

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи



ЯКУНИН Иван Николаевич

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО
ДВИЖЕНИЯ**

Специальность 2.9.5 – Эксплуатация автомобильного транспорта

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Фот Андрей Петрович

Оренбург, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1. АНАЛИЗ РОСТА АВАРИЙНОСТИ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ.....	10
1.1. Аналитический обзор влияния дорожных условий на аварийность на дорогах.....	12
1.2. Факторы, влияющие на коэффициент сцепления колёс с дорогой.....	16
1.3. Влияние солнечного излучения на аварийность.....	21
1.4. Формирование микроклимата в салоне автомобиля в условиях высоких температур.....	27
1.5. Влияние микроклимата в салоне автомобиля на надёжность водителя.....	36
1.6. Цель и задачи исследования.....	41
2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ АВАРИЙНОСТИ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ.....	44
2.1. Основные положения.....	44
2.2. Определение весовых коэффициентов факторов аварийности.....	48
2.3. Применение математической модели изменения аварийности в условиях высоких температур.....	49
2.4. Определение зависимости аварийности на дорогах от температуры окружающей среды.....	52
2.4.1. Методика работы.....	54
2.4.2. Зависимости аварийности от температуры окружающей среды для Липецкой и Оренбургской областей.....	54
2.5. Выводы.....	58
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЧИН РОСТА АВАРИЙНОСТИ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ.....	60

3.1. Определение зависимости коэффициента сцепления колёс с дорогой от погодных условий.....	60
3.1.1. Приборная база для определения коэффициента сцепления.....	61
3.1.2 Коэффициент сцепления колёс с влажной и сухой поверхностями..	65
3.2. Определение частоты нарушений правил дорожного движения в условиях высоких температур.....	74
3.2.1. Материалы и методы исследования.....	76
3.2.2. Превышение скорости в период с апреля по октябрь.....	77
3.2.3. Опасные маневры в период с апреля по октябрь	84
3.2.4. Проверка базовой гипотезы путём сопоставления экспериментальных данных.....	87
3.3. Влияние высоких температур на микроклимат в салоне автомобиля.....	88
3.3.1. Инструменты и методы.....	88
3.3.2. Микроклимат в салоне автомобиля и влияние систем кондиционирования на него.....	89
3.4. Влияние высоких температур на аварийность на автомобильном транспорте.....	101
3.5. Выводы.....	105
4. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СНИЖЕНИЯ АВАРИЙНОСТИ НА ДОРОГАХ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ.....	107
4.1. Определение констант влияния нарушений ПДД и ошибок на аварийность при высоких температурах.....	108
4.2. Проверка адекватности математической модели.....	109
4.3. Теоретическая оценка снижения эффекта прироста аварийности в условиях высоких температур.....	110
4.4. Функциональная схема снижения аварийности при высоких температурах окружающей среды.....	113
4.5. Выводы.....	119
Заключение.....	121

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	124
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	142

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В последнее десятилетие годовая динамика аварийности на дорогах общего пользования, как в ряде регионов, так и на территории Российской Федерации в целом, отличается стабильным увеличением на величину порядка 100% при переходе от периода с января по апрель к более тёплому периоду – с июня по сентябрь. При этом количество ДТП, приходящихся на единицу зарегистрированных транспортных средств, изменяется не только при смене сезонов, но имеет возрастающую зависимость от температуры воздуха внутри периода с апреля по сентябрь. Парадокс роста количества ДТП с улучшением дорожной обстановки представляет не только научный интерес, но и снижает уровень безопасности жизнедеятельности участников дорожного движения, увеличивая количество пострадавших, а значительный прирост аварийности делает данную проблему крайне важной и злободневной.

В 2021 году, на всей территории Российской Федерации, наименьшее число раненых было зафиксировано за период с февраля по апрель – около 10000 случаев за каждый месяц, а наибольшее число раненых пришлось на июль и август и составило величину, приблизительно равную 17000 человек. Наибольшее и наименьшее количество погибших в ДТП соответствует тем же периодам, что и в случае раненых и составляет величины, приблизительно равные 800 и 1600 человек соответственно. Из следует, что феномен прироста аварийности с ростом температуры окружающей среды играет важную социальную роль.

Для уменьшения описанного эффекта необходимо рассмотрение влияния внешних условий на элементы системы «водитель-автомобиль-дорога-среда» (ВАДС) и взаимодействие этих элементов друг с другом. Существующие работы по влиянию температуры на коэффициент сцепления не дают исчерпывающий ответ на характер зависимости между этими величинами – в некоторых источниках указано увеличение коэффициента сцепления, в то время как существуют данные, согласно которым, для некоторых марок шин, рост

температуры способствует увеличению тормозного пути автомобиля, что может являться причиной снижения коэффициента сцепления колёс с дорогой.

Увеличение аварийности может являться причиной негативного воздействия высоких температур на водителя, в результате чего снижается надёжность последнего, что отмечается в ряде источников. Однако данный эффект, возможно, не исчерпывает все возможные причины исследуемого эффекта, в связи с чем необходимо определить список наиболее значимых факторов аварийности в летнее время, а также степень их влияния на данный эффект. Для эффективной методики снижения эффекта прироста аварийности необходимо построить математическую модель явления, что позволит провести предварительную теоретическую оценку эффективности тех или иных мероприятий и выбрать наиболее эффективные из них. В этой связи, оценка факторов повышения аварийности на автомобильном транспорте в условиях высоких температур окружающей среды, является актуальной задачей.

Объект исследования – процесс перевозки пассажиров и грузов автомобильным транспортом в условиях высоких температур окружающей среды.

Предмет исследования – закономерности влияния высоких температур окружающей среды на показатели аварийности при эксплуатации автомобильного транспорта.

Цель – совершенствование организации транспортного процесса, обеспечивающее снижение влияние высоких температур окружающей среды на безопасность дорожного движения.

Задачи:

- 1) теоретически обосновать влияние высоких температур окружающей среды на состояние элементов ВАДС с целью оценки рисков повышения количества нарушений правил дорожного движения и показателей аварийности;
- 2) выявление закономерностей влияния высокой температуры окружающей среды на показатели аварийности на автомобильном транспорте и нарушений правил дорожного движения (ПДД);

3) разработка системы мероприятий по совершенствованию организации транспортного процесса и алгоритм снижения рисков повышения аварийности, обусловленной высокой температурой окружающей среды.

Методы исследования: положения теории транспортных процессов, математической статистики, функционального анализа, экспертных оценок.

Научной новизной исследования являются следующие положения, выносимые на защиту:

1) модель процесса изменения показателя аварийности на автомобильном транспорте, отражающая влияние показателя температуры окружающей среды;

2) общая закономерность изменения значения показателя аварийности на автомобильном транспорте, отличающаяся тем, что получена с использованием значений среднемесячных дневных температур окружающей среды и учитывает климатические особенности различных регионов России;

3) частные закономерности влияния высокой температуры окружающей среды на безопасность дорожного движения, отличающиеся учётом основных факторов влияния на аварийность на автомобильном транспорте: превышение установленной ПДД скорости движения автомобилей, совершение водителем опасных маневров, время реакции на принятие решения водителем в опасных ситуациях, количество неверно принятых решений.

4) алгоритм совершенствования организации процесса перевозок для автотранспортных предприятий (АТП), направленный на обеспечение безопасности дорожного движения, учитывающий влияние высоких температур окружающей среды на эксплуатационные характеристики автомобилей и на состояние водителя.

Достоверность результатов и выводов работы обеспечивается использованием апробированных научных методов исследования, сертифицированных приборов, современных методов математического аппарата, достоверной исходной информацией.

Практическая значимость работы. Результаты исследования могут быть использованы автотранспортными предприятиями, органами управления пассажирскими перевозками при организации перевозок с целью снижения аварийности на дорогах в условиях высоких температур.

Результаты диссертационной работы приняты к внедрению на предприятии ЗАО «Автоколонна №1825», используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет».

Область исследований соответствует паспорту научной специальности 2.9.5 – Эксплуатация автомобильного транспорта по п.7: «Исследования влияния окружающей среды на состояние водителей, подвижного состава и транспортной инфраструктуры, организация и обеспечение безопасности перевозок и движения, разработка требований и рекомендаций по методам подбора, подготовки, контроля, режима труда и отдыха водителей».

Апробация результатов исследования. Основные положения и результаты исследования доложены и обсуждены на XIV-ой Международной научно-практической конференции «Совершенствование автотранспортных систем и сервисных технологий» (Саратов, 2018 г.); Международной научно-практической конференции «Технические науки: современный взгляд на изучение актуальных проблем» (Астрахань, 2019 г.); XIV-ой Международной научно-практической конференции «Прогрессивные технологии в транспортных системах» (Оренбург, 2019 г.); XV-ой международной научно-практической конференции «Прогрессивные технологии в транспортных системах» (Оренбург, 2020 г.); Международной научно-практической конференции «Наукоёмкие исследования как основа инновационного развития общества» (Омск, 2021 г.); XVI-ой международной научно-практической конференции «Прогрессивные технологии в транспортных системах» (Оренбург, 2021 г.).

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в 14-ти работах, в том числе, 7 – в изданиях из «Перечня ...» ВАК.

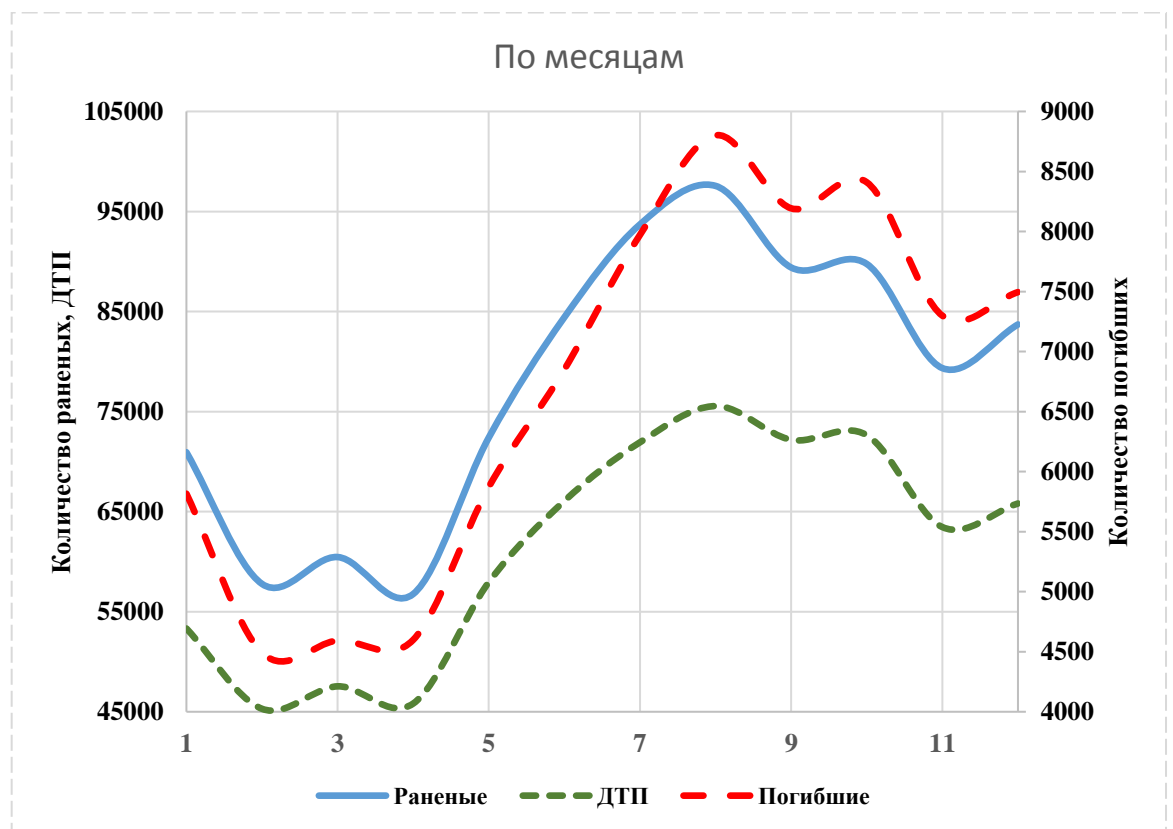
Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх разделов, заключения, списка использованных источников, приложений. Текст изложен на 146 страницах, включает 13 таблиц, 38 рисунков. В приложениях приведены дополнительные материалы к разделам. Список источников включает 156 наименований.

1. АНАЛИЗ РОСТА АВАРИЙНОСТИ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

В связи с ростом автомобильного парка и интенсивности движения транспортных средств, для повышения безопасности дорожного движения (БДД) производится разработка и совершенствование мероприятий по внедрению средств регулирования уличного движения. Недостаток определения опасных мест дорожной сети состоит в возможности делать выводы по уже свершившимся дорожно-транспортным происшествиям (ДТП).

В результате многочисленных исследований было показано, что ДТП чаще всего происходят в «конфликтных точках», которыми являются, например, перекрёстки [34]. При внедрении мероприятий по организации движения, необходимо обеспечить условия безопасности, например, хорошую видимость и состояние дорожного покрытия.

а)



б)

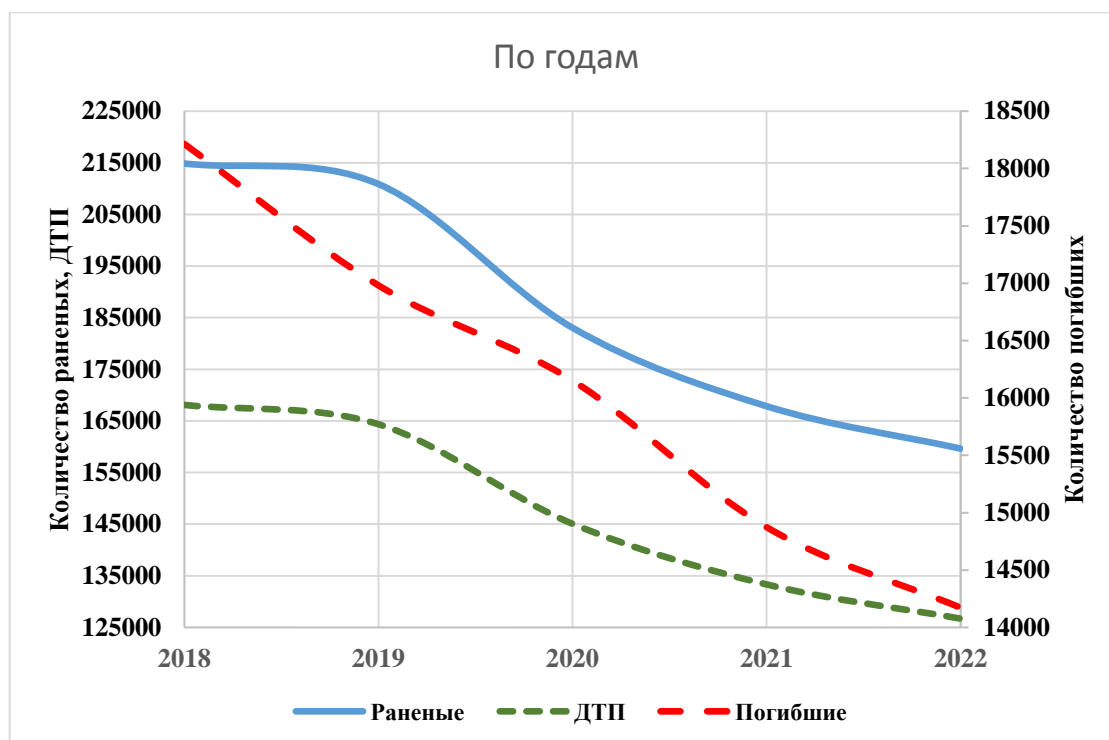


Рисунок 1.1 – Количество дорожно-транспортных происшествий раненых и погибших в ДТП людей в период с 2018 по 2022 годы: а) распределение по годам; б) распределение по месяцам.

Особенностью дорожного движения является решающее значение водителя и других участников дорожного движения. Чаще всего, причиной ДТП являются именно неправильные действия людей [48,49].

Согласно официальной статистике, на дорогах Российской Федерации в период с 2018 по 2022 год погибло 8393 человек и получили ранения 936262 человека. На рисунке 1а показано распределение ДТП, а также раненых и погибших по годам за период с 2018 по 2022 годы. Из рисунка видно снижение как числа раненых на 25,7% и погибших на 22,2%. Такое снижение пострадавших, вероятно, является следствием реализации национального проекта «Безопасные и качественные дороги», реализуемого с 2019 года. Изменения количества ДТП согласуется с изменением количества раненых.

На рисунке 1б показано распределение ДТП, раненых и погибших участников дорожного движения по месяцам за тот же период. Представленному распределению свойственна ежегодная повторяемость. Наименьшее количество

раненых и погибших фиксируется в феврале и апреле, после чего происходит рост как раненых, так и погибших участников ДД, после чего происходит рост обоих показателей. Наибольшее количество раненых и погибших приходится на июль и август, когда средняя дневная температура достигает наибольших значений за годовой период и составляет 20,5% раненых и 20,8% погибших от общего числа. Общее количество пострадавших в августе на 73% больше числа пострадавших в апреле. Очевидно, что рост числа пострадавших сопровождается увеличением температуры окружающего пространства, которое, возможно, является его причиной и сопутствующим фактором. Прирост количества пострадавших в октябре можно объяснить сменой сезонов. В работе [56] приведён анализ существующих методов оценки вероятности возникновения ДТП, в работах [59,28,29] рассмотрен комплексный подход к определению механизма дорожно-транспортного происшествия. В статьях [60,61] представлен научно-методологический подход к снижению аварийности на дорогах Российской Федерации.

1.1. Аналитический обзор влияния дорожных условий на аварийность на дороге

Для снижения травматизма на дорогах, важную роль играет прогнозирование и предупреждение дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Данное направление подробно освещено в работах [11,10]. В частности, в данной работе установлена связь между ДТП и факторами, способствующими их возникновению, разработаны математические модели, позволяющие установить связь между элементами, оказывающими влияние на дорожную аварийность, и вероятностью возникновения ДТП, получены теоретические зависимости, позволяющие определять аварийные участки автомобильной дороги, установлена зависимость между интенсивностью дорожного движения и числом ДТП,

позволяющая спрогнозировать вероятность его возникновения; получены зависимости между переменными факторами и вероятностью возникновения аварийной ситуации, что позволяет осуществить выбор параметров, снижающих количество ДТП, в ряде случаев ликвидировать места их концентрации.

В работах [41,40] подробно освещена тема дорожно-транспортных экспертиз. Работы [42,44] посвящены повышению безопасности дорожного движения методами регулирования скоростного режима автомобилей. В частности, установлена зависимость величины ошибки водителей при оценке скорости движения ТС, разработана методика прогнозирования риска недооценки скорости движения ТС, предложены рекомендации по ограничению скоростных режимов при проезде ТС через искусственные неровности.

В статье [84] проведена сравнительная оценка дорожно-транспортной аварийности в Томске и Тюмени. Отмечено, что, по сравнению с Томском, в Тюмени гораздо выше вероятность попадания в ДТП, но выживаемость пострадавших значительно выше. В целом, разнообразие условий, формируемых в разных городах, значительно влияющих на итоговый уровень безопасности дорожного движения (БДД), крайне многообразно. Попытки построения моделей влияния этих условий на характеристики аварийности не всегда позволяют понимать механизм аварийности, что часто осложняет работу по её предупреждению.

В работе [57] рассмотрен вопрос увеличения ДТП в республике Татарстан, являющейся экономически важным субъектом Российской Федерации, через который проходят важные транспортные «артерии». Согласно статистике, в последние годы в данном регионе происходит рост числа ДТП, что, по мнению автора, связано с тем, что темпы развития дорог значительно уступают темпам роста количества автомобилей. В частности, в 58% случаях ДТП фиксировались недостаточные значения коэффициента сцепления, в 7,2% - низкий уровень освещения, в 6,5% случаев – отсутствие ограждений в необходимых местах, в 4,4% - дефекты покрытия и в 2,9% - неудовлетворительное состояние обочин.

В работе [102] автор, используя статистические модели оценки уровня безопасности дорожного движения, приходит к выводу о том, что, «при ежегодном увеличении транспортных средств, количество погибших, приходящихся на один автомобиль, уменьшается» [102]. При этом доказано, что на населённые пункты приходится 72,5% ДТП, а на дороги – 27,5%. В столице республики происходит 36,4% ДТП. Таким образом большая часть аварийности Татарстана обусловлена наличием городов: Казань, набережные Челны, Альметьевск и проходящими через них федеральные трассы и аварийные региональные дороги. Для снижения аварийности на дорогах республики, в работе [32] предложен алгоритм выявления и управления участками концентрации ДТП. Произведён подсчёт снижения аварийности при осуществлении предложенных мер.

В работе [104] рассмотрена проблема повышения безопасности дорожного движения на территории республики Дагестан. Автор работы отмечает рост аварийности в республике, связывает данное явление с недостаточно высокими темпами модернизации дорог на фоне ускоряющейся автомобилизации населения. Усугубляет ситуацию недостаточный уровень транспортного образования населения, что приводит к ошибочным действиям участников дорожного движения. Отмечается высокий процент грузовых автомобилей. По мнению автора [93], одной из основных причин возникновения ДТП является быстрый рост числа высоко динамичных грузовых и легковых автомобилей. Отмечено, что в 57% случаях прямыми или сопутствующими причинами ДТП являются погодные условия. Согласно данным работы [92], анализ аварийности на дорогах Дагестана и других территорий, доказывает, что интенсивность движения является наиболее существенным фактором аварийности. Зависимость количества ДТП на один километр в год от часовой интенсивности движения описывается корреляционной зависимостью вида:

$$n_N = 0,256 + 0,000408 \cdot N + 1,36 \cdot 10^{-7} \cdot N^2 \quad (1.1)$$

В условиях республики Дагестан, на аварийность влияют такие факторы как: ширина проезжей части, радиус кривой в плане и продольный уклон. Зависимости аварийности от этих параметров можно найти в работе [91].

В работе [90], с использованием имитационной модели, построенной на основе экспериментальных данных, разработана «концепция региональной программы обеспечения безопасности движения на дорогах республики Дагестан» [90]. Промежуточные расчёты показывают, что основная причина увеличения аварийности – легковые автомобили.

Проблемы отставания развития транспортной инфраструктуры от уровня автомобилизации также наблюдаются в Социалистической Республике Вьетнам, где происходит активная смена двухколёсных транспортных средств четырёхколёсными, наблюдается рост спроса на транспортные услуги. По аналогии с предыдущими работами, в статье [55] произведён анализ тенденций развития перевозок в регионе, проведён анализ статистических данных о ДТП, проведена оценка причин возникновения наиболее опасных участков на дорогах региона. В работе [54] проведена оценка интенсивности транспортных потоков и дорожных условий данного региона, представлено построение имитационной модели транспортного процесса. Работа [2] посвящена разработке мероприятий, направленных на повышение безопасности дорожного движения Социалистической Республики Вьетнам.

Существует ряд работ, рассматривающих влияние геометрических параметров дорог на аварийность в общем виде. Результаты таких исследований для двухполосных загородных дорог можно найти в работе [5]. Работа [8] посвящена разработке стохастической модели возникновения ДТП. В работах [3,4,6] определены значения параметров плана, продольного и поперечного профилей автомобильных дорог, негативно влияющих на безопасность. На основе ранее перечисленных работ, авторами статьи [7] предложена методика определения количества автомобилей, вовлекаемых в дорожно-транспортные

происшествия на разных участках дорог при неизменных сочетаниях геометрических параметров за ограниченный промежуток времени.

1.2. Факторы, влияющие на коэффициент сцепления колёс с дорогой

Качество сцепления колеса и дорожного покрытия в широком диапазоне температур эксплуатации – одно из ключевых требований к качеству автомобильных шин. Данному вопросу посвящено множество научных трудов, большая часть которых обобщена в книгах и монографиях, например, в книге [14]. Имеют место два подхода к определению коэффициента сцепления – как характеристика эксплуатационных свойств автомобиля и как характеристика, определяющая свойства дорожного покрытия.

В литературных источниках существуют расхождения в трактовке понятия «коэффициент сцепления». ГОСТ 17697-72 определяет коэффициент сцепления как «отношение результирующей реакции в опорной плоскости к соответствующему значению нормальной реакции при заданном значении коэффициента продольного скольжения» [35]. Авторы работы [94] под понятием коэффициента сцепления понимают отношение силы сцепления к нормальной нагрузке, а в работах [45,46,85] коэффициентом сцепления называют отношение продольной реакции к нагрузке во всём диапазоне изменения коэффициентов скольжения. В работе [50] используются оба определения. В статье [18] коэффициент сцепления принят в виде отношения тормозного усилия к нормальной нагрузке колеса; в статьях [98,99] – как отношение силы сцепления колеса с дорогой к нагрузке на колесо. Другие определения коэффициента сцепления содержатся в работах [100,1,37,96]. В ГОСТ 17697-72 принято следующее определение: «Коэффициент сцепления – отношение результирующей реакции в опорной плоскости к соответствующему значению нормальной реакции при данном значении коэффициента продольного скольжения» [35].

Методы определения и технические средства измерения коэффициента сцепления регламентированы с помощью ГОСТ 30413-96. В качестве испытательного оборудования документ предписывает использовать установку, состоящую из автомобиля, прицепного колёсного прибора, включающего датчики ровности, коэффициента сцепления, а также включающую систему увлажнения покрытия и регистрации.

Для определения коэффициента сцепления также используют приборы маятникового, ротационного и ударного действия [47]. Общим недостатком перечисленных установок является то, что коэффициент сцепления определяется при скольжении имитатора шины по дорожному покрытию, а, следовательно, данные приборы фактически измеряют коэффициент трения скольжения. Как показывают опыты, показания данных приборов коррелируют с показаниями ПКРС-2.

Доминирующими факторами, влияющими на изменение пятна контакта, являются: давление в шине, конструкции шины и рисунка протектора, шероховатость покрытия, давление воздуха и скорость движения. Коэффициент сцепления измеряют на каждой полосе движения при скорости передвижной лаборатории, равной 60 км/ч путём полного обездвиживания измерительного колеса прицепного прибора.

Часто проводят оценку соответствия коэффициента сцепления дорожного покрытия с колесом автомобиля с использованием прибора ППК-МАДИ-ВНИИБД, изображённого на рисунке 1.2.

Измерения производят в следующей последовательности. Прибор устанавливают так, чтобы продольная ось имитаторов (6) располагалась параллельно полосе наката. С помощью винтов-лап корректируют установку прибора так, чтобы нижняя поверхность имитаторов (6) находилась на расстоянии 15 ± 3 мм от поверхности дорожного покрытия, после чего на опорную штангу надевают груз (2), удерживаемый механизмом сброса. Измерительное кольцо (10) перемещают в верхнее положение.

Не позже чем через 3 секунды после увлажнения покрытия производят сброс груза путём нажатия кнопки (1). Коэффициенту сцепления соответствует положение регистрирующей шайбы на шкале прибора (9). Измерение повторяют не менее пяти раз с интервалами 5-10 секунд. В качестве окончательной величины коэффициента сцепления принимают среднее арифметическое результатов трех измерений с устойчивыми значениями.

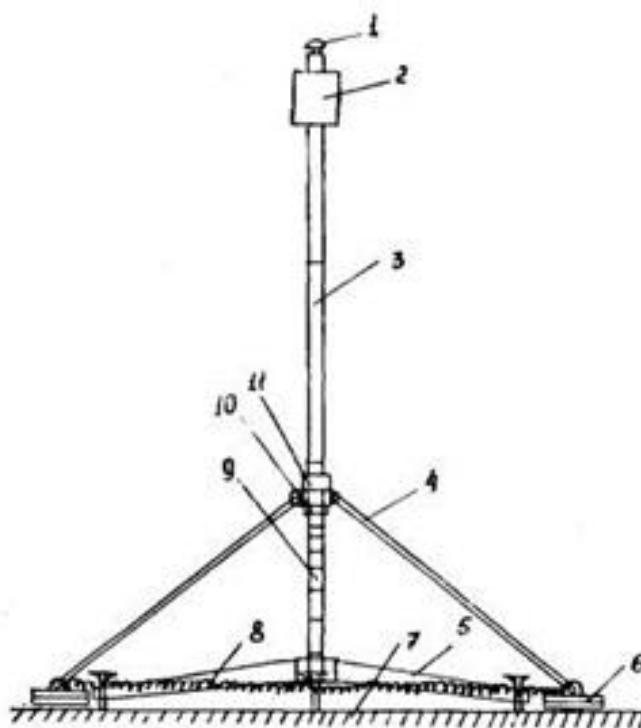


Рисунок 1.2 – «Портативный прибор ППК-МАДИ-ВНИИБД: 1 - кнопка механизма сброса груза; 2 - груз; 3 - штанга; 4 - привод имитатора; 5 - подставка; 6 - имитаторы; 7 - дорожное покрытие; 8 - прижимная пружина; 9 - шкала коэффициента сцепления; 10 - измерительное кольцо; 11 - муфта скольжения» [26].

Часто сложность и недостаточная точность экспериментального определения коэффициента сцепления обуславливает необходимость моделирования. Также моделирование применяется при решении задач проектного прогнозирования, оценки свойств активной безопасности колёсных машин, создания и реализации алгоритмов управления движением колеса машины в электронных системах

активной безопасности, создания и реализации алгоритмов управления движением колеса на испытательных стендах, нормирования сцепных свойств дорожных одежд. Для взаимодействия колеса с дорогой коэффициент сцепления принято рассчитывать, как функцию продольного скольжения колеса $\varphi_x=f(s_x)$. Эту зависимость называют $\varphi_x - s_x$ - диаграммой. Основными моделями при моделировании коэффициента сцепления являются: модель описания $\varphi_x - s_x$ - диаграмм шин, не учитывающий боковую силу, модель Burckhardt [115,138], модель Denny [143], модель парабол [123], модель Ревина А.А. [87], модель Балакиной Е.В. и Зотова Н.М. [16], модель Н.В. Ресејка [144].

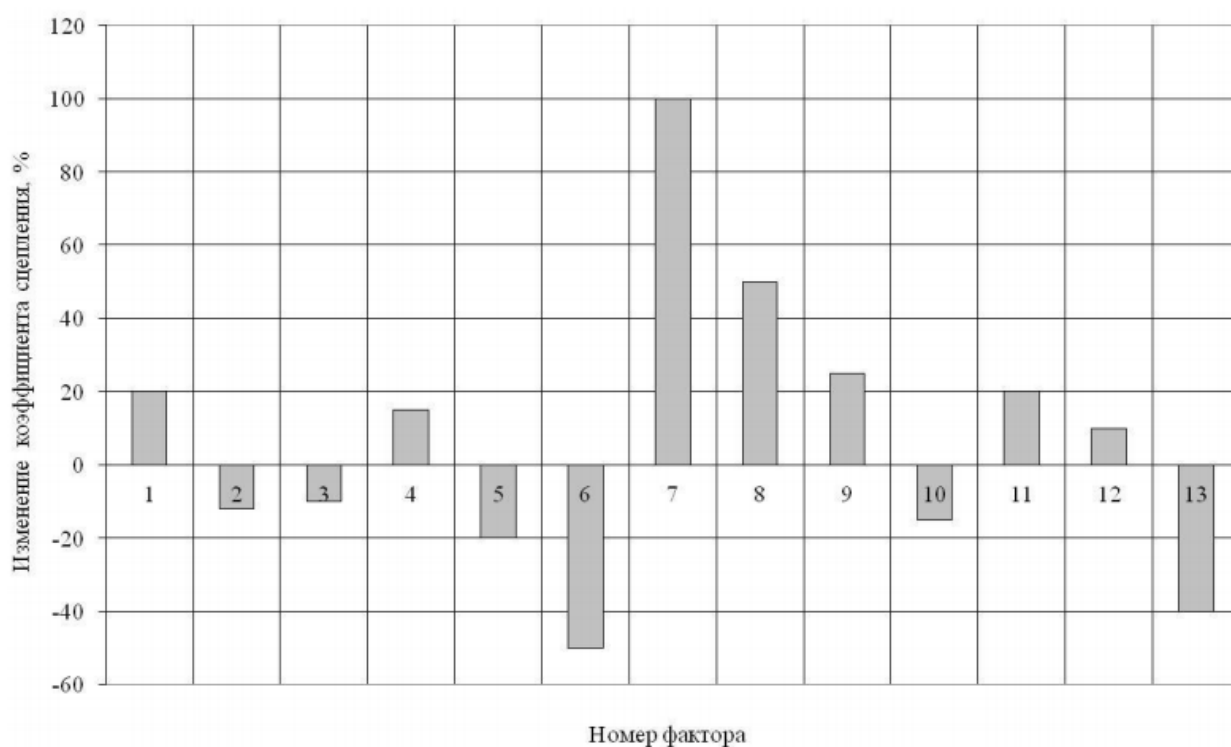


Рисунок 1.3 – «Ранжирование основных факторов, определяющих величину коэффициента сцепления (номера факторов указаны в таблице 1.1)» [56].

Анализ большого количества зарубежных и отечественных экспериментальных работ, посвящённых исследованию коэффициента сцепления колеса с опорной поверхностью, показывает, что коэффициент сцепления зависит от большого количества параметров, например, скорость движения, температура, рисунок протектора, давление в шинах и т.д. [15].

Величина коэффициента сцепления более чувствительна к типу и состоянию дорожного покрытия, чем к конструкции и составу шины и изменяется в очень широких пределах. Также о влиянии состояния дорог на коэффициент сцепления можно узнать, например, из работ [88,38].

Таблица 1.1 – «Перечень факторов, определяющих величину коэффициента сцепления» [15].

№ фактора	Наименование фактора	Дополнительные условия
1	Температура окружающей среды	–
2	Изменение скорости скольжения от 50 до 130 км/час	Новая шина
3		Предельно изношенная шина
4		Сухое дорожное полотно
5	Износ шины от 0 до предельного значения	Мокрое дорожное полотно при толщине водяной пленки около 0,2мм
6		Мокрое дорожное полотно при толщине водяной пленки около 1мм
7	Вид дорожного покрытия (лед – сухой асфальтобетон или цементобетон)	–
8	Состояние дорожного покрытия (мокрый асфальтобетон или цементобетон – сухой асфальтобетон или цементобетон)	–
9	Поддержание коэффициента продольного скольжения колеса в районе критического значения	–
10	Расчленение рисунка протектора шины	Сухое дорожное полотно
11		Мокрое дорожное полотно
12	Состав резиновой смеси шины (натуральный каучук – синтетический каучук)	–
13	Износ дорожного покрытия	–

Согласно данным рисунка 1.3, увеличение температуры окружающей среды способно увеличивать коэффициент трения на 20%. В работе [53] были получены альтернативные результаты. Авторами проводилась серия опытов по определению тормозного пути одного и того же автомобиля с использованием девяти различных марок летних шин в диапазоне температур окружающей среды от -6 °С до 35 °С. Температура асфальта при этом изменялась в диапазоне от -6 до 47 °С. Тормозной путь автомобиля определяли с помощью GPS-сигналов. Испытания проведены на одном и том же участке дороги, одним водителем. На испытываемых покрышках в каждом блоке замеров проводили по шесть испытаний с периодическим остыванием тормозов. Среднее значение тормозного пути при наименьшей и наивысшей температурах оказались эквивалентными и составили 26,5м. При температуре воздуха от 3 до 6 °С тормозной путь составил

25,6м., а при 16-17 °С – 25,5 °С. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что в диапазоне температур окружающего пространства от -6 до 35 °С сначала происходит уменьшение тормозного пути, а при температуре, превышающей 17°С – её увеличение.

Объяснение противоречия в данных авторов работ [15] и [53] может заключаться: в использовании различных методов исследования, в разной степени деградации опорных поверхностей под действием высоких температур в первом и во втором случае, влиянием температуры окружающей среды на систему активной безопасности автомобиля, влиянием температуры окружающей среды на время реакции водителей. В случае подтверждения одного из перечисленных предложений, можно допустить снятие противоречия между результатами опытов двух рассматриваемых работ. Однако в случае подтверждения негативного влияния высоких температур на коэффициент сцепления, последний фактор можно рассматривать как одну из причин роста аварийности.

1.3. Влияние солнечного излучения на аварийность

Существует большое количество работ, посвящённых влиянию климатических и погодных условий на состояние дорожного покрытия. Авторы работ [13,12,22], при проектировании дорог, рекомендуют, кроме прочих, учитывать природно-климатические условия, из которых выделяют: наличие вечномёрзлых грунтов, заболоченные, овражистые, карстовые, горные и засушливые районы. Большое внимание в работах в данном направлении уделено влагонакоплению, оказывающему значительное влияние на коэффициент сцепления. Строительство дорог в засушливых районах должна учитывать неустойчивость песчаных холмов, формирующихся в течение длительного промежутка времени под влиянием солнечных лучей. Однако кроме длительного воздействия, прямые солнечные лучи способны оказывать краткосрочное воздействие на систему ВАДС, влияя на аварийность и на пропускную

способность на дороге через психофизиологическое состояние водителей. Это явление подробно описано в работе [81] и получило название «Эффекта солнечного ослепления» (ЭСО).

Согласно определению автора, «Эффект солнечного ослепления – это психофизиологический процесс воздействия солнечного излучения водителей, проходящий в течение промежутка времени, необходимый для перехода на новый уровень адаптации зрения в связи с резким изменением степени яркости дорожной обстановки. Эффект обусловлен нарушением зрительного восприятия и ухудшением эмоционального состояния водителя в период световой адаптации».

«Солнцеопасный участок – участок автомобильной дороги, подверженный проявлению эффекта солнечного ослепления в определённые периоды. Зависит от значений азимута и продольного уклона для данной географической местности» [81].

С помощью методики, представленной в работах [81,70], удалось установить, что в шести субъектах Дальневосточного федерального округа, в период с 2000 по 2009 годы, в 2,9 % аварий от общего количества сопутствующим кратковременным фактором являлся ЭСО. Среднее количество участников ДТП с сопутствующим ЭСО составило 4 человека, а, в среднем, в каждом таком ДТП получают ранение 59,4 % и погибают 2,8 % участников. Специфика этих происшествий заключается в соотношении типов аварий: столкновения – 67,2 %, наезд – 9,5 %, съезд 4,4%.

Анализ солнцеопасных участков позволил выявить закономерность, заключающуюся в том, что на автомагистралях, с точки зрения ЭСО, наиболее аварийными являются прямые в плане скоростные участки, где произошло 43% ДТП, а также перекрёстки – 12,1% и подъезды к мостам – 2,3%. В годичном цикле здесь наиболее опасными являются весенние месяцы, на которые приходится 61% от общего количества учтённых аварий [66,67].

На рисунке 1.4 представлена «классификация индивидуальных и автоконструкционных средств защиты водителей от ЭСО» [81]. Наиболее

распространёнными средствами защиты от ЭСО являются солнцезащитные очки и солнцезащитный козырёк; они эффективны при устоявшемся проявлении эффекта, но в начальный момент они обладают невысокой эффективностью. Кроме того, данные средства не защищают водителя при боковом ослеплении [64]

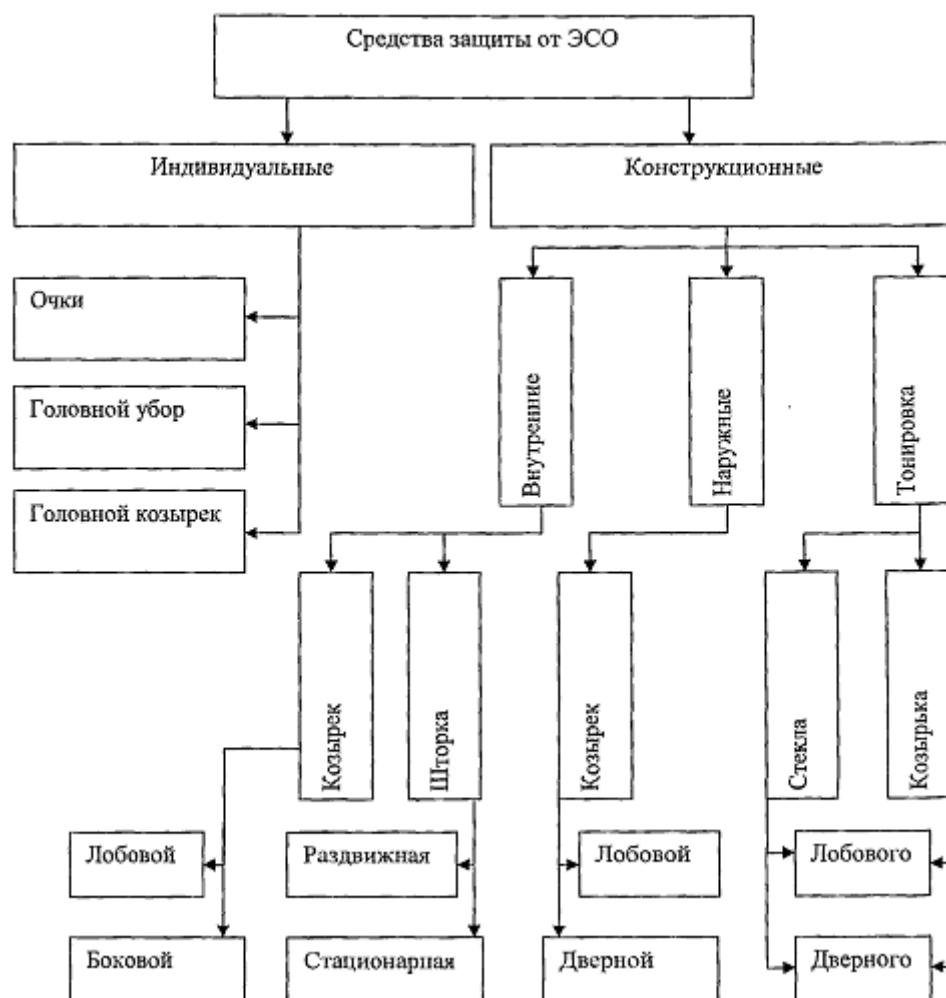


Рисунок 1.4 – «Классификация индивидуальных и автоконструкционных средств защиты водителя от ЭСО» [81]

В статье [65] приведены данные, представленные на рисунке 1.5. Основной вывод работы заключается в том, что уязвимость водителя при ЭСО проявляется в виде снижения скорости транспортного средства, что негативно сказывается на пропускной способности. Разработанные ранее методы её повышения учитывают влияние многих факторов, не обеспечивая расчётную пропускную способность в

период кратковременного воздействия ЭСО. Описание методики проведения экспериментов можно найти в работах [82,76].

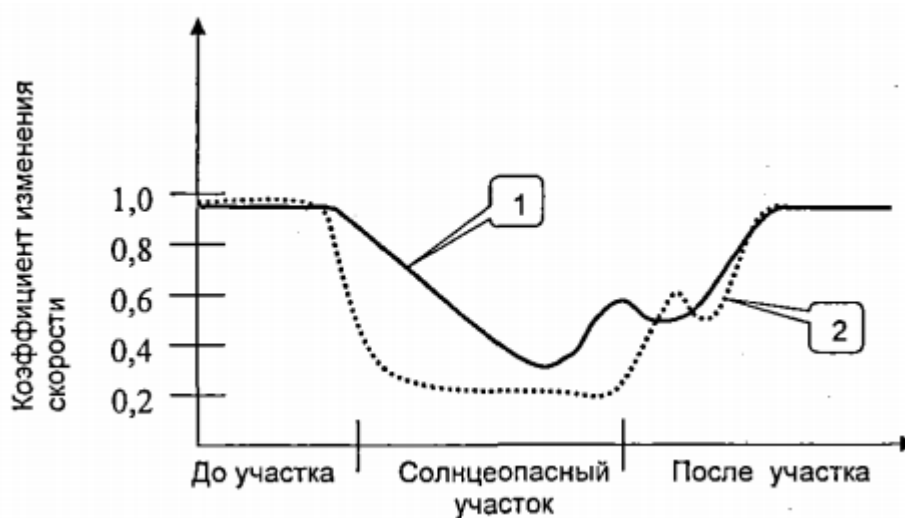


Рисунок 1.5 – «График изменения скорости движения на солнцепасном участке: 1 – на УДС города; 2 – на автомагистралях вне населённого пункта» [65]

В работе [74] приведены данные, подтверждающие снижение скорости транспортных средств на величину до 27%. Уменьшение скорости движения достигает минимума ближе к концу участка с ЭСО, а затем постепенно возрастает. Данный эффект зависит и от продольного уклона дороги [74].

Оценка влияния ЭСО на психофизиологическое состояние водителя проводилось с помощью методик, изложенных в работах [51,63]. Одна из представленных методик основана на мониторинге частоты пульса как основном показателе функционального состояния водителя. Обязательным условием методики является одновременное и непрерывное измерение частоты пульса, скорости движения и светового потока [63].

На рисунке 1.6, взятом из источника [81], изображена схема влияния ЭСО на психофизиологию водителя.

Исследования позволили выявить изменение угла, поля зрения, времени реакции, световой адаптации метеорологической дальности видимости (МДВ) и других показателей. Оптимальная защита глаз козырьком, при ЭСО,

соответствует расположению козырька ниже глаз водителя на 5,5см. Такое расположение отвечает метеорологической дальности видимости, равной 8 метрам [81].

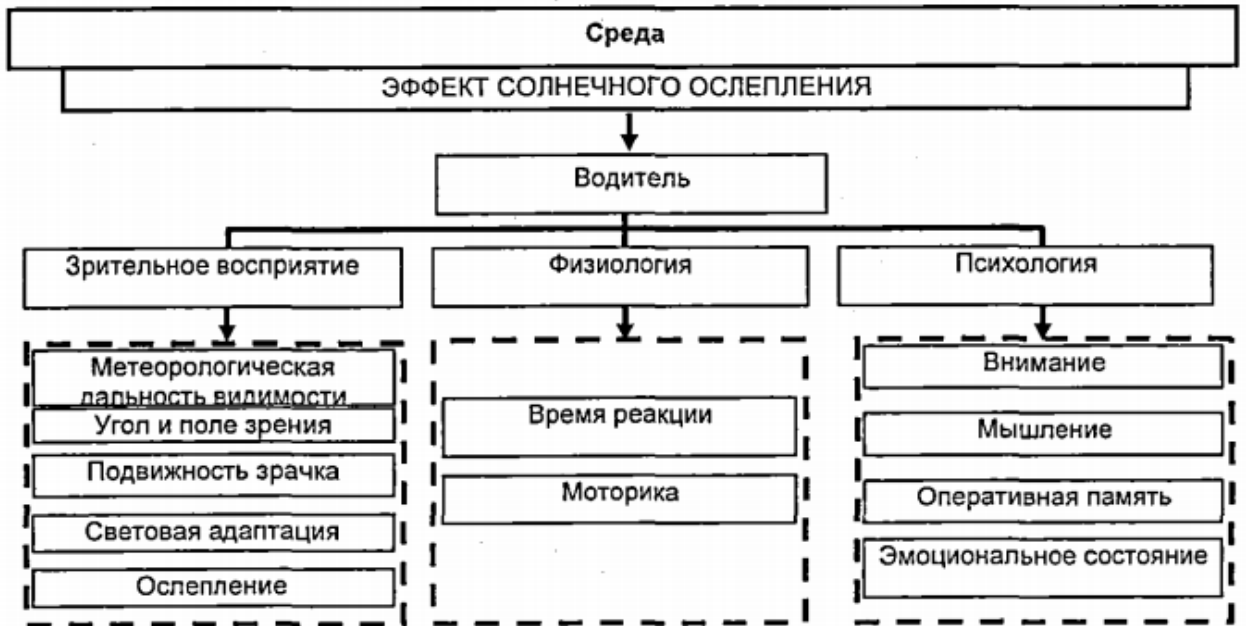


Рисунок 1.6 – «схема воздействия эффекта солнечного ослепления на психофизиологию водителя» [81]

Согласно данным работ [67,68], на психологическое состояние водителя, в основном, влияет момент въезда на солнцезащитный участок. В зависимости от вертикального и горизонтального склонения ЭСО, изменяется психофизиологическое состояние водителя на фоне нормального (рисунок 1.7). При наступлении ЭСО частота пульса возрастает на 18-33 ударов в минуту [68].

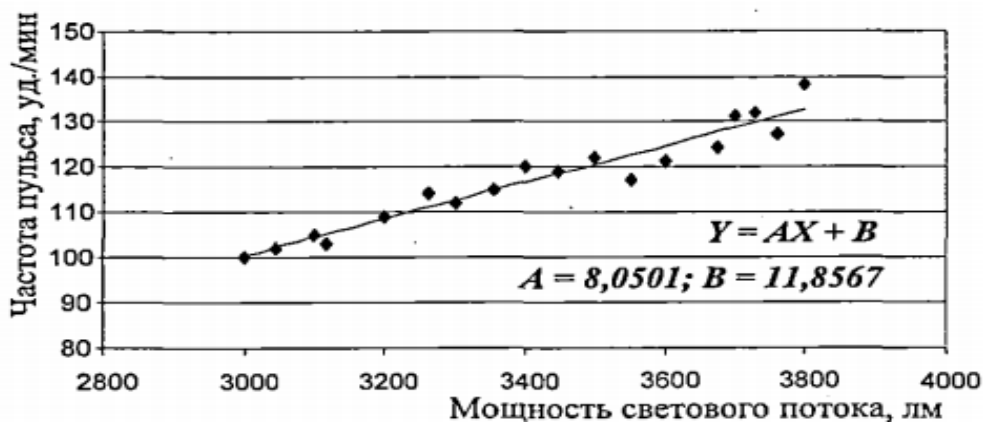


Рисунок 1.7 – «Зависимость частоты пульса водителя от мощности светового потока» [67]

Значениям пульса, превышающим 120 ударов в минуту, соответствует эмоциональная перегрузка, психологическая напряжённость, в связи с чем снижается работоспособность водителя [67].

Кроме повышения пульса наблюдается сужение горизонтального угла зрения, а также уменьшение перемещения взгляда в поле концентрации внимания [68]. При максимальном ЭСО взгляд водителя фокусируется на максимально удалённом расстоянии. Максимальная яркость может привести к полному ослеплению водителя.

Известны работы, посвящённые вопросу повышения пропускной способности на участках кратковременного влияния неблагоприятных природных факторов. В работах [70,71,72,73,83] описана методика определения времени и места возможного проявления ЭСО для любого региона. В работах [75,89] рассмотрен вопрос повышения потребительских свойств дорог на солнцепасных участках с использованием ландшафтного проектирования. Для этого параметры элементов плана и продольного профиля дороги должны обеспечивать потребительские свойства дороги при напряжённой работе водителя. Автор рекомендует обеспечивать расстояние видимости, исходя из времени реакции водителя, равной 2,5 секунды. Солнцепасная зона должна преодолеваться за временной промежуток, не превышающий одну минуту [89].

Другое направление работ, посвящённых снижению влияния ЭСО на водителя, – озеленение автомагистралей на солнцепасных участках для организации дорожного движения в зоне проявления ЭСО, предложено устанавливать временные дорожные знаки. Схема организации движения, при этом, зависит от вида ЭСО и расположения солнцепасного участка. С целью корректировки типовой схемы рекомендуется учитывать условия движения и состав транспортного потока. Для сохранения пропускной способности, не рекомендуется, без необходимости, ограничивать скорость движения [78,80].

В работе [69] рассмотрен вопрос влияния ЭСО на себестоимость грузовых перевозок.

1.4. Формирование микроклимата в салоне автомобиля в условиях высоких температур

Согласно СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика» в теплый период года допускается превышать температуру воздуха, указанную в таблице 1.2, но не выше 31 °С - в кабине легковых автомобилей и 30 °С - в кабине грузовых автомобилей и автобусов, скорость движения воздуха не должна превышать 1 м/с.

Таблица 1.2 – Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в кабинах автомобилей в теплый период года

Типы автомобилей	Температура воздуха, °С*	Относительная влажность, в %	Скорость движения воздуха, м/с
Легковые, грузовые и автобусы	Не более чем на 3 °С выше средней температуры наружного воздуха в 13 ч самого жаркого месяца, но не более 28 °С	При 28 °С не более 55 При 27 С не более 60 При 25 С не более 70 При 24 С не ниже и не более 75	0,2 - 0,5

Перепад температуры воздуха по высоте кабины не должен превышать 3 °С. При этом абсолютные величины температуры воздуха на разных уровнях кабины должны находиться в пределах величин, при обеспечении оптимальных параметров микроклимата, или в пределах величин для тех же категорий работ при обеспечении допустимых параметров микроклимата.

Согласно данным, приведённым в книге [56], на микроклиматические условия салона автомобиля влияют: средняя скорость, температура окружающего воздуха и средняя температура всех поверхностей, с которыми тело человека обменивается теплом. Локальные микроклиматические условия в салоне

автомобиля зависят от размещения окон в верхней части салона, из-за чего переход тепла от головы к ногам может сильно различаться.

Температура воздуха в салоне напрямую зависит от температуры окружающей среды, теплоизоляции кузова и системы отопления и вентиляции, а также от температуры двигателя. Безопасность движения транспортного средства зависит и от защиты стекол от обмерзания и запотевания, что достигается их равномерным обдувом нагретым воздухом; микроклиматические условия салона автомобиля в значительной степени зависят от системы отопления и вентиляции салона.

В салон ТС поступление тепла происходит через непрозрачные и прозрачные конструкции кузова с помощью теплового излучения, конвекции и теплопроводности, обобщённо называемыми теплопередачей [36].

Первоначально поверхность непрозрачного элемента кузова нагревается с помощью солнечных лучей, после чего происходит передача тепловой энергии через многослойные элементы путем теплопроводности.

Поступившая в салон транспортного средства теплота, с помощью конвекции, нагревает воздух внутри легкового автомобиля [21]. Следовательно, можно выделить две стадии рассмотрения: первоначально при поступлении тепла на поверхность непрозрачного элемента кузова преобладает тепловое излучение и конвекция, после чего, при прохождении тепловой энергии через многослойную стенку, преобладает теплопроводность.

Поэтому механизм рассмотрение поступления теплоты в салон транспортного средства через непрозрачные элементы кузова производят разбивают на этапы [20].

Анализ работы [19] выявил, что теплопоступления путем излучения зависят от коэффициента светоотражения непрозрачных элементов кузова, интенсивности солнечного излучения, облачности, температуры и влажности окружающего воздуха. При конвективном теплообмене перенос тепла в ядре потока осуществляется одновременно с помощью теплопроводности и конвекции. Он

характеризуется интенсивным перемешиванием, что приводит к выравниванию температур в ядре этого потока.

По мере приближения к стенке интенсивность конвективного теплообмена снижается; это обусловлено образованием вблизи стенки теплового пограничного слоя, в котором влияние турбулентных пульсаций на перенос тепла становится малым.

В реальных условиях значительное влияние на передачу тепла конвективным теплообменом оказывает скорость ветра. Увеличение данного фактора вызывает интенсификацию протекающего процесса, уменьшая пограничный слой до малых размеров.

Один из способов снижения количества поступающего в салон транспортного средства тепла – использование более транспортных средств с цветом кузова, характеризующимся более высоким коэффициентом светоотражения (более светлые цвета) [9].

Работы [23,24,25,26,27] посвящены исследованию микроклимату в салоне автомобиля и определению роли системы вентиляции в этих процессах.

Исследования проводили при температуре воздуха в тени от 32 до 34 °С, скорость движения автомобиля составляла 80-90 км/ч. Авторами получены данные, говорящие о том, что с 12:00 до 14:00 солнечное излучение измеряемая температура наиболее стабильна. Температура многократно измерялась в областях головы, груди, живота, бёдер, ступней, голени водителя, а также в зоне багажного отсека [23].

Полученные величины измеренных температур приведены в таблице 1.3, из которой видно, что значения температуры внутри автомобиля значительно превышают норму, при которой возможна безопасная работа водителя [23].

Превышение температуры в зоне головы на 3 °С, по сравнению с температурой груди, авторы связывают с тепловым излучением обивки крыши. Температура панели крыши может достигать значения 52 °С [23].

Температура в области живота и бёдер водителя достигает $+62^{\circ}\text{C}$ из-за действия прямых солнечных лучей. Воздух с наименьшей температурой скапливается над полом салона; имеет место температурная инерция (температура панелей и деталей корпуса в ночное и утреннее время составляет $+18...+20^{\circ}\text{C}$). Набегающий поток воздуха охлаждает наружные панели пола салона и замедляет нагрев, производимый прямым солнечным излучением [23].

Таблица 1.3 – «Значения температур, воздействующих на водителя» [23]

Зона измерения температуры	Температура $^{\circ}\text{C}$		Воздействия солнечного света
	Измеренная	Внешняя (в тени)	
Голова водителя	+43	+32	В тени
Грудь водителя	+40	+32	В тени
Живот водителя	+62	+32	На солнце
Бедра водителя	+62	+32	На солнце
Стопы водителя	+30	+32	В тени
Багажный отсек (на дне)	+30	+32	В тени
Багажный отсек (под крышкой)	+32	+32	В тени

«Процентное соотношение теплоты, поступающей в кабину ТС и воздействующей на водителя, приблизительно выглядит следующим образом: 40% теплоты – от крыши, передней и боковых панелей кабины; 60% — через ветровое стекло (в меньшей степени – через боковые стекла)» [23].

Теплопроводность, конвекция, теплопередача и солнечное излучение значительно влияют на тепловой комфорт салона автомобиля, при неблагоприятных обстоятельствах могут создавать мгновенный тепловой шок для водителя [113]. Особенно летом, окружающая обстановка автомобиля может создать некомфортные условия для человека [127].

Распространены два метода исследования тепловой среды в салоне автомобиля – одним из них является экспериментальный метод с использованием приборов: инфракрасного термометра, регистратора температуры, влажности и т. д. Другой метод состоит в моделировании вычислительной гидродинамики [142,39]. В исследованиях, описанных в статье [86], изучали тепловой комфорт

различных вытесняющих систем вентиляции. Данные измерений выявили вертикальный градиент температуры для систем вытяжной вентиляции. Относительно наименьшая разница температур между ногами и головой была обнаружена при 100% вытеснительной вентиляции и смешанной вентиляции.

Таблица 1.4 – Максимальный индекс температуры в салоне автомобиля с использованием солнечной радиации и максимальной температуры окружающего воздуха [129].

Maximum Ambient Air Temperature (°C)	40	57	59	60	62	64	66	68	69	71	73	75	77	78
	38	55	57	58	60	62	64	66	67	69	71	73	75	76
	36	53	55	56	58	60	62	64	65	67	69	71	73	74
	34	51	52	54	56	58	60	61	63	65	67	69	70	72
	32	49	50	52	54	56	58	59	61	63	65	67	68	70
	30	47	48	50	52	54	56	57	59	61	63	65	66	68
	28	45	46	48	50	52	54	55	57	59	61	63	64	66
	26	43	44	46	48	50	52	53	55	57	59	61	62	64
	24	40	42	44	46	48	49	51	53	55	57	58	60	62
	22	38	40	42	44	46	47	49	51	53	55	56	58	60
	20	36	38	40	42	44	45	47	49	51	53	54	56	58
		200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
		Average Daily Solar Radiation (W m ⁻²)												

Там же приводится зависимость температуры корпуса автомобиля в облачную погоду (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Максимальный индекс температуры в салоне автомобиля с учетом облачности и максимальной температуры окружающего воздуха [129].

Maximum Ambient Air Temperature (°C)	40	74	73	71	69	67	66	64	62	60
	38	73	71	69	67	65	64	62	60	58
	36	61	60	58	56	54	53	51	49	47
	34	69	67	65	64	62	60	58	56	55
	32	67	65	63	62	60	58	56	55	53
	30	65	63	62	60	58	56	54	53	51
	28	63	61	60	58	56	54	53	51	49
	26	61	60	58	56	54	53	51	49	47
	24	59	58	56	54	52	51	49	47	45
	22	58	56	54	52	51	49	47	45	44
	20	56	54	52	50	49	47	45	43	42
		0	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	8/8
		clear	few	scattered	broken	ovc				
		Average Daily Cloud Cover (octaves)								

В той же статье проведено исследование нагревания кабины автомобиля при воздействии прямых солнечных лучей. Авторы приводят таблицу, в которой зафиксирована зависимость температуры кабины от температуры окружающей среды и среднесуточной солнечной светимости (таблица 1.4).

Таким образом, авторы продемонстрировали, что температура в салоне может достигать опасных уровней даже при относительно мягких условиях (например, облачно с умеренной температурой окружающего воздуха).

В этой же работе были представлены две теоретические модели максимальных температур в салоне автомобиля. Обе модели основаны на данных по интенсивности солнечного излучения и могут быть использованы для прогнозирования опасных условий и информирования общественности. Кроме того, модели могут быть использованы при судебно-медицинском анализе для ретроспективного восстановления данных о температуре в салоне.

Статья [140] посвящена обзору исследований на тему терморегулирования внешних поверхностей кабин и бортовой электроники транспортных средств. Эта статья содержит краткое изложение исследований инженерных инноваций, связанных: с терморегулированием кабины, являющейся основным источником накопления тепла, тепловыделением, охлаждением электронных компонентов, а также тепловым воздействием различных внешних компонентов автомобиля, включая решетки радиатора, тормоза и шины, выхлопную систему и аэродинамику кузова, в дополнение к общим соображениям о погоде и рельефе местности.

За последние несколько десятилетий было разработано множество технологий, обеспечивающих комфорт пассажирам при одновременном снижении нагрузки на кондиционер и расхода топлива. Эти усилия были, в основном, сосредоточены на поиске способов уменьшить количество поглощаемого автомобилем тепла — явление, известное как тепловое впитывание или термическая пропитка — когда транспортное средство находится на солнце в течение длительного периода времени [137,146,149,130]. Исследовательские

методы включали независимое охлаждение зон салона транспортного средства [156,154,127], внедрение алгоритмов автоматического климат-контроля (АСС) [135,153], управление качеством воздуха [134,141,128] и совершенствование систем кондиционирования электромобилей (EV) [125,133,151].

В статье [136] приведены результаты исследования влияния солнечного отражающего покрытия СОП и термоплёнки на тепловой комфорт автомобиля, припаркованного под солнцем. Экспериментальные измерения припаркованных автомобилей были проведены в городе Банги, Малайзия (широта $2,9^{\circ}\text{C}$ северной широты и долгота $101,78^{\circ}$ Восточной долготы) в день с частичной облачностью, когда средняя температура окружающей среды составляла 33°C . Опыты показали, что даже кратковременная стоянка автомобиля под солнцем может привести к быстрому повышению температуры воздуха в салоне не только под прямыми солнечными лучами, но даже при частичной облачности.

В ходе экспериментов исследовались три автомобиля одной и той же модели с одинаковым цветом кузовов и салонов. Обнаружено, что максимальная температура воздуха в салоне автомобиля с СОП ($39,6^{\circ}\text{C}$) значительно ниже, чем в автомобиле без термических покрытий ($57,3^{\circ}\text{C}$) и в автомобиле, покрытом термоплёнкой. Температура в салоне последнего автомобиля оказалась выше, чем в салоне контрольного транспортного средства.

Использование солнцезащитного покрытия приводит к улучшению снижения температуры на 31%, а разница между температурой салона и окружающего воздуха была сведена к минимуму примерно на 73%. Кроме того, результаты показали, что температура воздуха на в автомобиле с СОП упала до комфортной температуры (27°C) через 7 мин кондиционирования, в то время как базовый автомобиль достиг комфортной температуры через 14 мин.

Во втором испытании, описанном в той же работе, оба идентичных автомобиля были подвергнуты 75-минутной выдержке под прямыми солнечными лучами и начали испытание при начальной температуре воздуха в салоне, равной средней температуре окружающего воздуха. В течение первых 15 минут

температура воздуха в салоне автомобиля с СОП резко повышалась, пока не достигла максимального значения 42°C , а затем оставалась стабильной до конца испытания, длившегося 1 час. СОП позволило поддерживать среднюю разницу температур в 6°C между кабиной и окружающей средой. Температура воздуха в салоне автомобиля без СОП также резко повысилась в течение первых 15 минут, а затем продолжала повышаться, пока не достигла максимального значения $55,4^{\circ}\text{C}$ в конце 1 часа теста. Это привело к разнице температур воздуха на уровне дыхания примерно на $13,4^{\circ}\text{C}$ между СОП и исходным случаем.

Сравнение автомобиля, покрытого термоплёнкой, во всех экспериментах, показало отрицательные результаты как на фоне базового автомобиля и автомобиля, покрытого солнцезащитным покрытием – во всех случаях наблюдалась завышенная температура в салоне и большее время кондиционирования, необходимое для создания комфортной температуры в салоне автомобиля.

Исследователи также стремились снизить температуру в салоне за счет уменьшения тепловыделения через обшивку автомобиля [137,146,148,147,139]. В экспериментах, проведённых летом 2006 года было протестировано солнцезащитное покрытие по сравнению с контрольным покрытием. Cadillac STS (контрольная группа) был покрыт обычным покрытием, в то время как на модифицированном автомобиле было использовано базовое с ИК-отражающими пигментами. Затем обе машины были опрысканы одним и тем же прозрачным покрытием. После длительного нахождения под прямыми солнечными лучами поверхность панели с отражающим покрытием (поглощающая способность 0,82) в равновесном состоянии была на $9-10^{\circ}\text{C}$ холоднее, чем поверхность панели управления (поглощающая способность 0,89) [146]. Примечательно, что процентное снижение температуры панелей не приводит к эквивалентному снижению температуры воздуха в салоне из—за изоляции крыши и различных других существующих путей теплопередачи, особенно через окна. В 2005 году было испытано менее отражающее покрытие, которое снизило внешнюю

температуру крыши на 6,7 °С по сравнению с исходным уровнем, но в целом температура воздуха в салоне снизилась менее чем на 1°С. Модифицированный автомобиль в эксперименте 2005 года имел базовую серую краску с поглощающей способностью 0,78 и покрытую пленкой крышу с поглощающей способностью 0,55 [148].

Авторы работы [146] установили в люк Cadillac STS решетку из шести вентиляторов, работающих на солнечных батареях. Результаты показали, что вытягивание воздуха из автомобиля более эффективно, чем его нагнетание, и позволяет снизить температуру воздуха на 5-6 °С — примерно на 26% от максимально возможного снижения.

Охлаждение сиденья обеспечивает лучший независимый контроль температуры. Кондиционирование сидений использует встроенные в сиденье вентиляторы для подачи или отвода воздуха в салоне, охлаждаемого термоэлектрическим устройством, к пассажирам или от них. Вместо использования кондиционированного воздуха в салоне работают системы, способные пропускать кондиционированный воздух по воздуховодам, подключенным непосредственно к системе вентиляции сидений. Затем воздух может быть дополнительно охлажден или нагрет с помощью элемента Пельтье [156]. Пассажир, при этом, может обогреться или охладиться направленным воздухом с горячей или холодной стороны модуля. Испытания на людях с дополненной системой показали сокращение времени достижения комфорта на 4,5 мин – на 2,5 мин меньше, чем при использовании термоэлектрического устройства, и на 1 мин меньше, чем при использовании сидений с воздушным охлаждением HVAC [156]. Другой подход к кондиционированию сидений заключается в использовании асимметричной схемы охлаждения. Авторы статьи [139] совместили активное охлаждение вдоль поясничной опоры сиденья с вентиляцией - только в подушке сиденья. Оптимизация мощности и размещения охлаждающего устройства была проведена на основе модели, основанной на комфорте человека, с прогнозируемыми температурами, подтвержденными в

экспериментах с точностью до 1 °С. Работа [135] посвящена работе автоматического климат-контроля. Работы [116,145,114] посвящены кондиционированию подкапотного пространства автомобиля.

Статья [155] представляет собой обзор по системам персонального кондиционирования. В работе описаны существующие и перспективные концепции.

1.5. Влияние микроклимата в салоне автомобиля на надёжность водителя

«Под микроклиматическими условиями салона автомобиля понимают сочетание температуры, запыленности воздуха, скорости движения, относительной влажности. Перечисленные факторы оказывают значительное влияние на состояние человека, его самочувствие и здоровье. Температура воздуха в салоне автомобиля влияет на число дорожно-транспортных происшествий» [31] (рисунок 1.8).

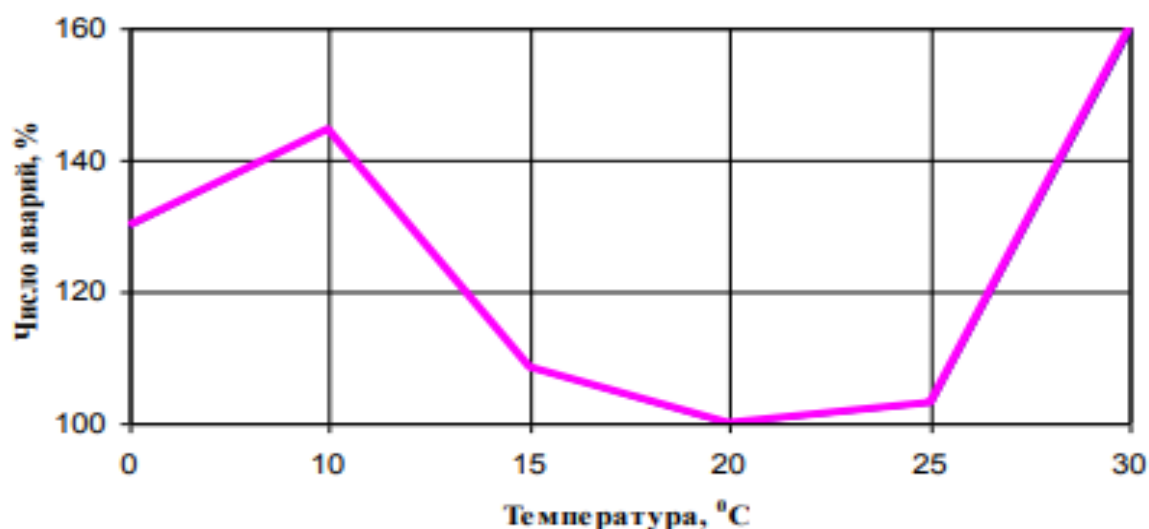


Рисунок 1.8 – «Зависимость между температурой воздуха в салоне и числом аварий» [31].

Неблагоприятные климатические условия салона ТС негативно отражаются на состоянии водителя, являясь одной из причин возникновения ДТП.

В результате действия высокой или пониженной температуры у водителя быстро наступает усталость, снижается острота зрения, время реакции увеличивается, внимание притупляется, появляются ошибки, приводящие к ДТП или к снижению качества выполняемых технологических операций [31].

В следствие многочисленных особенностей теплообмена между организмом водителя и окружающей средой, нахождение показателя, позволяющего определить оптимальные климатические условия, представляет сложную задачу. Поэтому комфортные климатические условия часто характеризуют совокупностью критериев, ограничивающих: температуру, влажность, скорость воздуха, наибольший перепад температур воздуха в кузове и вне его, температуру окружающих элементов (пола, стен, потолка), интенсивность солнечного излучения, подачу воздуха в салон, приходящуюся на одного человека в единицу времени [150].

Наиболее оптимальной в салоне транспортного средства является температура в пределах от 20 до 22 °С. Понижение температуры до 13 °С сопровождается увеличением риска относительной опасности ДТП в 1,5 раза; при повышении температуры до 27 °С – в 1,6 раза. Ключевыми факторами теплового комфорта водителя являются: температура, влажность, скорость потока воздуха, температура и свойства окружающих человека поверхностей.

В книге [56] отмечено, что значительное влияние на надёжность водителя оказывает микроклимат в области головы. «Конъюнктивы и роговица глаза чувствительно реагируют на высокую температуру воздуха повышенным выделением влаги и высыханием слизистой оболочки глаза, из-за чего может возникнуть рефлекс частого моргания и чувство усталости глаз» [56].

«Чрезмерная скорость обдува воздухом оказывает аналогичное действие. В области головы водителя скорость обдува воздухом и температура должны быть умеренными» [56]. Также важен тепловой режим воздуха в области ног, где

температура должна быть на 3-5 °С выше, чем средняя температура окружающего воздуха.

Известны условия чрезмерного теплоотвода, вызывающие ухудшение самочувствия, снижение работоспособности водителя. При этом эмоциональное напряжение линейно возрастает от интенсивности нагрузки и экспоненциально – от продолжительности нагрузки.

«Мера интенсивности тепловой нагрузки – это разность между образованием тепла в теле человека и скоростью отвода тепла. Условия, при которых организм не испытывает ни перегрева, ни переохлаждения, ни сильного движения воздуха, ни сквозняков, ни других неприятных ощущений, считают, в тепловом отношении, комфортными» [56].

Для определения уровня комфорта в салоне автомобиля используют три метода – моделирование, инструментальный – манекен с тепловыми датчиками, и метод опроса испытуемых. Примеры работы с манекенами приведён в работах [124,122]. Разработанный авторами манекен состоит из 79 поверхностных зон с независимой калибровкой температуры. Описаны как составные части манекена, так и способ его настройки. С помощью манекена определено, что части человеческого тела, находящиеся на солнце, испытывают сильный дискомфорт, который оказывает непосредственное влияние на общее ощущение всего тела. Авторы сравнивали температуру, влажность и индекс эквивалентной температуры (ИЭТ/TEQ), полученные с помощью манекена. Результаты показывают, что при прямом солнечном излучении 500 Вт/м² температура внутри автомобиля повышается на 10°С. Кроме того, значения ИЭТ для открытых частей манекена превышают значение 36°С, что приводит к очень высокому тепловому состоянию всего тела.

Те же авторы, в работе [120] провели оценку окружающей среды транспортного средства с использованием трех стандартизированных методов. Индекс эквивалентной температуры (ИЭТ/TEQ) определялся с помощью усовершенствованного теплового манекена. Его значения сравнивались с

ответами людей в анкетах (TSV Thermal Sensation Vote index) и с прогнозируемыми средними значениями индекса голосования (ПСЧГ/PMV). Результаты показывают, что средние значения модели ПСЧГ(PMV), рассчитанные в одной точке с помощью оборудования ComfortSense, далеки от средних значений TSV, полученных в результате анкетирования с участием людей, в то время как индекс ИЭТ(TEQ), рассчитанный с помощью усовершенствованного теплового манекена, показывает тепловые состояния, аналогичные результатам анкетирования (TSV). Это может быть объяснено тем фактом, что TSV и ИЭТ учитывают ощущения для каждой части тела на локальном уровне.

Статья [118] представляет собой обзор современных методов оценки теплового комфорта в салоне транспортного средства. Обзор [152] представляет собой обзор на тему индивидуального кондиционирования и его влияния на тепловой комфорт и энергетические показатели.

В работе [121], с помощью численного моделирования, исследовалось влияние различных скоростей воздушного потока, создаваемых системой вентиляции, на тепловой комфорт водителя. Тепловой комфорт оценивался путем расчета эквивалентной температуры на поверхности виртуального манекена на месте водителя и определения карт «прогнозируемого среднего значения голосов» (ПСЧГ/PMV) и индексов скорости тяги.

Вывод, сделанный авторами, заключается в том, что результаты измерения трех скоростей охлаждающего потока могут обеспечить комфорт передним пассажирам и ощущение сквозняка и дискомфорта для задних пассажиров. Виртуальное тело испытывает неравномерно распределенную конвективную теплопередачу.

Статья [119] посвящена моделированию тепловой обстановки в кабине с человеческим телом и без него с последующей оценкой теплового комфорта. Один из выводов заключается в том, что даже незначительное изменение направления потока, только в горизонтальной плоскости и только для одного

вентиляционного отверстия, приводит к глобальному изменению всей структуры потока внутри салона автомобиля.

Второй общий вывод связан с присутствием человеческого тела. Как было показано, геометрия манекена оказывает большое влияние на распределение скорости воздуха в салоне автомобиля. Кроме того, даже при параметрических исследованиях необходимо учитывать любую деталь интерьера кабины, которая может повлиять на тепловую обстановку внутри.

В работе [130] приведены результаты моделирования условий теплового стресса, включая многочисленные результаты других авторов в данном направлении. В работе [113] произведено построение модели тепловых ощущений и комфорта для отдельных частей тела. В ходе исследований авторы пришли к ряду важных выводов:

- испытуемые предпочитали, чтобы зона дыхания была прохладной;
- локальный нагрев зоны дыхания снижает комфорт даже в холодных условиях;
- согревание ног очень эффективно для повышения комфорта.
- избыточное охлаждение области спины и поясницы способно изменить положительный эффект, в плане комфорта, на отрицательный.

В статье [126] представлена компьютерная модель пассивной терморегуляции человека для широкого спектра условий окружающей среды.

Авторы работы [112] производили анализ влияния метеорологических условий на человеческий фактор при оценке риска аварий. На основании сопоставления статистических данных сделан вывод о том, что температура и давление воздуха, оказывают значительное влияние на риск возникновения аварий (принимая во внимание только аварии, вызванные человеческим фактором). Это предположение было сделано на основе снижения когнитивных способностей водителей в результате резких перепадов температуры и давления воздуха. Определенные погодные условия оказывают значительное влияние на возникновение несчастных случаев. Анализ наблюдаемой выборки из 266 аварий,

произошедших на железных дорогах, показывает, что риск возникновения аварий значительно выше при низких температурах (от -10 до 0 °C) и высоком давлении воздуха ($p > 1010$ мбар), риск составляет 2,17, что в 2,41 раза выше, чем при стандартных погодных условиях. Кроме того, в случае высоких температур (выше 20 °C) и низкого давления воздуха ($p < 1010$ мбар) риск возрастает до 2,07 по отношению к средним погодным условиям.

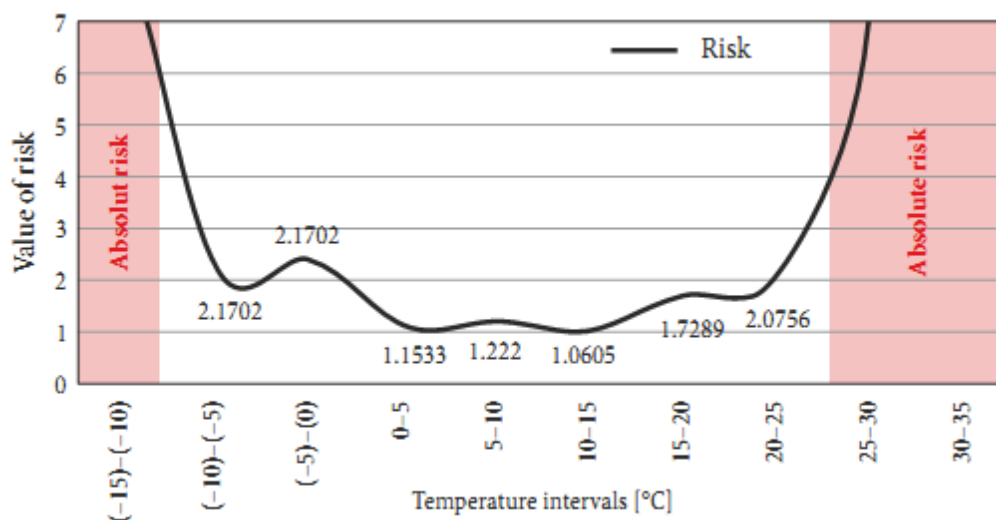


Рисунок 1.9 – Риск возникновения несчастных случаев на АЭС при высоких температурах и низком давлении воздуха для выборки из 266 наблюдаемых случаев [112].

Абсолютный риск возникновения аварии возникает при температуре ниже -10 °C и давлении воздуха выше 1010 мбар, а также при высоких температурах ($T > 25$ °C) и давлении воздуха ниже 1010мбар (рисунок 1.9).

1.6. Цель и задачи исследования

Статистический анализ данных на территории Российской Федерации по аварийности, количеству раненых и погибших за последние пять лет выявляет снижение всех трёх показателей в среднегодовом выражении. При этом очевидна регулярно повторяющееся распределение этих же показателей по месяцам в году – наибольшие значения этих негативных показателей приходятся на месяцы с

наибольшей температурой окружающего пространства. Наименьшие значения приходится на зимние месяцы и, стабильно, на апрель, когда на большей территории РФ улучшается видимость, увеличивается коэффициент сцепления колёс с дорогой за счёт появления сухой поверхности дорог. Далее происходит рост температуры окружающего пространства, и он сопровождается увеличением аварийности, числа раненых и погибших на дорогах. Феномен снижения безопасности дорожного движения можно объяснить увеличением транспортного потока за счёт сезонного использования транспортных средств частью водителей. Однако значительные изменения показателей БДД наблюдаются в период с апреля по сентябрь, когда количество участников дорожного движения можно считать квазистационарным.

Как было показано в большей части работ, на аварийность в целом влияют дорожные условия. Анализ литературных данных не дал однозначный ответ на вопрос о влиянии высоких температур на коэффициент сцепления. Хотя большинство авторов утверждает, что, с ростом температуры, сцепные характеристики колёс и дороги усиливаются, существуют данные, говорящие об увеличении тормозного пути автомобиля с ростом температуры воздуха и асфальта.

Причины увеличения аварийности, а за ней и числа пострадавших, с ростом температуры, может крыться в системе «среда-водитель-автомобиль». Так, солнечное ослепление водителей увеличивает аварийность на дорогах, снижая их пропускную способность за счёт реакции водителей на эффект солнечного ослепления.

В результате многочисленных исследований установлено, что солнечные лучи, даже в облачную погоду, как и высокая температура окружающей среды, способны формировать некомфортную среду в автомобиле, повышая температуру в салоне до некомфортных значений. Как на автомобильном, так и на железнодорожном транспорте, при превышении температурного диапазона 20-25°C, фиксируется резкий рост рисков аварийности. Во многих работах

приведены современные методы борьбы с формированием некомфортного микроклимата в салоне автомобиля. Однако в приведённых работах не определена степень влияния каждого из перечисленных факторов на увеличение аварийности в условиях высоких температур.

Объект исследования – процесс перевозки пассажиров и грузов автомобильным транспортом в условиях высоких температур окружающей среды.

Предмет исследования – закономерности влияния высоких температур окружающей среды на показатели аварийности при эксплуатации автомобильного транспорта.

Цель – совершенствование организации транспортного процесса за счёт технологических и организационных мероприятий, направленных на снижение влияния высоких температур окружающей среды на безопасность дорожного движения.

Задачи:

1. Теоретическое обоснование влияния высоких температур окружающей среды на состояние элементов системы ВАДС на основе результатов известных исследований в данной области и статистических данных об увеличении количества нарушений правил дорожного движения и показателей аварийности в различных климатических условиях;

2. Выявление и оценка адекватности закономерностей влияния высокой температуры окружающей среды на количество нарушений правил дорожного движения (ПДД) и ошибок водителей, а также на значения показателя аварийности на автомобильном транспорте;

3. Разработка практических рекомендаций по совершенствованию организации процесса перевозок и снижению аварийности на автомобильном транспорте, обусловленной высокой температурой окружающей среды.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ АВАРИЙНОСТИ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

2. 1. Основные положения

Математическая модель изменения аварийности при высоких температурах должна описывать действительные значения аварийности, предсказывать её значения при изменении тех или иных условий и быть проверяемой. Для этого в её основу заложено два фундаментальных утверждения, первое из которых следует из анализа литературных источников.

Как было показано в первом разделе, наименьшее количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП), а вместе с этим, и количество пострадавших в ДТП приходится на зимние месяцы и на апрель месяц. При переходе от зимнего сезона к летнему происходит таяние снега, дорожная обстановка улучшается за счёт увеличения обзорности, контраста на дороге, большее количество времени и места асфальтобетонное покрытие становится сухим, увеличивая коэффициент сцепления колёс с дорогой. Кроме того, как видно из обзора источников, резкий рост аварий происходит при температуре воздуха, превышающем 25°C , что, в большинстве регионов Российской Федерации, не достигается в апреле. Поэтому апрель месяц выбран как исходный, когда количество ДТП и нарушений ПДД минимально, дорожная обстановка улучшается на фоне зимней, а манера вождения водителей ещё адаптирована к осторожному вождению в зимних условиях.

Также известно, что часть автолюбителей эксплуатируют личные транспортные средства сезонно, и к весне их количество возрастает, что также может повлиять на искажение информации об аварийности. Однако в период с апреля по октябрь число эксплуатируемых транспортных средств не подвержено сезонным изменениям за исключением туристических транспортных потоков в период отпусков. Данная проблема решается тем, что, при применении

теоретической модели, за основу взяты показания в регионах, удалённых от сезонных транспортных потоков. С целью отсутствия зависимости полученных результатов от числа участников дорожного движения, в качестве показателя аварийности N принято отношение количества ДТП к количеству зарегистрированных в регионе транспортных средств. Минимальная аварийность, соответствующая апрелю месяца, обозначим как N_0 ; тогда увеличение аварийности в жаркие месяцы на фоне апреля обозначим как:

$$\Delta N = N - N_0, \quad (2.1)$$

где N – аварийность за исследуемый месяц.

Аналогично показателям аварийности, введём обозначения для количества событий, предшествующих дорожно-транспортным происшествиям: ν – количество неблагоприятных событий в апреле, $\Delta \nu$ – разница между количеством неблагоприятных событий в рассматриваемом месяце и неблагоприятных событий в апреле. Очевидно, что аварийность на дорогах зависит не от одного вида неблагоприятных событий. Поэтому каждому их виду, приводящему к увеличению аварийности, поставим в соответствие индекс i :

$$\nu = \sum_{i=1}^l \nu_i, \quad (2.2a)$$

$$\Delta \nu = \sum_{i=1}^l \Delta \nu_i, \quad (2.2б)$$

где l – количество факторов аварийности; ν_i – количество неблагоприятных событий i – го вида в апреле, $\Delta \nu_i$ – увеличение количества неблагоприятных событий i – го вида за рассматриваемый период на фоне апрельских показателей.

Вторая гипотеза, положенная в основу математической модели изменения аварийности, основана на личном наблюдении и состоит в утверждении, что в период с апреля по сентябрь дорожные условия являются квазистационарными и не влияют на вероятность дорожно-транспортных происшествий при одинаковом

проявлении одних и тех же неблагоприятных условий. Это означает, что, в условиях высоких температур, аварийность на дорогах, как и её увеличение, зависит только от количества наступлений неблагоприятных событий. Третье предположение, лежащее в основе математической модели, состоит в линейной зависимости аварийности N и прироста аварийности ΔN от числа неблагоприятных событий $(v+\Delta v)$ и от прироста неблагоприятных факторов Δv :

$$N = \sum_{i=1}^l k_i \cdot (v_i + \Delta v_i), \quad (2.3a)$$

$$\Delta N = \sum_{i=1}^l k_i \cdot \Delta v_i, \quad (2.3б)$$

где k_i – коэффициенты пропорциональности, каждый из которых является вероятностью наступления ДТП в результате однократного наступления i – го вида неблагоприятных событий. Учитывая, что количество неблагоприятных событий не может превышать количество ДТП, можно утверждать, что для всех i , принимающих значение от 1 до l , $k_i \leq 1$. Связь между величинами N и ΔN определяется формулой:

$$N = N_0 + \Delta N, \quad (2.4)$$

где N_0 – количество аварий, приходящихся на одно транспортное средство при комфортных условиях, соответствующих апрелю.

Нахождение коэффициентов k_i представляет собой крайне важную задачу по двум причинам. Во-первых, выявление соотношений между их значениями позволит определить относительную степень опасности факторов аварийности и определить те направления, в которых должна вестись работа по снижению аварийности в первую очередь. Во-вторых, как видно из формулы (2.3б), знание величин k_i позволит оценить изменение аварийности ΔN при изменении Δv_i , что может произойти в результате изменившихся внешних и внутренних условий.

В общем случае количество факторов аварийности l может быть велико, и не все из них обладают высокой значимостью. В случае ограничения в теории значимыми факторами аварийности, количество которых равно m , связь между общим количеством ДТП N и количеством ДТП, произошедших вследствие значимых факторов $N_{\text{зн}}$, определяются зависимостью:

$$n \cdot N = N_{\text{зн}}. \quad (2.4a)$$

$$n \cdot \Delta N = \Delta N_{\text{зн}}, \quad (2.4б)$$

где n – доля статистически значимых факторов влияния. Учитывая, что

$$N_{\text{зн}} = \sum_{i=1}^m k_i \cdot (v_i + \Delta v_i), \quad (2.5a)$$

$$\Delta N_{\text{зн}} = \sum_{i=1}^m k_i \cdot \Delta v_i, \quad (2.5б)$$

с учётом формулы (2.4б) получим:

$$\Delta N = (\sum_{i=1}^m k_i \cdot \Delta v_i) / n. \quad (2.6)$$

Формула (2.6) связывает между собой величины, которые могут быть найдены с помощью известных. В частности, при известных значениях ΔN , Δv_i и n , а также при известных соотношениях между коэффициентами k_i , возможно определить весь набор последних.

Однако очевидно, что водители транспортных средств могут находиться в разных условиях, и частоты наступления неблагоприятных событий v_i , а также их изменения Δv_i представляют собой усреднённые значения. В качестве таких условий могут выступать уровень комфорта транспортных средств, оснащённость транспортных средств теми или иными устройствами, средствами защиты от

негативных воздействий и т.д. Вероятно, различные условия эксплуатации ТС соответствуют разному уровню наступления неблагоприятных событий. Очевидно, что в этом случае прирост числа неблагоприятных событий i -го вида Δv_i определяется выражением:

$$\Delta v_i = \sum_{j=1}^l (x_j \cdot \Delta v_{ji}), \quad (2.7)$$

где x_j – доля транспортных средств, эксплуатируемых при дополнительно учитываемых факторах, характеризующихся индексом j , а величины Δv_{ij} – прирост неблагоприятных событий с индексом i с учётом дополнительных факторов с индексом j , отражающем дополнительные потенциально опасные факторы. С учётом формулы (2.7), уравнение (2.6) примет вид:

$$\Delta N = (\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^l k_i \cdot x_j \cdot \Delta v_{ij}) / n. \quad (2.8)$$

2.2. Определение весовых коэффициентов факторов аварийности

Исходя из имеющихся возможностей, часть коэффициентов Δv_i может быть найдена напрямую, например, инструментальным методом или путём сбора и обработки статистических данных. Эти значения будут определять количества наступлений неблагоприятных событий в существующих усреднённых условиях. При этом, остаётся актуальной задача определения величин Δv_{ji} и x_j , так как данная информация необходима при оценке аварийности при изменяющихся значениях величин x_j .

Нахождение величин Δv_{ij} может потребовать дополнительных условий, так как они учитывают не усреднённую обстановку, а конкретные условия.

Коэффициенты k_i могут быть найдены из формулы (2.6) при известных значениях ΔN , n и Δv_i . При подстановке численных значений этих величин в (2.6)

получим линейное уравнение с m неизвестных значений величин k_i . Для нахождения любой из оставшихся величин k_i необходимо знать взаимную зависимость между этими весовыми коэффициентами. Анализ правой части формулы (2.6) приводит к выводу, что произведение $k_i \cdot \Delta v_i$ представляет собой изменение аварийности в результате действия i – го вида неблагоприятных событий, приводящих к росту аварийности, а отношение $k_i \cdot \Delta v_i / \Delta N$ представляет собой его вклад в общую аварийность. Зная эти значения, которые можно получить с использованием статистических или экспертных методов, можно найти соотношения вида:

$$\alpha_{ij} = \frac{k_i \cdot \Delta v_i}{k_j \cdot \Delta v_j}, \quad (2.9)$$

откуда получаем:

$$k_i = \frac{n \cdot \Delta N}{\Delta v_i \cdot \sum_{j=1}^m (1/\alpha_{ij})}. \quad (2.10)$$

Формула (2.10) позволяет получить один из m искомым весовых коэффициентов k_i . Остальные $m-1$ коэффициенты k_j могут быть найдены путём преобразования формулы (2.9):

$$k_j = \frac{\Delta v_i}{\alpha_{ij} \cdot \Delta v_j} \cdot k_i. \quad (2.11)$$

Значения k_i позволяют сравнить степень опасности событий, приводящих к ДТП, и могут быть использованы для оценки мероприятий, направленных на снижение аварийности при высоких температурах.

2.3. Применение математической модели изменения аварийности в условиях высоких температур

Проверка адекватности построенной математической теории может быть проведена следующим образом. Учитывая, что значения коэффициентов k_i предложено находить с использованием величины увеличения аварийности ΔN , с учётом полученных данных, может быть рассчитана аварийность в комфортных условиях N_0 . Сравнение реального и расчётного значений этой величины позволит оценить степень адекватности математической модели.

Как отмечалось выше, предлагаемая математическая модель позволяет определить коэффициенты k_i , зная которые, используя метод сравнения, можно оценить степень значимости того или иного фактора аварийности и, в последствии, наметить наиболее эффективные методы борьбы с приростом аварийности в летнее время. На рисунке 2.1 представлена схема, отражающая явление изменения аварийности в результате влияния возмущающего воздействия (высоких температур) и корректирующего воздействия.



Рисунок 2.1 – Схема влияния возмущающих воздействий и корректирующих воздействий на количество ДТП.

Автотранспортные средства (АТС) и автомобильная дорога формируют условия для транспортного процесса, который реализуется с участием водителей. Три названных субъекта взаимодействуют между друг другом, влияя на характеристики транспортного процесса, которые могут изменяться под влиянием ряда факторов, большая часть которых широко известна. В настоящей работе в

качестве дополнительно рассматриваемого и недостаточно изученного фактора выступают высокие температуры и сопутствующие ими изменения дорожной обстановки, влияющей на транспортный процесс. Изменение характеристик транспортного процесса под влиянием высоких температур приводит к увеличению количества дорожно-транспортных происшествий N , которое отражается в официальной статистике ГИБДД.

Согласно выдвинутой ранее гипотезе, увеличение аварийности происходит в результате увеличения количества неблагоприятных событий, создающих аварийную ситуацию на дорогах. При известных значениях k_i разрабатывается наиболее эффективный, с теоретической точки зрения, метод корректирующих воздействий, направленных на снижение негативного влияния неблагоприятных факторов, оказывающих воздействие на субъекты (водители, АТС, дорога) транспортного процесса. Внедрение разработанных мероприятий изменяет характеристики транспортного процесса, а, вместе с ними, снижает количество ДТП.

Выбор корректирующего воздействия может быть осуществлён путём применения представленной математической модели, позволяющей провести оценку аварийности на дорогах при изменении внешних условий. При известных фиксированных значениях коэффициентов k_i могут быть изменены значения коэффициентов x_j , представляющих собой долю транспортных средств, эксплуатируемых в тех или иных дополнительно рассматриваемых условиях. Изменение этих коэффициентов, входящих в формулу (2.7), приводит к изменению слагаемых в правой части формулы (2.8). Данный подход позволит оценить степень возможного изменения аварийности, провести предварительную теоретическую мероприятий, направленных на снижение аварийности. Проведение теоретической оценки позволит сэкономить время и получить более полную картину ситуации на дороге.

Для понимания эффекта увеличения аварийности важно оперировать количественными данными. В частности, необходимо определить зависимость между аварийностью – количеством аварий, приходящихся на одно транспортное средство, и условиями окружающей среды. После выявления данных зависимостей, необходимо рассмотреть механизм его формирования, получить численные данные о факторах аварийности и их вкладе в эффект увеличения аварийности в условиях высоких температур. Решению изложенных выше задач посвящён настоящий раздел.

2.4. Определение зависимости аварийности на дорогах от температуры окружающей среды

Цель данного подраздела состоит в установлении закономерностей влияния высокой температуры окружающей среды на безопасность дорожного движения. Мотивом поиска таких закономерностей является предположение об увеличении количества дорожно-транспортных происшествий с увеличением температуры воздуха окружающей среды. Подтверждением гипотезы могут стать зависимости количества дорожно-транспортных происшествий, приходящихся на одну тысячу автомобилей, зарегистрированных в субъектах РФ, от среднедневной температуры воздуха в летние месяцы. Возможными причинами увеличивающейся аварийности в условиях высоких температур являются изменения в состоянии здоровья водителей и в дорожном покрытии.

При высокой температуре окружающей среды обмен веществ в организме человека замедлен, поверхностные сосуды расширены для лучшей теплоотдачи, испарение воды увеличивается. Очевидно, что в сложных условиях интенсивного дорожного движения вероятность ошибки весьма велика [30]. Здоровье водителей автомобилей является одним из ведущих факторов [103], обеспечивающих безопасность дорожного движения, а также безопасность участников дорожного движения.

Оптимальным физиологическим уровнем для организма является температура окружающей среды 18-20 градусов Цельсия. Негативное влияние высоких температур на здоровье человека состоит в том, что:

- повышается риск обострения сердечно-сосудистых заболеваний;
- увеличивается частота сердечных сокращений, повышается кровяное давление, возрастает вероятность образования тромбов;
- уменьшается сопротивляемость заболеваниям;
- ухудшается общее состояние центральной нервной системы, появляется слабость, сонливость и упадок сил.

Водитель, управляя автомобилем в интенсивном потоке, испытывает стресс. Это приводит к увеличению риска дорожно-транспортных происшествий в 1,5-1,8 раза [33]. Водители с артериальной гипертонией [43] совершают одно и более ДТП в 80,0% случаев, в то время как в группе с нормальным артериальным давлением таких лишь 37,5%, при этом 5,6% осложнений артериальной гипертонии возникает непосредственно во время управления автомобилем. Испытывая проблемы со здоровьем, водитель становится менее внимательным, увеличивается промежуток времени, необходимый для реагирования и принятия решений о предотвращении дорожно-транспортного происшествия [95]. Чем выше становится артериальное давление, тем больше времени требуется водителю для реакции на сложившуюся обстановку.

Современные асфальтобетонные покрытия создают максимальные удобства для движения транспортных средств и пассажиров. Эти покрытия применяют на автомобильных дорогах различной грузонапряженности. Одной из проблем развития дорожного строительства [97] является повышение качества и долговечности асфальтобетонных покрытий при высоких температурах воздуха.

В процессе эксплуатации покрытия [19] постепенно утрачивают свои первоначальные свойства: уменьшается их фрикционная способность, ухудшается ровность, появляются трещины, выбоины, наплывы, волны, просадки и колеи. Интенсивность этих изменений [89] зависит от интенсивности

старения битума вследствие сложных структурных и химических превращений под влиянием воздействия на материал различных факторов, среди которых наиболее значимым является температура воздуха. Однако даже в условиях отсутствия изменения формы дорожного покрытия его температура оказывает существенное влияние на величину тормозного пути автомобиля. Исследованиями [53] установлено увеличение тормозного пути автомобилей, укомплектованных различными автомобильными шинами, с увеличением температуры покрытия. Так, тормозной путь автомобилей с шинами Triangle Sportex TSH11 при изменении температур от +17 до +47 градусов Цельсия асфальтобетонного покрытия увеличился от 25,3 до 27,1 метра.

2.4.1. Методика работы

Методика установления закономерностей предусматривала последовательное выполнение следующих этапов:

- определение списка субъектов РФ, удалённых от летних автомобильных туристских потоков, температура воздуха в которых в летние месяцы превышает или равна +15 градусов Цельсия;
- определение количества автомобилей, дорожно-транспортных происшествий, среднесуточной температуры воздуха в летние месяцы на их территории;
- установление зависимостей количества дорожно-транспортных происшествий, приходящихся на одну тысячу автомобилей, зарегистрированных в субъектах РФ, от среднесуточной температуры воздуха в летние месяцы на их территории.

2.4.2. Зависимости аварийности от температуры окружающей среды для Липецкой и Оренбургской областей

Исходными данными, используемыми в настоящей работе, стала информация о количестве дорожно-транспортных происшествий и погодных условиях в Оренбургской и Липецкой областях. Эти регионы удалены от основных летних автомобильных туристских потоков, что значительно упрощает определение количества автомобилей, эксплуатируемых в регионах в летние месяцы. В этих же областях отмечается большое количество летних дней с дневной температурой +15 градусов Цельсия и выше. В качестве информационной базы использованы официальные источники [52,62,101] статистического учёта количества населения, базы ГИБДД, а также информация из официальных источников о температурном режиме. В таблице 3.1 приведена информация о количестве населения, количестве легковых, грузовых автомобилей и автобусов, а также об их общем количестве в регионах РФ на протяжении с 2016 по 2018 годы.

Таблица 2.1 – Количество населения, количество легковых, грузовых автомобилей и автобусов и их общее количество в регионах РФ на протяжении с 2016 по 2018 годы

Исследуемый период, год	Население региона, тыс.чел	Количество легковых автомобилей, тыс.шт	Количество грузовых автомобилей и автобусов, тыс.шт	Всего автомобилей в летние месяцы, тыс.шт
Оренбургская область				
2016	1995	683,687	110,757	794,444
2017	1986	714,761	115,791	830,552
2018	1978	720,388	116,703	837,091
Липецкая область				
2016	1156	364,672	59,077	423,749
2017	1156	372,801	60,394	433,195
2018	1150	377,890	61,218	439,108

Из таблицы видно, что в период с 2016 по 2018 годы население Оренбургской области, по численности, превосходило население Липецкой

области в 1,72 раза; в среднем, на каждого жителя Оренбургской области приходилось от 0,40 до 0,42 автомобиля, а на каждого жителя Липецкой области – от 0,37 до 0,38 автомобиля.

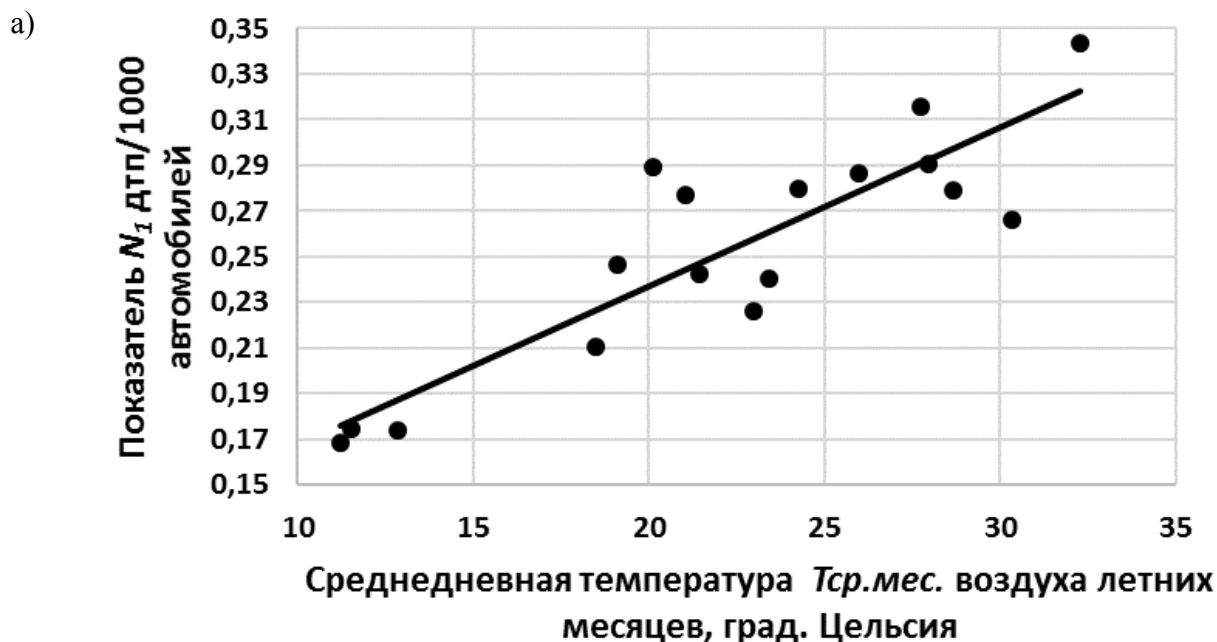
Этот факт может являться одной из причин различия в зависимости числа ДТП, приходящихся на тысячу зарегистрированных транспортных средств, для Оренбургской N_1 и Липецкой N_2 областей от среднедневной месячной температуры $T_{ср.мес}$. На рисунках 2.2а и 2.2б изображены точки в координатах $N_1(T_{ср.мес})$ и $N_2(T_{ср.мес})$ и соответствующие им линии тренда.

Полученные зависимости имеют вид:

$$N_1 = 0,007 \cdot T_{ср.мес} + 0,0983, \quad (2.12)$$

$$N_2 = 0,0002 \cdot T_{ср.мес}^3 - 0,0117 \cdot T_{ср.мес}^2 + 0,2264 \cdot T_{ср.мес} - 1,1139. \quad (2.13)$$

Значения коэффициентов достоверности аппроксимации составляют 0,82 и 0,80 в первом и во втором случае соответственно.



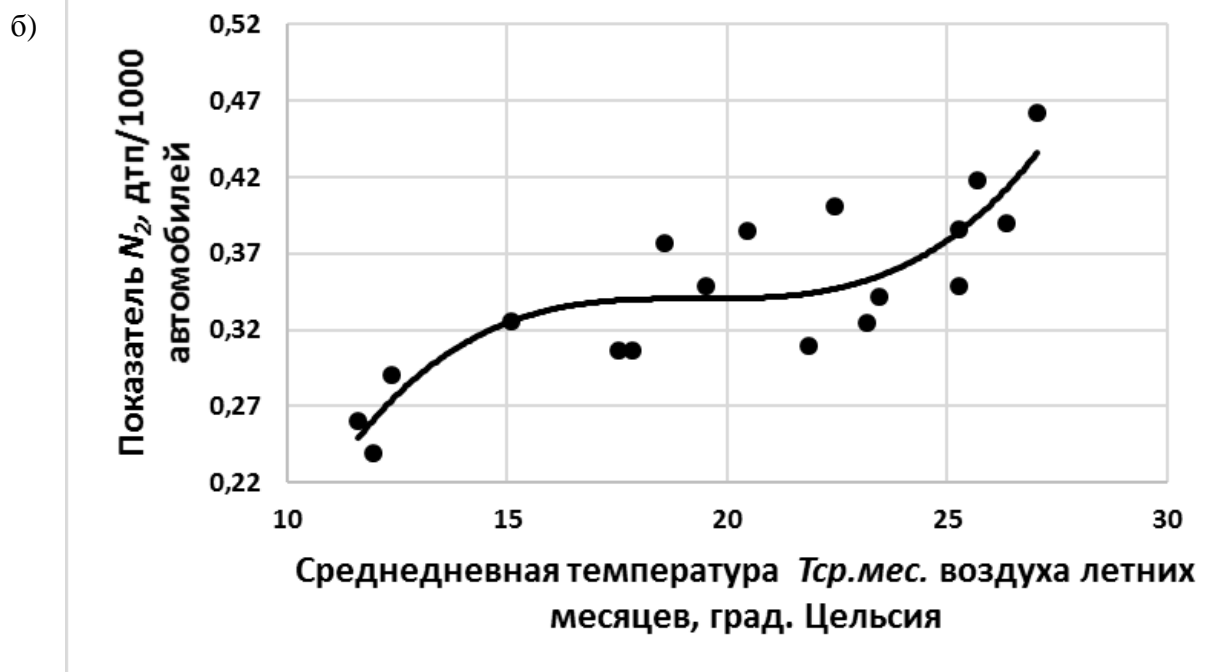


Рисунок 2.2 – Зависимости количества ДТП на одну тысячу автомобилей, зарегистрированных в субъектах РФ, от среднедневной температуры воздуха летних месяцев: 1а – для Оренбургской области; 1б – для Липецкой области.

Установленные величины достоверности аппроксимации математических формулировок зависимостей достаточны для утверждения о наличии тенденций, отображаемых формулами (2.12) и (2.13), которые, как и рисунки 1а и 1б, подтверждают гипотезу о росте количества ДТП при увеличении температуры окружающей среды и позволяют определить эффект увеличения аварийности ΔN при высоких температурах. В сводке научного центра безопасности дорожного движения МВД РФ по дорожно-транспортной аварийности в Российской Федерации за 9 месяцев 2022 года подтверждено, что максимальная тяжесть последствий ДТП приходится на август, а максимальное количество дорожно-транспортных происшествий, погибших и раненых в ДТП с особо тяжкими последствиями приходится на июль и август.

Различия в форме аппроксимирующих кривых на рисунках 1а и 1б могут быть объяснены тем, что аварийность зависит не только от температуры, но и от эксплуатационного состояния и обустройства дорог и особенностей скоростного режима на них, которые могут различаться от региона к региону. Кроме того,

Оренбургская область характеризуется резко континентальным климатом, негативно влияющим на адаптацию водителей к погодным условиям.

Показатель аварийности, выраженный в количестве ДТП, приходящихся на тысячу транспортных средств, в исследованных регионах имеет различные значения. Наибольшие значения характерны для Липецкой области и, согласно установленным зависимостям, изменяются от 0,239 и до 0,462 дтп/1000 автомобилей. Увеличение показателя составило 93% при увеличении среднедневной температуры воздуха на 15,4 градуса Цельсия – с 11,6 до 27,0 градусов. Для Оренбургской области, согласно этим зависимостям, наименьшее значение показателя составило 0,168, наибольшее – 0,344 дтп/1000 автомобилей. Увеличение показателя составило 105% при увеличении среднедневной температуры воздуха на 21,0 градус Цельсия с 11,2 до 32,2 градусов.

Количество дорожно-транспортных происшествий, приходящихся на одну тысячу автомобилей, зарегистрированных в Оренбургской области существенно меньше значения этого показателя в Липецкой области. Максимальные значения показателя отличаются в 1,34 раза. Такие различия обусловлены региональными особенностями.

С учётом сказанного, можно утверждать о доказанности негативного влияния высокой температуры окружающей среды на безопасность дорожного движения.

2.5. Выводы

Таким образом, в данном разделе предложена математическая модель, основанная на предположениях: о неизменности вероятности ДТП в результате наступления одного и того же неблагоприятного события в период с апреля по сентябрь, о том, что наиболее комфортные дорожные условия соответствуют апрелю месяцу, когда наблюдается наименьшее количество ДТП и пострадавших и о линейной зависимости аварийности, рассчитываемой как отношение количества ДТП к числу транспортных средств, от числа неблагоприятных

событий, предшествующих ДТП. В данной модели центральной формулой является линейная зависимость аварийности от количества неблагоприятных событий.

При известных экспериментальных данных модель позволяет рассчитать численные значения весовых коэффициентов аварийности, что позволит определить степень влияния того или иного фактора аварийности на количество ДТП, приходящихся, в среднем, на один автомобиль.

Расчёт коэффициентов значимости позволяет провести теоретическую оценку аварийности при изменении дополнительно учитываемых условий, что позволит более полную картину дорожной аварийности и провести предварительную оценку мероприятий по усилению безопасности на дорогах.

Определена зависимость изменения аварийности от среднесуточной температуры окружающего пространства $N(t)$.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЧИН РОСТА АВАРИЙНОСТИ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Как было показано в первом разделе, количество зафиксированных дорожно-транспортных происшествий (ДТП), число раненых и погибших увеличивается при переходе от умеренной погоды к летнему периоду. Минимальные значения этих показателей приходятся на апрель, после чего в мае и июне наблюдается их рост с дальнейшим увеличением в июле; максимум этих показателей приходится на август, после чего начинается снижение, и в сентябре эти показатели снижаются до уровня июля. В октябре может происходить резкий рост этих негативных показателей. Он может быть связан с рядом факторов, вызванных, в том числе, со сменой сезонов и не имеющих отношения к тематике настоящей работы.

3.1. Определение зависимости коэффициента сцепления колёс с дорогой от погодных условий

В ряде литературных источников приведены данные, согласно которым высокая интенсивность солнечного излучения способствует ускоренному старению асфальта, что вызвано деградации битума в его составе. Кроме того, известны результаты, не позволяющие однозначно трактовать влияние высоких температур на тормозной путь автомобиля. Согласно данным работы [87], увеличение температуры окружающей среды способствует увеличению коэффициента сцепления, в то время как авторы работы [83] получили результаты, говорящие об увеличении тормозного пути, пройденного автомобилем, с ростом температуры в диапазоне от +17 до +35 °С. В свете изложенного, важно определить влияние высоких температур и сопутствующих факторов на коэффициент сцепления, так как данный фактор может являться одной из причин увеличения аварийности. В случае отсутствия негативного

влияния высоких температур на коэффициент сцепления, данный фактор может быть исключён из рассмотрения.

Кроме того, с учётом деградации битумов дорог, не исключено влияние возраста дорожной одежды на коэффициент сцепления.

3.1.1. Приборная база для определения коэффициента сцепления



Рисунок 3.1 – Влагомер «ZHT 100-70»



Рисунок 3.2 – Термометр «TP101».



Рисунок 3.3 – Люксметр «Мегеон-21550».



Рисунок 3.4 – Инфракрасный термометр «Magnusson KC-180A1».

Точное математическое описание процесса нагрева асфальта с последующим разогревом воздуха носит весьма сложный характер и зависит от большого числа факторов. Поэтому для понимания данного процесса нами была проведена серия опытов с замером температуры и влажности воздуха, асфальта, а также

освещённости дорожного покрытия. Температура и влажность воздуха определялась с помощью влагомера ЗНТ 100-70, изображённого на рисунке 3.1. Замер температуры дублировался с помощью электронного термометра «ТР101», показанного на рисунке 3.2. Освещённость асфальта определяли с помощью люксметра «Мегеон-21550», изображённого на рисунке 3.3. Для определения температуры дороги использовали бесконтактный инфракрасный термометр «Magnusson КС-180А1», представленный на рисунке 3.4.

Коэффициент сцепления колёс с дорогой измеряли с использованием прибора «ППК-МАДИ-ВНИИБД», изображённого на рисунке 3.5.



Рисунок 3.5 – Прибор «ППК-МАДИ-ВНИИБД».

Принцип работы прибора основан на имитации процесса скольжения заблокированного колеса автомобиля по дорожному покрытию при нормированных условиях их взаимодействия: при нагрузке на колесо 2942 ± 49 Н, скорости движения 60 ± 3 км/ч на мокром дорожном покрытии с использованием шины с гладким рисунком протектора размером $6,45 \times 13''$, внутреннем давлении воздуха $0,17 \pm 0,01$ Мпа и положительных температурах окружающей среды.

Прибор состоит из основания, на котором закрепляется в вертикальном положении направляющая штанга. В нижней части штанги находятся: муфта скольжения, регистрирующая шайба, измерительная шкала и пружинный механизм с тягами, на конце которых установлены имитаторы шин. В верхней части расположены: ударный груз, механизм сброса груза и устройство регулирования пружинного механизма. Груз, при падении, ударяет по подвижной муфте и раздвигает резиновые имитаторы шин, скользящих по дорожному покрытию. Коэффициент сцепления определяется по положению регистрирующей шайбы на измерительной шкале. Перед проведением испытаний прибор калибруется с помощью специальных калибровочных пластин.

Прибор «ППК-МАДИ-ВНИИБД» позволяет определять коэффициент сцепления с влажной поверхностью $\mu_{ВП}$. Для определения коэффициента сцепления с сухой поверхностью $\mu_{СП}$, была использована тележка с заблокированными колёсами, имеющими резиновую поверхность. Масса нагруженной тележки составляла 16,2 кг. С помощью динамометра тележка сдвигалась с места. Коэффициент сцепления определялся по формуле 3.1:

$$\mu_{СП} = \frac{F}{m \cdot g}, \quad (3.1)$$

где F – показания динамометра в момент сдвигания, Н;

m – масса нагруженной тележки, кг.

Подставляя полученные значения μ , из формулы (3.1) в формулу (3.2)

$$S = V \cdot t + \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot \mu}, \quad (3.2)$$

определить тормозной путь автомобиля. Сравнивая $\mu_{\text{ВП}}$ и $\mu_{\text{СП}}$, замеренных на одной и той же поверхности, при одних и тех же внешних условиях, можно определить изменение коэффициента сцепления и тормозного пути в условиях внезапного выпадения осадков.

3.1.2. Коэффициент сцепления колёс с влажной и сухой поверхностями

В ходе экспериментов определялись коэффициенты сцепления влажного и сухого асфальтобетонного покрытий трёх разных возрастов. Возраст первого асфальта не превышал двух недель, возраст второго составлял 3 года, возраст третьего – более 15 лет. Наибольшие суточные колебания коэффициента сцепления были выявлены у первой категории асфальтов. Процесс разрушения битума носит постепенный характер. Мы предполагаем, что динамика его разрушения следующая. В новом асфальте битум ещё не начал подвергаться разрушению. Поэтому коэффициент сцепления на новой дороге показывает стабильные результаты, претерпевая незначительные изменения при варьировании температур асфальта от 20 до 60 °С и освещённости от 15 до 160 кЛк., не проявляя зависимости от влажности и других параметров. Интегральная зависимость коэффициента сцепления от времени для данной дороги не обнаружена. Асфальтобетонное покрытие возрастом 3 года проявляет большую чувствительность к изменению температуры асфальта, воздуха и освещённости солнечным излучением, а также проявляет признаки зависимости от предшествующих погодных условий. Это объясняется происходящей деградацией

дорожной одежды, которая связана с суточными колебаниями температуры и солнечного излучения. В дальнейшем эта деградация проявляется через некоторое время в виде влияния на коэффициент сцепления с дорогой. Описанный эффект отсутствует не только у нового асфальта, но и у покрытия возрастом более 15 лет. Вероятно, это связано с окончанием процесса деградации неустойчивых компонентов битума. Таким образом, можно заключить, что такие явления как ухудшение ровности, появление трещин, выбоин, наплывов, волн, просадок и колеяности появляются в возрасте около трёх лет.

Часто в источниках приводят информацию о зависимости коэффициента сцепления μ или тормозного пути S от температуры воздуха T_B , что, в общем случае, не верно, т.к. при торможении происходит взаимодействие поверхности дороги с колесом. Поэтому вместо функции $\mu = \mu(T_B)$ нужно рассматривать коэффициент сцепления как функцию от температуры асфальта $\mu = \mu(T_a)$.

Данное противоречие может быть разрешено при условии нахождения связи между T_B и T_a . Определение точной зависимости между температурой воздуха, асфальта и освещённостью E_v представляет собой сложную задачу, т.к. должно учитывать множество факторов, таких как: облачность, наличие ветра, влажность, время суток и время года, определяющие угол падения солнечных лучей, эффективность их рассеивания атмосферой и многое другое. Даже в случае получения такого вида уравнения, было бы затруднительно его использование в силу громоздкости и большого числа входящих данных, большая часть которых может быть неизвестна пользователю. Поэтому нами была проведена серия опытов по определению связи между величинами T_B и T_a и E_v .

В таблице 3.1 показана экспериментально определённая, усреднённая по типам дорог, зависимость коэффициента сцепления влажной дороги $\mu_{ВП}$, измеренная прибором ППК-МАДИ-ВНИИБД, от освещённости E_v , кЛк и от температуры воздуха, T_B , °С.

Таблица 3.1 – Экспериментальные значения температуры асфальта T_a от температуры воздуха. T_b (слева направо) и от освещённости E дорожного покрытия солнечным светом в (сверху вниз)

Освещенность, кЛк	Температура воздуха, °С			
	24	28	30	33
10	25,3	28	30,8	34,1
25	26,8	31,2	33,5	36,8
48	26,5	35,4	37,6	40,9
70	35,3	34,4	42,1	45
105	41,2	45,5	46	52,9
135	-	-	53,2	53,7
160	-	-	57,6	61

Из таблицы 3.1 видно, что, значения температур воздуха и дорожной одежды имеют прямую зависимость. Нагреву воздуха соответствует увеличение температуры асфальта. Низкой освещённости (10 кЛк) соответствуют часы восхода и заката солнца. При таких значениях E увеличение T_b с 24 до 36 °С соответствует нагреву поверхности на 8,8 °С. При освещении 25 кЛк эффект увеличивается до 10 °С. Дальнейшее увеличение светимости неизменно приводит к росту данного эффекта. Наибольший эффект нагрева асфальта в диапазоне температур 24-36 °С соответствует освещённости E , равной 105 кЛк и составляет 13,4 °С. При постоянных значениях температуры увеличение освещённости также приводит к росту температуры асфальта. Причём величина данного эффекта также прямо зависит от освещённости поверхности и изменяется от 15,9 °С при $T_b = 24$ °С до 21,8 °С при 33 °С в диапазоне E от 10 до 105 кЛк. Максимальный измеренный нами нагрев асфальта при постоянной температуре составил 26,9 °С, а при постоянной освещённости - 13,4 °С. Данный факт указывает на то, что ранее неучитывавшийся эффект нагрева поверхности за счёт солнечного излучения превосходит известный эффект при теплообмене между воздухом и асфальтом. В целом, данные таблицы 1 говорят о том, что при одновременном воздействии горячего воздуха и излучения поверхность асфальта может нагреваться с 25,3 до 64,5 °С, что, вероятно, сказывается на сцеплении поверхности колеса с дорогой. Очевидно, нагрев воздуха и солнечное излучение также влияют и на температуру

шин, что также сказывается на сцеплении колеса с дорогой. Для предсказания температуры асфальта по известным значениям T_B и E нами было получено регрессионное уравнение (3.3), которое имеет вид:

$$T_a = 0,17 \cdot E_v + 1,1 \cdot T_B + 0,0003 \cdot E_v \cdot T_B + 4 \quad (3.3)$$

где E_v - освещенность, Лк;

T_B - температура воздуха, °С.

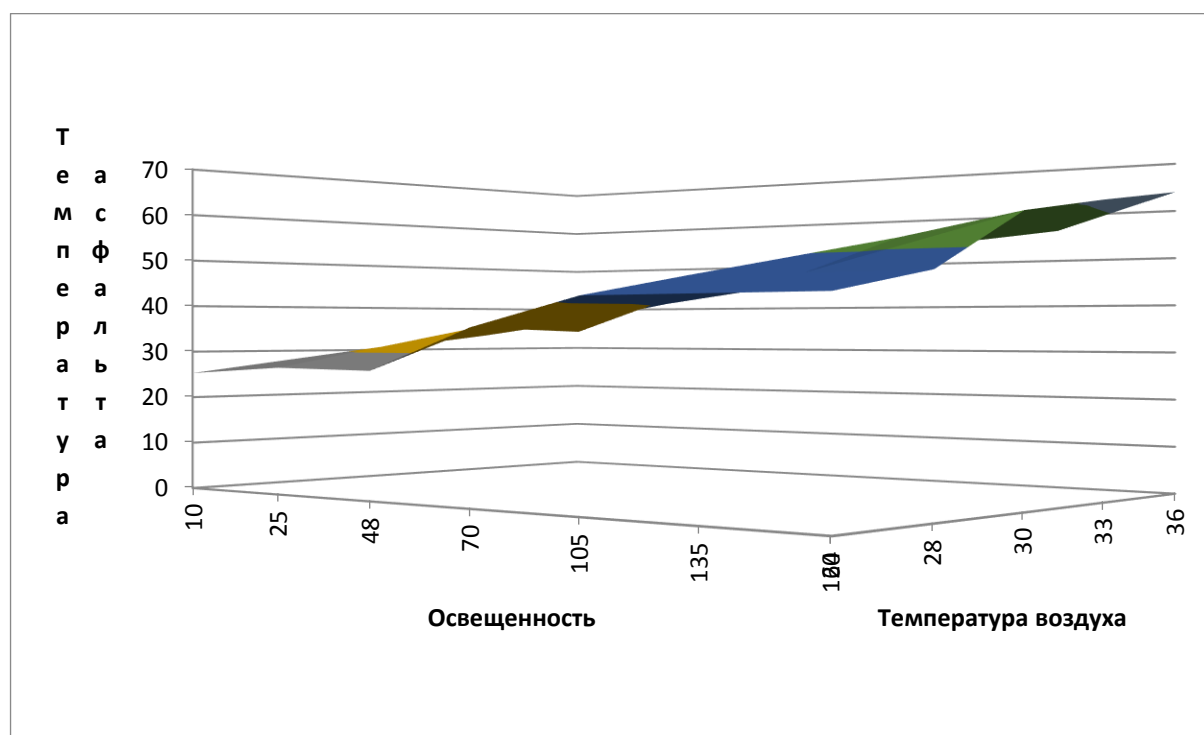


Рисунок 3.6 – Зависимость температуры асфальта от освещенности и температуры окружающей среды

Третий член в правой части формулы (3.5) указывает на зависимость температуры воздуха от освещенности дорожной одежды, что является очевидным фактом. Формула (3.5) получена для значений E_v , изменяющихся в пределах от 10 до 160 кЛк, T_B – в пределах от 34 до 36 °С, T_a – в пределах от 24 до 60 °С. Графическое изображение зависимости температуры асфальта T_a ,

температуры температуры воздуха T_v и освещённости E_v , соответствующее формуле (3.5), представлено на рисунке 3.6.

Таким образом, формула (3.5) позволяет, в рамках указанных значений, перейти от температуры воздуха к температуре асфальта и обратно. В летний период температура асфальта коррелирует не только с температурой воздуха, но и с освещённостью солнечными лучами, имея прямую монотонную зависимость от обоих параметров.

В таблице 3.2 представлены усреднённые данные для асфальтобетонных покрытий разных возрастов, отражающие значения коэффициента сцепления шины с плоским протектором с влажной поверхностью $\mu_{ВП}$ при различных значениях освещённости E_v , кЛк и от температуры воздуха T_v , °С.

Таблица 3.2 – Значения коэффициента сцепления шины с плоским протектором с влажной поверхностью $\mu_{ВП}$ от освещённости E_v , кЛк и от температуры воздуха T_v , °С.

Освещённость, кЛк	Температура воздуха, °С				
	24	28	30	33	36
15	0,521	0,527	0,530	0,530	0,530
30	0,523	0,525	0,534	0,539	0,543
50	0,525	0,531	0,534	0,539	0,543
62	0,527	0,533	0,536	0,540	0,545
75	0,529	0,535	0,537	0,542	0,546
90	0,531	0,537	0,539	0,544	0,548
105	0,533	0,538	0,541	0,546	0,550
120	-	-	0,543	0,547	0,552
135	-	-	0,545	0,549	0,553
150	-	-	0,547	0,551	0,555

Из таблицы видно, что $\mu_{ВП}$ имеет прямую зависимость как от освещённости, так и от температуры воздуха. При постоянной освещённости максимальное изменение коэффициента сцепления составляет 0,18 и соответствует $E_v=50$ кЛк. С ростом освещённости тепловой эффект уменьшается. При постоянных температурах наибольший эффект увеличения коэффициента сцепления, достигаемый за счёт увеличения освещённости, составляет 0,17, что сопоставимо

с эффектом, достигаемым в результате роста температуры при постоянной освещённости.

В отличие от теплового эффекта, эффект, достигаемый за счёт увеличения освещённости, постоянен во всём диапазоне температур. Совместное действие солнечного излучения и теплового воздействия на дорожную поверхность способны увеличить коэффициент сцепления с 0,521 до 0,555.

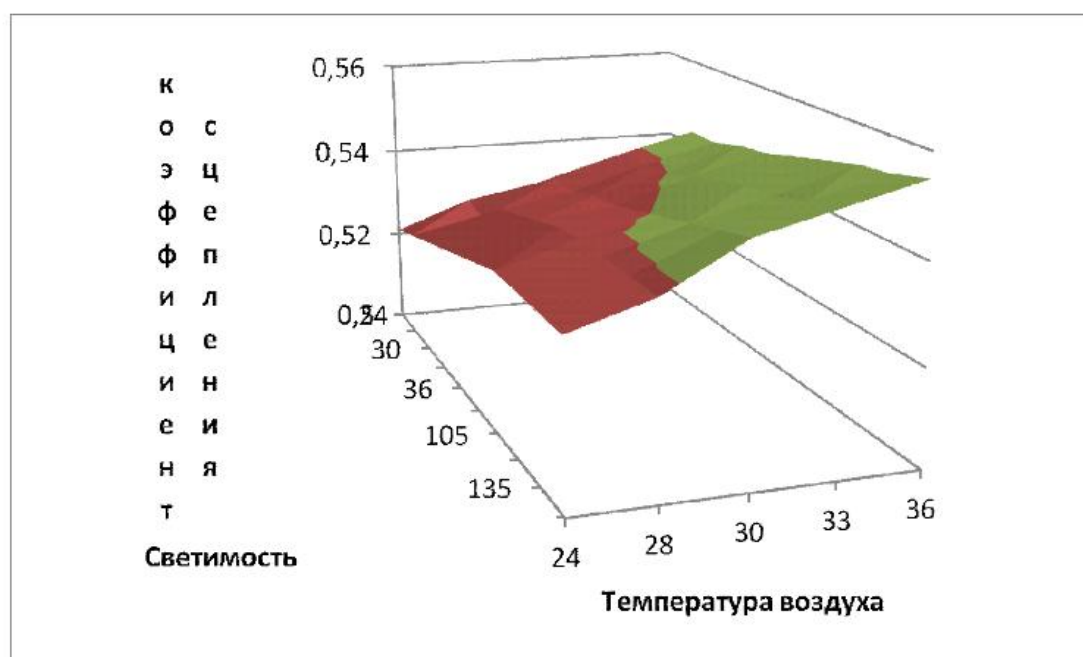


Рисунок 3.7 – Зависимость коэффициента сцепления шины с плоским протектором с влажной поверхностью $\mu_{ВП}$ от освещённости E_v , кЛк и от температуры воздуха T_v , °С.

По данным, представленным в таблице 3.3, было получено эмпирическое уравнение 2.5, связывающее данные параметры:

$$\mu_{ВП} = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot E_v + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot T_v - 8 \cdot 10^{-7} \cdot E_v \cdot T_v + 0,4831. \quad (3.4)$$

В уравнении (3.4) освещённость E_v или температура воздуха T_v может быть заменена на температуру асфальта T_a – с помощью формулы (3.5). Это свойство

ценно тем, что позволяет определить коэффициент сцепления при одном неизвестном параметре. В таблице 3.4 приведена зависимость коэффициента сцепления сухой дороги $\mu_{СП}$ от освещённости E_v , кЛк и от температуры воздуха T_B , °С. Графическое представление представлено на рисунке 3.8.

Таблица 3.3 – Значения коэффициента сцепления сухой дороги с автомобильной шиной с плоским протектором $\mu_{СП}$ от освещённости E_v , кЛк и от температуры воздуха T_B , °С.

Освещенность, кЛк	Температура воздуха °С				
	15	0,701	0,713	0,718	-
30	0,702	0,713	0,719	-	-
50	0,703	0,715	0,720	0,729	0,738
62	0,704	0,715	0,721	0,730	0,738
75	0,705	0,716	0,722	0,730	0,739
90	0,705	0,717	0,723	0,731	0,740
105	0,706	0,718	0,723	0,732	0,741
120	-	-	0,724	0,733	0,741
135	-	-	0,725	0,734	0,742
150	-	-	0,726	0,734	0,743

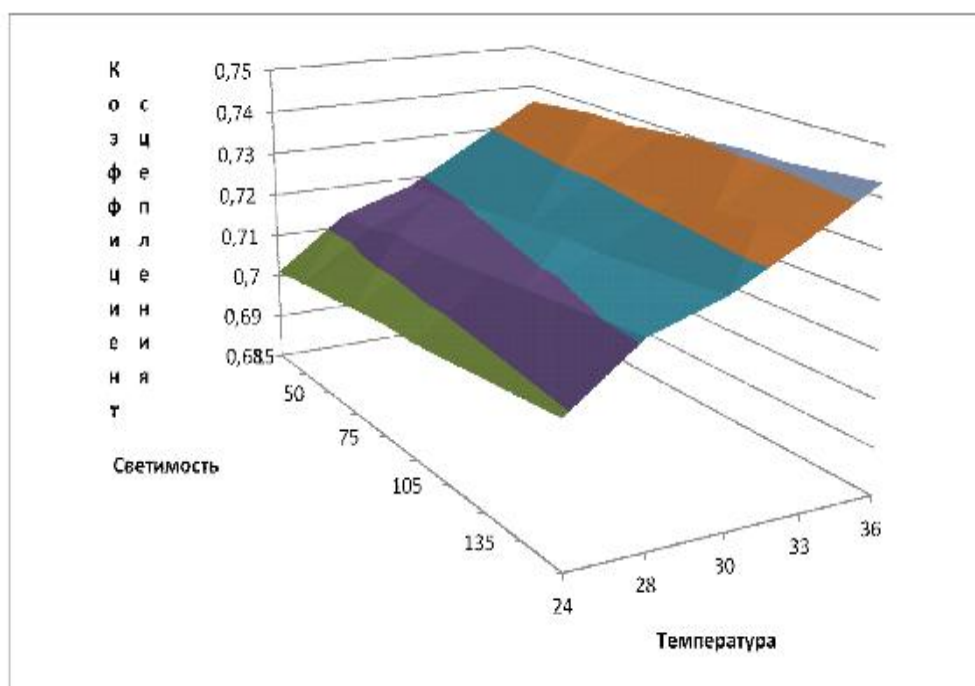


Рисунок 3.8 – Зависимость коэффициента сцепления сухой дороги с автомобильной шиной с плоским протектором $\mu_{СП}$ от освещённости E_v , кЛк и от температуры воздуха T_B , °С.

Очевидно, в сухую погоду коэффициент сцепления больше, чем во время осадков на величину, приблизительно равную 0,18. Следовательно, выпадающие в жаркую погоду осадки резко снижают коэффициент сцепления, что приводит к увеличению тормозного пути и, как следствие, аварийности на дороге.

Из таблицы 3.3 следует, что при сухой поверхности коэффициент трения также увеличивается с ростом температуры воздуха и освещённости поверхности асфальта. Наибольший эффект увеличения коэффициента сцепления, при неизменной освещённости, составляет 0,035 и слабо зависит от интенсивности солнечных лучей. Эффект увеличения коэффициента сцепления от попадания прямых солнечных лучей может достигать 0,008, что в 4,4 раза меньше эффекта, достигаемого за счёт увеличения температуры при неизменно освещённости. Суммарное действие теплового эффекта и излучения способно увеличить $\mu_{СП}$ на 0,042, что на 0,008 больше аналогичного эффекта для влажной поверхности.

По данным таблицы 3.4 была построена зависимость входящих в неё величин:

$$\mu_{СП} = 7,1 \cdot 10^{-5} \cdot E_v + 2,9 \cdot 10^{-3} \cdot T_v - 5 \cdot 10^{-7} \cdot E_v \cdot T_v + 0,6306 \quad (3.5)$$

Сравнение формул (3.4) и (3.5) показывает, что увлажнение дороги в условиях высоких температур увеличивает почти в два раза влияние радиационного эффекта на коэффициент сцепления, снижает влияние термического в такое же количество раз. В тоже время наблюдается увеличение зависимости температуры воздуха от освещённости дороги. Это происходит из-за остывания асфальта под действием осадков и его последующего нагрева, т.е. охлаждённое тело разогревается быстрее нагретого.

Для безопасности дорожного движения один из важнейших вопросов – длина тормозного пути S . Определим максимальное изменение тормозного пути в результате действия температурного и радиационного факторов для влажной $\Delta S_{ВП}$ и сухой $\Delta S_{СП}$ поверхностей, исходя из формулы (3.2)

$$\Delta S_{\text{ВП}} = -1,64; \quad (3.6)$$

$$\Delta S_{\text{СП}} = -1,14. \quad (3.7)$$

Отрицательный знак полученных значений указывает на сокращение тормозного пути в результате действия высоких температур и солнечного излучения. Очевидно, что интенсивное солнечное излучение и высокие температуры усиливают благоприятные условия для комфортного и безаварийного вождения транспортных средств. Это доказывает, что, в действительности, имеет место положительный эффект.

Аналогично тому как были получены равенства (3.6) и (3.7), можно вычислить увеличение тормозного пути при выпадении осадков. В зависимости от температуры асфальта и освещённости асфальта увлажнение дорожной поверхности увеличивает тормозной путь на величину от 6,5 до 7 метров. Этот эффект действительно может влиять на аварийность. Поэтому, при изучении аварийности при высоких температурах необходимо учитывать не только температуру и излучение в определённый период времени, но и наличие осадков.

Таким образом, высокая температура и солнечное излучение оказывают влияние на коэффициент сцепления и, как следствие, на тормозной путь автомобиля. Данный эффект имеет ряд особенностей.

1. Солнечное излучение способно оказывать на коэффициент сцепления влияние, сопоставимое с влиянием высокие температур. Как нагрев воздуха, так и увеличение освещённости асфальта увеличивает коэффициент сцепления, тем самым снижая тормозной путь. Следовательно, увеличение количества ДТП в летний период происходит по другим причинам.

2. Коэффициент сцепления резко снижается при увлажнении дороги, что, вместе с неверной оценкой тормозного пути водителем, может быть причиной увеличения аварийности в случае выпадения осадков.

3. Используемые методы не учитывают факт нагрева поверхности шин транспортных средств солнечными лучами во время стоянки и движения. При изменении температуры колёс изменяется эластичность шин. Исследование влияния данного эффекта требует дополнительных исследований.

3.2. Определение частоты нарушений правил дорожного движения в условиях высоких температур

Представленные в данном подразделе материалы опубликованы в работе [105]. Теоретическая модель увеличения аварийности с ростом температуры окружающей среды основана на утверждении, что увеличение аварийности в жаркое время года определяется линейной комбинацией изменения количества неблагоприятных событий, способствующих наступлению ДТП. При этом, коэффициенты пропорциональности остаются неизменными в течение всего рассматриваемого периода. В рамках данной работы, жаркой (или погодой с высокой температурой) принято называть погоду с температурой окружающей среды, превышающей $+25^{\circ}\text{C}$ – верхний порог комфортной зоны температур, при переходе через которую наблюдается резкое снижение надёжности водителей.

Кроме того, в предыдущем подразделе было показано, что увеличение температуры окружающего пространства и освещённости асфальта способствует уменьшению тормозного пути, что позволяет исключить подсистему «автомобиль-дорога» из числа возможных причин снижения безопасности дорожного движения. Следовательно, основной причиной рассматриваемого эффекта является подсистема «среда-водитель», в связи с чем, далее в работе, неблагоприятные события, способствующие росту аварийности, будут называться термином «нарушения ПДД и ошибки».

В подразделе 2.4, на примере двух регионов, было показано, что увеличение среднесуточной температуры окружающего воздуха, приводит к снижению уровня безопасности дорожного движения. Следовательно, в том случае, если количество

нарушений также обладает неубывающей зависимостью от температуры окружающего пространства, гипотеза о глубокой связи между аварийностью и количеством совершаемых нарушений ПДД и ошибок будет подтверждена. С учётом того, что в предыдущем подразделе определены количественные зависимости аварийности от температуры, данные о количественной зависимости между уровнем нарушений и ошибок от температуры окружающей среды позволят определить параметрическую зависимость между уровнем нарушений и аварийностью, что позволит провести проверку теоретической модели, сформулированной во втором разделе.

За последние годы, в зимний период, чаще всего, аварии происходят на сухом и влажном асфальтобетонных покрытиях. Доля ДТП на обледенелой дороге при этом составляет менее 2%. Очевидно, это происходит из-за высокой степени осторожности участников дорожного движения. Вместе с тем, большинству ДТП соответствовала слабая освещённость дорог, недостаточная видимость или отсутствие дорожной разметки или знаков. Ключевую роль в создании аварийности играет человеческий фактор, но неблагоприятная обстановка способна значительно усиливать последствия неверно принятых решений, способствуя продолжению цепи неблагоприятных событий, доводя аварийную обстановку непосредственно до аварий. Поэтому аварийность на дорогах зависит как от надёжности водителя, так и от состояния дорог.

Напрашивается вывод о том, что для снижения аварийности необходимо проводить как работу по повышению надёжности водителей, так и работы по улучшению дорожной обстановки.

Снижение надёжности водителя может происходить как по субъективным, так и по объективным причинам. К первым можно отнести, например, снижение внимания или увеличение времени реакции в результате неблагоприятного микроклимата в салоне автомобиля. Неверно принятые решения могут быть приняты как в результате неверной оценки обстановки, так и из-за недостаточного опыта и т.д.

Борьба с эффектом увеличения аварийности в летнее время может быть эффективна в случае, если будут известны виды нарушений и ошибок, связанных с ним, а также их связь с окружающей обстановкой, что позволит строить прогноз роста ДТП и, через влияние на их причины, своевременно снижать данный эффект.

3.2.1. Материалы и методы исследования

Для определения манеры вождения и количества нарушений водителями в разные сезоны использовалась система «Wialon – GPS/Глонасс», позволяющая отслеживать координаты, перемещение, скоростной режим, количество нарушений скоростного режима, резких ускорений, торможений, поворотов транспортных средств, случаев агрессивного вождения, а также некоторые другие параметры, которые не представляли интерес в рамках данного исследования. На рисунке 3.9 показан пример программного оформления системы.

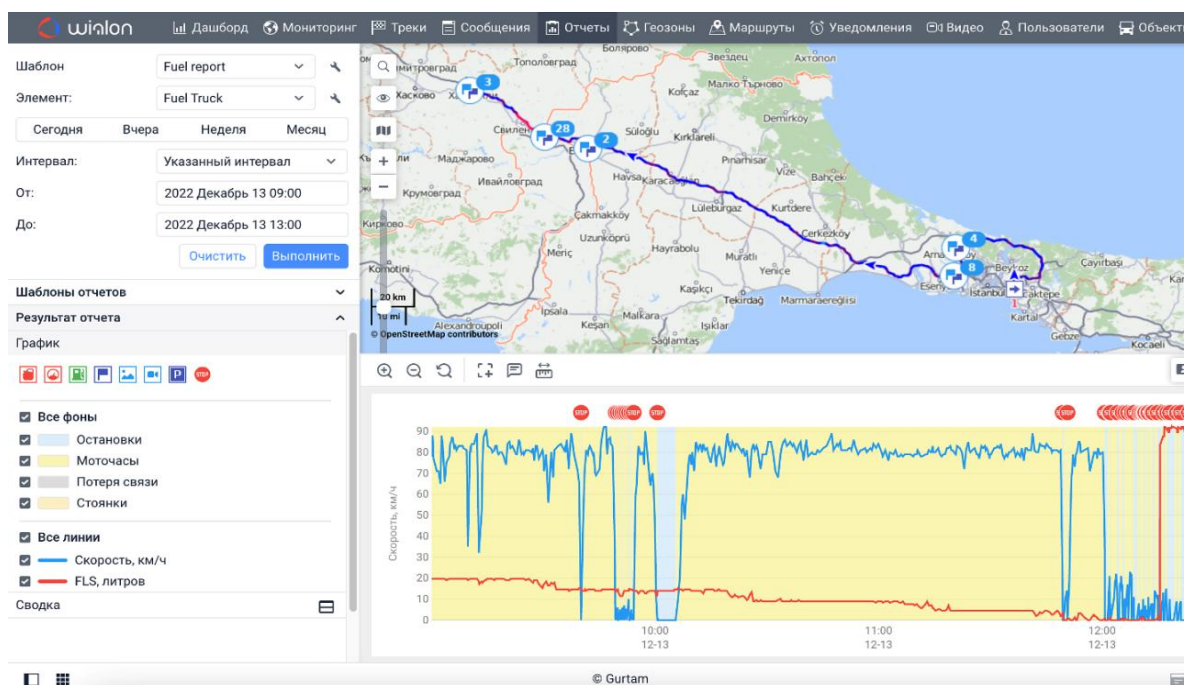


Рисунок 3.9 – пример оформления программного обеспечения системы «Wialon-GPS/Глонасс».

Программа «Wialon – GPS/Глонасс» позволяет отслеживать маршрут, транспортных средств, производить выгрузку графика активности вождения. Пример графика показан на рисунке 3.10.

Данная система была использована для наблюдения активности вождения 27 автомобилей Skoda Octavia, используемых в коммерческой службе такси, в период с апреля по октябрь 2021 года. Информация об активности вождения сопоставлялась с данными архива метеорологического состояния окружающей среды соответствующего периода.

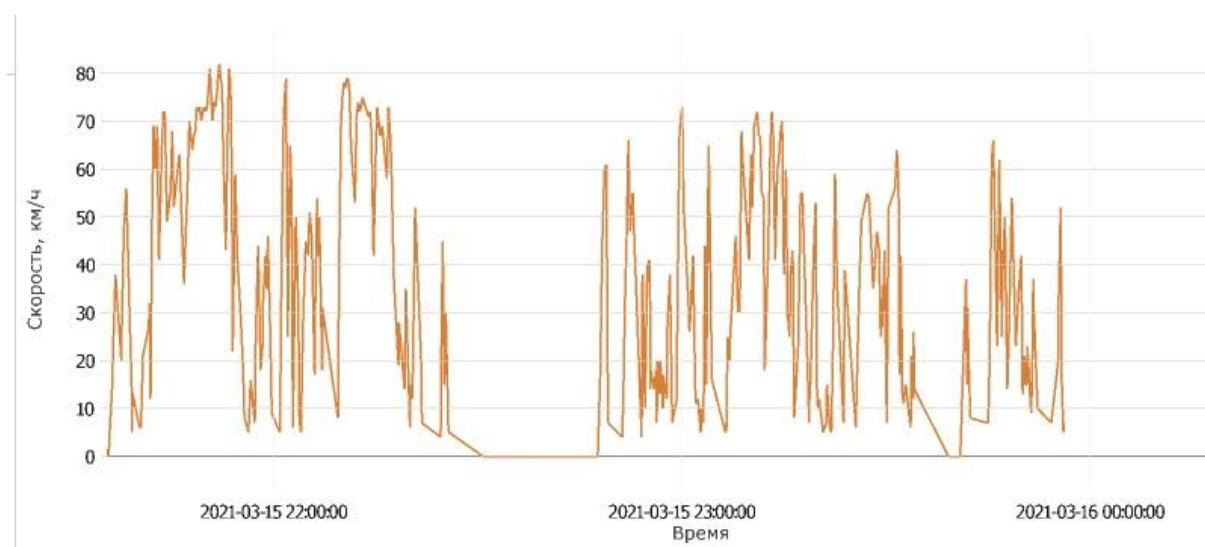


Рис. 3.10 – Пример графика активности вождения. Выгрузка из системы «Wialon – GPS/Глонасс».

3.2.2. Превышение скорости в период с апреля по октябрь

На аварийность, число нарушений ПДД и ошибок оказывает количество участников дорожного движения. С целью исключения влияния этого фактора на количество нарушений ПДД, был проведён статистический анализ 6292 поездок, в результате которого были получены следующие данные:

$$\langle L_n \rangle = 26.3 \text{ км}; \quad (3.8a)$$

$$\langle L_g \rangle = 26,6 \text{ км}, \quad (3.8б)$$

$$\langle t_n \rangle = 45,8 \text{ мин}; \quad (3.9а)$$

$$\langle t_g \rangle = 44,4 \text{ мин}, \quad (3.9б)$$

где $\langle L_n \rangle$ - средняя дальность поездок в дни, среднесуточная температура которых не превышает $+24^\circ\text{C}$, $\langle L_g \rangle$ - средняя дальность поездок в дни, среднесуточная температура которых превышает $+24^\circ\text{C}$, $\langle t_n \rangle$ - среднее время поездки в среднесуточная температура которых не превышает $+24^\circ\text{C}$, $\langle t_g \rangle$ - среднее время поездки в среднесуточная температура которых превышает $+24^\circ\text{C}$.

Из формул (3.8а) и (3.8б) видно, что погодные условия не оказывают влияния на среднюю дальность поездок. Сравнение формул (3.9а) и (3.9б) приводит к аналогичному выводу относительно длительности поездок. Также анализ полученных данных показывает, что коэффициент корреляции между количеством поездок в месяце и количеством дней со среднесуточной температурой, превышающей уровень $+25^\circ$, равен 0,19. Среднее время ожидания заказа также не зависит от погоды и составляет около 1,5 часов, что исключает эффект возможного «перехода» части возможно увеличившихся запросов на перевозку в пользу альтернативных перевозчиков.

Таким образом, можно утверждать, что средняя дальность, средняя продолжительность поездок, равно как и количество поездок, не зависят от погодных условий в период с апреля по октябрь, что позволяет исключить эффект увеличения количества транспортных средств на дорогах из числа причин положительной зависимости числа ДТП от температуры окружающей среды.

Как было сказано ранее, изменение количества ДТП напрямую связано с нарушением ПДД, причём как с их количеством, так и видом нарушений.

В таблице 3.5 показано распределение среднемесячной температуры, общего числа нарушений, превышения скорости и опасных маневров, приходящихся в среднем на одно транспортное средство в течение месяца. Под опасными

маневрами подразумеваются: резкие и опасные повороты, торможения и ускорения.

Из таблицы 3.4 видно, что большая часть нарушений соответствует превышению скорости. Их количество, в большинстве месяцев, на два порядка превосходит сумму всех остальных нарушений и опасных маневров.

Таблица 3.4. – Распределение среднемесячной температуры, удельного числа нарушений, превышений скорости и опасных маневров, приходящихся на одно транспортное средство, в месяце

Месяц/Параметр	Среднемесячная температура	Общее удельное количество нарушений и опасных маневров	Удельное количество превышений скорости в месяце	Удельное количество опасных маневров
Апрель	7,7	88,0	86,8	1,2
Май	19,9	111,7	110,3	1,4
Июнь	23,9	147,0	145,8	1,2
Июль	23,7	171,1	164,3	6,8
Август	24,7	149,0	145,7	3,3
Сентябрь	12,3	113,9	109,3	4,6
Октябрь	6,4	106,6	105,5	1,1

Переход от апреля к маю, сопровождающийся приростом средней температуры с 7,7 до 19,9 °С, характеризуется увеличением общего количества нарушений и опасных маневров на 27 %. Увеличение средней температуры на 4 °С способствует дальнейшему приросту нарушений ПДД, которое на фоне апрельских показателей составляет 67%. Пик нарушений правил дорожного движения приходится на июль и даёт прирост 94,5 % по сравнению с фоновым значением апреля. В августе среднемесячная температура превышает среднюю температуру июля на 1 °С, а удельное число нарушений при этом снижается на 25,2%. Возможно, этот эффект связан с частичной адаптацией и переоценкой дорожной ситуацией водителями. Снижение температуры на 12,4 °С, происходящее при переходе от августа к сентябрю, приводит к снижению

нарушений ПДД. При этом эффект прироста аварийности на фоне апрельских показателей убывает на 39,9 % и составляет 29,4 %.

Тепловой режим в октябре близок к режиму в апреле, и переход от летней погоды обратно к прохладной снижает количество нарушений ПДД. Однако, несмотря на это, правила дорожного движения в октябре нарушаются чаще, чем в апреле, на 21%. Вероятно, это вызвано инерционными процессами адаптации к предшествующему погодному периоду.

Удельное количество нарушений установленного скоростного режима повторяет общую картину суммарных нарушений и опасных маневров. Начиная с апреля, нарастание температуры окружающей среды даёт прирост нарушений скоростного режима. Максимальное количество нарушений также приходится на июль, где эффект достигает 88,9%, после чего также наблюдается снижение числа нарушений. При схожих погодных условиях апреля и октября, последний характеризуется большим количеством превышений скорости на 21,5 %.

Временная динамика опасных маневров, в которые входят: резкие и опасные повороты, резкие и опасные торможения, а также резкие и опасные ускорения, отличается от общей динамики нарушений и создания опасных ситуаций. В апреле, мае и июне, не смотря на повышение среднемесячной температуры с 7,7 до 23,9 °С, значительного прироста опасных маневров не происходит. В июле наблюдается увеличение числа опасных маневров в 5,6 раз, колеблясь с июля по сентябрь в пределах от 3,3 до 6,8 единиц. Смена сентября октябрём возвращает количество резких маневров на прежний минимальный уровень, соответствующий апрелю.

Таки образом, переход от весенней погоды к жаркому летнему периоду характеризуется значительным увеличением количества нарушений ПДД и опасных маневров. Смена жаркой погоды на осеннюю даёт обратный эффект.

Для прогнозирования аварийной обстановки и нарушений ПДД на дорогах необходимо определить количественную зависимость этих параметров от температуры окружающей среды.

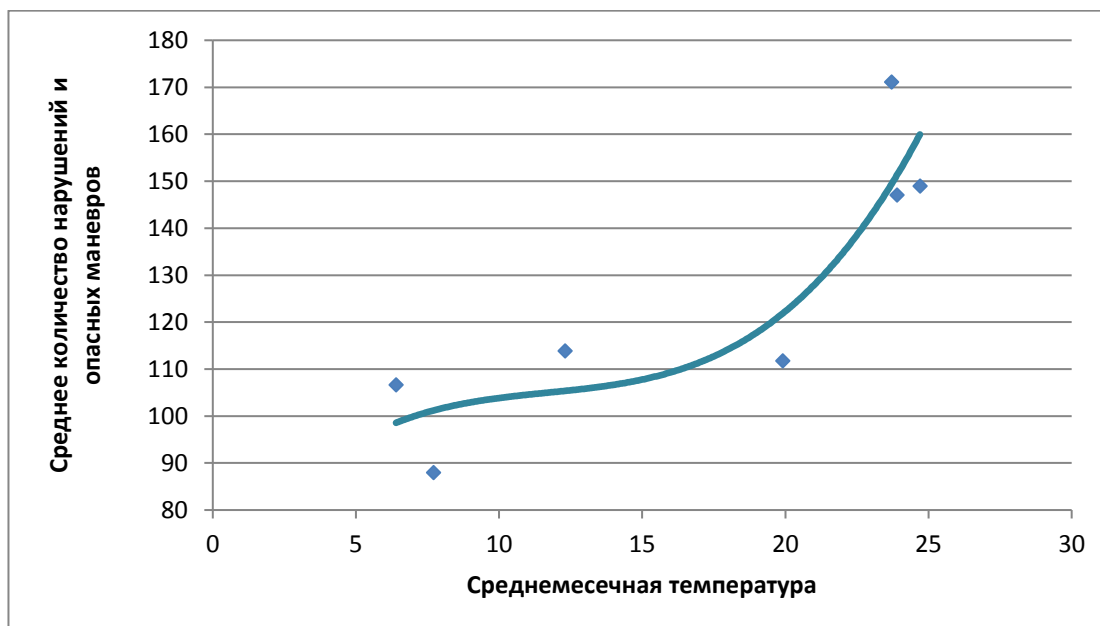


Рисунок 3.9 – Зависимость среднего количества нарушений ПДД и опасных маневров, приходящихся на одну машину, от среднемесячной температуры.

На рисунке 3.9 изображены точки пространства «ежемесячная температура – количество нарушений и опасных маневров», каждая из которых соответствует определённому месяцу периода с апреля по октябрь, а также линия тренда, соответствующая данной зависимости.

Из рисунка видно, что зависимость суммарного количества нарушений и опасных маневров от температуры носит монотонно возрастающий характер. При этом, с увеличением температуры, количество нарушений и опасных маневров может возрасть почти в два раза – с 88 до 171 события. Экспериментальным данным соответствует линия тренда, подчиняющаяся кубическому уравнению:

$$v_{\text{общ}} = 0,02 \cdot t^3 + 0,75 \cdot t^2 + 9,4 \cdot t + 63,5, \quad (3.10)$$

где $v_{\text{общ}}$ – общее среднее число нарушений и опасных маневров, приходящихся на один автомобиль, t – среднемесячная дневная температура. Достоверность аппроксимации при этом равна $R^2=0,8$.

При увеличении средней температуры от 7 до 17 °С происходит плавное увеличение количества нарушений и маневров. Дальнейший рост температуры усиливает данный эффект, максимальное значение которого наблюдается при 25 °С.

Учитывая, что наиболее частым нарушением ПДД является превышение скорости, целесообразно определить зависимость частоты нарушения скоростного режима от температуры окружающей среды. На рисунке 3.10 показана зависимость частоты превышения скорости в диапазонах: от 20 до 40 (v_{20-40}), от 40 до 60 (v_{40-60}) и на величину более 60 (v_{60}) км/ч, от среднемесячной температуры.

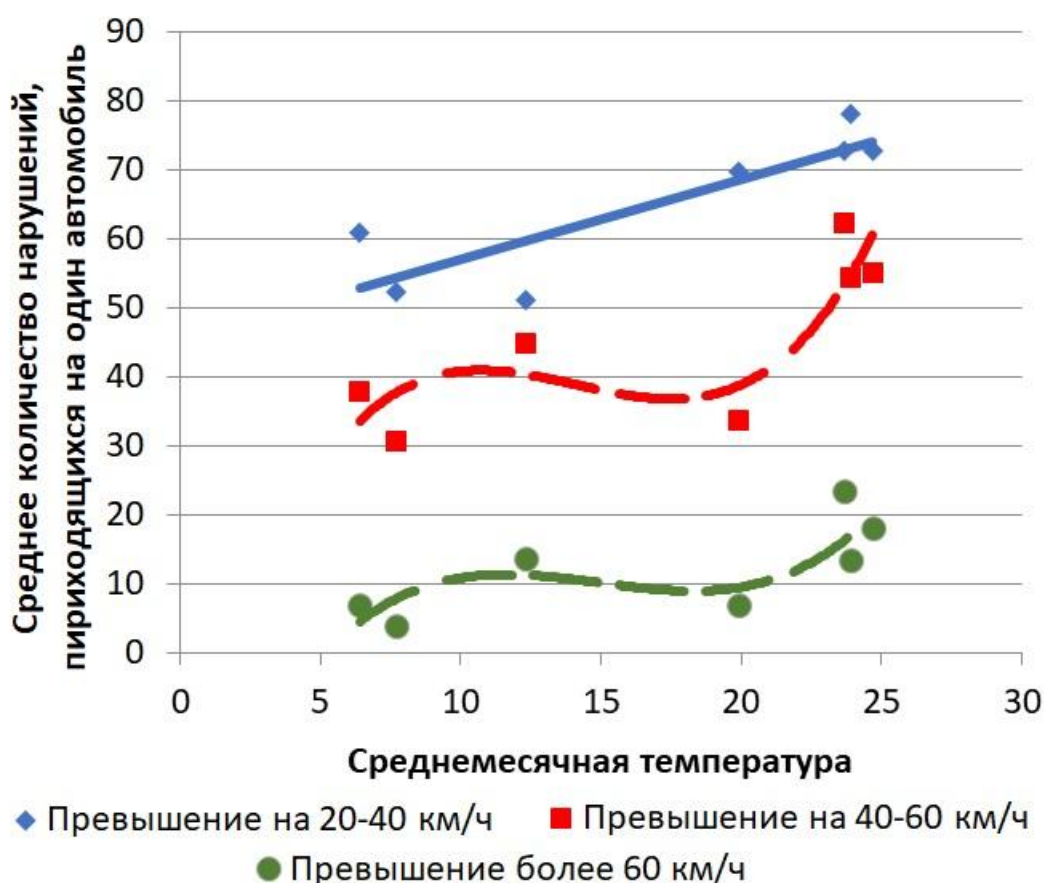


Рис. 3.10 – Зависимость количества превышений скорости за месяц, приходящейся, в среднем, на один автомобиль, на величину от 20 до 40 (v_{20-40}), от 40 до 60 (v_{40-60}) и на величину более 60 (v_{60}) км/ч, от среднемесячной температуры.

При любой температуре чаще всего происходит превышение скорости на 20-40 км/ч. Частота этого нарушения v_{20-40} всегда превосходит частоту превышений скорости на 40-60 км/ч v_{40-60} , которая, в свою очередь, при любой температуре, превосходит частоту превышений скоростного режима более чем на 60 км/ч v_{60} .

Частота превышения скорости на 20-40 км/ч v_{20-40} описывается монотонно возрастающей линейной функцией

$$v_{20-40} = 1,16 \cdot t + 45,5 \quad (3.11)$$

с достоверностью аппроксимации $R^2=0,8$ и изменяется с ростом температуры в 1,5 раза от 52,1 до 77,8 случаев, приходящихся, в среднем, на один автомобиль в месяц. По временной шкале наименьшие значения v_{20-40} соответствуют апрелю и октябрю, а наибольшие – июню, июлю и августу. Точки, соответствующие маю и сентябрю, занимают промежуточные положения.

Вторым видом по частоте совершений является превышение скорости в диапазоне от 40 до 60 км/ч. Не смотря на более редкие случаи, данный вид нарушений не менее значим по сравнению с предыдущим в силу возможной более высокой тяжести последствий данного нарушения.

Количество случаев превышения скоростного режима на величину от 40 до 60 км/ч, приходящийся на одно транспортное средство, v_{40-60} изменяется с ростом температуры согласно полиномиальной зависимости третьей степени с достоверностью аппроксимации $R^2=0,83$:

$$v_{40-60} = 0,025 \cdot t^3 - t^2 + 14 \cdot t - 19. \quad (3.12)$$

Данная зависимость имеет немонотонный характер с максимумом при $t \approx 11$ °С и с минимумом при $t \approx 16$ °С. Область максимума и минимума соответствуют средним значениям температур, проявляющимся в мае и сентябре. При переходе

от прохладной погоды к жаркой количество потенциально опасных нарушений v_{20-40} может увеличиваться в два раза, что усугубляет аварийность на дорогах.

Количество имеющих меньший статистический вес, но гипотетически более опасные как для самих водителей, так и для окружающих, превышений v_{60} также имеет полиномиальную зависимость от температуры окружающей среды t :

$$v_{60} = 0,016 \cdot t^3 - 0,74 \cdot t^2 + 10,5 \cdot t - 36,6. \quad (3.13)$$

При этом достоверность аппроксимации равна $R^2=0,81$. Из сравнения формул (3.12) и (3.13) виден схожий характер функций $v_{40-60}(t)$ и $v_{60}(t)$. Однако последняя из них характеризуется меньшими коэффициентами, что говорит о более плавном её изменении. Зависимость $v_{60}(t)$ также обладает максимумом при $t \approx 11$ °С и минимумом при $t \approx 16$ °С. В процентном отношении функция $v_{60}(t)$ испытывает более сильные колебания. Так, при схожих погодных условиях мая и сентября, количество превышений скорости на 60 и более км/ч осенью в два раза больше, чем весной. Как и в остальных случаях, наименьшее число нарушений наблюдается в апреле и октябре, составляя, в среднем 4 и 7 нарушений на один автомобиль. В мае и сентябре эти показатели равны 7 и 14 случаев, а в наиболее жаркие летние месяцы изменяются от 13,5 до 23 случаев на каждую машину, что на порядок превосходит количество аналогичных случаев в апреле.

Таким образом, переход от умеренного температурного режима к диапазону высоких температур приводит к увеличению числа нарушений скоростного режима.

3.2.3. Опасные маневры в период с апреля по октябрь

Аварийные ситуации на дорогах возникают не только в результате превышения скорости, но и в результате резких маневров, реализации неверно принятых решений и т.д. На рисунке 3.11 показано распределение числа резких

маневров v_m , включающих резкие и опасные повороты, резкие и опасные торможения, резкие и опасные ускорения по среднемесячной температуре t .

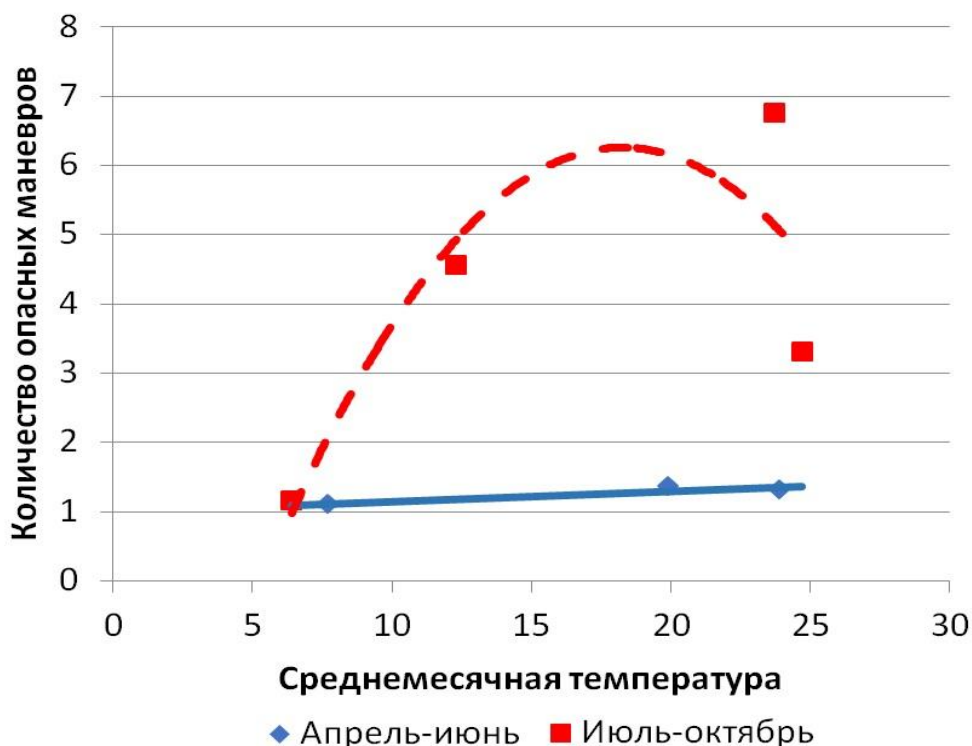


Рисунок 3.11 – Распределение количества опасных маневров зависимости от среднемесячной температуры в период с апреля по июнь и с июля по октябрь.

Однако данная задача значительно облегчается, если разделить период с апреля по октябрь на два: с апреля по июнь и с июля по октябрь. Первый интервал характеризуется слабой зависимостью количества совершаемых резких маневров v_{a-u} от температуры t , характеризуясь уравнением (3.14):

$$v_{a-u} = 0,014 \cdot t + 1 \quad (3.14)$$

с достоверностью аппроксимации $R^2=0,83$. При переходе от июня к июлю происходит резкий скачок в количестве резких маневров более чем в 4 раза – от 1,6 до 6,75 в среднем на автомобиль. Возможно, это резкое изменение вызвано пиковым значением превышения скорости транспортными средствами в июле, а резкие маневры вызваны, в том числе, уходом от столкновений в результате

увеличения аварийной напряжённости на дорогах. Уменьшение напряжённости на дороге при переходе от июля к августу снижает и число резких маневров в 2 раза – с 6,75 до 3,3 случаев на автомобиль. Однако начало учебного года увеличивает количество резких маневров в 1,5 раза – с 3,3 до 4,55 случаев на один автомобиль. Дальнейшее снижение температуры в октябре снижает количество маневров до уровня апреля – месяца с эквивалентным температурным режимом – до 1,15 случаев на один автомобиль за месяц. В целом, за период с июля по октябрь зависимость резких маневров от температуры удовлетворительно описывается функцией:

$$v_{и-о} = -0,04 \cdot t^2 + 1,4 \cdot t - 6,3 \quad (3.15)$$

при достоверности аппроксимации $R^2=0,82$.

Таким образом, статистика совершения резких маневров указывает на то, что они являются ответной реакцией на изменение степени аварийности на дороге, создаваемой другими участниками дорожного движения, показывая резкий прирост и снижение при изменении напряжённости.

Таким образом, с помощью системы «Wialon – GPS/Глонасс» установлена прямая зависимость между количеством нарушений правил дорожного движения от температуры окружающей среды. При этом количество нарушений ПДД может увеличиваться до 94%. Связь между погодными условиями и плотностью автомобильного потока не обнаружена.

В связи с разнообразием, зависимость количества разного вида нарушений от температуры имеет следующие особенности:

1. Большую часть нарушений ПДД – 97,8%, составляют случаи превышения скорости.
2. При любой среднемесячной температуре число случаев превышения скорости на 20-40 км/ч (v_{20-40}) больше количества событий превышений скорости в диапазоне от 40 до 60 км/ч (v_{40-60}), что, в свою очередь, больше числа

превышений установленной скорости на величину более 60 км/ч (v_{60}). Зависимость $v_{20-40}(t)$ удовлетворительно описывается линейно возрастающей функцией, а зависимости $v_{40-60}(t)$ и $v_{60}(t)$ – полиномиальной зависимостью третьей степени.

3. Среди резко и опасно совершённых маневров чаще всего встречаются резкие повороты (87,5%). В период с апреля по июнь количество опасных маневров описывается медленно возрастающей линейной функцией, испытывая значительный скачок при наступлении июля. В дальнейший период зависимость количества резких маневров от температуры имеет квадратичный характер.

3.2.4. Проверка базовой гипотезы путём сопоставления экспериментальных данных

В подразделе 2.4 была получена экспериментальная зависимость аварийности от среднемесячной дневной температуры окружающей среды $N(t)$, задаваемая формулой (3.1); в подразделе 3.2, на основе данных наблюдения, получена зависимость общего количества нарушений (задаваемая формулой 1.12) от того же параметра – $v_{общ}(t)$, что позволяет получить параметрическую зависимость $N(v_{общ})$.

Формулы (3.1) и (3.12) позволяют определить зависимость между уровнем аварийности N и общим уровнем нарушений $v_{общ}$. Данные, полученные с помощью этих уравнений, для точек, соответствующих интервалу среднесуточных температур от 10 до 35°C с интервалом в 1°C, позволяют определить коэффициент корреляции между N и $v_{общ}$, равный 0,98.

Построение линии тренда по данным точкам, соответствующей уравнению:

$$N = 9 \cdot 10^{-5} \cdot v_{общ} + 0,1662, \quad (3.16)$$

даёт достоверность аппроксимации на уровне $R^2=0,97$. Такое высокое значение достоверности аппроксимации доказывает справедливость базовой гипотезы о линейной зависимости аварийности от числа нарушений.

3.3. Влияние высоких температур на микроклимат в салоне автомобиля

Как видно из ранее изложенного материала, ключевым субъектом, способствующим увеличению аварийности с ростом среднедневной температуры, является подсистема «среда-водитель». Поэтому, для определения условий и механизма этого взаимодействия, необходимо рассмотреть формирование микроклимата в салоне автомобиля в жаркое время года, рассмотрев влияние технических средств компенсации негативных факторов влияния, например, кондиционеров и систем «климат-контроль».

Как было показано в первом разделе, в солнечный день, из-за непрерывного нагревания как внешних, так и внутренних поверхностей автомобиля, происходит аккумуляция тепловой энергии внутри салона автомобиля. При этом возможен прирост температуры и влажности по сравнению с окружающей средой. Появление ненулевого прироста начинается или резко возрастает при появлении прямых солнечных лучей.

3.3.1. Инструменты и методы

Для определения микроклимата в салоне автомобиля производили замеры температуры, влажности и освещённости снаружи и внутри салона в течение светового дня, что позволило определить периоды неблагоприятного влияния окружающей обстановки на водителя.

Для определения температуры и влажности воздуха в салоне автомобиля использовали влагомер ZHT 100-70. Замер температуры дублировался с помощью электронного термометра «TP101». Освещённость определяли с помощью

люксметра «Мегеон-21550. Для определения температуры поверхностей использовали бесконтактный инфракрасный термометр «Magnusson КС-180А1».

Определение параметров производили три раза в течение минуты, после чего за истинное значение принимали наибольшую из измеренных величин. Опыт повторяли трижды, после чего данные усреднялись.

В течение светового дня с 06:00 по 22:00 часов с интервалом в 1 час проводились следующие замеры:

- значения температуры воздуха в тени, влажности и освещённости – на открытой освещённой местности вблизи автомобиля;

- в салоне автомобиля – освещённость, влажность и температура воздуха.

По полученным данным были построены графики изменения изучаемых параметров, определены зависимости температуры и влажности воздуха в салоне, разности между значениями этих величин внутри салона и вне автомобиля, от температуры окружающей среды и интенсивности солнечного излучения. Статистическая обработка данных производилась с помощью MS Excel.

Визуализация тепловых полей в салоне автомобиля и вне его производилась с помощью тепловизора «Testo 875». По завершении съёмки данные обрабатывались с помощью специализированного программного обеспечения.

3.3.2. Микроклимат в салоне автомобиля и влияние систем кондиционирования на него

На рисунке 3.12 показано изменение температуры ($t_{сал}$), влажности воздуха в салоне ($\varphi_{сал}$) и интенсивность солнечной радиации ($E_{возд}$) в открытом пространстве в течение светового дня. Из графика видно, что с появлением прямых солнечных лучей, соответствующих $E_{возд} > 70 \cdot 10^3$ Лк, происходит увеличение влажности и температуры в салоне автомобиля. При появлении прямых лучей солнца значение освещённости интенсивно увеличивается от значений порядка 10-20 кЛк до величин от 90 до 150 кЛк. В безоблачный день освещённость может принимать

стабильное значение вплоть до самого заката. Появление облачности способствует резкому падению значения $E_{возд}$, а исчезновение облаков также резко увеличивает интенсивность радиации до величин порядка 120-150 кЛк.

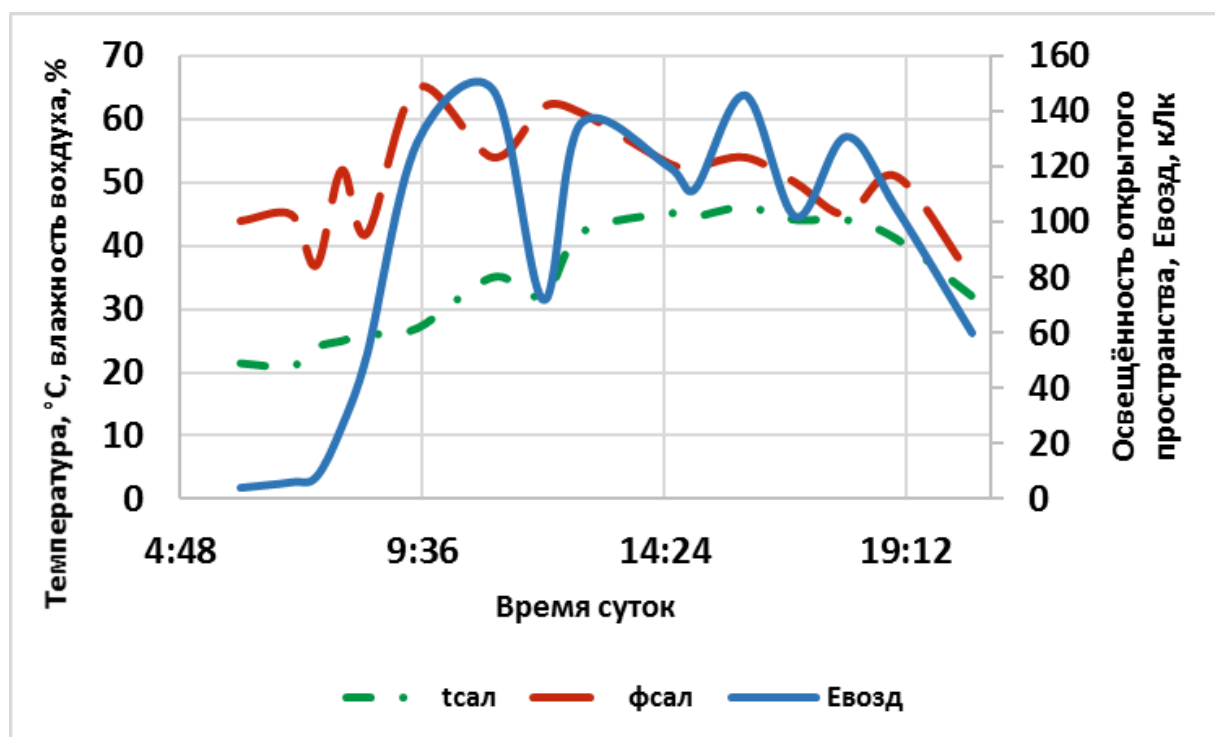


Рисунок 3.12 – Изменение температуры ($t_{сал}$, °C), влажности ($\varphi_{сал}$, %) в салоне и освещенности вне автомобиля ($E_{возд}$, кЛк) в течение светового дня.

Из графика также видно, что как увеличение, так и уменьшение освещенности $E_{возд}$ приводит к соответствующему изменению влажности в салоне автомобиля $\varphi_{сал}$. Однако однозначная зависимость $\varphi_{сал}$ от $E_{возд}$ имеет два отличия – в утреннее время наблюдается «преждевременное», а в вечернее время – «запаздывающее» изменение влажности. В утренние часы рост влажности наблюдается до появления прямых солнечных лучей, а в вечернее время наблюдается запаздывающее снижение влажности. Данный эффект может быть объяснён испарением влаги, сконденсированной в тёмное время суток и конденсацией влаги в вечерние часы. Всплески влажности фиксируются в промежутки времени с 08:30 до 09:30 и с 18:30 до 19:30. Данные временные интервалы соответствуют высокому значению автомобильного потока – утреннему и вечернему часам-пик. Повышенная влажность увеличивает

теплообмен водителя с окружающей средой, что в сочетании с высокой температурой – более 30°C ухудшает самочувствие водителя и может привести к росту аварийности на дороге.

Температура в салоне автомобиля $t_{сал}$ также зависит от солнечной радиации $E_{возд}$. Однако эта зависимость выражена слабее зависимости влажности $\phi_{сал}$ от солнечной радиации $E_{возд}$. Также изменение температуры в салоне с изменением освещённости обладает инерционностью, что объясняется опосредованным тепловым воздействием через поверхности салона.

Нагрев внутренней поверхности в салоне автомобиля может привести к дополнительному приросту температуры и влажности в салоне по сравнению с температурой и влажностью на открытом воздухе (см. рис.3.13).

До восхода солнца влажность в салоне меньше, чем на улице ($\Delta\phi < 0$). В те часы, когда восход солнца уже произошёл, но прямые солнечные лучи ещё не падают на автомобиль, начинается испарение сконденсированной в тёмное время суток влаги. За это время влажность в салоне автомобиля больше атмосферной влажности на 10%. Данный эффект усиливается при появлении прямых солнечных лучей, что увеличивает $\Delta\phi$ до 23%. Такому явлению способствует нагрев замкнутого пространства прямыми лучами. Положительный прирост температуры в салоне на фоне температуры атмосферы носит запаздывающий характер и проявляется через 1-1,5 часа после появления прямой солнечной радиации. За данный промежуток времени происходит нагрев внутренней поверхности салона до температур в диапазоне 65-85 °С.

В течение светового дня увеличение влажности в салоне по сравнению с открытым пространством ($\Delta\phi$) находится в диапазоне от 10 до 23%, а температуры (Δt) – до 17 °С. Это явление способствует увеличению интенсивности процессов теплообмена и терморегуляции организма. Временное снижение освещённости приводит к уменьшению влажности, но слабо влияет на изменение температурного эффекта в салоне из-за медленного остывания нагретых поверхностей салона. Эффект прироста температуры и влажности

уменьшается до нуля, в вечернее время, соответствующее $E_{возд}$, равному $75 \cdot 10^3$ Лк. На графике данному значению соответствует время 20:00 ч. К указанному моменту вечерний час-пик заканчивается, и данное время становится благоприятным для вождения автомобиля.

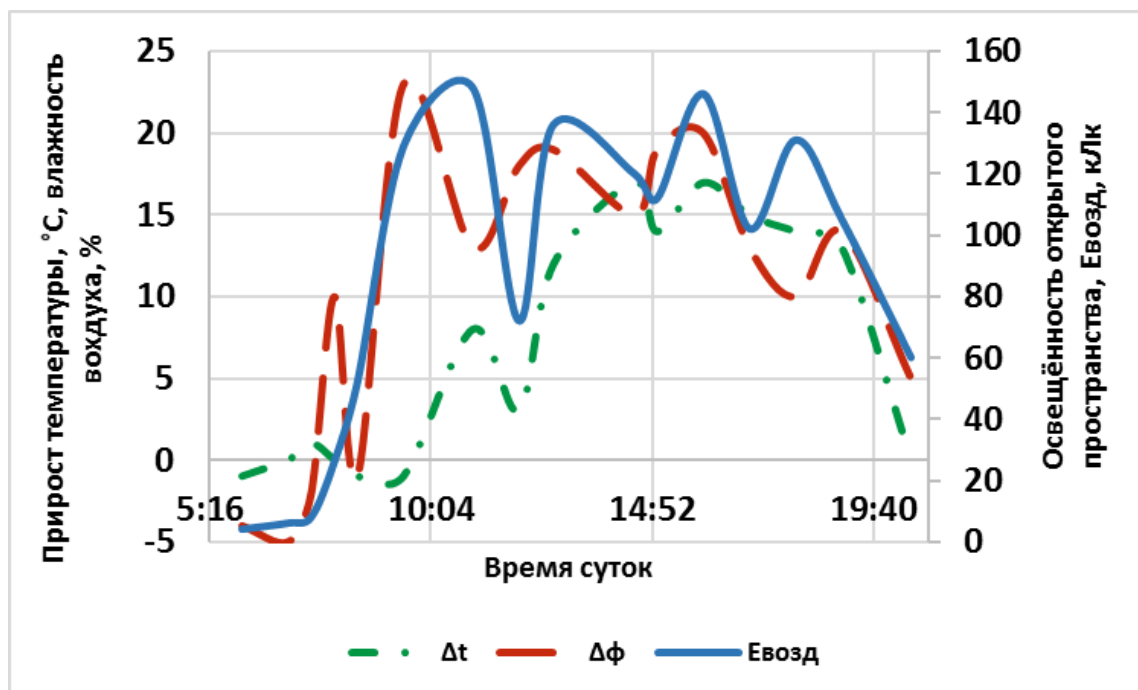


Рисунок 3.13 – Изменение во времени освещённости вне автомобиля ($E_{возд}$, кЛк) и разницы между значениями вне автомобиля и в салоне автомобиля для влажности ($\Delta\varphi$) и температуры (Δt).

Обобщая выводы, сделанные при анализе рисунков 3.12 и 3.13, следует отметить, что высокие значения влажности и температуры, как и их прирост, наблюдаются в течение всего светового дня. Во время вечернего часа-пик значения влажности и температуры в салоне остаются на высоком уровне — более 40 % и 30 °C соответственно.

Очевидно, что солнечное излучение влияет на обстановку в салоне автомобиля как непосредственно, так и опосредовано — через изменение температуры и влажности в салоне. Для поиска оптимальных условий для водителя важно сократить количество факторов влияния с трёх до одного. Для

этого необходимо найти зависимость между солнечной радиацией, температурой и влажностью в салоне автомобиля.

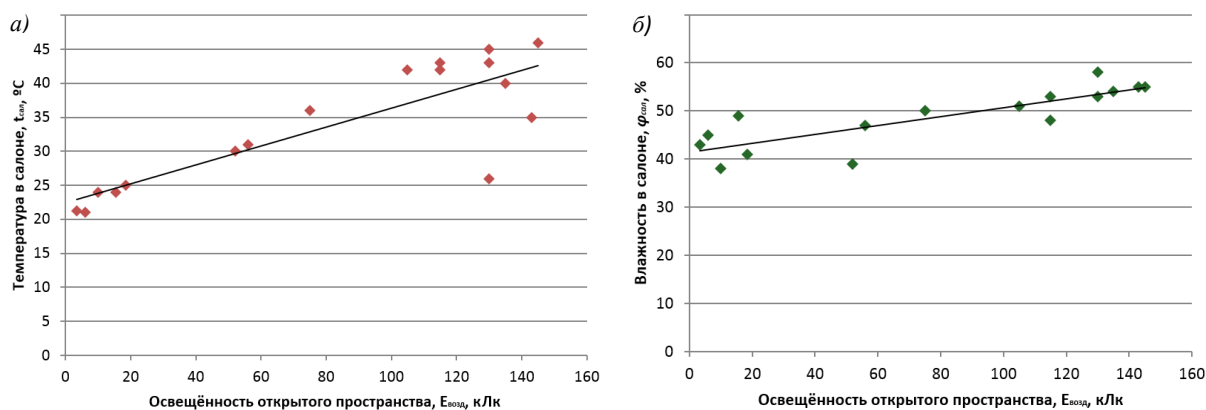


Рисунок 3.14 – Зависимости параметров: а) температуры в салоне $t_{\text{сал}}$ от освещённости солнечной радиацией $E_{\text{возд}}$ в открытом пространстве; б) влажности в салоне $\varphi_{\text{сал}}$ от освещённости солнечной радиацией $E_{\text{возд}}$ в открытом пространстве.

На рисунках 3.14а и 3.14б показаны зависимости соответственно температуры и влажности воздуха в салоне от интенсивности солнечной радиации в открытом пространстве в килолюксах (кЛк).

Из приведённого графика следует, что температура в салоне автомобиля $t_{\text{сал}}$ связана с освещённостью и температурой окружающего пространства линейной зависимостью:

$$t_{\text{сал}} = 0,139 \cdot E_{\text{возд}} + 22,46 \quad (3.17)$$

$$t_{\text{сал}} = 2,085 \cdot t_{\text{возд}} - 24,87 \quad (3.18)$$

Достоверности аппроксимации для приведённых формул соответственно равны 0,81 и 0,86. При значениях солнечной радиации, отвечающих отсутствию прямых солнечных лучей ($E_{\text{возд}} < 80 \cdot 10^3$ Лк) зависимость (3.17) удовлетворительно описывает полученные данные (см. рис. 3.14а). При наличии прямой солнечной радиации ($E_{\text{возд}} > 80 \cdot 10^3$ Лк) наблюдается большой разброс экспериментальных точек относительно построенной прямой. Точки, находящиеся справа внизу от

графика, соответствуют утренним часам, когда солнечная радиация принимает высокие значения, но салон автомобиля ещё не нагрелся. Точки, находящиеся сверху от кривой, свидетельствуют о непрерывном накоплении тепловой энергии в салоне автомобиля – при заданном значении солнечной радиации происходит непрерывное увеличение температуры воздуха в салоне автомобиля.

Зависимость влажности салона $\varphi_{сал}$ от освещённости $E_{возд}$ и температуры t также носит линейный характер (см. рис.3.14б):

$$\varphi_{сал} = 0,0933 \cdot E_{возд} + 41,375 \quad (3.19)$$

$$\varphi_{сал} = 1,4 \cdot t_{возд} + 9,6 \quad (3.20)$$

Здесь достоверности аппроксимации соответственно равны $R^2=0,8$ и $0,81$. Точки, лежащие выше графика, отвечающие большему значению функции при меньших значениях аргумента, соответствуют повышенной влажности в вечернее время, что, как было отмечено выше, реализуется в вечерний час-пик и обусловлено увеличением влажности за счёт снижения температуры окружающей среды.

Для определения характера теплообмена в салоне автомобиля целесообразно также определить зависимость прироста влажности и температуры внутри автомобиля на фоне аналогичных показателей на открытой местности от значения солнечной радиации $E_{возд}$ или температуры окружающей среды t .

На рисунках 3.15а и 3.15б показана зависимость разницы температуры Δt и влажности $\Delta \varphi$ в салоне и на улице от освещённости $E_{возд}$ окружающей среды. Из рисунка 3.15а видно, что в отсутствие солнечного излучения температура в салоне автомобиля может быть меньше температуры окружающего воздуха, а при интенсивной солнечной радиации температура воздуха в салоне может превышать таковую на открытом пространстве на 17°C .

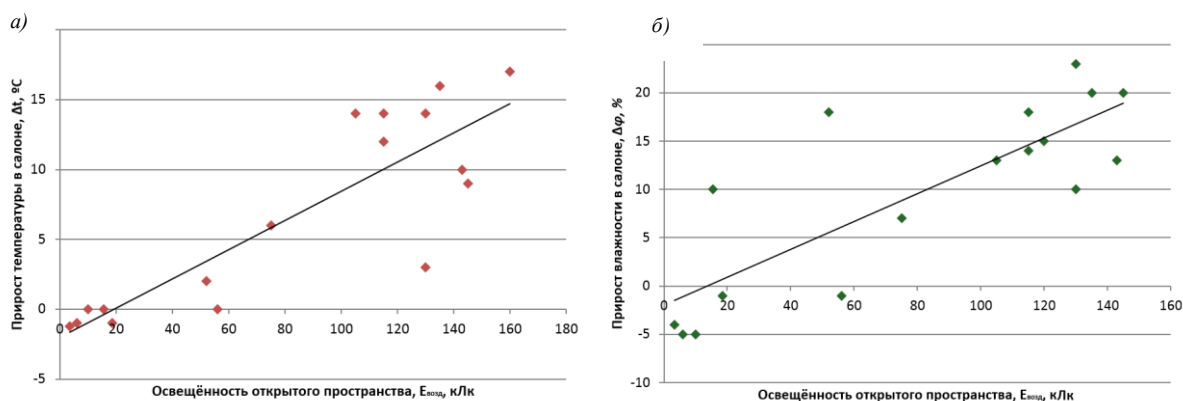


Рисунок 3.15 – Зависимости параметров: а) разницы (прироста) температуры в салоне автомобиля и в окружающем пространстве Δt от освещённости солнечной радиацией $E_{возд}$; б) разницы (прироста) влажности в салоне автомобиля и на улице $\Delta \varphi$ от освещённости солнечной радиацией $E_{возд}$ в открытом пространстве.

Зависимость прироста температуры $\Delta t_{сал}$ от освещённости $E_{возд}$ носит линейный характер:

$$\Delta t = 0.1 \cdot E_{возд} - 2, \quad (3.21)$$

$$\Delta t = 1,5 \cdot t_{возд} - 36. \quad (3.22)$$

Достоверности аппроксимации при этом $R^2=0,82$ и $0,85$. Из сравнения формул (3.19) и (3.23) видно, что функция $t_{сал}(E_{возд})$ изменяется быстрее, чем $\Delta t(E_{возд})$, что согласуется с фактом одновременного нагрева салона автомобиля и воздушной среды окружающего пространства. Как и в случае зависимости температуры от интенсивности радиации, при малых значениях $E_{возд}$ наблюдается высокая степень соответствия полученной зависимости экспериментальным данным. В области высоких значений освещённости наблюдается разброс точек относительно прямой. Данный эффект обусловлен инерционной зависимостью нагрева и остывания салона автомобиля, что вызвано опосредованной теплопередачей через внутренние поверхности салона и корпус автомобиля.

Из рисунка 3.15б следует, что в тёмное время суток влажность в салоне автомобиля меньше атмосферной влажности. Солнечное излучение способствует

созданию повышенной влажности в салоне автомобиля, увеличивая эту разницу до 23%. Зависимости $\Delta\varphi(E_{\text{возд}})$ и $\Delta\varphi(t)$ носит линейный характер:

$$\Delta\varphi = 0,14 \cdot E_{\text{возд}} - 1,96, \quad (3.23)$$

$$\Delta\varphi = 2,1 \cdot t_{\text{возд}} - 0,1 \quad (3.24)$$

Достоверности аппроксимации в формулах (3.25) и (3.26) составляют 0,8 и 0,81 соответственно.

Сравнение формул (3.19) с (3.23) и (3.20) с (3.24) показывает, что «парниковый» эффект, создаваемый в салоне автомобиля и заключающийся в приросте дополнительной к атмосферной влажности, с усилением солнечной радиации, в полтора раза превосходит эффект влияния солнечных лучей на абсолютное значение влажности. То есть, в то время как влажность атмосферного воздуха снижается после испарения части конденсата, влажность воздуха в кабине может расти. Другими словами, при высоких значениях солнечной радиации, в автомобиле создаётся микроклимат с повышенными значениями температуры и влажности.

Для разработки мер по минимизации аварийности, возникающей в результате воздействия солнечной радиации и высоких температур, необходимо понимать процессы, происходящие в месте пребывания водителя.

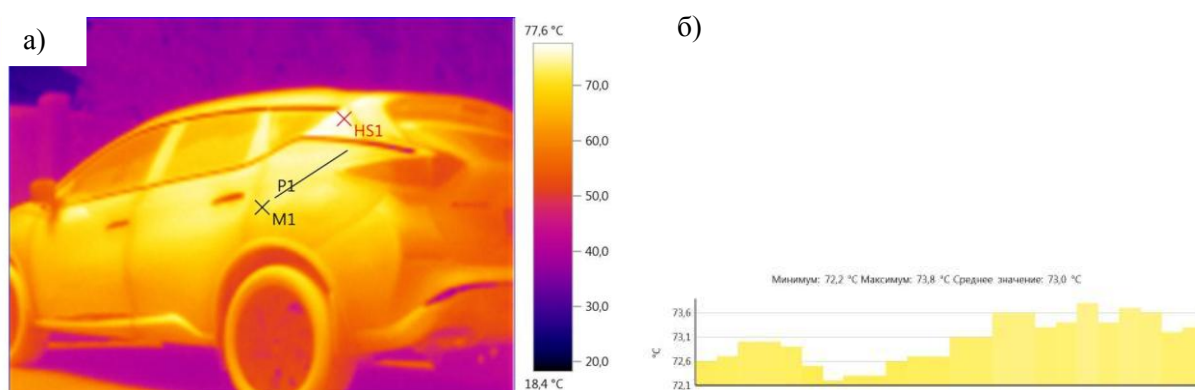


Рис. 3.16 – Поле температур автомобиля: а) общий вид; б) температурный профиль среза кузова (линии, изображённой на рис. 3.16а).

Для этого фиксировалось поле температур внешней и внутренней поверхностей автомобиля с построением профилей отдельных участков. На рисунках 3.16а и 3.16б показаны поле температур автомобиля (а) и температурный профиль (б) заднего крыла в жаркое время года. Съёмка произведена во время наибольшей солнечной активности – в 14:00 по местному времени. Из рисунка видно, что при попадании прямых солнечных лучей корпус автомобиля прогревается относительно равномерно. Высокая поверхностная температура наблюдается не только для металлического корпуса, но и для стеклянной поверхности. В данном случае температура корпуса транспортного средства варьируется от 53 до 73 °С.

Учитывая, что кузов транспортных средств состоит из материала с высокой теплопроводностью, очевидна тесная связь температуры корпуса автомобиля с микроклиматом салона, который, кроме того, зависит также и от переноса тепла от внутренней поверхности салона к водителю.

На рисунках 3.17а и 3.17б показано поле температур в салоне автомобиля.

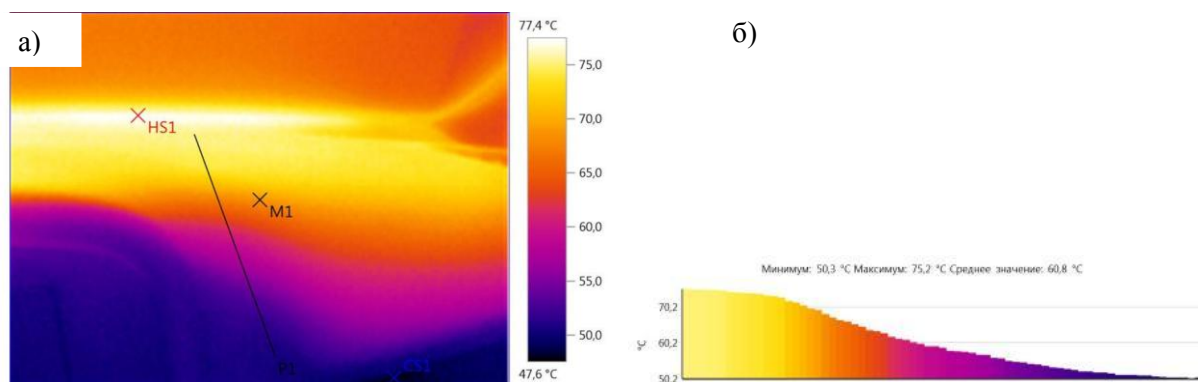


Рис. 3.17 – Поле температур приборной панели салона: а) общий вид; б) температурный профиль приборной панели салона (линии, сверху вниз).

Температура части панели, пребывающей в тени, находится в диапазоне 50-55 °С. Такой же диапазон температур имеет потолок и сиденья автомобиля при отсутствии отвода тепла. Такой нагрев, как было показано ранее, приводит к росту влажности и, вместе с этим, создаёт парниковый эффект, усиливающий теплообмен в организме человека, что, очевидно, негативно скажется на надёжности водителя и как следствие, на аварийной обстановке.

Попадание солнечных лучей увеличивает температуру внутренней поверхности на величину около $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, усиливает стресс водителя, тем самым усугубляя неблагоприятную обстановку. При попадании прямых солнечных лучей, как температура корпуса, так и температура деталей салона транспортного средства зависит от их цвета. Разница температур чёрной и белой поверхностей составляет приблизительно $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ в меньшую сторону для элементов белого цвета и в большую – для чёрного.

На рисунке 3.18 показано поле температур в салоне автомобиля с водителем внутри (а) и температурный профиль одежды водителя (б). Из рисунка видны две области перегрева организма водителя: его одежда, температура которой, в данном случае, лежит в диапазоне от 37 до $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, и верхняя часть головы температура которой лежит в интервале $39 - 42\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Видно, что одежда играет роль ретранслятора тепла, получаемого от воздуха и солнечных лучей. Повышенная температура головы может быть обусловлена нахождением вблизи неё нагретого потолка.

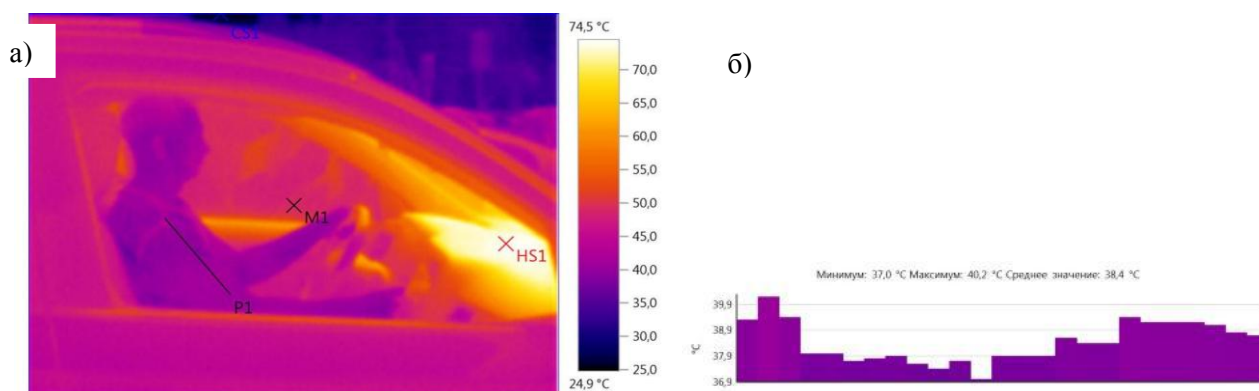


Рис. 3.18. Рисунок 3.18 – Поле температур салона автомобиля с водителем внутри: а) общий вид; б) температурный профиль линии сверху вниз

Резюмируя полученные данные, можно сказать, что снижение надёжности водителя в летний период обусловлено: попаданием прямых солнечных лучей в салон автомобиля, неблагоприятным полем температур и влажности в салоне. В случае неработающей климатической установки и закрытых окон, при наличии прямых солнечных лучей влажность в салоне всегда превышает влажность

окружающей среды. Поэтому, по нашему мнению, мероприятия по снижению описанного эффекта должны разрабатываться в трёх направлениях.

Во-первых, необходимо минимизировать попадание прямых солнечных лучей в салон транспортного средства. Во-вторых, необходимо максимально, насколько это возможно, приблизить микроклимат в салоне транспортного средства к диапазону комфортных температур и влажности. В-третьих, перед началом движения водитель должен обращать внимание на погоду, относясь к обстановке с высокой температурой и солнечной радиацией как к потенциально опасной.

Снижение влажности в салоне происходит как при движении с открытым окном, а при работе кондиционера или системы «климат-контроль», влажность воздуха быстро снижается до уровня влажности окружающей среды. Кроме уменьшения влажности, значительных положительных эффектов от проветривания салона не обнаружено. Поэтому данный способ компенсации рассматриваемого негативного эффекта далее рассматриваться не будет.

Наиболее распространённым способом отвода тепла, эффективно осушающим воздух и, тем самым, снижающим скорость нагрева тела, является кондиционер.

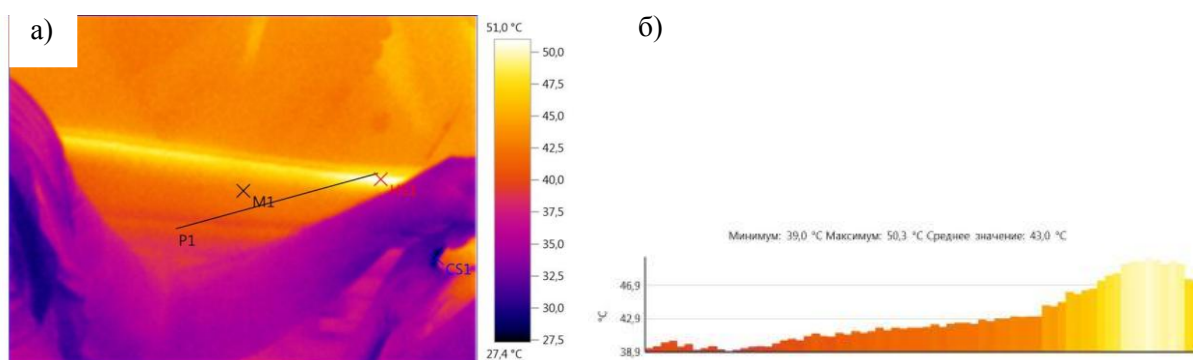


Рис. 3.19 – Поле температур в салоне автомобиля с включенным кондиционером (а) и профиль температур частично освещённой поверхности (б).

Работа кондиционера производит как локальное охлаждение участков пространства до комфортных значений температур, так и к общее снижение

температуры в салоне на 10-15 °С. Недостаток работы кондиционера заключается в локализации его действия, что может привести к перегреву необдуваемых участков тела. Так, направленный в лицо холодный поток воздуха создаёт дискомфорт у водителя, а отсутствие прямого отвода тепла от головы – её перегрев.

Из картины распределения температур, приведённой на рисунках 3.19а и 3.19б, видно, что кондиционер частично компенсирует нагрев поверхностей, снижая температуру освещённой части на 23 °С до 50 °С, а неосвещённой – на 15 °С вплоть до 40 °С. Температура одежды при этом варьируется в пределах от 29 до 33 °С.

Таким образом, более эффективный теплоотвод производится с самой горячей поверхности, а одежда при этом перестаёт быть вторичным источником тепла.

На рисунках 3.20а и 3.20б показано распределение температур в салоне автомобиля в условиях работы системы «климат-контроль».

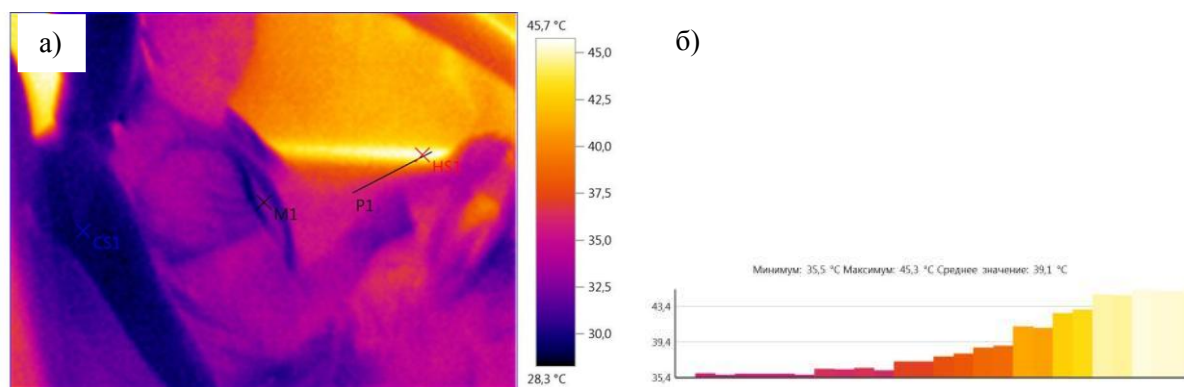


Рис. 3.20 – Поле температур в салоне автомобиля с включенной системой «климат-контроль» (а) и профиль температур частично освещённой поверхности (б).

Из сравнения рисунков 3.19а и 3.20а видно, что при использовании системы «климат-контроль» поле распределения температур становится более размытым, что указывает на эффект выравнивания температурных полей, вызванный равномерным охлаждением салона транспортного средства. К тому же выводу можно прийти при сравнении рисунков 3.19б и 3.20б. Это же сравнение приводит

к выводу, что климат-контроль эффективнее, чем кондиционер, снижает температуру внутренней поверхности салона автомобиля. Температура освещённой и неосвещённой поверхностей при работе системы «климат-контроль» на 5 °С ниже этих показателей при работе кондиционера и составляет 45 и 35 °С соответственно. Температура тела и одежды при этом лежит в диапазоне от 30 до 36 °С.

Таким образом, использование системы «климат-контроль» является наиболее эффективным из существующих способов компенсации эффекта высокой температуры. Однако негативные воздействия также оказывают прямые солнечные лучи, оказывающие ослепляющее воздействие и ухудшающие субъективное восприятие окружающей обстановки водителями.

3.4. Влияние высоких температур на аварийность на автомобильном транспорте

Определение наиболее значимых причин ДТП производилось экспертным методом. Он заключался в опросе профессиональных водителей со стажем вождения не менее трёх лет. Основная задача анкетирования состояла в формировании списка возможных причин увеличения аварийности с последующим определением весомости влияния выявленных факторов на аварийность в летний период [105]. На первом этапе были определены комбинации следующих условий вождения автомобилей: высокая температура, яркое солнечное освещение, наличие или отсутствие климатических установок (КУ), под которыми подразумевались кондиционеры и системы «климат-контроль» [105].

Ранжирование причин роста аварийности производили по четырёхбалльной системе, где значению 1 соответствовала наименьшая значимость, а значению 4 - наибольшая. Также определялся прирост аварийности в процентах в тех или иных

условиях по сравнению с комфортными условиями, соответствующими апрелю месяцу года. Распределение значимости причин аварий показано на рис. 3.21.



Рисунок 3.21 – Распределение вклада факторов аварийности на дорогах при высоких температурах в процентах

Наиболее весомыми причинами роста числа ДТП в жаркое время являются: неверно принятые решения, увеличение времени реакции водителей, увеличение интенсивности маневрирования, а также превышение скорости. Суммарная статистическая доля ДТП от указанных причин составляет 92,4% от общего числа ДТП. В число оставшихся за рамками рассмотрения факторов вошли: увеличение количества ТС в летний период, более частое нарушение ПДД пешеходами, ухудшение качества дорожного покрытия вследствие появления ям, выбоин, колеиности и наплывов, увеличение случаев управления ТС в состоянии алкогольного или наркотического опьянения, более частое отвлечение водителя [105].

В подразделе 3.2 освещено изменение количества нарушений с увеличением температуры воздуха. Однако данные рисунка 3.21 говорят о том, что эффект увеличения аварийности складывается не только из нарушений ПДД – превышения скорости и интенсивности маневрирования, но и из-за ошибок водителей – неверно принятых решений и из-за увеличения времени реакции водителей.

Как было показано в предыдущем подразделе, использование кондиционеров и систем «климат-контроль» оказывает значительное влияние на микроклимат в салоне автомобиля и, следовательно, влияет на количество ошибок и нарушений и, через это, снижает аварийность на дорогах.

На рисунке 3.22 показан вклад увеличения скорости, интенсивности маневрирования, принятия неверных решений и увеличения времени реакции для автомобилей, не оснащённых кондиционерами (КУ), а также для случаев использования кондиционеров и системы «климат-контроль» в условиях высоких температур. Использование климатических установок может рассматриваться в качестве дополнительных факторов влияния на аварийность через микроклимат салона автомобиля. Представленные ниже данные получены методом анкетирования аналогично данным, послужившим основой для составления диаграммы, представленной на рисунке 3.22.

Из рисунка 3.22 видно, что, при отсутствии кондиционирования салона транспортного средства, наибольший вклад в аварийность дают неверно принятые решения, затем по мере убывания – увеличение времени реакции, интенсивность маневрирования и случаи превышения скорости.

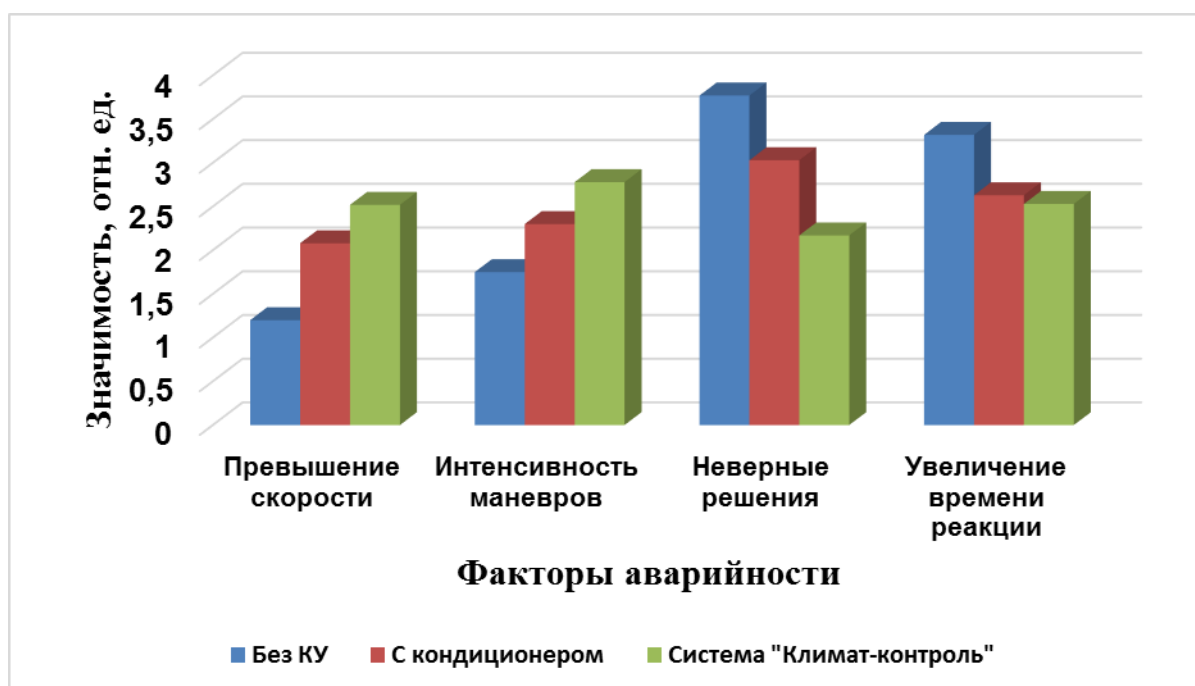


Рисунок 3.22 – Влияние увеличения скорости, интенсивности маневрирования, частоты неверно принятых решений и увеличения времени реакции, по шкале от 1

до 4, на рост аварийности с использованием КУ и без использования КУ при высоких значениях температуры окружающего воздуха [105].

Использование кондиционера перераспределяет вклад ошибок и нарушений в прирост аварийности – происходит снижение роли неверно принятых решений и времени реакции водителя и одновременное увеличение значимости интенсивности маневрирования и случаев превышения установленной скорости. Переход от использования кондиционеров к системам «климат-контроль» усиливает тенденцию снижения роли первых двух факторов аварийности, увеличивая значимость двух последних.

На рисунке 3.23 показано увеличение в процентах, по сравнению с комфортными условиями, случаев превышения скорости, интенсивности маневрирования, принятия неверных решений и увеличения времени реакции для автомобилей без кондиционера, а также в случаях использования кондиционера и системы «климат-контроль».

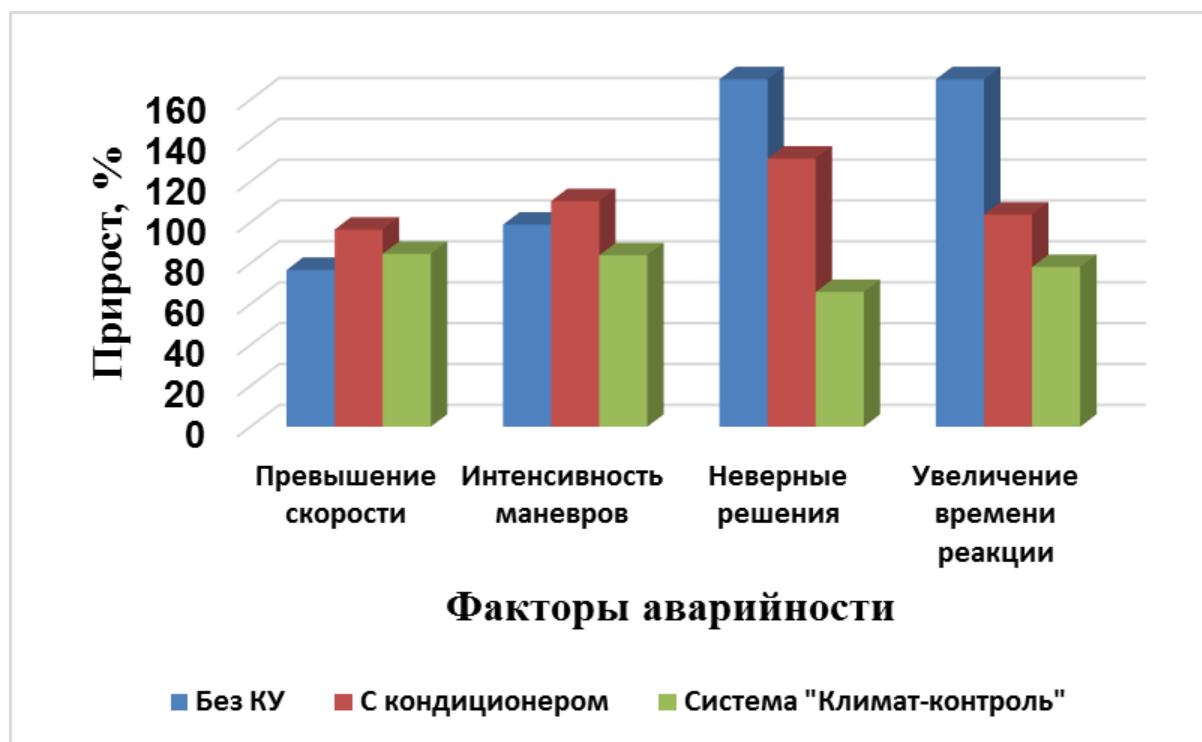


Рисунок 3.23 – Увеличение случаев превышения скорости, частоты маневрирования, частоты неверно принятых решений и увеличение времени реакции водителя, в процентах, при высокой температуре окружающей среды, в условиях отсутствия кондиционирования салона, использования кондиционера и системы «климат-контроль» [103].

В случаях, когда, при эксплуатации транспортного средства, не используется ни кондиционер, ни система «климат-контроль», наибольший относительный прирост числа ДТП происходит в результате неверно принятых решений и увеличения времени реакции. Использование любой из перечисленных систем кондиционирования снижает долю ДТП, происходящих в результате неверно принятых решений и увеличения времени реакции водителя, одновременно увеличивая долю ДТП, происходящих вследствие нарушения скоростного режима и интенсивности маневрирования. Использование системы «климат-контроль» снижает частоту нарушений ПДД и маневров, а также их вклад в общее число ДТП, на фоне использования кондиционера, что вызвано более благоприятным микроклиматом в салоне автомобиля.

Полученные выше данные могут быть использованы для оценки степени опасности того или иного вида нарушения в жаркое время года. В частности, данные, представленные на рисунках 3.21 и 3.22 позволяют определить значения произведений $k_i \cdot \Delta v_{ij}$ и $k_i \cdot \Delta \beta_i$, и, вместе с тем, коэффициентов α_{ij} . Данные, представленные на рисунке 3.23, позволяют определить значения Δv_i при известных значениях исходного числа нарушений ПДД v_i , которые определяются путём экспертного метода или с использованием системы «Wialon – GPS/ГЛОНАСС».

3.5. Выводы

Таким образом, в данном разделе определены причины и закономерности роста аварийности в жаркое время года. Основные результаты данного раздела состоят в следующем.

1. Показано, что влияние высоких температур и сопутствующих факторов на коэффициент сцепления может быть исключено из списка возможных причин роста аварийности.

2. Найдена зависимость частоты нарушений правил дорожного движения от среднедневной температуры $\nu_{общ}(t)$. Изменение аварийности имеет глубокую связь с изменением количества нарушений, что выражается в значении коэффициента корреляции между этими величинами, равном 0,98. Сопоставление экспериментально полученных зависимостей $N(t)$ и $\nu_{общ}(t)$ доказывает справедливость предположения о линейной зависимости между количеством нарушений и количеством ДТП.

3. Определён характер влияния солнечного излучения и высоких температур окружающей среды на микроклимат в салоне автомобиля. Показано, что при наличии солнечного излучения, в салоне автомобиля формируется увеличенные, по сравнению с окружающим пространством, значения температур и влажности в салоне автомобиля. Полученные аналитические зависимости температуры и влажности в салоне, а также их прироста относительно открытого пространства от освещённости солнечным светом и температуры открытой местности, которые, между собой связаны согласно линейному закону.

4. Значимыми факторами увеличения аварийности в жаркое время являются: неверно принятые решения, увеличение времени реакции водителей, интенсивности маневрирования и случаев превышения скоростного режима. Получены зависимости вклада в аварийность и относительного увеличения этих факторов при различных режимах кондиционирования – в случае отсутствия кондиционирования салона автомобиля, при использовании кондиционеров, а также при эксплуатации систем «климат-контроль».

4. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СНИЖЕНИЯ АВАРИЙНОСТИ НА ДОРОГАХ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Результаты, представленные в третьем разделе, доказывают, что прирост аварийности в жаркое время года (когда температура воздуха превышает 25°C) происходит в результате увеличения количества нарушений ПДД и ошибок, совершаемых участниками дорожного движения. Поэтому очевидно, что мероприятия, направленные на компенсацию этого явления, должны быть направлены на снижение как количества нарушений, так и количества ошибок, совершаемых водителями. Вероятно, данные мероприятия могут быть реализованы с помощью различных инструментов – тестирования на тренажёрах, определения устойчивости водителей к воздействию высоких температур, определение темперамента и манеры вождения и т.д. Однако на ранней стадии важно провести предварительную оценку возможного эффекта снижения аварийности в результате использования тех или иных методов, а также, при необходимости, провести их корректировку. Для решения этих задач может быть применён или дополнительно привлечён теоретический подход, общие положения которого изложены во втором разделе. При этом важно, чтобы состоятельность теории была доказана. Верность предложенной теоретической модели была доказана путём сопоставления экспериментально полученных зависимостей аварийности от среднесуточной температуры $N(t)$ и количества нарушений от среднесуточной температуры $v_{общ}(t)$. На двумерной диаграмме, в координатах $N-v_{общ}$, с шагом в 1°C были получены экспериментальные точки, по которым была получена линейная зависимость $N(v_{общ})$ с $R^2=0,97$, что доказывает базовую гипотезу, состоящую в том, что увеличение аварийности в жаркое время года является линейной комбинацией прироста неблагоприятных событий Δv_i , приводящих к авариям, с инвариантными коэффициентами пропорциональности k_i . Однако, как было показано в подразделе 3.4, неблагоприятные события

настают не только в результате нарушений ПДД, но и ошибок, совершаемых водителями.

Адекватность предложенной теоретической модели может быть проверена другим способом, с учётом как нарушений ПДД, так и ошибок, совершаемых водителями транспортных средств. Результаты этой проверки представлены в подразделе 2.2. Однако для её осуществления необходимо определить коэффициенты опасности нарушений ПДД и ошибок водителей k_i .

Перед тем, как приступить к поиску коэффициентов k_i , обговорим, что индексу $i=1$ поставим в соответствие неверно принятые решения, индексу $i=2$ – время реакции, индексу $i=3$ – интенсивность маневров, а индексу $i=4$ – случаи превышения скорости. Для величин x_j и Δv_{ji} индексу $j=1$ поставим в соответствие случаи, когда климатические установки не используются; индексу $j=2$ будут соответствовать случаи, когда используется кондиционер, а индексу $j=3$ будут соответствовать случаи, когда используется система «климат-контроль». Тогда, следующие ранее полученные результаты позволяют получить соответствующие значения величин:

- рисунок 3.1а: $\Delta N=1,752 \cdot 10^{-4}$;
- рисунок 3.21: $m=4$; $n=0,924$; $\alpha_{12}=1,087$; $\alpha_{13}=1,276$; $\alpha_{14}=1,468$; $\alpha_{23}=1,173$; $\alpha_{24}=1,349$; $\alpha_{34}=1,15$;
- рисунок 3.23: $\Delta v_{11}/v_1=1,874$; $\Delta v_{21}/v_1=1,312$; $\Delta v_{31}/v_1=0,659$; $\Delta v_{12}/v_2=1,720$; $\Delta v_{22}/v_2=1,037$; $\Delta v_{32}/v_2=0,782$; $\Delta v_{13}/v_3=0,989$; $\Delta v_{23}/v_3=1,104$; $\Delta v_{33}/v_3=0,839$; $\Delta v_{14}/v_4=0,767$; $\Delta v_{24}/v_4=0,965$; $\Delta v_{34}/v_4=0,846$;
- таблица 3.5: $v_4=86,8$;
- экспертным методом: $v_1=92,5$; $v_3=15,45$; $x_1=0,174$; $x_2=0,606$; $x_3=0,22$;
- исследования других авторов: $v_2=0,5$.

4.1. Определение констант влияния нарушений ПДД и ошибок на аварийность при высоких температурах

Результаты, представленные подразделах 4.1, 4.2 и 4.3, опубликованы в работе [104].

Применяя формулу (2.7), связывающую между собой общее количество нарушений и ошибок одного вида Δv_i с числом соответствующих нарушений и ошибок, сделанных в разных условиях Δv_{ij} , с использованием ранее полученных результатов (Δv_{ij} находим как произведение $\Delta v_{ij}/v_j$ и v_j), найдём значения всех Δv_j , где j принимает значения от 1 до 4: $\Delta v_1=117,11$; $\Delta v_2=0,55$; $\Delta v_3=15,85$; $\Delta v_4=78,49$.

Значение коэффициента k_1 можно найти из формулы (2.10):

$$k_1 = \frac{n \cdot \Delta N}{\Delta v_1 \cdot \sum_{j=1}^4 (1/\alpha_{1j})} = 4,08 \cdot 10^{-7} - \text{коэффициент опасности неверно принятых}$$

решений.

Значения k_2 , k_3 и k_4 могут быть найдены из формулы (2.11):

$$k_2 = \frac{\Delta v_1}{\alpha_{12} \cdot \Delta v_2} \cdot k_1 = 8,00 \cdot 10^{-5} - \text{коэффициент опасности увеличения времени реакции}$$

водителя;

$$k_3 = \frac{\Delta v_1}{\alpha_{13} \cdot \Delta v_3} \cdot k_1 = 2,36 \cdot 10^{-6} - \text{коэффициент опасности интенсивных маневров};$$

$$k_4 = \frac{\Delta v_1}{\alpha_{14} \cdot \Delta v_4} \cdot k_1 = 4,15 \cdot 10^{-7} - \text{коэффициент опасности превышения скорости.}$$

Сравнение коэффициентов k_1 - k_4 позволяет сделать вывод о том, что в летнее время прирост аварийности наиболее чувствителен к увеличению времени реакции, а соответствующий коэффициент k_2 на порядок превосходит коэффициент k_3 , соответствующий следующему по значимости фактору маневрирования транспортных средств; значимость последнего также на порядок выше значимости нарушений скоростного режима и неверно принимаемых решений k_4 и k_1 .

4.2. Проверка адекватности математической модели

Приведённые выше результаты были получены на основе данных, связанных с увеличением аварийности ΔN ; при этом количество ДТП в комфортное время года N_0 не использовалось. Поэтому адекватность предложенной теоретической модели может быть проверена путём сопоставления расчётного и реального значений N_0 .

Согласно формуле (2.3а), в комфортный период, когда для всех значений i от 1 до 4 выполняется равенство $\Delta v_i=0$, получим:

$$N = N_0 = \frac{\sum_{i=1}^l k_i \cdot v_i}{\sum_{i=1}^m k_i \cdot v_i} \cdot n. \quad (4.1)$$

Подставляя полученные ранее значения в формулу (4.1), получим расчётное значение $N_0=1,627 \cdot 10^{-4}$. Фактическое значение N_0 составляет $1,684 \cdot 10^{-4}$. Таким образом, расхождение между расчётным и фактическим значениями в комфортной обстановке N_0 составляет менее 3,4%, что доказывает адекватность предложенной математической модели, которая, следовательно, может быть использована для построения теоретических оценок изменения аварийности в жаркое время года.

4.3. Теоретическая оценка снижения эффекта прироста аварийности в условиях высоких температур

Как было сказано ранее, верхний предел комфортного температурного диапазона соответствует температуре 25 °С. В связи с этим, в качестве искомого периода лучше остальных подходит месяц апрель, когда температура меньше, чем в остальные месяцы, не переходит границу комфортной зоны, а аварийность стабильно, независимо от года наблюдения, минимальна за весь период с апреля по сентябрь.

Для теоретической оценки возможных эффектов от применения систем кондиционирования необходимо воспользоваться формулами (2.3б) и (2.7),

подставляя в них найденные значения коэффициентов ki и варьируя значения величин Δv_{ij} .

Оснащение транспортных средств, не использующих климатические установки, кондиционерами, совместно с их эксплуатацией на постоянной основе, способно снизить эффект прироста аварийности в жаркое время на 4,7%, а использование систем «климат-контроль» в 100 ТС – на 28,9%. Эффекту снижения аварийности противодействует другой эффект, который заключается в том, что при переходе на системы кондиционирования салона, вместе со снижением количества неверно принимаемых решений и времени реакции водителей, происходит рост числа превышений скорости и опасных маневров. Поэтому работа с рассматриваемым эффектом, наряду с оснащением ТС климатическими установками, должна вестись в направлении снижения числа нарушений скоростного режима и опасных маневров.

В таблице 1 приведены результаты расчётов для разных результатов работы в обозначенных направлениях – в направлении кондиционирования рассмотрены исходный вариант, случай, когда ТС, не применяющие кондиционирование салона, начинают использовать кондиционеры и вариант, когда 100% транспортных средств используют системы «климат-контроль».

В направлении снижения количества превышений скорости и опасных маневров также рассмотрено три варианта: первый вариант – исходный вариант без изменений, второй – вариант, когда на ТС с кондиционерами и системами «климат-контроль» уровень превышений скоростного режима и опасных маневров снижен до уровня значений, соответствующих эксплуатации без систем кондиционирования; третий вариант соответствует предельному случаю, когда уровень превышений скоростного режима и опасных маневров соответствует наименьшему значению при температуре окружающей среды, не превышающей 25°C.

В таблице 4.1 приведены оценочные результаты возможного снижения добавочной аварийности (являющейся разницей между аварийностью в жаркое и

комфортное время года) в жаркое время в двух вариантах оснащения автомобиля – установка кондиционера (первый вариант), и второй вариант - 100% транспортных средств используют системы «климат-контроль».

Перевод ТС, не применяющих кондиционирование, в группу с кондиционерами либо в группу с системами «климат-контроль» снижает добавочную аварийность на дорогах.

Оснащение транспортных средств кондиционерами способно снизить прирост аварийности в жаркое время на 4,7%, а использование систем «климат-контроль» во всех ТС – на 28,9%. Аварийность также снижается при снижении количества нарушений ПДД. Предельное снижение добавочной аварийности, достигаемое комбинацией данных методов, находится на уровне 64%.

Таблица 4.1 – Расчётные значения изменения прироста показателя аварийности в условиях высоких температур при разных распределениях кондиционирования салона и разных уровнях нарушений ПДД.

Распределение ТС по режимам кондиционирования* (Доли ТС: без КУ/ с кондиционерами/ с системами «климат-контроль»)	Уровень нарушений и ошибок		
	Остающийся на исходном уровне		Остающийся на исходном уровне
Уровень кондиционирования 1 (17,4/60,6/22,0)	0	3,5	40,6
Уровень кондиционирования 2 (0,0/78,0/22,0)	4,3	8,8	46
Уровень кондиционирования 3 (0,0/50,0/50,0)	13,1	15,3	52,5
Уровень кондиционирования 4 (0,0/0,0/100)	28,9	26,9	64,1

*) Уровни кондиционирования: уровень кондиционирования 1 – текущее распределение между ТС, не использующими КУ, использующими кондиционеры и системы «климат-контроль»; уровень кондиционирования 2 – переход всех ТС, не использующих КУ, к применению кондиционеров с

сохранением использования климатических установок на остальных ТС на прежнем уровне; уровень кондиционирования 3 – 50% ТС используют кондиционеры, 50% ТС используют системы «климат-контроль»; уровень кондиционирования 4 – 100% ТС эксплуатируют системы «климат-контроль».

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что мероприятия по совершенствованию организации транспортного процесса должны проводиться в двух направлениях – увеличение доли использования климатических установок и систем «климат-контроль» на транспорте, а также снижение доли опасных маневров и превышения скорости, в связи с чем для автотранспортных предприятий был разработан алгоритм совершенствования организации транспортного процесса.

4.4. Функциональная схема компенсирующего воздействия, направленного на снижение аварийности при высоких температурах окружающей среды

Основные виды деятельности по обеспечению безопасности дорожного движения в сфере автомобильных перевозок подразделяются на комплексы обеспечения: профессиональной надежности водительского состава, транспортных средств в технически исправном состоянии, безопасных условий перевозок грузов и пассажиров. Таким образом, методы решения и ответственность за эффективность исполнения мероприятий по безопасности дорожного движения на уровне АТП отнесены к трём службам: службе кадрового обеспечения, технической службе и службе эксплуатации. В Общесоюзных нормах технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта³ отдел безопасности движения отнесён к управлению эксплуатационной службы по распределению персонала по функциям [111].

Работа основана на синтезе общенаучных методов исследования, в состав которых вошли положения системного анализа, а также теории транспортных

процессов, технической эксплуатации автомобилей. Учитывая приведённые нормативные регламентации о приоритете безопасности дорожного движения, разработана функциональная модель (рисунок 4.1) обеспечения безопасности дорожного движения АТП [111].

Модель содержит четыре функциональных блока, представленных службой кадрового обеспечения, технической службой, службой эксплуатации и службой безопасности дорожного движения. Эти службы выполняют свои штатные обязанности, связанные с безопасностью дорожного движения. Они взаимодействуют между собой согласно установленным процедурам. При этом служба безопасности дорожного движения осуществляет контрольные и распорядительные функции в отношении деятельности трёх других служб по вопросам, связанным с безопасностью дорожного движения. В таблице 4.2 приведено распределение таких функций [109].

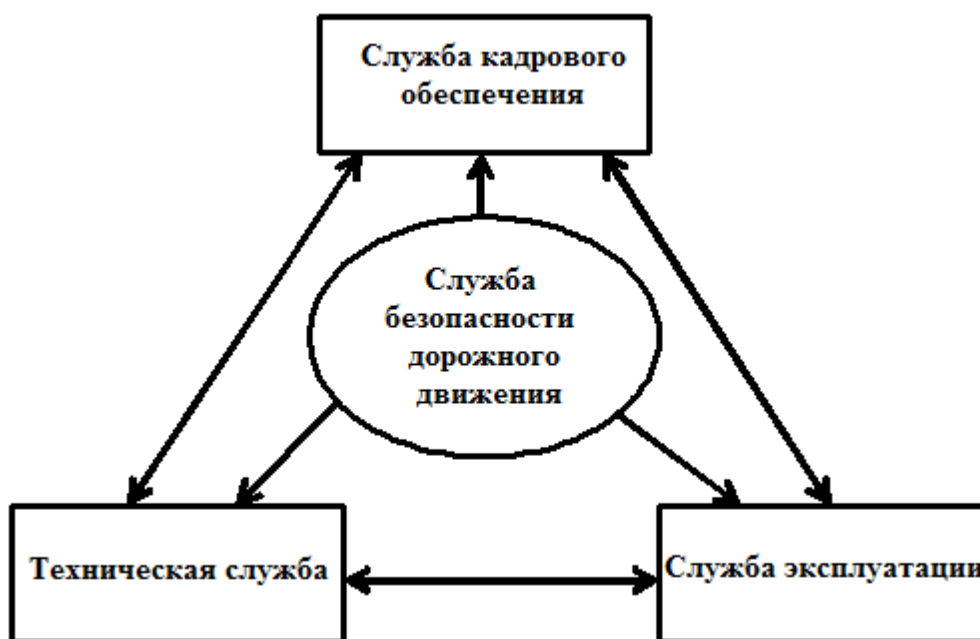


Рисунок 4.1 – Схема функциональной модели обеспечения безопасности дорожного движения автотранспортного предприятия.

Кроме вышеназванных контрольных и распорядительных функций, служба безопасности дорожного движения (таблица 4.3) имеет функции, которые относятся исключительно к её компетенции. Эти функции можно объединить в

две группы. Первая группа объединяет функции, регламентируемые нормативными документами, вторая группа содержит функции оперативного и ситуационного реагирования на опасные проявления внешней среды [111].

Таблица 4.2 – Контрольные и распорядительные функции службы безопасности дорожного движения в отношении деятельности других служб АТП.

№	Контрольные и распорядительные функции службы БДД в отношении:		
	Службы кадрового обеспечения	Технической службы	Службы эксплуатации
1	Организация и проведение медицинских осмотров водителей при приеме на работу, перед рейсами и после рейсов	Организация своевременного и полного технического обслуживания автотранспортных средств	Исполнение требований, связанных с режимом труда и отдыхом водителей
2	Проведение мероприятий по совершенствованию навыков водителей при оказании первой медицинской помощи	Обеспечение соответствия технического состояния автотранспортных средств требованиям безопасности	Обеспечение межсменного хранения автотранспортных средств в установленном порядке
3	Организация стажировок водителей, их переподготовка	Организация и полнота оснащения автотранспортных средств тахографами	Обеспечение выполнения требований при специальных перевозках, организованных групп детей
4	Обеспечение соответствия водителей квалификационным требованиям	Организация и проведение предрейсовых и послерейсовых осмотров автотранспортных средств	Организация предотвращения допуска к управлению автотранспортными средствами водителей с иностранными водительскими удостоверениями

Анализ практической деятельности АТП свидетельствует об удовлетворительном исполнении функций, регламентируемых нормативными документами. Ведётся соответствующая документация [111].

Таблица 4.3 – Функции службы безопасности дорожного движения АТП

Функции, регламентируемые нормативными документами	Функции оперативного и ситуационного реагирования на опасные проявления внешней среды
<p>Анализ и устранение причин ДТП И ПДД. Контроль выполнения правил безопасности движения на маршруте. Организация транспортного процесса в соответствии с требованиями БДД</p>	<p>1 Контроль неблагоприятных метеорологических и дорожных условий на время выполнения транспортной работы. 2 Оценка неблагоприятных метеорологических и дорожных условий на краткосрочную перспективу. 3 Разработка требований к службам АТП, направленных на предотвращение ДТП и нарушений ПДД, вызванных неблагоприятными метеорологическими и дорожными условиями</p>

Такое положение стало следствием лицензионной и разрешительной деятельности государственных транспортных властей. Функции оперативного и ситуационного реагирования на опасные проявления внешней среды декларированы, осознаётся их значимость, однако обоснованного методического обеспечения, направленного на минимизацию рисков в таких условиях, зачастую нет. Устранение такого положения содержит в себе существенные резервы повышения безопасности транспортного процесса [111].

Особенности реагирования на опасные проявления (рисунок 4.2) внешней среды, обусловленные высокой температурой, состоят в следующем:

1. постоянный контроль за состоянием безопасности транспортного процесса водителями с использованием информации системы ГЛОНАСС;
2. ежедневный контроль за температурой окружающего воздуха;
3. информирование водителей об ожидаемой высокой температуре окружающего воздуха во время выполнения транспортной работы;
4. эксплуатация автомобилей, оборудованных кондиционером, системой «климат–контроль» или без них;
5. проверка эффективности работы климатической установки автомобиля.
6. выделение дополнительного количества топлива для обеспечения работы климатической установки;

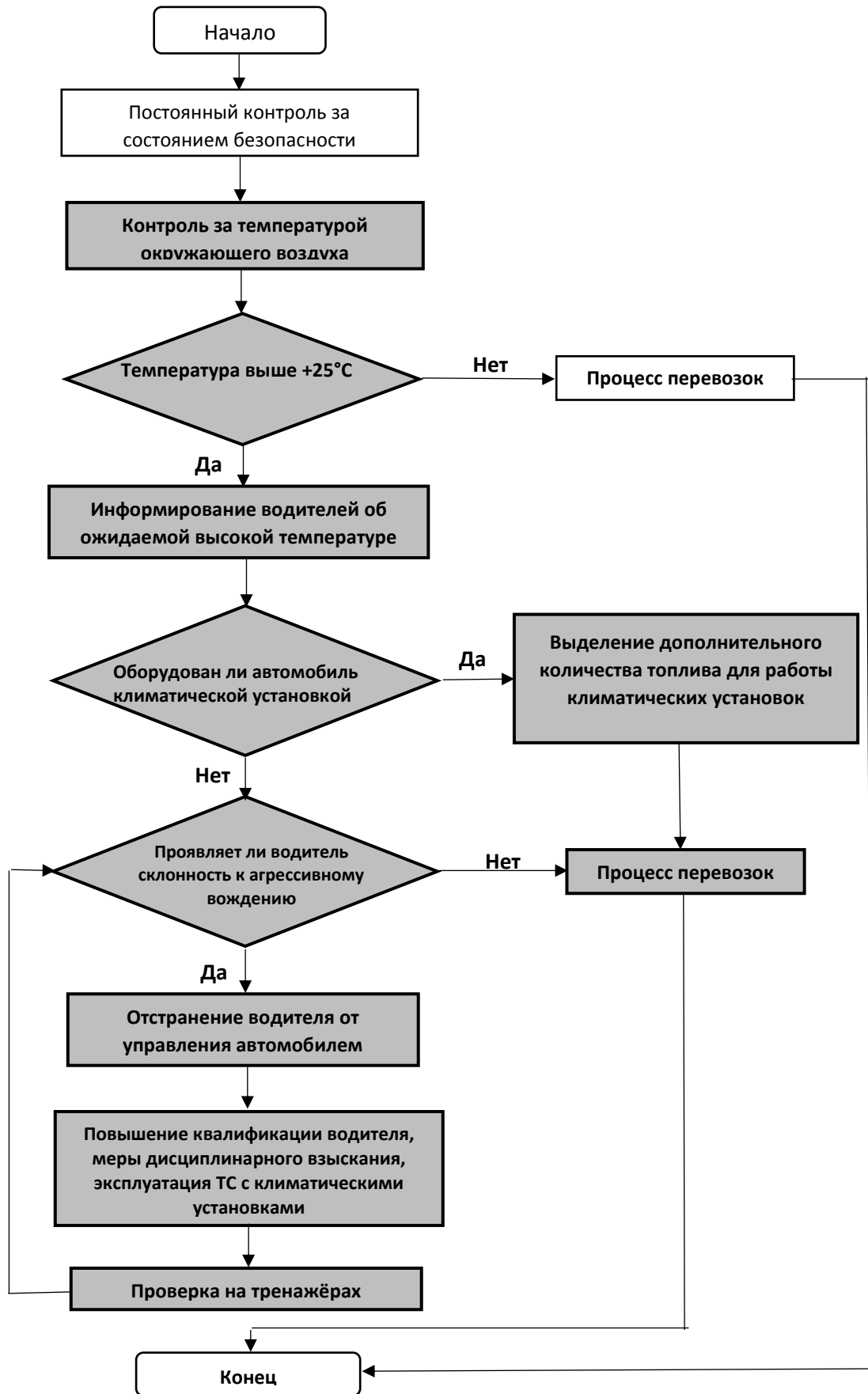


Рисунок 4.2 – Алгоритм реагирования службы безопасности дорожного движения на высокую температуру внешней среды.

7. выявление списка водителей, имеющих склонность к опасному вождению в условиях высоких температур окружающего воздуха с использованием разработанной методики оценки склонности водителей к увеличению нарушений правил дорожного движения в условиях высоких температур. В методике используется сравнение количества нарушений правил дорожного движения при умеренных и высоких температурах;

8. отстранение от транспортной работы водителей, имеющих склонность к опасному вождению в условиях высоких температур;

9. повышение квалификации водителя, применение мер дисциплинарного воздействия;

10. проверка водителя на тренажере для дальнейшего допуска его к транспортной работе [111].

Основываясь на изученных положениях, можно утверждать о разработанности функциональной структуры службы безопасности дорожного движения автотранспортного предприятия, которая состоит из трёх основных блоков [111]:

- контрольные и распорядительные функции в отношении деятельности службы кадрового обеспечения; технической службы и службы эксплуатации по вопросам, связанным с безопасностью дорожного движения;

- функции службы безопасности дорожного движения автотранспортного предприятия, регламентируемые нормативными документами в отношении этой службы;

- функции оперативного и ситуационного реагирования на опасные проявления внешней среды [109].

Существование проблемы увеличения аварийности на автомобильном транспорте требовало оперативного реагирования на базе научно обоснованных методических решений. В результате анализа современного состояния вопроса в научной литературе и передового опыта автотранспортных предприятий была разработана функциональная модель обеспечения безопасности дорожного

движения автотранспортного предприятия, согласно которой служба безопасности дорожного движения наделена контрольными и распорядительными функциями в отношении деятельности службы кадрового обеспечения, технической службы и службы эксплуатации по вопросам, связанным с безопасностью дорожного движения. Эта модель отличается от известных тем, что содержит функции реагирования на высокую температуру внешней среды. Разработан алгоритм функционирования службы безопасности дорожного движения в условиях высокой температуры внешней среды, предотвращающий её влияние на повышение агрессивности вождения и низкую эффективность климатических установок части автотранспортных средств [111].

Полученные результаты позволяют заключить о создании теоретических и методических оснований для предотвращения негативной тенденции увеличения количества дорожно-транспортных происшествий в жаркое время года. Эти результаты важны для практического использования автотранспортными предприятиями, что способно существенно повысить безопасность транспортного процесса [107].

4.5. Выводы

Настоящий раздел посвящён созданию функциональной модели снижения аварийности на дорогах в жаркое время года с использованием теоретической модели, описанной во втором разделе, а также данных, полученных с помощью открытых источников, системы «Wialon - Глонасс» и экспертного метода и приведённых в третьем разделе настоящей диссертации.

1. Определены константы влияния нарушений ПДД и ошибок на аварийность в жаркое время года. Их значения позволили определить степень влияния увеличения ошибок и нарушений ПДД на прирост аварийности на дорогах общего пользования в жаркое время года.

2. Произведена проверка адекватности предложенной теоретической модели прироста аварийности в жаркое время года. Показано, что расхождение между расчётным и зафиксированным уровнем аварийности в период комфортной эксплуатации транспортных средств не превосходит значения 3,5%, что позволяет утверждать о высокой степени адекватности теоретических построений.

3. С использованием предложенной теоретической модели произведена оценка снижения эффекта прироста аварийности в жаркое время года. Использование систем «климат-контроль» во всех ТС способно снизить негативный эффект до 28,9%. Аварийность также снижается при уменьшении количества нарушений ПДД. Предельное снижение добавочной аварийности, достигаемое комбинацией данных методов, находится на уровне 64%.

4. Предложена функциональная схема компенсирующего воздействия, направленного на снижение аварийности при высоких температурах окружающей среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная работа посвящена решению актуальной проблемы снижения негативной тенденции увеличенной аварийности на автомобильном транспорте в условиях высоких температур. В ходе исследования определены основные причины такого эффекта и разработана методика его снижения в автотранспортном предприятии. Данное исследование является завершённой научно-квалификационной работой, дополняет теорию и практику эксплуатации автомобильного транспорта.

1. На основе результатов известных исследований и статистических данных об увеличении количества нарушений правил дорожного движения и показателей аварийности выдвинута и подтверждена гипотеза о существовании зависимости между количеством дорожно-транспортных происшествий и событиями, им предшествующими – неверно принятыми водителями транспортных средств решениями, недостаточным временем их реакции на условия движения, интенсивностью маневрирования и превышением установленной скорости движения, причём одним из существенных факторов влияния является высокие температуры (более 25⁰С) окружающего воздуха.

2. Негативное влияние высоких температур окружающего воздуха на водителя и на безопасность дорожного движения проявляется в увеличении температуры и влажности в салоне автомобиля, в связи с чем целесообразно и необходимо оборудование автомобиля климатическими установками (КУ), обеспечивающими комфортные условия работы водителя.

3. Выявлены закономерности влияния высокой температуры окружающей среды на превышение водителем скорости движения автомобилей, совершение им опасных маневров, на количество неверно принятых решений и время реакции водителей. Использование данных закономерностей при организации процесса перевозок позволяет снизить прирост аварийности на 4,7% при переходе ТС, не

использующих КУ, на транспортные средства, оснащённые кондиционерами, и на 28,9% при оснащении всех транспортных средств системами «климат-контроль». Благодаря снижению количества нарушений правил дорожного движения до уровня, соответствующего комфортным условиям, прирост аварийности при высоких температурах может быть снижен на 64,1%.

4. Предложены рекомендации и разработан алгоритм совершенствования организации процесса перевозок, направленные на снижение влияния высоких температур окружающей среды на безопасность дорожного движения, предусматривающие:

- постоянный контроль за состоянием безопасности транспортного процесса водителями с использованием информации системы ГЛОНАСС;
- ежедневный контроль за температурой окружающего воздуха;
- информирование водителей об ожидаемой высокой температуре окружающего воздуха во время выполнения транспортной работы;
- учёт особенностей эксплуатации автомобилей, оборудованных кондиционером, системой «климат–контроль» или без них;
- проверку эффективности работы климатической установки автомобиля во время весеннего сезонного обслуживания;
- выделение дополнительного количества топлива для обеспечения работы климатической установки;
- выявление водителей, склонных к резкому маневрированию в условиях высоких температур окружающего воздуха, с использованием разработанной методики оценки склонности водителей к увеличению нарушений правил дорожного движения (например, с помощью УПДК-МК «Автомобильный», «Wialon-Глонасс»);
- проверку водителей на тренажере для дальнейшего допуска его к транспорт-ной работе;
- отстранение от транспортной работы водителей, имеющих склонность к резкому маневрированию в условиях высоких температур;

- повышение квалификации водителя;

Реализация разработанного алгоритма позволяет повысить безопасность дорожного движения за счёт снижения эффекта прироста аварийности в жаркое время года. Полученные результаты рекомендуется использовать в условиях автотранспортных предприятий, а также водителями личных автотранспортных средств. Дальнейшие исследования предполагается направить на разработку методики выявления водителей, склонных к агрессивному вождению транспортных средств в условиях высоких температур.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Автомобильный справочник: Пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 992 с.
2. Аксенов В.А., Нгуен Тхань Фонг. Методические основы оценки социально-экономических потерь от дорожно-транспортных происшествий в Социалистической Республике Вьетнам. Ж-л. Транспорт: наука, техника, управление. №3,2004. - С.23-26.
3. Александров, Н. Н. Влияние величины угла поворота на вероятность возникновения дорожно-транспортного происшествия (на примере автомобильных дорог костромской области) / Н. Н. Александров // Энергообеспечение и строительство: Сборник материалов Международной выставки - Интернет - конференции: в 2 ч.; Часть 2. - Орел.: Изд-во ООО ПФ «Картуш», 2009. - С.143 - 148.
4. Александров, Н. Н. Влияние величины угла поворота на вероятность возникновения дорожно-транспортного происшествия (на примере автомобильных дорог Костромской области) / Э. Ф. Семёхин, Н. Н. Александров // Строительная наука 2010: Материалы международной научно-технической конференции. - Владька.: Влад. гос. ун-т, 2010. - С. 265 - 271.
5. Александров Н.Н. Влияние геометрических параметров двухполосных загородных дорог на аварийность: автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. – Владимир., 2013.
6. Александров, Н. Н. Исследование зависимости изменения показателя поперечного сцепления от величины радиуса кривой в плане на загородных автомобильных дорогах / Э. Ф. Семёхин, Н. Н. Александров // Строительная наука 2010: Материалы международной научно-технической конференции. – Владимир.: Влад. гос. ун-т, 2010. - С. 271 - 275.

7. Александров, Н. Н. Методика прогнозирования количества транспортных средств, вовлеченных в ДТП, на двухполосных загородных автомобильных дорогах с использованием принципов логики вероятностей / Н. Н. Александров // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. - 2013. - №2.
8. Александров, Н. Н. Прогнозирование количества транспортных средств, вовлеченных в ДТП на двухполосных внегородских дорогах / П. П. Александров // Дорога и мосты, сб. ст.; ФГУП «РосдорПНИИ». - М, 2012. - вып. 28/2. - С. 173 - 189.
9. Арутюнян, А.Ю. Способы оценки требуемого уровня надежности функционирования комплексного технического обеспечения // Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса. – Воронеж, ВГУИТ, 2015 г. – с. 587-594.
10. Афанасьев М.Б., Булатов А.И. Скорость и безопасность движения на автомобильном транспорте.-М.:Транспорт,1971.-48с.
11. Афанасьев Л.Л., Иванов В.Н. Роль науки в решении проблемы обеспечения безопасности движения.- В сб. Организация и безопасность дорожного движения.Тбилиси, "Сабчота Сакартвело",1976,с.15-22.
12. Бабков В. Ф., Андреев О. В. Проектирование автомобильных дорог. Ч.1. — Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1987. - 368 с.
13. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения. — М.: Транспорт, 1993.-271 с.
14. Балакина, Е.В. Коэффициент сцепления шины с дорожным покрытием / Е.В. Балакина, А.В. Кочетков. – Москва: «Инновационное машиностроение», 2017. – 292 с.
15. Балакина, Е.В. Ранжирование факторов при моделировании трения в контакте эластичного колеса с твёрдой плоской опорой, в том числе, при комбинированном нагружении / Е.В. Балакина, Д.С. Сарбаев, И.В. Сергиенко //

- ХII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики: Сборник трудов. В 4-х томах. 2019. С. 433-435.
16. Балакина Е.В. Устойчивость движения колёсных машин / Е.В. Балакина, Н.М. Зотов. – Волгоград: РПК «Политехник». 2011. – 464 с.
17. Бектурсунова Б.С. Влияние солнечной радиации на разрушение асфальтобетонных покрытий [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.rusnauka.com/16_PN_2016/Tecnic/4_212106.doc.htm.
18. Бидерман, В.Л. автомобильные шины (конструкция, расчёт, испытание, эксплуатация) / В.Л. Бидерман, Р.Л. Гуслицер, С.П. Захаров и др. / Под общ. ред. В.Л. Бидермана. – М.: Госхимиздат, 1963. – 384с.
19. Буракова, Л.Н. Оценка количества теплоты поступающего в салон через крышу автомобиля // Организация и безопасность дорожного движения: материалы VIII всероссийской научно-практической конференции – Тюмень: ТюГНГУ, 2015. – С.37-40.
20. Буракова, Л.Н., Черменина, Е.А., Анисимов, И.А. Влияние различных факторов на расход топлива автомобиля при работе на режиме холостого хода // Ориентированные фундаментальные и прикладные исследования – основа модернизации и инновационного развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплексов России. Матер. междунар. науч-практ. конф. 18-19 октября 2012 – Омск: СибАДИ, 2012. С.24-27.
21. Буракова, Л.Н. Экспериментальные исследования влияния факторов на изменения расхода топлива при работе климатической системы автомобиля // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии №6 (34), 2013 – Омск – С. 7-11.
22. Васильев А. П. Исследование и разработка методов проектирования автомобильных дорог с учетом влияния климата и погоды на условия движения: автореферат диссертации на соискание ученой степени д.т.н. — М., 1979.-39 с. ил.МАДИ

23. Верещагин, С. Б. Исследование климатических условий работы водителя. – М.: МАДИ (ГТУ), 2009.-253 с.
24. Верещагин, С. Б. Исследование температурного режима и влажности в кабине транспортного средства в условиях жары / С. Б. Верещагин // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Машиностроение. – 2011. – № 3(84). – С. 56-63.
25. Верещагин, С. Б. Исследование климатических условий в обитаемых отсеках специальных колёсных и гусеничных машин в условиях высоких температур / С. Б. Верещагин // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2020. – № 3(62). – С. 36-41.
26. Верещагин, С. Б. Методология проведения климатических испытаний в кабинах и обитаемых отсеках колёсных и гусеничных машин / С. Б. Верещагин // Известия МГТУ МАМИ. – 2020. – № 3(45). – С. 2-6.
27. Верещагин, С. Б. Температурные и экологически опасные факторы работы водителя / С. Б. Верещагин // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2020. – № 4(63). – С. 87-93.
28. Воеводин, Е. С. Анализ аварийности на дорогах Красноярского края / Е. С. Воеводин, К. В. Бакланова, С. А. Катаев // Борисовские чтения : Материалы III Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Красноярск, 23–24 сентября 2021 года / Отв. за выпуск Е.С. Воеводин. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2021. – С. 311-314.
29. Воеводин Е.С. Аудит безопасности дорожного движения на федеральных трассах Красноярского края / Е. С. Воеводин, К. В. Бакланова, Н. В. Шадрин [и др.] // Транспорт Урала. – 2020. – № 1(64). – С. 57-62.
30. Воробьев Д.В., Вдовин С.П. Превышение скорости как причина дорожно-транспортного происшествия//Вестник уральского финансового-юридического института. -2016. №2. -С.54-58

31. Высоцкий, М.С. Автомобили. Основы проектирования: учебное пособие для вузов / М.С. Высоцкий, А.Г. Выгонный. - Мн: Высш. Шк., 1996. - 117 с.
32. Гатиятуллин М.Х., Николаева Р.В. Влияние федеральных дорог на уровень аварийности в Республике Татарстан и определение первоочередных мероприятий по повышению безопасности дорожного движения на них // Вестник Научного центра безопасности жизнедеятельности детей №2 2009г. // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Качество, эффективность, перспективы безопасности дорожного движения». - Казань. С. 169-175.
33. Генералов В.А., Аккуратов Е.Г., Чернолихов А. А., Капралов В. В., Генералов А. В., Юрков А. М. __Основы управления транспортным средством и безопасность дорожного движения: монография.- Ярославль : ЯВВУ ПВО, 2018. – 184 с.
34. Горев, А. Э. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения / А. З. Горев, Е. М. Олещенко: Академия, 2009. - 255 с.
35. ГОСТ 17697-72 Автомобили. Качение колеса. Термины и определения. – М.: Стандартиформ, 1973. – 23с.
36. ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. Введ. 2006-01-03. – М.: Стандартиформ, 2006. – 12 с.
37. Гришкевич, А.И. Автомобили. Теория: Учебник для вузов. – Минск: Высшая школа. 1986. – 208 с.
38. Гудков Д.В. Разработка методики нормирования пробега автобусных шин в условиях эксплуатации. – диссертация на соискание ученой степени д.т.н. – Волгоград, 1999. – 162с.
39. Евтюков, С.А. Дорожно-транспортные происшествия: расследование, реконструкция, экспертиза: С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. – СПб.: Изд-во ДНК, 2008.-536 с.

40. Евтюков С.С. Определение силовых факторов взаимодействия колесного транспортного средства с абсолютно жестким пороговым препятствием при реконструкции ДТП / С.С. Евтюков // Вестник гражданских инженеров. – 2014. – № 2. –С. 118–123.
41. Евтюков С.С. Российский опыт совершенствования методик определения скорости движения транспортных средств при экспертизах ДТП / С.С. Евтюков, В.Н. Добромиров // Вестник гражданских инженеров. – 2013. – №5. С. 160– 165 (0,75 п. л./0,5 п. л.).
42. Евтюков С.С. Скорость, как фактор влияния на безопасность дорожного движения / В.Н. Добромиров, С.С. Евтюков // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. – URL: [www. science - education. ru / 111-10248](http://www.science - education. ru / 111-10248).
43. Жилова И.И. Инфаркт миокарда среди водителей автотранспорта: частота, психосоциальные факторы, особенности клиники, реабилитация и профессиональная работоспособность: дис. канд. мед наук: - Нальчик, 2007. – 149 с.
44. Зырянов В.В. Совершенствование критериев оценки условий движения на городских магистралях: автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. – М., 1982.-54с.
45. Иларионов, В.А. О траектории движения тормозящего колеса / В.А. Иларионов, М.А. Петров и др. // Автомобильная промышленность. – М.: Машиностроение. – 1976. – №8.–С.14-16.
46. Иларионов, В.А. Торможение автомобиля при переменном коэффициенте сцепления // Исследование рабочих процессов агрегатов автомобилей: Труды МАДИ. Выпуск 29.–М.: Изд-во МАДИ, 1970.–С.18-22.
47. Каталог продукции компании РОСДОРТЕХ измерительные системы к передвижным лабораториям (Наука и производство), 2011.
48. Ковалёв В.А. Определение скорости автомобиля при наезде или столкновении транспортных средств / В. А. Ковалев, Е. С. Воеводин, Е. В. Фомин, В. П.

- Горячев // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015.
49. Ковалев, В. А. К вопросу определения скорости движения транспортных средств при столкновении / В. А. Ковалев, Д. А. Морозов, П. А. Гальченко // Грузовик. – 2022. – № 12. – С. 28-33.
50. Литвинов, А.С. Автомобиль. Теория эксплуатационных свойств: учебник для вузов / А.С. Литвинов, Я.Е. Фаробин. – М.: Машиностроение, 1989. – 240с.
51. Лобанов Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя — М.: Транспорт, 1980 — 311с.
52. Локомотив А. Численность населения Оренбургской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ural56.ru/news571935/> (дата обращения 12.04.2018).
53. Мишин С.А. Измерение тормозного пути в жару и холод [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.zr.ru/content/articles/906607-tur-temperatur/> (дата обращения 23.05.2017).
54. Нгуен Тхань Фонг. Дорожно-транспортные происшествия – актуальная проблема современного Вьетнама. Ж-л Транспорт: наука, техника, управление. №1,2003.-С.17-18
55. Нгуен Т.Ф. Повышение безопасности дорожного движения в Социалистической республике Вьетнам: автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. – М., 2004.
56. Никитин, И.Н. Температурный режим кабины автобуса «Волжанин» / Автомобильная промышленность. - 2003. - №6. - С. 17-18.
57. Николаева Р.В. Исследование аварийности на дорогах республики Татарстан: автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. – М., 2011.
58. Новиков И.А. Анализ существующих методов оценки вероятности возникновения ДТП на участках улично-дорожной сети города / А. Н. Новиков, Л. Е. Кущенко, С. В. Кущенко, И. А. Новиков // Вестник гражданских инженеров. – 2021. – № 2(85). – С. 222-231.

59. Новиков И.А. Комплексный подход к определению механизма дорожно-транспортного происшествия / А. Н. Новиков, И. А. Новиков, Д. А. Лазарев, Н. А. Загородний // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 3-3(78). – С. 60-67.
60. Новиков И.А. Научно-методологический подход к снижению аварийности на дорогах Российской Федерации / И. А. Новиков, А. А. Кравченко, А. Г. Шевцова, В. В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – № 3(66). – С. 58-64.
61. Новиков, А. Н. Современная оценка проблемы безопасности дорожного движения / А. Н. Новиков, И. А. Новиков, А. Г. Шевцова. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – 108 с.
62. Нусхаев Б.Б. Демографическая ситуация в регионах юга России //Социодинамика.-2018.-№10.-С.40-46.
63. Пегин, П. А. Автотранспортная психология / П. А. Пегин. - Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2005. - 214 с.
64. Пегин, П. А. Влияние кратковременных природных факторов на безопасность движения на дорогах федерального значения / П. А. Пегин, В. А. Корчагин // Автотранспортное предприятие. — 2011. - № 6. - С. 19 -22.
65. Пегин, И. А. Влияние кратковременных природных факторов на пропускную способность / П. А. Пегин, В. А. Корчагин // Транспорт: наука, техника, управление. - 2011. -№ 7. - С. 37-39.
66. Пегин, П. А. Влияние кратковременных природных факторов на безопасность движения / П. А. Пегин // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвуз. сб. науч. ст. - Самара: СГТУ, 2011. - С. 140-150.
67. Пегин, П. А. Влияние силы солнечного света на расстояние видимости / П. А. Пегин // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения: регион, ежегодн. сб. науч. тр. - Хабаровск: ХГТУ,2003. -Вып. 3. -С. 127-130.

68. Пегин, П. А. Влияние солнечного ослепления на восприятие водителем дорожной обстановки / П. А. Пегин // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения: регион, ежегодн. сб. науч. тр. — Хабаровск: ХГТУ, - 2002. -№2. -С. 207-213.
69. Пегин, П. А. Влияние эффекта солнечного ослепления на себестоимость грузовых перевозок / В. А. Корчагин, А. А. Турсунов, П. А. Пегин // Вестник Таджикского технологического университета. — 2011. — № 2 (14). — С. 33-38.
70. Пегин, П. А. Геодезический метод расчета продольной оси автомобильной дороги с учетом солнечного ослепления водителя / П. А - Пегин// Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии(СибАДИ). - Омск: Полиграфический центр КАН, 2007. - Вып. 5. - С. 90-93.
71. Пегин, П. А. Дорожная и психофизиологическая экспертизы дорожно-транспортных происшествий / П. А. Пегин, И. Н. Пугачев. - Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2008. - 106 с.
72. Пегин, П. А. Использование результатов GPS-съемки для учета эффекта солнечного ослепления в проекте трассы автомобильной дороги / П. А. Пегин, В. В. Лопашук // Транспортное строительство. — 2008. — № 7. — С- 23—24.
73. Пегин, П. А. Использование результатов GPS-съемки для учета эффекта солнечного ослепления при эксплуатации автомобильных дорог / П. А. Пегин // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 2008. — № 11-12.-С. 56-60.
74. Пегин, П. А. Исследование характеристик транспортного потока на солнцепасных участках автомобильной дороги / П. А. Пегин // Вестник ТОГУ. -2010.-№2(17).-С. 141-146.
75. Пегин, П. А. Обеспечение потребительских свойств дороги на солнцепасных участках городских улиц / П. А. Пегин, И. А. Тюрин // Инновационное развитие, модернизация и реконструкция объектов ЖКХ в современных условиях: материалы межрегион, науч.-практ. конф. - Абакан: РИО ХТИ - филиала СФУ, 2010. - С. 135-138.

76. Пегин П. А. Оценка безопасности движения и способы устранения опасных мест на автомобильной дороге / П. А. Пегин. — Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2007. — 92 с.
77. Пегин, П. А. Оценка влияния эффекта солнечного ослепления на тяжесть дорожно-транспортных происшествий, совершенных на дорогах общего пользования России / П. А. Пегин // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения: междунар. сб. науч. тр. — Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2009. -№ 9. - С. 163-166.
78. Пегин, П. А. Повышение производительности автомобиля при движении по солнцепасному участку / П. А. Пегин // Вестник ТОГУ. — 2011. — №2 (21). - С. 89-94.
79. Пегин, П. А. Повышение потребительских свойств дороги на солнцепасных участках методом ландшафтного проектирования / П. А. Пегин // Проблемы безопасности на транспорте: материалы V междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В. И. Сенько. - Гомель: БелГУТ, 2010. - С. 68-70.
80. Пегин, П. А. Повышение средней скорости движения транспортных средств на опасных участках дороги / П. А. Пегин // Вестник ТОГУ. — 2011. — № 1 (20). - С. 135-142.
81. Пегин П.А. Повышение эффективности и безопасности автомобильного транспорта на основе увеличения пропускной способности автомагистралей. — диссертация на соискание ученой степени д.т.н. — Орел, 2011. — 345с.
82. Пегин П. А. Проектирование плана и продольного профиля автозимников первой категории «ZIMNIK 001-Ш» / Лопашук В. В., Авдеев А.В., Пегин П. А., Король М. С. // № 50200800544. - М.: 2008.
83. Пегин, П. А. Применение эфемерид солнца для учета эффекта солнечного ослепления при проектировании автомобильной дороги / П. А. Пегин, А. В. Хромченко // Транспортное строительство. — 2010. — № 3. — С.19-20.
84. Петров А.И. Сравнительная энтропийная оценка состояния дорожно-транспортной аварийности в крупных городах России / Петров А.И., Евтюков

- С.А. // Транспортные и транспортно-технологические машины: Сборник трудов Международной научно-технической конференции: в 2 томах. Том II. Тюмень, 2022. – С. 118-121.
85. Петрушов, В.А. Сопротивление качению автомобилей и автопоездов / В.А. Петрушов, С.А. Шуклин, В.В. Московкин. – М.: Машиностроение, 1975. –224с.
86. Расследование дорожно-транспортных происшествий: Справочно-методическое пособие / под ред. В.А. Алферова и В.А. Федорова – М., 1998.-29 с.
87. Ревин, А.А. Повышение эффективности, устойчивости и управляемости при торможении автотранспортных средств. – диссертация на соискание ученой степени д.т.н. – Волгоград, 1983. – 601с.
88. Рябов И.М. Повышение эксплуатационных качеств АТС на основе синтеза амортизаторов, пневмогидравлических рессор и колёс с улучшенными эксплуатационными свойствами. – диссертация на соискание ученой степени д.т.н. – Волгоград, 1999. – 401с.
89. Салихов М. Г., Иливанов В. Ю., Малянова Л. И. Предложение к изучению процессов старения органических бетонов при воздействии высоких температур // Вестник ПГТУ. – 2015. № 1. –С. 59-65.
90. Сильянов В.В., Гасанов Г.М., Эвленин Р.Г., Амаханов Р.В. Проект концепции программы «Повышение безопасности дорожного движения в Республике Дагестан». Ж-л «Транспорт: наука, техника, управление», № 7, 2003. с 6-8.
91. Сильянов В.В., Эвленин Р.Г., Нгуен Тхань Фонг. Закономерности влияния элементов автомобильных дорог на уровень аварийности. Сборник докладов 6-ой Международной конференции «Организация и Безопасность движения в крупных городах», С-Петербург, 2004. с.138-139.
92. Сильянов В.В., Эвленин Р.Г., Нгуен Тхань Фонг. Оценка влияния дорожных условий на уровень аварийности. Ж-л Транспорт. №11, 2004. г. Ханой (на вьетнамском языке). - С.46-47.

93. Сильянов В.В., Эвленин Р.Г., Нгуен Тхань Фонг. Оценка формирования условий снижения аварийности в регионе. Ж-л Транспорт: наука, техника, управление. № 1, 2004. - С.12-15.
94. Смирнов Г.А. Теория движения колёсных машин. – М.: Машиностроение, 1990.
95. Степина П.А. Влияние дорожной среды на восприятие, реакцию и поведение человека [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://citicenka.ru/viliyanie-dororozhnoi-sredy-na-voospreie>.
96. Тарасик, В.П. Теория движения автомобиля. Учебник для ВУЗов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 478 с.
97. Теплопроводность материалов: учебное пособие / А.Г. Коротких; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 97 с.
98. Третьяков, О.Б. и др. Автомобильные шины. Конструкция, механика, свойства, эксплуатация / О.Б. Третьяков, В.А. Гудков, А.А. Вольнов, В.Н. Тарновский. – М.: Колосс, Химия, 2007. – 432с.
99. Третьяков, О.Б. и др. Трение и износ шин / О.Б. Третьяков, В.А. Гудков, В.Н. Тарновский. – М.: Химия, 1992. – 176с.
100. Фалькевич, Б.С. Теория автомобиля. – М.: Машгиз, 1963. – 240с.
101. Филиппова В. Основные демографические характеристики населения Липецкой области [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pandia.ru/text/80/175/16071.php> (дата обращения 01.01.2016).
102. Швецов В.А., Николаева Р.В. Уровень безопасности дорожного движения в Республике Татарстан // Материалы V Международной научно-практической конференции «Автомобиль и техносфера», Казань, 28-30 ноября 2007г., Казань: Изд-во Казан. Гос. техн. ун-та, 2008. С. 240-245.
103. Щепланов В.Ю. Психофизиологическая адаптация профессиональных водителей автотранспортных средств в аспекте медицинского обеспечения

- безопасности дорожного движения: дисс. ... доктор биологических наук: 05.26.02.- М., 2015.-182 с.15.
104. Эвленин Р.Г. Разработка мероприятий по повышению безопасности дорожного движения (на примере республики Дагестан): автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. – М., 2007.
105. Якунин, И.Н. Влияние высоких температур и солнечной радиации на аварийность на автомобильном транспорте в летнее время / И.Н. Якунин / Вестник СИБАДИ. – 2020. – №6. – С. 704-713.
106. Якунин, И.Н. Влияние солнечного излучения на микроклимат в салоне автомобиля в летний период / И.Н. Якунин, М.Р. Янучков / Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – №1. – С. 28-35.
107. Якунин, И.Н. Исследование влияния высокой температуры окружающей среды на безопасность автотранспортного процесса / И.Н. Якунин, О.М. Меньших, Д.М. Шунгулов / Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – №7. – С. 138-145.
108. Якунин И.Н. Математическое моделирование аварийности на автомобильном транспорте в условиях высоких температур окружающей среды / И.Н. Якунин, М.Р. Янучков / Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. – №3. – С. 107-116.
109. Якунин, И.Н. Оценка влияния высоких температур окружающей среды на частотные и структурные характеристики нарушений правил дорожного движения / И.Н. Якунин, А.Ф. Фаттахова, Е.В. Якунина, О.И. Шаповалова / Интеллект. Инвестиции. Инновации. – 2022. – №2. – С. 115-126.
110. Якунин, И.Н. Результаты исследования эффективности климатических систем автомобиля в условиях жаркого климата / И.Н. Якунин, Н.Н. Якунин, А.Ф. Фаттахова, Ш.М. Минатуллаев / Вестник СИБАДИ. – 2021. – №6. – С. 712-719.
111. Якунин, И.Н. Функциональная модель обеспечения безопасности дорожного движения автотранспортного предприятия с учётом высоких

- температур окружающей среды / И.Н. Якунин, А.П. Фот, Н.Н. Якунин, А.Ф. Фаттахова / Вестник СИБАДИ. – 2022. – №2. – С. 278-288.
112. ALEKSIĆ, D. ANALYSIS OF IMPACT OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON HUMAN FACTORS IN ESTIMATING THE RISK OF RAILWAY ACCIDENTS / Dejan ALEKSIĆ, Milan MARKOVIĆ, Marko VASILJEVIĆ, Gordan STOJIC, Norbert PAVLOVIĆ, Ilija TANACKOV // *Transport*, 2018, 33(5): 1121–1134.
113. Arens, Edward A, Zhang, H., Huizenga, C, Partial- and whole-body thermal sensation and comfort, Part II: non-uniform environmental conditions // *Journal of Thermal Biology* 31, 60 – 66, 2006.
114. Bonkoski P, Karnik AY, Fuxman A. Calibration and demonstration of vehicle powertrain thermal management using model predictive control. *SAE Int J Engines* 2017;10(2):173–80.
115. Carlos Canudas-de-Wit. Dynamic Friction Models for Road / Tire Longitudinal Interaction / Carlos Canudas-de-Wit, Panagiotis Tsiotras, Efstathios Velenis, Michel Basset and Gerard Gissinger // *Vehicle System Dynamics*. – 2002. – Vol. 39(3). – P.189-226.
116. Charnesky S, Fadler G, Lockwood T. Variable and fixed airflow for vehicle cooling. *SAE Int J Mater Manuf* 2011;4(1):1286–96.
117. Damas and Smith Limited, Consulting Engineering and Planners, 'Winter Testing of Tires Report on Research Conducted for The Canada Safety Council,' The Canada Safety Council, 1971.
118. Danca, P. An overview of current methods for thermal comfort assessment in vehicle cabin / Paul Danca, Andreea Vartires, Angel Dogeanu. *Energy Procedia* 85 (2016) 162 – 169.
119. Danca, P. CFD simulation of a cabin thermal environment with and without human body – thermal comfort evaluation / Paul Danca, Florin Bode, Ilinca Nastase and Amina Meslem *E3S Web of Conferences* 32, 01018 (2018).

120. Danca, P.A., , Nastase I, Bode F, Croitoru C, Dogeanu A and Meslem A. Evaluation of the thermal comfort for its occupants inside a vehicle during summer. The XXIInd National Conference on Thermodynamics with International Participation. Series: Materials Science and Engineering 595 (2019) 012027.
121. Danca, P.A. The influence of different air flows introduced on the thermal comfort of car passengers during the cooling period – Numerical Study / P A Danca, I Nastase and F Bode // The 7th Conference of the Sustainable Solutions for Energy and Environment. Series: Earth and Environmental Science 664 (2021) 012112.
122. Danca, P.A. Thermal comfort evaluation inside a car parked under sun and shadow using a thermal manikin / P A Danca, I. Nastase, C. Croitoru, F. Bode and M. Sandu // The 7th Conference of the Sustainable Solutions for Energy and Environment: Series: Earth and Environmental Science 664-676 (2021) 012064.
123. Delanne Y., Schaefer G., Lechner D., Schmitt V., Beurier G. Vehicle Dynamics and tire road friction performance models. – The report of the 2nd INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON VEHICLE TYRE ROAD INTERACTION «FRICTION POTENTIAL AND SEFETY: PREDICTION OF HANDLING BEHAVIOR». – FLIRENCE, FEBRUARY 23rd, 2001, 11p.
124. Dragos, D. Advanced Thermal Manikin for Thermal Comfort Assessment in Vehicles and Buildings / Dragos Daniel Ion-Guta, Ioan Ursu, Adrian Toader, Daniela Enciu et al. // Appl. Sci. 2022, 12, 1826-1849.
125. Farrington R, Rugh J. Impact of vehicle air-conditioning on fuel economy, tailpipe emissions, and electric vehicle range. In: Proceedings of the Earth Technologies Forum; 2000 Oct 31; Washington, DC, USA. Golden: National Renewable Energy Laboratory; 2000.
126. Fiala, D., Lomas K. A computer model of human thermoregulation for a wide range of environmental conditions: The passive system // Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology, 1999.- pp.1957-1972.

127. Ghosh D, Wang M, Wolfe E, Chen K, Kaushik S, Han T. Energy efficient HVAC system with spot cooling in an automobile—design and CFD analysis. SAE Tech Pap 2012:2012-01-0641.
128. Grady ML, Jung H, Kim YC, Park JK, Lee BC. Vehicle cabin air quality with fractional air recirculation. SAE Tech Pap 2013: 2013-01-1494.
129. Grundstein, A. Maximum Vehicle Car Temperatures under Different Meteorological Conditions // International Journal of Biometeorology, 2009. DOI 10.1007/s00484-009-0211-x.
130. Havenith George, Fiala Dusan. Thermal Indices and Thermophysiological Modeling for Heat Stress // *Comprehensive Physiology* Heat Stress and Strain Assessment Models. - Volume 6, January 2016. – pp.255-302.
131. Hunter, John. "Reconstructing Collisions Involving Ice and Slippery Surfaces," SAE Paper №930896, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA, 1993.
132. Jha KK, Bhanot V, Ryali V. A simple model for calculating vehicle thermal loads. SAE Tech Pap 2013: 2013–01-0855.
133. Kambly KR, Bradley TH. Estimating the HVAC energy consumption of plug-in electric vehicles. J Power Sources 2014;259:117–24.
134. Kilic M, Akyol SM. Experimental investigation of thermal comfort and air quality in an automobile cabin during the cooling period. Heat Mass Transf 2012;48(8):1375–84.
135. Kolbe WH, Yott EW, Brown BB, Gaskill GM, Martin W. The 1964 cadillac comfort control. SAE Tech Pap 1964: 640829.
136. Lahimer, A.A. The Effect of Solar Reflective Cover on Soak Air Temperature and Thermal Comfort of Car Parked under the Sun / A.A. Lahimer, M.A. Alghoulc, K. Sopian, , N. G. Khrit // World Renewable Energy Congress-17, 2017. – DOI: 10.1051/e3sconf/20172308003.
137. Levinson R, Pan H, Ban-Weiss G, Rosado P, Paolini R, Akbari H. Potential benefits of solar reflective car shells: cooler cabins, fuel savings and emission reductions. Appl Energy 2011;88(12):4343–57.

138. Liukkula, M. 2006. Tire Characterization on Summer and Winter Surfaces. Presentation in Tire Technology Expo 2006, 3rd International Colloquium on Vehicle-Tire-Road Interaction. Nokian Tires.
139. Lustbader JA, Venson T, Adelman S, Dehart C, Yeakel S, Castillo MS. Application of sleeper cab thermal management technologies to reduce idle climate control loads in long-haul trucks. SAE Tech Pap 2012: 2012-01-2052.
140. Marshall, G.J. Thermal Management of Vehicle Cabins, External Surfaces, and Onboard Electronics: An Overview / Garrett J. Marshall, Colin P. Mahony, Matthew J. Rhodes, Steve R. Daniewicz, Nicholas Tsolas, Scott M. Thompson // Engineering, 5. -2019. – pp. 954–969.
141. Mathur GD. Experimental investigation to monitor tailpipe emissions entering into vehicle cabin to improve indoor air quality (IAQ). SAE Tech Pap 2007: 2007-01-0539.
142. McBride, Sgt M.S , 'Skid Tests of 9 Vehicles on an Ice-covered Surface,* Minnesota State Police, Accident Reconstruction Journal, Vol. IV №2 p. 42, Waldorf, MD., 1992.
143. Mitschke A. Aufbau und Wirkung des Antiblockiersystems ABS für Nutzfahrzeuge. – Automobiltechnik Z., 1981, №9. – s. 439-440, 443-446.
144. Pacejca H.B., Sharp R.S. Shear force development by pneumatic tires in steady state conditions: a review of modeling aspects // Vehicle System Dynamics, vol. 20, N. 3-4. 1991. P.121-176.
145. Pfeifer C. Evolution of active grille shutters. SAE Tech Pap 2014: 2014-01-0633.
146. Rugh JP, Chaney L, Lustbader J. Reduction in vehicle temperatures and fuel use from cabin ventilation, solar-reflective paint, and a new solar-reflective glazing. SAE Tech Pap 2007: 2007-1-1194.
147. Rugh JP, Farrington RB, Boettcher JA. The impact of metal-free solar reflective film on vehicle climate control. SAE Tech Pap 2001: 2001-01-1721.
148. Rugh J, Farrington R. Vehicle ancillary load reduction project close-out report. An overview of the task and a compilation of the research results. Report.


- Washington: National Renewable Energy Laboratory; 2008 Jan. Report No.: NREL/TP-540-42454.
149. Saidur R, Masjuki HH, Hasanuzzaman M. Performance of an improved solar car ventilator. *Int J Mech Mater Eng* 2009;4(1):24–34.
 150. Simon, M. Factors which influence the thermal comfort inside of vehicles / Mihaela Simion, Lavinia Socaciu, Paula Unguresan // *Energy Procedia* 85 (2016) 472 – 480.
 151. Torregrosa-Jaime B, Payá J, Corberan J. Design of efficient air-conditioning systems for electric vehicles. *SAE Tech Pap* 2013: 2013-01-0864.
 152. Vesely, M. Personalized conditioning and its impact on thermal comfort and energy performance / Michal Vesely, Wim Zeiler // *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 34 (2014) 401–408.
 153. Wang M, Pawlak JL, Archibald CA. Development of next generation automatic climate control. *SAE Tech Pap* 2007: 2007-01-1188
 154. Wang M, Wolfe E, Ghosh D, Bozeman J, Chen K, Han T, et al. Localized cooling for human comfort. *SAE Tech Pap* 2014: 2014-01-0686.
 155. Warthmann, A. Personal Climatization Systems—A Review on Existing and Upcoming Concepts // *Appl. Sci.* 2019, 9, 35; doi:10.3390/app9010035.
 156. Wolfe N, Mu X, Huang L, Kadle P. Cooling with augmented heated and cooled seats. *SAE Tech Pap* 2007: 2007-01-1193.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

(обязательное)

Акты внедрения



 «Утверждаю»
 Первый проректор
 ФБГОУ ВО «Оренбургский
 Государственный университет»
 С.В. Нотова
 « 0 » _____ 2022г.

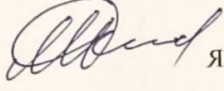
АКТ ВНЕДРЕНИЯ

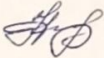
результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс

Комиссия в составе: декана транспортного факультета, д.т.н. Рассохи В.И., заведующего кафедрой автомобильного транспорта (АТ), д.т.н. Якунина Н.Н., профессора кафедры АТ, д.т.н. Якуниной Н.В. составила настоящий акт о том, что результаты научно-исследовательской работы по теме «Оценка факторов повышения аварийности на автомобильном транспорте в условиях высоких температур окружающей среды», выполненной старшим инженером-технологом по буровым растворам I категории АО «АКРОС» Якуниным И.Н., внедрены в учебный процесс кафедры АТ ФБГОУ ВО «Оренбургский государственный университет».

Разработанная автором функциональная модель, направленная на предотвращение влияния высоких температур окружающей среды на безопасность дорожного движения, используется при подготовке бакалавров по направлениям подготовки: 23.03.01 – «Технология транспортных процессов», специалистов 23.05.01 – «Наземные транспортно-технологические средства» и магистров 23.04.01 – «Технология транспортных процессов» в следующих дисциплинах: «Технология пассажирских перевозок», «Организация и технология перевозки пассажиров», «Моделирование транспортных процессов и систем», «Организация перевозочных услуг».

Декан транспортного факультета, д.т.н.  Рассоха В.И.

Заведующий кафедрой автомобильного транспорта, д.т.н.  Якунин Н.Н.

Профессор кафедры автомобильного транспорта, д.т.н.  Якунина Н.В.



460060 Россия, г. Оренбург, ул. Транспортная, 8а

«Утверждаю»
 Директор ассоциации
 Перевозчиков Оренбурга

 « 22 » июля 2022г.



Акт

**о внедрении результатов научно-исследовательской работы
 старшего инженера-технолога по буровым растворам I категории
 АО «АКРОС»**

Якунина Ивана Николаевича

«Оценка факторов повышения аварийности на автомобильном транспорте в
 условиях высоких температур окружающей среды»

Составлен комиссией:

Новиков В.Н. – руководитель ИП Новиков В.Н.

Курочкин М.С. – директор ИП Юзефович М.В.

Шипилова Н.Г. – руководитель ИП Шипилова Н.Г.

Мы, нижеподписавшиеся члены комиссии, настоящим актом подтверждаем принятие к внедрению на предприятии разработанной функциональной модели, направленной на предотвращение влияния высоких температур окружающей среды на безопасность дорожного движения. Внедрение позволит снизить аварийность на транспорте в жаркое время года, тем самым сократив издержки предприятия, повысив безопасность дорожного движения.

Члены комиссии:

В.Н. Новиков

М.С. Курочкин

Н.Г. Шипилова



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
 АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «АВТОКОЛОННА № 1825»

460961, г. Оренбург, ул. Лесозащитная, 20, тел. 34-32-50, факс 34-32-51

e-mail: main@ak1825.ru

р/счет 40702810500000047551, БИК 044525823, кор/счет 30101810200000000823
 ОГРН 1025601804986, ОКВЭД – 49.31; 49.3; 49.4 и 45.20 КПП 561201001, ОКТМО - 53701000001
 Банк ГПБ (АО)

« ____ » _____ 2022г.

исх. № 01-05 - _____

**Акт внедрения
 результатов научно-исследовательской работы
 старшего инженера-технолога по буровым растворам I категории
 АО «АКРОС»**

Якунина Ивана Николаевича

«Оценка факторов повышения аварийности на автомобильном транспорте в
 условиях высоких температур окружающей среды»

Мы, нижеподписавшиеся представители Акционерное общество «Автоколлонна № 1825», главный инженер И.В. Тюняев и начальник ПТО А.В. Ермолин составили настоящий акт о внедрении на предприятии разработанной автором функциональной модели, направленной на предотвращение влияния высоких температур окружающей среды на безопасность дорожного движения. Внедрение позволит снизить аварийность на транспорте в жаркое время года, тем самым сократив издержки предприятия, повысив безопасность дорожного движения.

Главный инженер

И.В. Тюняев

Начальник ПТО

А.В. Ермолин



Приложение Б

(обязательное)

Анкета исследования изменения аварийности, нарушений ПДД и ошибок при высоких температурах

Расставьте по шкале от 1 до 4 вклад (в порядке возрастания) неверно принятых решений, увеличения времени реакции водителей, увеличения количества совершаемых маневров и случаев превышения скорости в увеличение аварийности при переходе от умеренных температур в апреле к высоким температурам июля и августа, поставив в соответствие оценку «1» наименее значимому фактору аварийности, и оценку «4» - наиболее значимому. В первый столбец расставить оценки для случая, когда системы кондиционирования салона автомобиля не используются, во второй – когда используются кондиционеры, в третий – для случаев, когда используются системы «климат-контроль», в четвёртый – для усреднённого случая распределения систем кондиционирования.

Вклад в увеличение аварийности в жаркое время года	Отсутствие кондиционирования	Использование кондиционера	Использование системы «Климат-контроль»	Усреднённый случай кондиционирования
Неверно принятые решения				
Увеличение времени реакции водителей				
Увеличение количества маневров				
Превышение допустимой скорости				

Укажите в процентах разницу между количеством неверно принятых решений, временем реакции водителей, количеством совершаемых маневров и случаями превышения скорости в наиболее жаркое время года по сравнению с апрелем месяца. За 100 % принять уровень нарушений и ошибок, совершаемых в апреле месяца. В первый столбец внести значения для случаев, когда кондиционирования салона не происходит, во второй – когда в транспортных средствах используется кондиционер, в третий – система «климат-контроль». В четвёртый столбец внести данные для усреднённого случая кондиционирования салонов транспортных средств.

Изменение количества причин аварийности в условиях высоких температур	Отсутствие кондиционирования	Использование кондиционера	Использование системы «Климат-контроль»	Усреднённый случай кондиционирования
Неверно принятые решения				
Увеличение времени реакции водителей				
Увеличение количества маневров				
Превышение допустимой скорости				