материалами (ПО ХПГМ) оседают на поверхности фар автомобилей, снижают освещенность дороги, видимость водителем придорожной инфраструктуры, стоящих на обочине объектов, а также пешеходов. При этом водитель не имеет информации об уровне загрязнения фар, а их омыватели в условиях низких температур Сибири замерзают и поэтому не работают.

Многочисленные результаты исследований показывают, что дорога, обработанная ХПГМ, имеет крайне низкие фрикционные свойства. Таким образом, в зимнее время на неосвещенных участках дорог, обработанных ХПГМ, складывается крайне опасная ситуация. С одной стороны, загрязнение фар КТС продуктами ХПГМ значительно снижает расстояние видимости водителем пешехода на проезжей части, а с другой – на обработанной ХПГМ дороге значительно снижается коэффициент сцепления шин, увеличивается тормозной путь КТС и водитель, выполняя торможение, зачастую не имеет возможности вовремя остановить транспортное средство. Все это снижает безопасность движения КТС, приводит к увеличению числа ДТП, а также увеличивает тяжесть их последствий.

Как правило, в процессе проведения автотехнических экспертиз на месте совершения дорожно-транспортного происшествия уровень загрязнения фар продуктами обработки ХПГМ не фиксируется. При этом и не учитывается один из важных факторов ДТП – возможность водителя видеть пешехода, участника дорожного движения или препятствие на неосвещенной зимней дороге, своевременно остановить КТС и предотвратить ДТП.

Объективность проведения таких автотехнических экспертиз с наездом КТС на пешеходов в темное время суток на неосвещенных участках дорог, покрытых ХПГМ, в условиях зимней скользкости, сдерживается недостатком знаний о закономерностях влияния загрязнения их световых приборов ПО ХПГМ на видимость водителем в темное время суток придорожной инфраструктуры, пешеходов и транспорта на дороге. Проблема усугубляется и отсутствием знаний о закономерностях, связывающих расстояние видимости пешеходов зимой на неосвещенных участках дорог в темное время суток с длиной остановочного пути и с допустимой скоростью движения КТС по условиям видимости при экстренном торможении на дорогах, покрытых противогололедными материалами.

В связи с вышеизложенным данное научное исследование направлено:

– на выявление закономерностей влияния загрязнений световых приборов КТС ПО дороги ХППМ на *видимость водителем* в темное время суток пешеходов в темной одежде и *допустимую скорость по условиям видимости*;

– на выявление закономерностей влияния обработки дороги ХППМ на длину тормозного и остановочного путей;

– на разработку методики, позволяющей рассчитывать *расстояние видимости* водителем пешеходов в темной одежде, *допустимую скорость КТС по условиям видимости* в темное время в условиях загрязнения световых приборов ХППМ и остановочный путь автомобилей категории М1 на зимних дорогах, покрытых противогололедными материалами. Научное исследование является актуальным, имеет важное народно-хозяйственное и социальное значение, поскольку позволяет существенно повысить объективность проведения автотехнических экспертиз ДТП с наездом автотранспортных средств на пешеходов в зимний период, на дорогах, покрытых ХППМ, в темное время суток.

Цель исследования. Повышение объективности проведения автотехнических экспертиз ДТП с наездом КТС на пешеходов на зимних дорогах в темное время суток в условиях недостаточной видимости, вызванной загрязнением световых приборов продуктами обработки дороги химическими противогололедными материалами.

Рабочая гипотеза. Объективность проведения автотехнических экспертиз ДТП с наездом КТС на пешеходов на зимних дорогах в темное время суток в условиях недостаточной видимости, вызванной загрязнением световых приборов продуктами обработки дороги ХППМ, можно значительно повысить на основе использования закономерностей, связывающих расстояние видимости водителем пешеходов, ограниченное загрязнением световых приборов ХППМ, с допустимой скоростью по условиям видимости и величиной остановочного пути автомобиля категории М1.

Объект исследования. Процесс экстренного торможения КТС категории М1 на зимних дорогах в темное время суток, в условиях недостаточной видимости водителем пешеходов на проезжей части дорог, вызванной загрязнением световых приборов продуктами обработки дороги ХППМ.

Предмет исследования. Закономерности, отражающие связь параметров, характеризующих видимость водителем пешеходов и участников движения в условиях загрязнения световых приборов противогололедными материалами с параметрами, характеризующими процесс экстренного торможения КТС на зимних дорогах.

Задачи исследования

1. Разработать математическую модель процесса торможения автомобиля категории М1 на зимних дорогах, покрытых ХППМ, учитывающую работу ABS, перераспределение нагрузки между осями КТС при торможении, а также характеристики шипованных и нешипованных шин.

2. Выполнить экспериментальные исследования процесса загрязнения фар КТС и силы их света на дорогах, обработанных ХППМ.

3. Выявить закономерности изменения расстояния видимости водителем пешехода в темной одежде на проезжей части дороги в темное время суток от уровня загрязнения и силы света фар КТС на дорогах, обработанных ХППМ.

4. Установить функциональные зависимости тормозного и остановочного пути КТС категории М1 на зимних дорогах, обработанных ХППМ, от начальной скорости торможения.

5. На основе выявленных зависимостей разработать уточненную методику экспертиз дорожно-транспортных происшествий с наездом автомобиля на пешехода в темной одежде в темное время суток на зимних неосвещенных дорогах, покрытых ХППМ.

6. Выполнить производственную проверку и дать оценку результатам проведенного научного исследования.

Степень разработанности темы. По теме диссертации учеными ФГБОУ ВО МАДИ, НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ», ФГБОУ ВО «НГТУ» им. Р.Е. Алексеева, ФГБОУ ВО «СибА-

ДИ», ФГБОУ ВО «ЗабГУ» и др. выполнены исследования по выявлению негативных последствий применения ХППМ на дорогах общего пользования. Проведены глубокие исследования, направленные на выявление закономерностей процесса изменения коэффициента сцепления колес с заснеженной, покрытой льдом, зимней дорогой. Выполнены исследования процесса снижения тормозной эффективности КТС на дорогах, покрытых химическими противогололедными материалами, получены зависимости изменения аварийности от состояния дорожного полотна, покрытого ХППМ. Проведены исследования последствий применения химических реагентов на сцепные качества дорожных покрытий.

Большинство научных исследований посвящено оценке продольных сцепных свойств автомобильных шин с дорогой, покрытой ХППМ, оценке влияния противогололедных реагентов на показатели устойчивости, управляемости и проходимости КТС. Анализ опубликованных работ позволил установить, что исследований, позволяющих оценивать влияние таких значимых факторов, как работа ABS, применение шипованных шин на процесс торможения КТС на дорогах, покрытых ХППМ, не проводилось.

Выполнена большая работа, в которой автор исследовал возможности повышения безопасности пешеходов в темное время суток в условиях недостаточной видимости за счет усовершенствования средств информирования водителя.

Группой ученых ФГБОУ ВО «ВСГУТУ» и ФГБОУ ВО «ИРНТУ» разработан дорожный шинный тестер, позволяющий проводить исследования сцепных свойств автомобильных шин в боковом направлении на дорогах, покрытых ХППМ. Теоретически обоснованы методики оценки влияния реагентов на фрикционные свойства шин.

Исследований по выявлению закономерностей влияния загрязнения световых приборов автомобилей продуктами обработки ХППМ на освещенность ими дороги и расстояние видимости водителем пешехода на проезжей части дороги не проводилось.

Научную новизну исследования представляют:

- впервые выявленные зависимости изменения *силы света* автомобильных фар КТС от *уровня их загрязнения* продуктами обработки ХППМ;

- впервые выявленные зависимости изменения *расстояния видимости* водителем пешехода в темной одежде в темное время суток на неосвещенных участках дорог *от уровня загрязнения фар* автомобиля продуктами ХППМ;

- впервые установленная математическая зависимость *расстояния видимости* водителем пешехода в темной одежде, на неосвещенных участках дорог *от силы света* автомобильных фар в условиях их загрязнения ПО ХППМ;

- впервые научно обоснована и экспериментально подтверждена уточненная методика, позволяющая определять *расстояние видимости* водителем пешехода в темной одежде, *допустимую скорость по условиям видимости* на зимних дорогах, покрытых ХППМ, в темное время суток в зависимости *от уровня загрязнения фар ХППМ и силы их света* и *остановочный путь КТС* категории М1 с учетом коэффициента сцепления колес с дорогой. Методика значительно повышает объективность проведения автотехнических экспертиз с наездом КТС на пешеходов на зимних дорогах в темное время суток в условиях загрязнения их фар ПО дороги ХППМ.

Положения, выносимые на защиту

1. При движении КТС по дорогам, покрытым ХППМ, происходит загрязнение световых приборов и значительное снижение освещенности участков дорог в темное время суток. Это снижает расстояние видимости водителем дорожной обстановки и пешеходов. При этом в условиях низких температур Сибири устройства очистки фар, как правило, не работают, а водители КТС не имеют информации об уровне загрязнения фар, что значительно снижает расстояние видимости пешеходов на проезжей части дороги.

2. Выявленные закономерности позволяют рассчитывать расстояние видимости водителем пешеходов в темной одежде на проезжей части дороги при известных параметрах

силы света и загрязнения фар продуктами ХППМ, допустимую скорость движения по условиям видимости, а также величину остановочного пути автомобиля при его экстренном торможении на дорогах, покрытых ХППМ, при коэффициенте сцепления шины с дорогой от 0,3 до 0,4 и времени реакции водителя от 1,2 до 2 с.

3. Разработанная уточненная методика экспертиз ДТП с наездом КТС на пешеходов в темной одежде на зимних дорогах в темное время суток в условиях недостаточной видимости, вызванной загрязнением световых приборов продуктами обработки дороги ХППМ, реализующая выявленные зависимости, позволяет рассчитывать расстояние видимости водителем пешеходов, *допустимую скорость* КТС категории М1 по условиям видимости, а также остановочный путь автомобиля на зимних дорогах, покрытых ХППМ, с низким коэффициентом сцепления (0,3÷0,4), и тем самым более достоверно оценивать возможность водителя предотвратить ДТП.

Реализация результатов работы. Уточненная методика экспертиз дорожно-транспортных происшествий с наездом автомобиля на пешехода в темное время суток на дорогах, покрытых химическими противогололедными материалами, прошла проверку и внедрена в работу ООО «Забайкальский центр судебной экспертизы» (г. Чита), в «Бюро судебной экспертизы» ИП Родак В.Ю. (г. Иркутск), в учебный процесс кафедры «Автомобильный транспорт» ИАМиТ ФГБОУ ВО ИРНИТУ. Ее экспериментальная проверка показала, что погрешность определения расстояния видимости водителем автомобиля с загрязненными фарами пешехода в темной одежде в темное время суток на неосвещенном участке дороги, покрытой ХППМ, в процентном выражении может быть снижена в два раза.

Выявленные закономерности позволяют определять допустимую скорость КТС категории М1 по условиям видимости с фарами, загрязненными ПО дороги ХППМ, обеспечивающую предотвращение наезда на пешехода на неосвещенных зимних дорогах в темное время суток. Это значительно повышает объективность экспертизы ДТП и дает значительный социальный эффект.

Практическая значимость. Научно обоснованный комплекс мер, выявленные закономерности и реализующая их разработанная уточненная методика позволяют:

- экспертам, выполняющим экспертизу ДТП, рассчитывать расстояние видимости водителем пешеходов, допустимую скорость КТС по условиям видимости на зимних дорогах, покрытых противогололедными материалами в темное время суток в условиях загрязнения световых приборов, а также остановочный путь автомобиля, тем самым повышать объективность заключений дорожно-транспортных экспертиз ДТП, оформляемых экспертами в экспертных учреждениях;

- органам ГИБДД и дорожным службам аргументированно применять мероприятия, направленные на повышение безопасности движения в условиях недостаточной видимости, вызванной загрязнением световых приборов КТС противогололедными материалами.

Личный вклад автора состоит в формулировании цели, задач диссертационной работы и научной гипотезы, в постановке и решении научных задач, в разработке математических моделей и проведении расчетов, научном обосновании уточненной методики, направленной на повышение объективности экспертиз ДТП с наездом КТС на пешехода на зимних дорогах в темное время суток в условиях недостаточной видимости, вызванной загрязнением световых приборов противогололедными материалами, в подготовке и проведении экспериментальных и аналитических исследований – от идеи до практической реализации, в подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Апробация результатов работы

Материалы и результаты научного исследования доложены и одобрены на 83-й, 99-й, 106-й и 116-й Международных научно-технических конференциях Ассоциации автомобильных инженеров в ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» (г. Иркутск, 2013, 2015, 2017, 2019, 2023 гг.); на

научно-практической конференции Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления, посвященной 95-летию образования Республики Бурятия (г. Улан-Удэ, 9–13 апреля 2018 г.); на IV, X, XII Международных научно-технических конференциях «Авиамашиностроение и транспорт Сибири» ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» (г. Иркутск, 2014, 2018, 2019 гг.), на VII Международной конференции «Проблемы механики современных машин» (г. Улан-Удэ, 25–30 июня 2018 г.), на II Всероссийской научно-практической конференции «Наземные транспортно-технологические средства: проектирование, производство, эксплуатация», ФГБОУ ВО «ЗабГУ» (г. Чита, 30–31 октября 2018 г.); на Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Энергоэффективность автотранспортных средств: Нанотехнологии, информационно-коммуникационные системы, альтернативные источники энергии» (г. Воронеж, 14–17 мая 2019 г.); на V Международной сетевой научно-технической конф. «Интеграционные процессы в научно-техническом и образовательных пространствах» (Киргизская Республика, г. Бишкек, 17–18 сентября 2019 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликована 21 печатная работа, общим объемом 5,1 усл. п.л., в том числе 5 работ в журналах, индексируемых международной системой цитирования Scopus, Web of Science, 5 работ в изданиях из перечня ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных результатов и выводов, содержит 230 страниц, 34 таблицы, 97 иллюстраций, список литературы из 106 наименований и 2 приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы научного исследования. Определены цель, задачи, объект и предмет исследования. Сформулирована рабочая гипотеза, основные научные положения, выносимые на защиту, научная новизна, практическая значимость полученных результатов.

В первой главе проведен анализ научных исследований, посвященных выявлению негативных последствий применения ХППМ на дорогах общего пользования в зимнее время года при движении автомобилей по дорогам, обработанным *химическими противогололедными материалами* (ХППМ).

Исследованиями в области безопасности дорожного движения посвятили свои научные труды ученые: Абельханова Д.Р., Аржанухина С.П., Афанасьев А.А., Алексеев А.П., Бабков В.Ф., Балакин В.Д., Балакина Е.В., Ветрова В.В., Гергенов С.М., Гудков В.А., Дорохин С.В., Иларионов В.А., Ким П.А., Кликовштейн Г.И., Корчагин В.А., Кочетков А.В., Кравченко П.А., Кустарев Г.В., Ляпустин П.К., Масленников В.Г., Молев Ю.И., Ньюд А.С., Порхачева С.М., Пугачев И.М., Рябчинский А.И., Сарайкин А.И., Седов А.В., Сильянов В.В., Сютова Е.А, Щипан И.В. и мн. др.

Установлено, что большая часть ДТП с наездом на пешеходов происходит в темное время суток на неосвещенных участках дорог (рис. 1). При этом наезд на пешеходов на зимних скользких дорогах происходит в 29,5 % ДТП от общего их числа (см. рис. 1), в которых погибло 32,8 % пешеходов (рис.1 а), а 71% погибли в темное время суток (рис.1 б).

Установлено, что обработка дорог ХППМ далеко не всегда дает ожидаемый положительный эффект повышения безопасности дорожного движения.

Анализ результатов исследований, проведенных отечественными и зарубежными учеными, показывает, что обработка зимних дорог с применением ХППМ, ведет к уменьшению коэффициента сцепления колес с дорогой. Установлено, что снежный покров, смешиваясь с покрывающими дорожное полотно противогололедными материалами, изменяет свои химические и механические свойства, что приводит к возникновению на дорогах микста, образованию бровок, колеяности, уменьшению ширины проезжей части улиц и дорог. При определенных температурах окружающей среды применение ХППМ приводит к увели-

чению тормозного пути автомобиля, значительному увеличению безопасного радиуса поворота и боковым заносам автотранспортных средств.

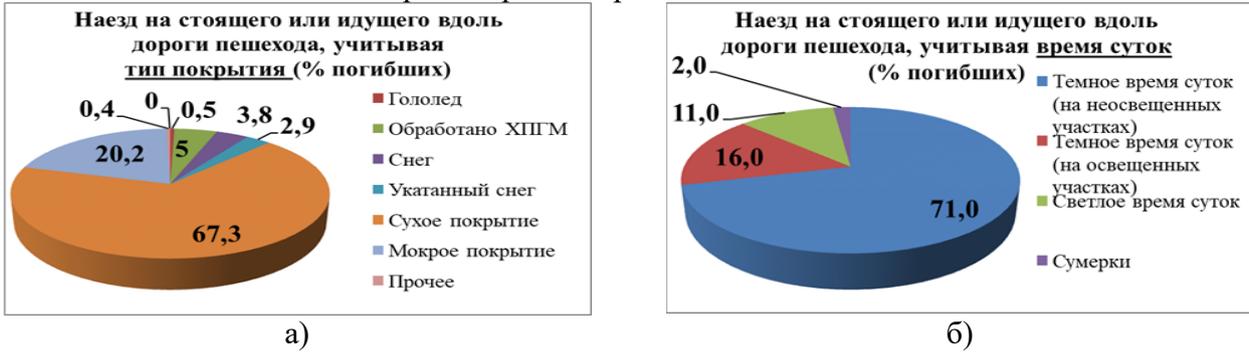


Рис. 1. Статистические данные о ДТП с наездом на пешехода: а) – в зависимости от состояния дорог; б) – в зависимости от времени суток

Проведены исследования по оценке влияния ХППГМ на показатели устойчивости, управляемости и проходимости КТС. Научно обоснована методика оценки влияния применения ХППГМ на возможность шин создавать боковые реакции, учитывающая коэффициент бокового сцепления колес с дорожной поверхностью, обработанной реагентами.

Анализ научных исследований показывает, что в подавляющем большинстве работ не учитывается такой важный аспект, когда ХППГМ, смешиваясь с выпавшими осадками, загрязняет внешние световые приборы КТС. Это приводит к недостаточной видимости водителем пешеходов, дорожной обстановки в темное время суток и возникновению большого числа ДТП на зимних дорогах, обрабатываемых ХППГМ.

Выполнен анализ научных трудов в области автотехнической экспертизы ДТП. Особую роль в развитие науки в этой области знаний внесли такие ученые, как Балакин В.Д., Бекасов В.А., Дорохин С.В., Евтюков С.А., Иларионов В.А., Ким П.А., Корухов Ю.Г., Кристи Н.М., Лукошявичене О.В., Масленников В.Г., Порхачева С.М., Ротенберг Р.В., Симуль М.Г., Столяров В.В., Суворов Ю.Б., Чава И.И. и мн. др.

Установлено, что обработка дорог ХППГМ вносит немало проблем и в достоверность заключений экспертиз, расследуемых ДТП, связанных с наездом на пешеходов в условиях недостаточной или ограниченной видимости. Отмечено, что в существующих методиках проведения экспертиз ДТП отсутствует оценка влияния уровня загрязнения фар КТС продуктами обработки химическими противогололедными материалами на расстояние видимости водителем пешехода и дорожной инфраструктуры в момент совершения происшествия.

Установлено, что при проведении автотехнической экспертизы ДТП недостаточно знаний о закономерностях влияния применения ХППГМ на определение расстояния видимости водителем пешеходов и выбора *допустимой скорости движения КТС по условиям видимости* при загрязнении их световых приборов продуктами обработки дороги противогололедными материалами. В связи с вышеизложенным были сформулированы выводы по результатам анализа научных исследований, а также цель и задачи данного исследования.

Вторая глава посвящена аналитическим исследованиям процесса загрязнения фар КТС продуктами противогололедной обработки дорог, а также анализу процесса экстренного торможения КТС на зимних дорогах, обработанных ХППГМ. Для этого было сформировано математическое описание исследуемых процессов.

Для математического описания процесса загрязнения фар грязе-водяными ХППГМ от впереди идущего автомобиля была получена теоретическая формула, позволяющая рассчитывать уровень загрязнения фар КТС при его пробеге по дорогам, обработанным ХППГМ, на расстояние 5 км в зависимости от скорости движения:

$$Y_{сф} = Y_0 \left(1 - e^{-\frac{2V}{V_{згр}}} \right), \quad (1)$$

где Y_0 – предельная степень загрязнения фары, установленная расчетным методом; $V_{загр}$ – скорость КТС, при которой толщина грязе-водяной пленки достигает 87 % от предельной, равной $0,5 \cdot Q_{загр} \cdot V_{загр}$.

В качестве допущения – аэродинамические процессы между автомобилями не учитывали. Для проверки выражения (1) был проведен поисковый эксперимент по исследованию факторов, влияющих на уровень загрязнения фар автомобиля от впереди идущего КТС в реальных дорожных условиях.

Получены расчетные и экспериментальные графики зависимости уровня загрязнения фар от скорости движущегося КТС. На рис. 2 сплошная линия – рассчитанный график уровня загрязнения фар КТС. Точками на графике показаны результаты проведенного поискового эксперимента.

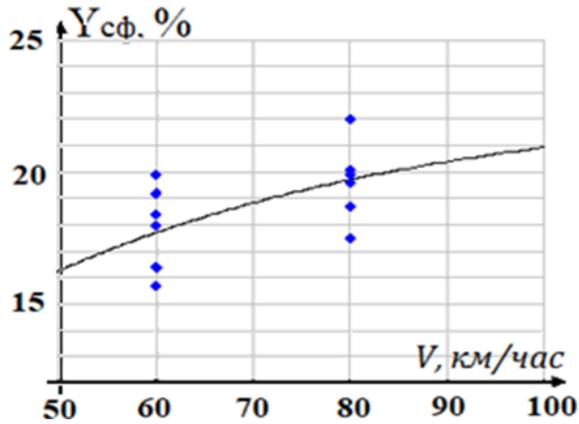


Рис. 2. График уровня $Y_{сф}$ загрязнения фары автомобиля Nissan Qashqai от скорости его движения на дистанции 50 м от впереди идущего автомобиля на дороге, покрытой ХПГМ при температуре – (20–25)°С: • – эксперимент, ——— – расчет

Ниже представлено математическое описание процесса торможения КТС на дорогах, обработанных ХПГМ. За основу математического описания была принята разработанная на кафедре «Автомобильный транспорт» ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» математическая модель процесса торможения КТС в координатах XOZ .

Дифференциальное уравнение движения КТС относительно оси OX записано в виде:

$$M \frac{d^2x}{dt^2} = (2 \cdot R_{x1} + 2 \cdot R_{x2}), [H]. \quad (2)$$

где M – масса КТС; R_{x1} и R_{x2} – продольные реакции шин от дороги.

Колебания подрессоренной массы КТС относительно оси OZ представлены как:

$$M \frac{d^2z}{dt^2} = (2 \cdot R_{z1} + 2 \cdot R_{z2} + G_a), [H], \quad (3)$$

где G_a – вес автомобиля, [H]; R_{z1} и R_{z2} – нормальные реакции на колесах;

Уравнение угловых колебаний подрессоренной массы КТС (*деферент*) записано как:

$$J_Y \cdot \frac{d^2\alpha}{dt^2} = -2 \cdot R_{z1} \cdot A + 2 \cdot R_{z2} \cdot B + (2 \cdot R_{x1} + 2 \cdot R_{x2}) \cdot (h_g + Z_T), [H \cdot m], \quad (4)$$

где A и B – расстояния от центров передней и задней осей до центра масс; h_g – высота центра масс; Z_T – координата изменения высоты центра масс.

Уравнения для расчета нормальных реакций R_{z1} и R_{z2} на колеса передней и задней осей автомобиля описывают уравнения вида:

$$R_{z1} = Z_1 \cdot C_1 + K_1 \cdot V_{z1} [H]; \quad (5)$$

$$R_{z2} = Z_2 \cdot C_2 + K_2 \cdot V_{z2}, [H], \quad (6)$$

где C_1 и C_2 – жесткость передней, задней подвески и шины; K_1 и K_2 – коэффициенты демпфирования передней и задней подвески; Z_1 и Z_2 – координаты перемещения подрессоренной массы M автомобиля вдоль оси OZ ; V_{z1} и V_{z2} – скорости перемещения подрессоренной массы M автомобиля вдоль оси OZ .

Уравнения для расчета скоростей вертикальных перемещений подрессоренных масс над передней V_{z1} и над задней V_{z2} осью КТС имеют вид:

$$V_{z1} = V_z - \frac{d\alpha}{dt} \cdot A, \text{ [м/с}^2\text{]}, \quad (7)$$

$$V_{z2} = V_z + \frac{d\alpha}{dt} \cdot B, \text{ [м/с}^2\text{]}, \quad (8)$$

Уравнения для расчета деформации передней $i = 1$ и задней $i = 2$ подвески КТС:

$$\Delta Z_i = \frac{Rz_i}{C_i}, \text{ [м]}. \quad (9)$$

Динамика торможения колес КТС описана дифференциальным уравнением вида:

$$M_{jk} = M_T + M_f - M_\varphi, \text{ [Н} \cdot \text{м]}, \quad (10)$$

которое было решено относительно старшей производной:

$$\frac{d\omega_k}{dt} = \frac{M_T + M_f - R_x \cdot r_{ko}}{J_k}, \text{ [рад/с}^2\text{]}, \quad (11)$$

где M_{jk} – инерционный момент колесного узла; M_T – тормозной момент; M_φ – реализованный момент по сцеплению; M_f – момент сопротивления качению.

Зависимость силового радиуса колеса от нагрузки представлена уравнением вида:

$$r_{ko} = r_o \cdot (1 - C_{r1} \cdot \sqrt{R_z} + C_{r2} \cdot R_z), \text{ [м]}, \quad (12)$$

где r_o – радиус свободного колеса; C_{r1} и C_{r2} – корректирующие коэффициенты.

Для математической модели процесса торможения автомобиля применено математическое описание выходных характеристик шин, на основе методики А.Б. Дика, в которой описание нормированной $f(s)$ -диаграммы представлено уравнением вида:

$$f(S) = \sin[a_1 \cdot \arctg(b_1 \cdot S)], \quad (13)$$

Математическое описание характеристик тормозного механизма дискового типа представлено уравнениями, описывающими кусочно-линейную аппроксимирующую зависимость тормозного момента от давления рабочего тела в его приводе.

Темп нарастания K_1 и сброса K_2 момента зависят от скорости вращения колес ω_k

$$K_1 = K_{10} - K_{\omega 1} \cdot \omega_k, \text{ [Н} \cdot \text{м/с]}, \quad (14)$$

$$K_2 = K_{20} - K_{\omega 2} \cdot \omega_k, \text{ [Н} \cdot \text{м/с]}, \quad (15)$$

где ω_k – угловая скорость вращения тормозящего колеса; K_{10} и K_{20} – коэффициенты, характеризующие чувствительность тормозного механизма к изменению давления рабочего тела в тормозном приводе; $K_{\omega 1}$ и $K_{\omega 2}$ – коэффициенты, корректирующие величину тормозного момента в зависимости от угловой скорости вращения колес.

Математическое описание работы ЭБУ АВС основано на измерении проскальзывания шины S и его сравнении с величиной уставки S_y . На основе результатов этого сравнения блок управления АВС вырабатывает команды А и В для управления клапанами электрогидравлического модулятора (рис. 3).

Режим **повышения давления** рабочего тела в тормозном приводе, когда $\frac{dP_{TM}}{dt} > 0$:

$$\text{команды на клапаны ЭБУ } \begin{cases} A = 0 \\ B = 0 \end{cases}, \text{ если } S < S_y. \quad (16)$$

Режим **снижения давления** рабочего тела в тормозном приводе, когда $\frac{dP_{TM}}{dt} < 0$:

$$\text{команды на клапаны ЭБУ } \begin{cases} A = 1 \\ B = 1 \end{cases}, \text{ если } S \geq S_y \text{ и } \dot{\omega}_k < 0. \quad (17)$$

Режим **выдержки давления** рабочего тела в тормозном приводе, когда $\frac{dP_{TM}}{dt} = 0$:

$$\text{команды на клапаны ЭБУ } \begin{cases} A = 1 \\ B = 0 \end{cases}, \text{ если } S \geq S_y \text{ и } \dot{\omega}_k \geq 0, \quad (18)$$

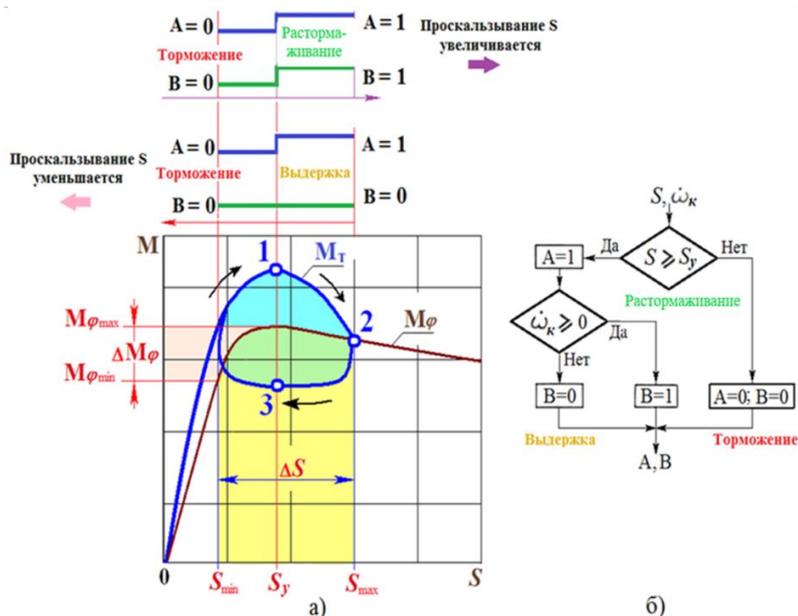


Рис. 3. Фазовая диаграмма моментов, действующих на колесо, тормозящее в составе ABS - а) и алгоритм формирования управляющих команд электронным блоком управления - ЭБУ ABS - б)

где $\dot{\omega}_k$ – угловое ускорение колеса; S_y – уставка на срабатывание ABS по проскальзыванию.

Составлено математическое описание работы электрогидравлического модулятора давления рабочего тела ABS по командам А и В электронного блока управления. Оно выполнено в виде линейных зависимостей давления рабочего тела во времени $P(t)$ (рис. 4).

Математическое описание учитывает временные задержки T_{tr} , T_{tp} и T_{tb} на выполнение команд ЭБУ на режимах повышения, понижения и выдержки давления соответственно.

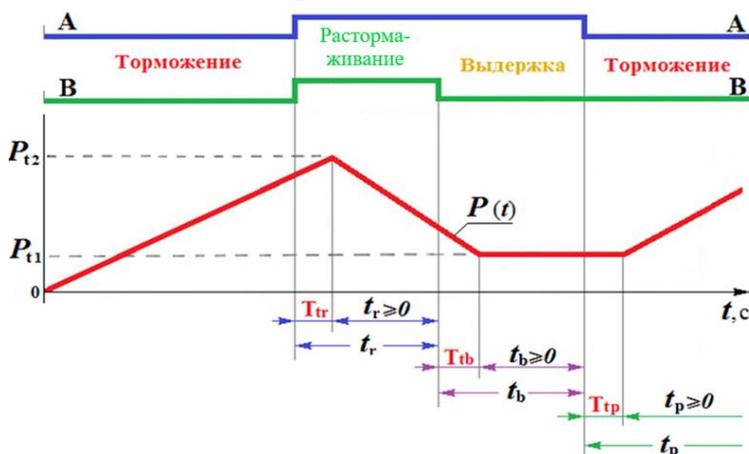


Рис. 4. Схема изменения модулятором ABS давления рабочего тела в тормозном приводе автомобиля в зависимости от команд ЭБУ

Для проведения аналитического исследования был разработан алгоритм расчета процесса торможения КТС на дорогах, обработанных ХППМ с работающей и отключенной ABS. Характеристики шипованных и нешипованных шин учитывали при помощи их фрикционных характеристик, полученных экспериментально.

В третьей главе представлены методики экспериментальных исследований.

Приведено описание следующих известных методик: Методика планирования эксперимента; Методика оценки адекватности математической модели; Методика определения видимости пешехода в темной одежде по ширине проезжей части в условиях ограниченной видимости; Методика контроля силы света фар автомобиля; Методика контроля тормозной эффективности КТС с помощью прибора «ЭФФЕКТ» при дорожных испытаниях.

Разработаны новые оригинальные методики экспериментальных исследований: Методика измерения светопропускания автомобильных фар; Методика проведения экспериментальных исследований процесса загрязнения фар автомобиля ПО ХППМ; Методика определения допустимой скорости движения КТС по условиям видимости на зимних дорогах, обработанных ХППМ в темное время суток.

Измерение *силы света фар* выполняли в лаборатории прибором ИПФ-1.

Для проведения экспериментальных исследований *уровня загрязнения фар* ХПГМ были подготовлены и установлены на фары трех испытуемых автомобилей Mercedes Benz E320, Nissan Qashqai и Toyota Funcargo прозрачные съемные экраны (рис. 5).



Рис. 5. Прозрачный экран фары: а – Toyota Fun Cargo; б – Nissan Qashqai

Прозрачные экраны представляет собой съемные щитки из высокопрочного акрилового стекла, в точности повторяющие контуры фар.

Для реализации методик был изготовлен шаблон, позволяющий позиционировать места контроля светопропускания на поверхности экрана в девяти точках (рис. 6).



Рис. 6. Шаблон для оперативного позиционирования мест контроля светопропускания экрана

Съемные экраны обеспечивали возможность измерения величины светопропускания прибором «ТОНИК» в девяти контрольных точках по мере накопления загрязнений ПО ХПГМ. Такие измерения технически очень сложно выполнить на фарах без их разборки.

В четвертой главе приведены результаты аналитических и экспериментальных испытаний. Приведены результаты поискового эксперимента с целью прогноза уровня загрязнения фар автомобиля от впереди идущего КТС при разных скоростях. Получен график (см. рис. 2) загрязнения фар КТС в зависимости от скорости движения на дорогах, покрытых ХПГМ. На рис. 7 показан автомобиль Toyota Land Cruiser Prado во время эксперимента.



Рис. 7. Автомобиль Toyota Land Cruiser Prado с включенным дальним светом фар до и после движения по дороге, покрытой ХПГМ

Получены зависимости светопропускания фар от уровня их загрязнения и математи-

ческие зависимости средней силы света фар от уровня их загрязнения (рис. 8 и 9).

Экспериментальные исследования проводили по методикам, представленным в третьей главе, на протяжении четырех лет. Для этого использовали КТС категории М1.

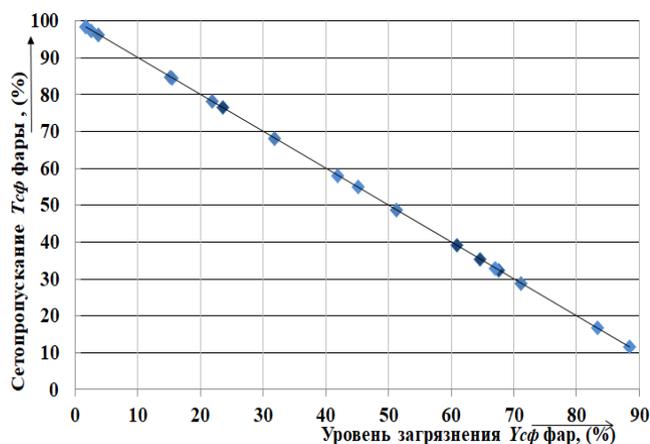


Рис. 8. График зависимости среднего светопропускания фар от среднего уровня их загрязнения

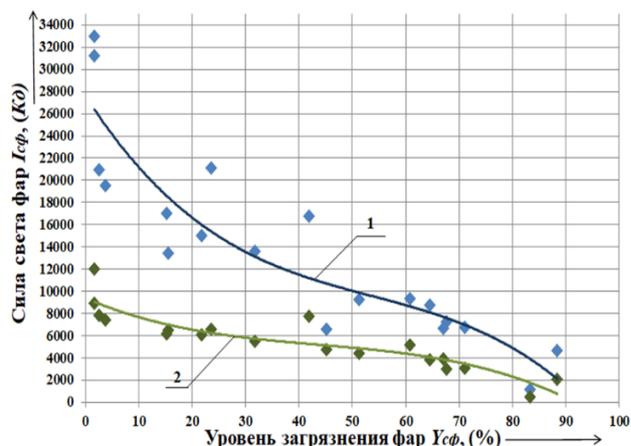


Рис. 9. График зависимости средней силы света фар от среднего уровня их загрязнения: 1 – дальний свет; 2 – ближний свет

— расчет, ◆ – эксперимент

Выполнен эксперимент по определению расстояния видимости водителем КТС пешехода в темной одежде в темное время суток по ширине проезжей части дороги в условиях недостаточной видимости, вызванной загрязнением фар автомобиля ХПГМ.

Впервые получены зависимости расстояния видимости водителем пешехода в темной одежде, на проезжей части неосвещенных участков зимних дорог от силы света фар типа **H7**, **HR** и **HC** загрязненных ХПГМ. На рис. 10, 11 представлены зависимости расстояния видимости водителем пешеходов в темное время суток зимой на проезжей части неосвещенных участках дорог от силы света фар типа **H7**, **HR** и **HC**, загрязненных ПО ХПГМ.

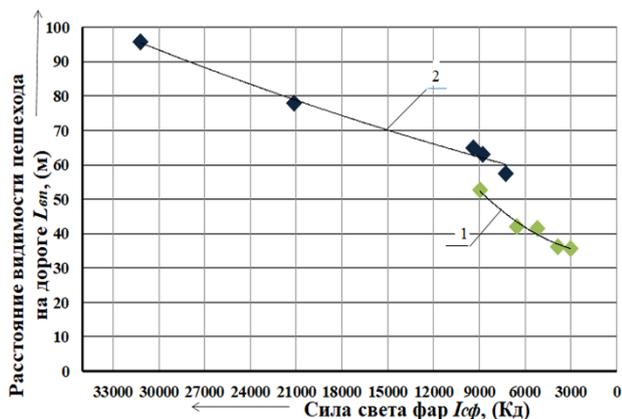


Рис. 10. Графики зависимостей расстояния видимости водителем пешехода в темной одежде от силы света фар: 1 – ближний свет фар **H7**; 2 – дальний свет фар

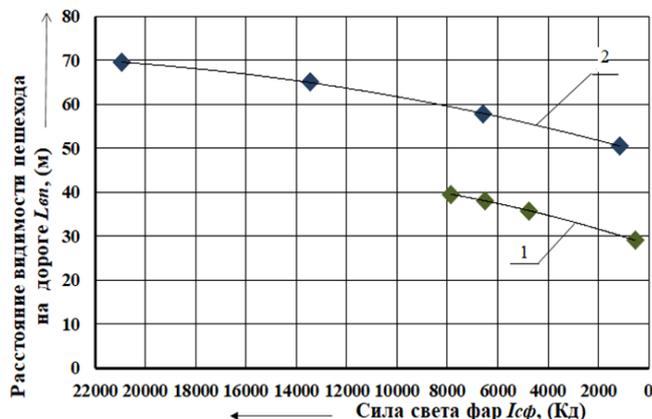


Рис. 11. Графики зависимостей расстояния видимости водителем пешехода в темной одежде от силы света фар: 1 – ближний свет фар **HC**; 2 – дальний свет фар **HR**:

— расчет, ◆ – эксперимент

Получены аналогичные зависимости дальнего и ближнего света фар **H7**, **HR** и **HC**:

– зависимость *расстояния видимости* водителем пешехода в темной одежде от силы ближнего света фар типа **H7**:

$$L_{вп} = -2E - 0,7 \cdot I_{cf}^2 + 0,0002 \cdot I_{cf} + 33,878; \quad (19)$$

– зависимость *расстояния видимости* водителем пешехода в темной одежде от

силы дальнего света фар типа *HR*:

$$L_{\text{ВП}} = -3E - 0,8 \cdot I_{\text{сф}}^2 + 0,0016 \cdot I_{\text{сф}} + 48,7. \quad (20)$$

Впервые получены зависимости расстояния видимости водителем пешехода *в темной одежде* на проезжей части неосвещенной дороги в темное время суток от *уровня загрязнения* автомобильных фар ХПГМ (рис. 12).

Зависимость *расстояния видимости* водителем пешехода *в темной одежде* от *уровня загрязнения фар* КТС при *ближнем свете*:

$$L_{\text{ВП}} = -0,0002 \cdot Y_{\text{сф}}^3 + 0,0198 \cdot Y_{\text{сф}} - 0,886 \cdot Y_{\text{сф}} + 53,106. \quad (21)$$

Зависимость *расстояния видимости* водителем пешехода *в темной одежде* от *уровня загрязнения фар* КТС при *дальнем свете*:

$$L_{\text{ВП}} = -0,0002 \cdot Y_{\text{сф}}^3 + 0,0282 \cdot Y_{\text{сф}} - 1,3663 \cdot Y_{\text{сф}} + 86,562. \quad (22)$$

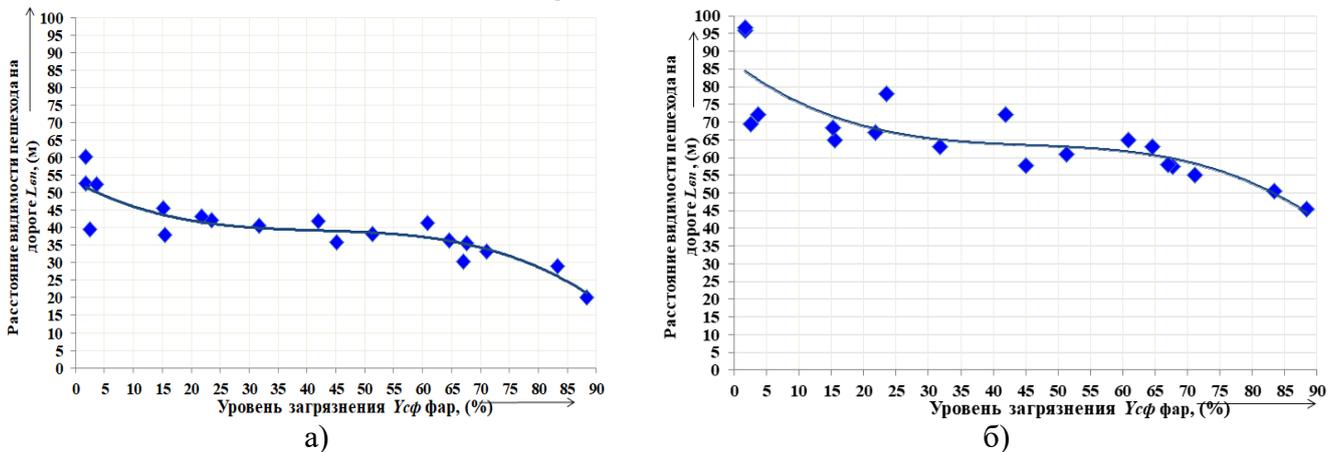


Рис. 12. Графики зависимости расстояния видимости пешехода в темной одежде на проезжей части дороги в темное время в зависимости от *уровня загрязнения* фар КТС категории М1: а – *ближний свет* фар; б – *дальний свет* фар: — — расчет, ◆ — эксперимент

Получены результаты экспериментальных исследований процесса торможения КТС с работающей и отключенной ABS в дорожных условиях. Выполнен анализ тормозного и остановочного пути КТС категории М1 на дорогах, обработанных ХПГМ. Исследования проводили при экстренном торможении КТС на дорогах с укатанным и неукатанным снегом, обработанном ХПГМ, при температуре $- (20-25) ^\circ\text{C}$ с включенной и отключенной ABS, а также с шипованными и нешипованными шинами.

На рис. 13 показаны результаты исследования тормозного пути КТС *на укатанном и неукатанном снегу*, покрытом ХПГМ, с шипованными и нешипованными шинами.

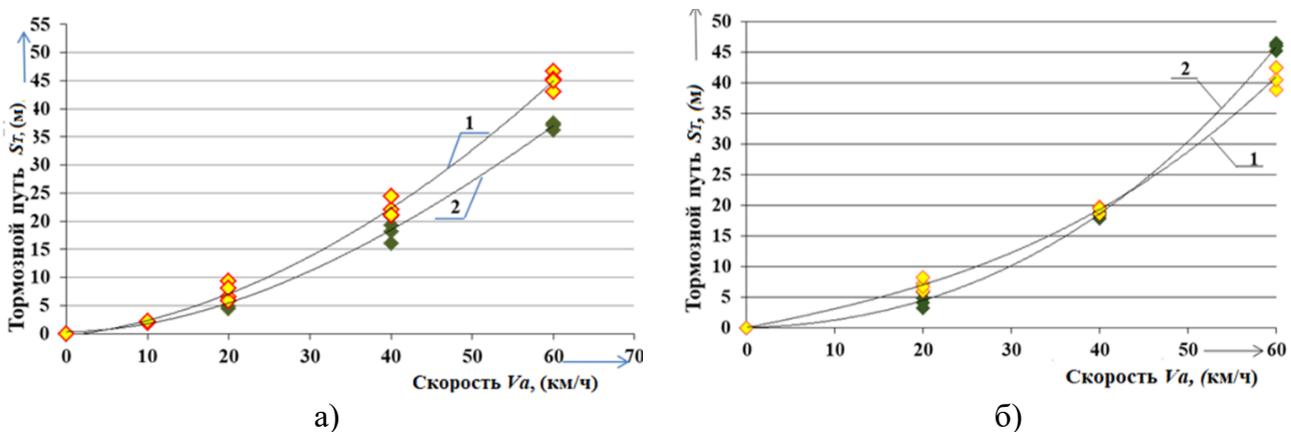


Рис. 13. Графики тормозного пути Toyota Fun Cargo с зимними шинами 185/65 R14 *на укатанном снегу* при температуре $-25 ^\circ\text{C}$: 1 – с работающей ABS; 2 – с отключенной ABS: а) – нешипованные шины, б) – шипованные шины: — — расчет, ◆ — эксперимент

Результаты экспериментов показывают, что в процессе экстренного торможения КТС с шипованными шинами при начальной скорости 60 км/ч на зимних дорогах, обработанных ХПГМ, наибольший *тормозной путь* с включенной ABS составил 48 м.

Выполнен пересчет тормозного пути в остановочный путь КТС категории М1 при времени реакции водителя $t_1 = 1,2 - 2,0$ с по известной формуле:

$$S_{\text{ост}} = \left[t_1 \cdot \frac{V_a}{3,6} \right] + S_T, \quad (23)$$

где: V_a – скорость автомобиля, (км/ч), S_T – тормозной путь автомобиля (м).

С использованием результатов экспериментальных исследований тормозного пути и результатов расчетов остановочного пути КТС категории М1 на зимних дорогах, обработанных ХПГМ с коэффициентом сцепления в диапазоне от 0,3 до 0,4 были получены зависимости остановочного пути от начальной скорости движения КТС.

Зависимость *остановочного пути* КТС категории М1 от начальной скорости торможения, при коэффициенте сцепления 0,3 и времени реакции водителя – 2 с:

$$S_{\text{ост}} = 0,0131 \cdot V_a^2 + 0,6111 \cdot V_a + 4E - 13. \quad (24)$$

Зависимость *остановочного пути* КТС категории М1 от начальной скорости торможения при коэффициенте сцепления 0,4 и времени реакции водителя – 1,2 с:

$$S_{\text{ост}} = 0,0098 \cdot V_a^2 + 0,3889 \cdot V_a + 4E - 13. \quad (25)$$

На заключительном этапе исследования графики двух исследуемых процессов были совмещены. Это позволило выполнить совместный анализ факторов, влияющих на исследуемый процесс: допустимой скорости КТС, по условиям видимости водителям пешехода в темной одежде на неосвещенном участке дороги, при известной *силе дальнего света* фар (рис. 14). Аналогично был выполнен совместный анализ допустимой, по условиям видимости скорости КТС, пешехода в темной одежде на неосвещенном участке дороги при известной *силе ближнего света* фар.

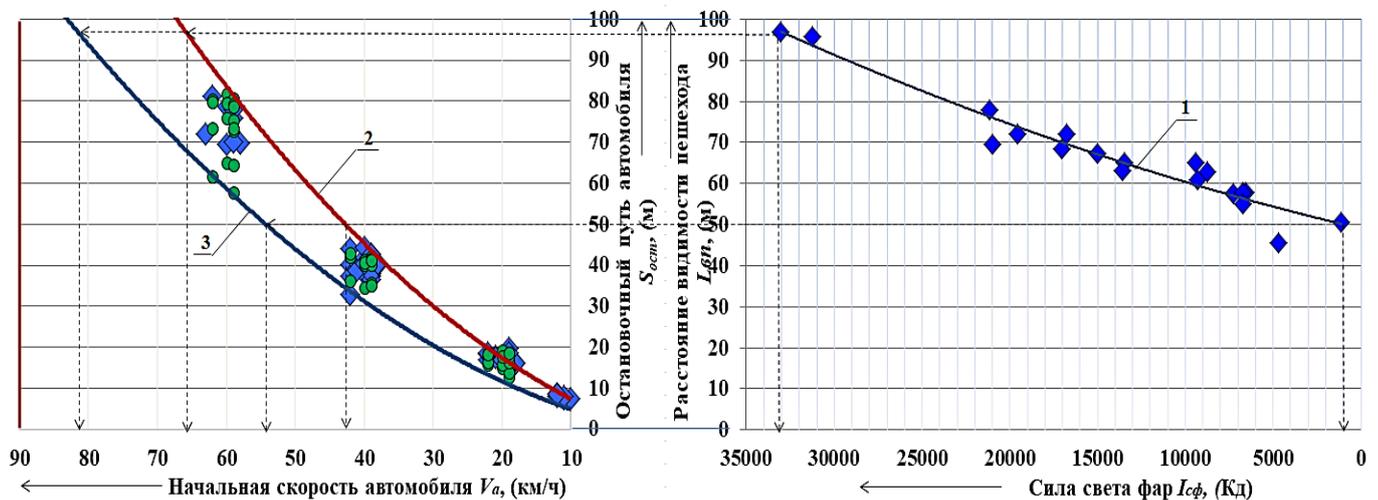


Рис. 14. Диаграмма допустимой скорости движения КТС категории М1 по условиям видимости водителем пешеходов при известной силе света *фар* (*дальний свет*): 1 – расстояние видимости пешехода в темной одежде при изменении силы света фар; 2 – остановочный путь при коэффициенте сцепления $\varphi = 0,3$; 3 – остановочный путь КТС при коэффициенте сцепления $\varphi = 0,4$: ———— - расчет, ◆ ◆ – эксперимент

Построена диаграмма для расчета допустимой, по условиям видимости, скорости движения КТС категории М1 по дороге, *обработанной ХПГМ*, с учетом расстояния видимости водителем пешехода в темной одежде при *ближнем свете* фар и известном *уровне их загрязнения* (рис. 15).

Аналогично была построена диаграмма расчета допустимой по условиям видимости

водителем пешехода скорости движения КТС категории М1 на неосвещенной дороге при **дальнем свете** фар и известном **уровне их загрязнения**.

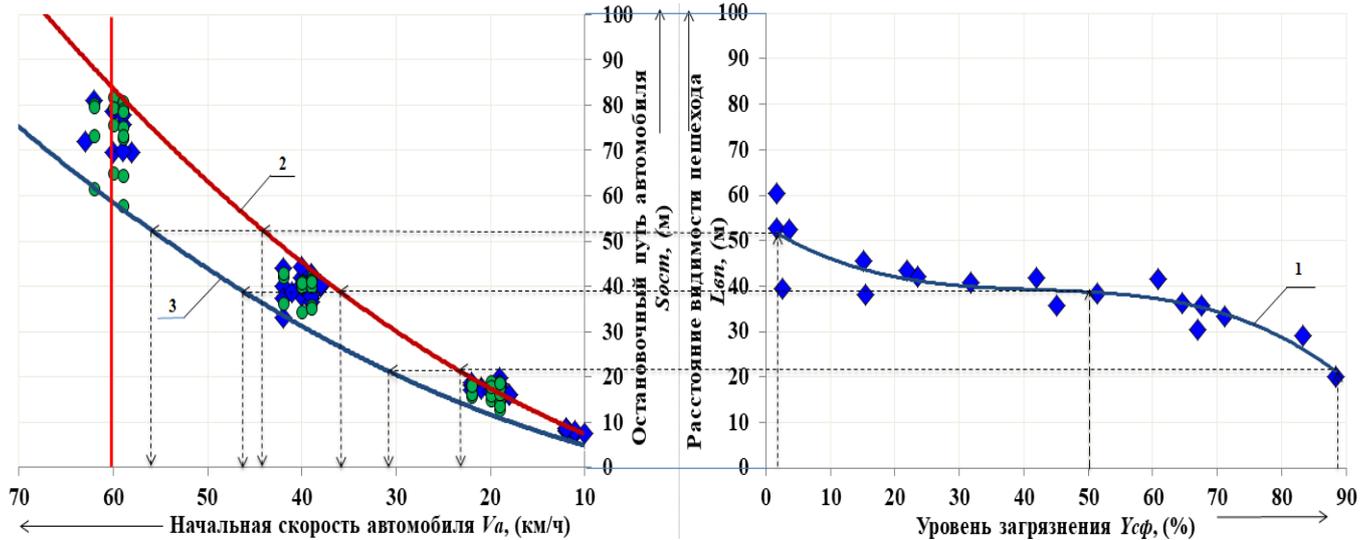


Рис. 15. Диаграмма допустимой скорости движения КТС категории М1 по условиям видимости водителем пешеходов при известном **уровне загрязнения фар (ближний свет)**: 1 – расстояние видимости пешехода в темной одежде при загрязнении фар; 2 – остановочный путь при коэффициенте сцепления $\varphi = 0,3$; 3 – остановочный путь КТС при коэффициенте сцепления $\varphi = 0,4$: — — — - расчет, $\blacklozenge \blacklozenge$ – эксперимент

Выявленные зависимости легли в основу уточненной методики проведения экспертизы дорожно-транспортных происшествий с наездом автомобиля на пешехода в темной одежде в темное время суток на зимних неосвещенных дорогах, покрытых ХПГМ, которая включает следующее.

1. Предоставление эксперту автотехнику исходных данных о ДТП: тип покрытия и его состояние; продольный профиль проезжей части; экспериментально определенный коэффициент сцепления шин с дорожным покрытием; тип фар КТС и уровень загрязненности (*фото фар автомобиля с измерительным инструментом*) или силы света фар (*определенного прибором ИПФ-1*), тип автомобильных шин.

2. Определение расстояния видимости пешехода в темной одежде, используя уровень загрязненности фар [*по диаграмме (рис. 15) и зависимостям (21) или (22)*]. То же, используя величину силы света фар [*по диаграмме (рис. 14) и зависимостям (19) или (20)*].

3. Определение допустимой по условиям видимости дороги скорости движения КТС категории М1 в данных дорожных условиях (по диаграмме на рис. 14 или 15) и ее сравнение с фактической скоростью (*определяется по стандартной методике*).

4. Определение остановочного пути автомобиля с допустимой по условиям видимости дороги скоростью [*по диаграмме (рис. 14 или 15)*], учитывая коэффициент сцепления и условие, что $S_{ост} < L_{вп}$.

5. Определение остановочного пути автомобиля с фактической скоростью движения (*определяется по стандартной методике*) и его сравнение с расстоянием видимости пешехода в темной одежде, определенного по пункту 2.

6. Выводы по действиям водителя автомобиля на соответствие требованиям ПДД РФ и наличия причинной связи с ДТП в зависимости от проведенного исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой, на основании выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований, изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, направленные на повышение объективности экспертизы дорожно-транспортных происшествий КТС категории М1 в зимнее время, имеющие существенное значение для повышения дорожной безопасности автотранспортного комплекса страны.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ВЫВОДЫ

1. Математическая модель процесса торможения автомобиля категории М1 на зимних дорогах, покрытых ХППГМ, учитывает изменения, вносимые в процесс торможения работой ABS, перераспределение нагрузки между осями КТС при торможении, а также изменение формы (φ -s)-диаграмм шипованных и нешипованных шин на дороге, обработанной ХППГМ. Она позволяет выявлять закономерности изменения длины остановочного пути КТС категории М1 и допустимые скорости их движения по зимним дорогам, покрытыми ПО ХППГМ, по условиям видимости.

2. В ходе экспериментальных исследований, проведенных с 2017 по 2023 годы, установлено, что на зимних дорогах Сибири в результате их обработки ХППГМ уровень загрязнения фар КТС изменяется от 1,7 до 88,4 %. При предельном уровне загрязнения фар их светопропускание снижается с 98,2 до 11,6 %. Сила света фар ближнего света снижается на 95,7 %, а дальнего света – на 79,6 %. Время загрязнения фар может составлять от нескольких минут до нескольких дней в зависимости от пробега КТС, его скорости, количества снега и ХППГМ на дороге, а также от температуры воздуха. Установлено, что в условиях низких температур Сибири устройства очистки фар, как правило, не работают, а водители КТС во время движения не имеют информации об уровне загрязнения фар.

3. Установлены функциональные зависимости расстояния видимости водителем КТС пешехода в темной одежде в темное время суток, на неосвещенных участках дорог, обработанных ХППГМ, от уровня загрязнения и силы света фар. Установлено, что в зависимости от уровня загрязнения фар расстояние видимости водителем КТС пешехода в темной одежде на проезжей части дороги значительно снижается:

- в режиме ближнего света в среднем на 66,8 %;
- в режиме дальнего света в среднем на 53 %.

4. Установлены функциональные зависимости тормозного и остановочного путей КТС категории М1 на зимних дорогах, обработанных ХППГМ, от начальной скорости торможения. Установлено, что дороги, обработанные ХППГМ, как правило, имеют низкий коэффициент сцепления от $\varphi = 0,3$ до $\varphi = 0,4$, при этом работа ABS может как увеличивать тормозной и остановочный пути на 15–18 %, так и снижать его на 9 %, а с увеличением начальной скорости торможения эта цифра возрастает. Результаты исследования процесса торможения автомобиля с зимними шипованными шинами и с работающей ABS показывают, что на зимних дорогах, покрытых неукатанным снегом с ХППГМ, они не всегда обеспечивают тормозную эффективность эквивалентную торможению КТС с заблокированными колесами, но при этом всегда повышают устойчивость его движения.

5. На основе выявленных зависимостей разработана уточненная методика экспертиз дорожно-транспортных происшествий с наездом автомобиля на пешехода в темной одежде в темное время суток на зимних неосвещенных дорогах, покрытых ХППГМ, с коэффициентом сцепления от 0,3 до 0,4 при известном уровне загрязнения фар или при известной силе света фар, позволяющая определять допустимые скорости движения КТС категории М1 по условиям видимости. В основе методики заложено условие о том, что скорость движения и остановочный путь КТС на дорогах, обработанных ХППГМ, должны гарантированно обеспечивать его остановку в пределах расстояния видимости водителем пешехода.

Экспериментальная проверка методики показывает, что при движении КТС в темное

время суток на дорогах, обработанных ХППМ, с дальним светом фар, при уровне их загрязнения не более 1,7 %, расстояние видимости пешехода в темной одежде составляет 85 м, а допустимая скорость движения КТС при времени реакции водителя 2,0 с может быть не более 61 км/час. При уровне загрязнения фар 88,4 %, расстояние видимости снижается до 44 м, а допустимая скорость движения КТС по условиям видимости, может быть не более 39 км/час. При движении КТС с ближним светом фар и уровне их загрязнения не более 1,7 %, расстояние видимости составляет 53 м, а допустимая скорость движения КТС по условиям видимости может быть не более 44 км/час. При уровне загрязнения фар на уровне 88,4 %, расстояние видимости снижается до 22 м, а допустимая скорость движения КТС по условиям видимости может быть не более 23 км/час.

6. Выполненные производственные проверки результатов научного исследования в ООО «Забайкальский центр судебной экспертизы» (г. Чита) и в «Бюро судебной экспертизы» (г. Иркутска) показывают, что погрешность определения расстояния видимости водителем автомобиля с загрязненными фарами пешехода в темной одежде в темное время суток на неосвещенном участке дороги, покрытой ХППМ, в процентном выражении может быть снижена в два раза. Выполненный анализ исходных данных для определения расстояния видимости водителем КТС пешехода в темное время суток на зимней неосвещенной проезжей части дороги, обработанной ХППМ, показывает их несоответствие фактическим данным для конкретных дорожных условий. В частности, снижение расстояния видимости водителем КТС пешехода на дороге, обработанной ХППМ, при ближнем свете загрязненных фар может достигать 30 м, а при дальнем свете – 40 м. Это значительно повышает объективность проведения экспертизы ДТП и дает значительный социальный эффект.

Уточненная методика экспертиз дорожно-транспортных происшествий с наездом автомобиля на пешехода в темное время суток на дорогах, покрытых химическими противогололедными материалами, была внедрена в работу ООО «Забайкальский центр судебной экспертизы» г. Читы, в «Бюро судебной экспертизы» г. Иркутска и в учебный процесс кафедры «Автомобильный транспорт» ИАМиТ ФГБОУ ВО «ИРНИТУ».

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

Полученные теоретические и экспериментальные результаты позволяют сформулировать перспективы дальнейшей разработки темы диссертации:

- разработка высокоэффективных методов мониторинга процесса загрязнения фар колесных транспортных средств;
- разработка высокоэффективных и морозоустойчивых систем очистки автомобильных фар от загрязнений при низких температурах окружающей среды.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи из Перечня изданий, рекомендованных ВАК РФ

1. Федотов, А. И. Влияние работы ABS на тормозную эффективность и устойчивость автомобиля / А. И. Федотов, **В. О. Громалова** // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2013. – № 8(79). – С. 130-133.

2. Федотов, А. И. Анализ влияния работы ABS на эффективность торможения автомобиля на летних дорогах / А. И. Федотов, **В. О. Громалова** // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 3(86). – С. 124-127.

3. **Громалова В.О.** К вопросу о влиянии загрязнения внешних световых приборов химическими противогололедными материалами на безопасность движения автотранспортных средств / **В. О. Громалова**, А. И. Федотов, В. Г. Зедгенизов, С. М. Гергенов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2018. – Т. 15, № 1(59). – С. 55-60.

4. Федотов, А. И. Математическая модель для исследования тормозного пути автомобиля с АБС на зимних дорогах / А. И. Федотов, **В. О. Громалова** // Автомобильная про-

мышленность. – 2020. – № 3. – С. 15-21.

5. Федотов А.И. Влияние химических противогололёдных материалов на освещённость зимних дорог фарами автомобилей / Г. И. Барбаш, А. И. Федотов, **В. О. Громалова**, С. М. Гергенов // Автомобильная промышленность. – 2020. – № 9. – С. 34-38.

Статьи в рецензируемом научном издании, индексируемом в международной реферативной базе данных Scopus и WoS

6. Fedotov A.I., Korniyakov M.V., **Gromalova V.O.**, Gergenov S.M. / Influence Of Deicing Chemicals Contaminating Automobile Headlamps On Light Intensity // Proceedings of the International Conference «Aviamechanical engineering and transport», AVENT 2018 г., S. 141–146.

7. Fedotov A. I. On impact of vehicle headlights contamination with products of road chemical deicing agents upon pedestrian visibility on unlit roads / **V. O. Gromalova**, A. I. Fedotov, V. G. Zedgenizov [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 2019 International Conference on Innovations in Automotive and Aerospace Engineering, ICI2AE 2019, Irkutsk, 27 мая – 01 2019 года. Vol. 632. – Irkutsk: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012056. – DOI 10.1088/1757-899X/632/1/012056.

8. Fedotov A.I, **Gromalova V.O.**, Gergenov S.M. / Influence of Headlight Contamination on the Stopping Distance and Maximum Allowable Speed on Roads Covered with Chemical Anti-Icing Materials // Advances in Engineering Research, volume 188 International Conference on Aviamechanical Engineering and Transport (AviaENT 2019).

9. **Gromalova V. O.** Mathematical description of automobile headlight contamination when driving on a wet road / V. G. Vlasov, A. I. Fedotov, **V. O. Gromalova**, S. M. Gergenov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Irkutsk, 21–26 сентября 2020 года. Vol. 1061. – Irkutsk: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 012041. – DOI 10.1088/1757-899X/1061/1/012041.

10. Fedotov, A. I. Mathematical model for studying the braking distance of a car equipped with ABS in winter conditions / A. I. Fedotov, **V. O. Gromalova** // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Irkutsk, 21–26 сентября 2020 года. Vol. 1061. – Irkutsk: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 012016. – DOI 10.1088/1757-899X/1061/1/012016.

Другие публикации

11. Федотов А.И., **Громалова В.О.** / Моделирование процесса торможения автотранспортного средства с антиблокировочной системой // Особенности эксплуатации автотранспортных средств в дорожно-климатических условиях Сибири и Крайнего Севера: материалы 83-й Международной НТК ААИ. – Иркутск: ИрГТУ, 2013. – С. 244–256.

12. Федотов А.И., **Громалова В.О.** / Анализ влияния работы ABS на тормозную эффективность и устойчивость автомобиля на летних дорогах // Особенности эксплуатации автотранспортных средств в дорожно-климатических условиях Сибири и Крайнего Севера: материалы 83-й Международной НТК ААИ. – Иркутск: ИрГТУ, 2013. – С. 256–263.

13. Федотов, А. И. Анализ тормозной эффективности автомобиля с abs на зимних шипованных шинах / А. И. Федотов, **В. О. Громалова** // Авиамашиностроение и транспорт Сибири : сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции, Иркутск, 10–11 апреля 2014 года / Иркутский государственный технический университет. – Иркутск: Иркутский государственный технический университет, 2014. – С. 137-142.

14. **Громалова, В. О.** О влиянии загрязнения внешних световых приборов химическими противогололедными материалами на безопасность движения автотранспортных средств / В. О. Громалова, А. И. Федотов // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2018. – № 2. – С. 61-65.

15. **Громалова В.О.**, Федотов А.И., /О влиянии загрязнения внешних световых приборов химическими противогололедными материалами на безопасность движения автотранспортных средств// Журнал «Охрана труда и техника безопасности на автотранспортных предприятиях и в транспортных цехах», г. Москва, № 12 (171) / 2018, С. 42–46.

16. **Громалова, В. О.** Экспериментальное исследование процесса загрязнения фар автотранспортного средства противогололедными материалами / В. О. Громалова, А. И. Федотов // Проблемы механики современных машин : материалы VII Международной научной конференции, Улан-Удэ, 25–30 июня 2018 года. Том 1. – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2018. – С. 174-185.

17. **Громалова, В. О.** Исследование загрязнения фар автомобиля продуктами обработки дороги химическими противогололедными материалами с использованием прозрачных экранов / В. О. Громалова, А. И. Федотов // Наземные транспортно-технологические средства: проектирование, производство, эксплуатация : II Всероссийская научно-практическая конференция, Чита, 30–31 октября 2018 года. – Чита: Забайкальский государственный университет, 2018. – С. 163-171.

18. Федотов А.И., **Громалова В.О.** / Методика обработки результатов экспериментальных исследований тормозного пути автомобиля категории М1 на зимних дорогах // Материалы Всероссийской НТК с международным участием. 14–17 мая 2019 г. Энергоэффективность автотранспортных средств: нанотехнологии, информационно коммуникационные системы, альтернативные источники энергии г. Воронеж, С. 208–217.

19. **Громалова В. О.** Влияние химических противогололедных материалов на освещенность проезжей части внешними световыми приборами автомобилей в темное время суток / Г. И. Барбаш, А. И. Федотов, **В. О. Громалова**, С. М. Гергенов // Образование и наука : Сборник статей национальной научно-практической конференции, Улан-Удэ, 13–17 апреля 2020 года / Ответственный редактор Л.А. Бохоева. – Улан-Удэ: Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова, 2020. – С. 90-98. – DOI 10.18101/978-5-9793-1496-9-90-98.

20. **Громалова В. О.** Применение корреляционно-регрессионного анализа для оценки видимости водителем при загрязненных фарах автомобиля в зимнее время года / **В. О. Громалова**, А. И. Федотов, Н. И. Овчинникова, М. А. Быкова // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2021. – № 39. – С. 13-19.

21. **Громалова В.О.**, Федотов А.И. / О влиянии загрязнения фар на допустимую скорость движения автомобилей // Журнал Автомобильная промышленность, Выпуск № 9. – Москва, 2023 г. С. 15–20.

Подписано в печать 14.12.2023. Формат 60 х 90 / 16.
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 1,5.
Тираж 100 экз. Зак.148. Поз. Плана 2н.

Отпечатано в типографии Издательства
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный
исследовательский технический университет»
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83