

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

На правах рукописи



Кастырин Дмитрий Юрьевич

**ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ
НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНОСТИ
ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА**

Специальность: 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель –
почётный работник высшего
профессионального образования,
доктор технических наук,
профессор Волков В.С.

Воронеж - 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ	10
1.1 Оценка состояния безопасности дорожного движения	10
1.2 Основные направления деятельности по повышению безопасности дорожного движения	17
1.3 Методы оценки безопасности пешеходного движения	19
1.4 Прогнозирование риска конфликтных ситуаций на транспорте	34
1.5 Проблемная ситуация, цель и задачи исследования	41
Выводы по главе	42
2 РАСЧЁТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПАСНОСТИ КОНФЛИКТНЫХ ТОЧЕК НА ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ	43
2.1 Систематизация факторов ДТП и оценка опасности нерегулируемого пешеходного перехода	43
2.2 Систематизация факторов ДТП и оценка опасности регулируемого пешеходного перехода	60
2.3 Систематизация факторов ДТП и оценка опасности дорожных пересечений по конфликту «Автомобиль-автомобиль»	67
2.4 Общая оценка опасности дорожного пересечения, содержащего перекрёсток и пешеходные переходы	78
Выводы по главе	83
3 СИСТЕМА СБОРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ	84
3.1 Планирование пассивного эксперимента	84
3.2 Объекты, условия, методы и задачи экспериментальных исследований	87
3.3 Обработка результатов эксперимента и оценка погрешности измерений	99
Выводы по главе	104

4	ОБРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ	105
4.1	Компьютерная поддержка расчётов	105
4.2	Практическое использование результатов работы	115
	Общие выводы и рекомендации	117
	Список использованных источников	119
ПРИЛОЖЕНИЯ		
	Приложение А. Программа расчёта вероятности дорожно-транспортных происшествий на нерегулируемых пешеходных переходах	134
	Приложение Б. Программа расчёта вероятности дорожно-транспортных происшествий на регулируемых пешеходных переходах	140
	Приложение В. Ведомости мониторинга движения пешеходов и транспорта на дорожных пересечениях г. Воронежа за 2015 - 2018 годы	144
	Приложение Г. Акты внедрения результатов НИР в практическую деятельность и учебный процесс	164

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Рост интенсивности транспортных потоков и пешеходного движения на пешеходных переходах определяет увеличение числа дорожно-транспортных происшествий, что вызывает необходимость научного подхода к оценке опасности конфликтных точек, образующихся на пересечениях траекторий движения потенциальных участников конфликтов. В качестве участников конфликтных ситуаций можно рассматривать переходящих проезжую часть по переходу пешеходов и пропускающих их автомобилей, а также движущихся по дорожному пересечению транспортных средств с пересекающимися траекториями движения. Исходя из этого, конфликтные ситуации можно рассматривать по двум разновидностям: «автомобиль - пешеход» и «автомобиль - автомобиль». В современных условиях при оценке опасности расположения пешеходных переходов и транспортных пересечений обычно используются статистические показатели по годовому учёту дорожно-транспортных происшествий без углублённого анализа, учитывающего наличие многих сопутствующих факторов, базирующихся на показателях интенсивности потоков транспорта и пешеходов, ограничений скоростного режима движения транспорта, превышения установленного скоростного режима, состояния дорожного полотна и условий видимости. Кроме этого, при проектировании расположения нерегулируемых пешеходных переходов и пересечений автомобильных дорог, без наличия статистических данных невозможно установить уровень опасности таких объектов.

Данный анализ предопределяет необходимость поиска эффективных решений по повышению безопасности дорожных транспортных пересечений на основе прогнозирования опасности образующихся при этом конфликтных точек.

В настоящей работе предлагается методика расчёта прогнозных оценок опасности существующих и проектируемых нерегулируемых пешеходных переходов и дорожных пересечений на основе систематизации определяющих

факторов в режиме текущего времени. Данный подход позволяет своевременно принимать решения по изменению режимов движения транспорта, а также переводить нерегулируемые пешеходные переходы и дорожные пересечения в режим регулируемых. Указанные обстоятельства свидетельствуют об актуальности и своевременности темы исследований.

Степень разработанности и темы исследования

Наибольший вклад в исследование проблем повышения безопасности дорожного движения внесли следующие отечественные и зарубежные учёные:

- классическая теория транспортной науки на основе моделирования транспортных потоков и их взаимодействия с пешеходными потоками – В.Ф. Бабков, П.Г. Буга, С.А. Евтюков, В.В. Зырянов, В.А. Иларионов, Г.И. Клиновштейн, В.Э. Клявин, В.И. Коноплянко, В.А. Корчагин, Ю.А. Кременец, В.В. Лукьянов, А.Н. Новиков, А.М. Плотников, Т. Berg, E. Kopits, RWeber;

- исследование теории и методологии построения интеллектуальных транспортных систем – С.В. Жанказиев, Ю.Н. Ризаева, П. Прижибл;

- исследование теории взаимодействия транспортных и пешеходных потоков – П.Г. Буга, В.Г. Григорян, В.Г. Живоглядов, И.К. Коршаков, С.П. Озорнин, А.В. Симаков, Е.Н. Чикалин;

- исследование теории прогнозирования ситуаций в работе транспорта – И.В. Атласов, В.С. Волков А.С. Забышный.

Целью исследования является усовершенствование способа обеспечения безопасных условий движения автомобилей и пешеходов, снижение количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Для достижения цели в работе были **поставлены и решены следующие взаимосвязанные задачи** по сформулированной научной проблеме в рамках принятой системной методологии:

- проведение анализа теоретических и научно-практических подходов к оценке опасности взаимодействия транспортных и пешеходных потоков с выявлением возможных направлений повышения безопасности движения;

- составление банка экспериментальных данных, определяющих изменение состава участников движения по времени суток с выявлением из их числа групп, создающих угрозу безопасности движения;

- совершенствование системы и методов прогнозирования опасности пешеходных переходов и перекрёстков на основе использования теоретических положений и систематизированных экспериментальных данных;

- разработка научно-практических рекомендаций по использованию прогнозных моделей показателей опасности пешеходных переходов и перекрёстков в режиме реального времени;

- апробация усовершенствованного способа оценки опасности мест взаимодействия транспортных и транспортно-пешеходных потоков с возможностью разработки решений по локализации возникающей опасности.

Объект исследования: пешеходные переходы и перекрёстки улично-дорожной сети г. Воронежа.

Предмет исследования: улично-дорожная сеть города, пешеходные и транспортные потоки.

Рабочая гипотеза, заложенная в основу диссертационного исследования, связана с предположением о влиянии состава участников пешеходных и транспортных потоков по признакам их действий в соблюдении требований ПДД на риски возникновения ДТП и о возможности повышения БДД за счет прогнозирования опасности пешеходных переходов и перекрёстков на разных стадиях их жизненного цикла.

Научная новизна состоит:

- в теоретическом обосновании повышения безопасности движения на базе учёта факторов, определяющих источники риска возникновения ДТП;

- в систематизации состава участников пешеходных и транспортных потоков по их реакциям на появление фактора скрытой опасности;

- в разработке системы расчётного моделирования по оценке уровня опасности пешеходных переходов и перекрёстков;

- в получении экспериментальных зависимостей, характеризующих количественную оценку участников пешеходных и транспортных потоков, создающих угрозу возникновению риска ДТП;

- в совершенствовании метода прогнозного расчёта опасности пешеходных переходов и перекрёстков для определения наиболее опасных временных промежутков в режиме реального времени.

Теоретическая и практическая значимость выражается:

- в обосновании выбора методических положений, определяющих вид расчётного моделирования показателей опасности пешеходных переходов и перекрёстков на основе перечня источников риска возникновения ДТП;

- в получении оценок опасности конфликтных точек на пешеходных переходах и перекрёстках в режиме реального времени;

- в создании программного продукта прогнозного моделирования, позволяющего определять уровень опасности пешеходных переходов и перекрёстков по входным характеристикам источников риска ДТП;

- в коррекции порогового значения рекомендованного критерия, определяющего необходимость переключения режимов движения пешеходов и автомобилей от нерегулируемого к регулируемому режиму и наоборот.

Методы исследований. Для решения обозначенных в диссертационной работе задач в процессе теоретических исследований использовались методы: теории транспортных и пешеходных потоков, методы математического моделирования, теории риска и математической статистики.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Теоретическое обоснование повышения безопасности движения на основе использования метода расчётного моделирования, позволяющего определять уровень опасности конфликтных точек на пешеходных переходах и перекрёстках в режиме реального времени.

2. Усовершенствованные методы оценки опасности конфликтных точек пешеходных переходов и перекрёстков по видам конфликтов между участниками движения.

3. Программный продукт, позволяющий определять прогнозные оценки уровня опасности проектируемых пешеходных переходов и перекрёстков.

4. Научно-практические рекомендации по использованию прогнозного моделирования уровня опасности пешеходных переходов и перекрёстков на основе разработанного программного продукта.

Апробация работы. Основные положения диссертации изложены и обсуждены на Международной научно-технической конференции «автомобильный транспорт сегодня: проблемы и перспективы» в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» в 2015 г., на Международной научно-технической конференции «Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования» в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» в 2016...2017 годах, на международной научно-технической конференции «Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса» в Донецкой академии транспорта в 2017...2018 годах, на международной научно-технической конференции «Информационные технологии и инновации на транспорте» в Орловском государственном университете имени И.С. Тургенева (г. Орёл) в 2016...2019 годах, в Липецком государственном техническом университете на I Международной научно-практической конференции «Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте» 12-13 декабря 2018 г. и 22-23 мая 2019 г.

Соответствие диссертационной работы паспорту специальности. Выполненные исследования соответствуют паспорту научной специальности 05.22.10 – «Эксплуатация автомобильного транспорта» по п. 5 «Обеспечение экологической и дорожной безопасности автотранспортного комплекса; совершенствование методов автодорожной и экологической экспертизы, методов экологического мониторинга автотранспортных потоков» и п. 7 «Исследо-

вания в области безопасности движения с учётом технического состояния автомобиля, дорожной сети, организации движения автомобилей; проведение дорожно-транспортной экспертизы».

Реализация результатов. Результаты теоретических и экспериментальных исследований используются в системе регулирования движения Управления ГИБДД по Воронежской области, а также в учебном процессе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», «Липецкий государственный технический университет».

Публикации. По теме диссертации опубликованы 22 печатные работы, в числе которых 3 работы размещены в изданиях, определённых в Перечне ведущих рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК РФ, получено 5 свидетельств о регистрации расчётных программ для ЭВМ.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, основных выводов, списка использованных источников и приложений. Работа содержит 166 страниц формата А4, в том числе 132 страницы основного текста, 36 рисунков, 10 таблиц, 4 приложения и 131 наименование использованных источников.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Оценка состояния безопасности дорожного движения

Ежегодно публикуемые сведения о состоянии безопасности движения на улично-дорожных сетях городов Российской Федерации [3] свидетельствуют о достаточно высокой численности дорожно-транспортных происшествий, связанных с травматизмом пешеходов. При этом высокий уровень травматизма касается значительного количества детей и подростков в возрасте до 16 лет. Также высокий уровень конфликтности наблюдается на пешеходных переходах по конфликтам типа «автомобиль-пешеход», формулируемый в официальной документации как наезд автомобиля на пешехода. Кроме этого достаточно высокий уровень формируется по конфликту «автомобиль-автомобиль», где один участник движения имеет преимущество.

Как указывают авторы [1]; [20] более 75 % дорожно-транспортных происшествий связаны с низкой дисциплиной водительского состава и их неспособностью к ситуационной локализации конфликтных ситуаций. При этом каждое восьмое ДТП обуславливается отсутствием состояния трезвости водителя. Около 30 % ДТП возникает вследствие недооценки водителями выбора безопасной скорости движения. Значительная доля ДТП обусловлена низким уровнем квалификации водительского состава, в том числе совершающими транспортную работу при несоответствии действующей категории водительских удостоверений классу транспортных средств. Низкая дисциплина водительского состава сопровождается наличием значительной доли ситуационных конфликтов, связанных с выездом на полосу встречного движения, что предопределяет порядка 13% дорожно-транспортных происшествий. Значительная доля в количестве таких ДТП относится к водителям частных легковых автомобилей. Удельная численность таких ДТП затрагивает порядка 80% от их общего числа, относящегося к виновности водителей. По данным [29] низкая ситуационная дисциплина водителей легковых автомобилей обуславли-

вает ежегодное возникновение порядка 65 % от общего количества пресекаемых нарушений Правил дорожного движения. В общей композиции процесса дорожного движения пешеходы могут рассматриваться в виде наиболее многочисленной и самой уязвимой группой субъектов рассматриваемого явления.

Статистические данные, приводимые в ряде публикаций [38]; [61] обозначают тенденцию возрастания в течение последних лет численности пешеходов, погибающих в дорожно-транспортных происшествиях. По данным Управление ГИБДД по Воронежской области в городе Воронеже в за 2016 год случилось 226 ДТП, участниками которых стали 17 детей в возрасте до 16 лет. В опубликованном отчёте о ДТП содержатся данные о 126 случаях конфликта с участием пешеходов, при этом 36 конфликтов совершено в пределах обозначенных, как дорожными знаками, так и разметкой, пешеходных переходов. Установившийся в течение многих лет дисциплинарный уровень участников движения предопределяет один из наиболее значимых причинно-следственных факторов состояния аварийности в России.

Таблица 1.1 Показатели аварийности на дорогах[3]

Показатели аварийности	Количество ДТП	Погибло, чел.	Ранено, чел.
В городах и населенных пунктах	115045	15366	126169
Вне городов	41969	14030	52601
ВСЕГО	157014	29396	178770

Дорожно-транспортное происшествие (ДТП) [99] можно охарактеризовать как нарушение взаимодействия звеньев системы «Водитель – автомобиль – дорога – среда» (ВАДС). Любой сбой в каком-либо звене этой системы может привести к ДТП, если со стороны водителя не предпринимаются адекватные и своевременные меры. Причины возникновения ДТП можно сгруппировать по каждому звену системы ВАДС:

1. Звено системы ВАДС водитель. Водитель, как ведущий элемент данного звена, одновременно является наиболее уязвимым, так как состояние его

контроля за управлением автомобиля во многом зависит как от его психофизиологического состояния, так и скорости изменения дорожной ситуации. Момент возникновения опасности для движения требует от водителя быстрой реакции по ситуационному решению возникшей ситуации с положительным исходом. В случае ДТП виновность или невиновность водителя определяется по совокупности причинно-следственных факторов на базе видеозаписи регистраторов и субъективных показаний лиц, причастных к ДТП.

2. Звено системы ВАДС автомобиль. В качестве первичного фактора формирования конфликтной ситуации в данном звене может рассматриваться неисправность узлов или систем, определяющих конструктивную безопасность движения, в частности, отказы рулевого управления, тормозной системы, светотехнического оборудования.

3. Звено системы ВАДС дорога. Ситуационное решение по расположению траекторий следования транспортных средств, нахождение технических средств регулирования движения, коэффициент сцепления колёс автомобиля с дорогой, неровности дорожного покрытия, наличие препятствий для движения, ограничение дальности видимости, определяют факторы опасности для движения транспортного средства и требуют от водителя принятия действий по обеспечению безопасности. Обозначенный перечень дорожных опасностей обуславливает действие причинно-следственных связей риска возникновения ДТП, связанных с дорожными условиями. В предотвращении аварийной ситуации со стороны водителя возможны два вида действий, совершаемых раздельно либо совместно – маневрирование или торможение автомобиля.

4. Звено системы ВАДС среда. В понятии «среда» В.Ф. Бабков [5] рассматривает перечень участников движения попутного, встречного и бокового направлений, а также припаркованных транспортных средств, либо находящихся неподвижно на проезжей части в виде помехи для движения. К данному понятию автор [5] причисляет природные явления, влияющие на условия движения и создающие опасность для дальнейшего движения транспортных средств.

Развёрнутый анализ ДТП невозможен без выявления сопутствующих факторов и их причинно-следственных связей.

На рис 1.1 указаны факторы, определяемые авторами[57], оказывающие влияние на безопасность движения.

Безопасность дорожного движения (БДД) обуславливается комплексной совокупностью факторов, определяющих взаимодействие водителя, автомобиля, дороги, среды и других участников движения (ВАДС). Данная система определяет влияние элементов каждой подсистемы, на степень БДД и позволяет получить комплексное описание исходных параметров различных подсистем ВАДС для реконструкции и экспертизы ДТП. По данным Н.В. Пеньшина при этом также необходим учёт косвенных действий социально-экономических факторов оказывающих влияние на следующие составляющие системы ВАДС:

- состояние экономики страны;
- жизненный уровень населения;
- слаженность работы трудовых коллективов;
- использование научных достижений;
- уровень медицинской помощи при ДТП.

В качестве основной задачи по снижению количества ДТП многие исследователи рассматривают анализ их причинно-следственных связей, группировки и систематизации, выявление источников скрытой опасности. Авторами [98] были построены зависимости аварийности от следующих факторов:

- 1) наиболее опасные периоды времени в течение суток;
- 2) концентрация ДТП по месяцам года;
- 3) сохранение работоспособности водителей при действии факторов, вызывающих изменение самочувствия и восприятия обстановки движения;
- 4) возраста водителя;
- 5) стажа вождения при определенном возрасте;
- 6) вида аварий;

- 7) видов нарушений ПДД;
- 8) места происшествия;
- 9) использование водителями опасных приемов вождения, формирующие риски нарушения устойчивости движения и создающие риски возникновения конфликтных ситуаций.



Рисунок 1.1–Перечень факторов, формирующих уровень безопасности движения(в рамках системы ВАДС)

Статистика [3] показывает, что около 15% аварий происходит из-за того, что заблокированные передние колеса на льду, снегу и мокром асфальте не

могут изменить направление движения автомобиля. На сегодняшний день система ABS безусловно прогрессирует в своем развитии. Плюсами экстренного торможения с применением системы ABS является следующее:

- уменьшение тормозного пути;
- автомобиль остается управляемым даже при экстренном торможении, легче избежать ДТП;
- автомобиль не срывается в занос при повороте с торможением;
- от водителя требуется меньше навыков.

Так же система ABS имеет ряд недостатков.

На дороге с неровным покрытием эффективность антиблокировочной системы существенно падает. Тормозной путь транспортного средства увеличивается, так как ABS подтормаживает потерявшее связь с дорогой колесо. При восстановлении связи с дорогой касательная тормозная сила такого колеса уже не оптимальна.

Дорога с покрытиями, обладающими различными сцепными свойствами (асфальт с участками снега и льда), приводит к падению эффективности ABS. На коротких участках торможения алгоритм системы не успевает подобрать оптимальные тормозные усилия на колёсах.

При снижении скорости менее 5 км/ч, например, перед полной остановкой, ABS отключается. Поэтому при крутом спуске с горы, особенно при скользкой дороге, резкое торможение нежелательно.

По этой же причине на дорогах с рыхлым и сыпучим покрытием эффективность антиблокировочной системы снижается, что должно учитываться водителем.

Авторы [27] осуществляют ранжирование причин ДТП по следующим направлениям:

- состояние дорожного покрытия;
- возрастные категории водителей, стаж работы, наличие усталости;
- действие косвенных факторов- погодных условий, направлений потоков транспорта.

При анализе причин ДТП, косвенно зависящих от водителя авторы [20], выявляют следующие закономерности.

1. Концентрация количества ДТП по населённому пункту приходится на период с 16 до 20 часов.

2. В районах транзитных и деловых поездок наиболее высокая концентрация ДТП происходит в период времени с 10 до 12 ч и с 15 до 17 ч, а в других районах города приходится на период после окончания рабочего времени, что авторы [20] связывают рост количества аварийных ситуаций с увеличением плотности транспортных потоков.

3. При анализе численности ДТП в течение года по месячным интервалам с учётом времени суток установления идентичности возникновения и их распределению по районам авторы [20] приводят следующие месячные периоды, представленные в данном случае в порядке возрастания: март-апрель, май-август, сентябрь-октябрь, ноябрь-февраль.

По количеству ДТП анализ данных авторы [20] приводят сведения о периоде минимального количества ДТП, приходящегося период: март-апрель, с выдвижением гипотезы о связи данного периода с уменьшением количества поездок и ухудшением погодных условий.

Авторы [20] приводят сведения о возрастании численности ДТП в периоды летних месяцев на промежуток времени после рабочего дня с 19 по 21 часов. При этом концентрация ДТП, приходящаяся на период май ... август смещается на промежуток времени 17 ... 19 часов. В сентябре ... октябре наибольшая концентрация ДТП наблюдается в зонах границ выездов и въездов в районы пригородов. С ноября по февраль концентрация количества ДТП наблюдается равномерно в течение дня. В районах транзитных и деловых поездок авторы [20] выделяют два выраженных временных интервала концентрации ДТП в течение суток: в рабочее время и в период первых двух часов после окончания периода рабочего времени.

1.2. Основные направления деятельности по повышению безопасности дорожного движения

В общей статистике дорожно-транспортных происшествий (ДТП), ежегодно регистрируемой в Российской Федерации [89], наиболее значимые доли составляют наезд на пешеходов 35 ... 38 % и столкновение транспортных средств на перекрёстках 33 ... 37 %. Среди причин, сопутствующих возникновению таких событий, значительная часть специалистов [81] называет отсутствие в человеческом факторе участников движения главного транспортного навыка предвидения скрытой опасности.

Направления профилактических мероприятий и, соответственно, их эффективность затрагивает широкий круг действий, включающий производство ограничительных мер, прежде всего, по скоростному режиму транспорта, расширение информационной осведомлённости участников движения, устройство ограждений, затрудняющих проникновение пешеходов на проезжую часть. В общем итоге такие мероприятия приводят к снижению количества ДТП, но не устраняет их полностью.

Значительным шагом в повышении безопасности движения в современных условиях является использование стационарных и передвижных электронных средств регистрации нарушений, формирующих рабочее действие в режиме текущего времени.

Источником сведений об аварийности обычно рассматривается действующая форма статистического наблюдения «Сведения о дорожно-транспортных происшествиях», публикуемая ежемесячно согласно требованиям приказа Росстата от 21.05.2014, № 402 «Об утверждении статистического инструментария для организации Министерством внутренних дел Российской Федерации федерального статистического наблюдения о дорожно-транспортных происшествиях» [89].

Решение многих задач по повышению безопасности дорожного движения отражено в работах В.Ф. Бабкова [5], Г.И. Клинковштейна [51], В.В. Зырянова [43], С.А. Евтюкова [34], Е.В. Бондаренко [8], М.Б. Афанасьева [51], А.Н.

Новикова [79], В.И. Коноплянко [56], В.А. Корчагина [59], Э.Р. Домке [30], С.П. Озорнина [81], П.А. Пегина [85], Ю.Н. Ризаевой [94] и многих других. Внедрение научных разработок указанных авторов позволило в значительной мере снизить многие негативные моменты в процессе дорожного движения, однако, качественное и количественное изменение состава транспортных потоков, повышение интенсивности движения транспорта и пешеходов, вызывает появление новых задач и необходимости их решения. В определённой мере фундаментальной основой для решения новых задач указанного направления служат базисные работы указанных авторов.

В настоящее время в связи с некоторыми расхождениями в работах разных авторов для оценки состояния процесса движения транспорта и пешеходов, переходящих проезжую часть, необходимо уточнение следующих терминов.

Аварийность:

- в составе числа ДТП, количества погибших и раненых на определённом участке за конкретный период времени;

- в виде относительных показателей, определяемых по отношению числа ДТП к количеству транспортных средств, их наработке по пробегу, числу пострадавших на определённом участке за конкретный период времени [23].

Безопасность дорожного движения – состояние процесса движения транспорта и пешеходов, отражающее уровень защищённости его участников от дорожно-транспортных происшествий и их последствий [57]. Данный показатель коррелирует с уровнем аварийности и находится с ним в обратной зависимости.

Указанные показатели находятся в зависимости от большого числа факторов, учитывающих параметры транспортных, дорожных и климатических условий эксплуатационного профиля, человеческого фактора, учитывающего уровень подготовленности участников движения к восприятию скрытой опасности, геометрические данные транспортных пересечений.

Задача повышения уровня безопасности дорожного движения, заключающаяся в оптимизации перечисленных факторов, характеризуется значительной неопределённостью входных параметров, что объясняется следующими обстоятельствами.

- В статистике ДТП отсутствуют сведения о количестве ДТП на потенциально опасных местах дорожной сети, которые сложно выделить из общей статистики об аварийности.

- Отсутствует мониторинг аварийности на потенциально опасных участках, учитывающий влияние вводимых мероприятий на показатели безопасности движения.

- Отсутствуют научно разработанные методы систематизации ДТП и прогнозирования уровня опасности конкретных участков на основе изменения входных характеристик, учитывающих состояние скоростного режима, интенсивности транспортного и пешеходного потоков, плотность и расположение конфликтных точек.

Решение указанных задач невозможно без использования методов расчётного моделирования на основе вероятностного анализа, позволяющего оценить уровень опасности конкретных дорожных участков в режиме текущего времени и осуществить текущую коррекцию управления режимов движения транспорта и пешеходов. Исходя из этого, возникает необходимость разработки моделей и алгоритмов, позволяющих на основе систематизации и прогнозирования опасности конкретных участков, осуществлять управление процессами движения транспорта и пешеходов в режиме текущего времени.

1.3. Методы оценки безопасности пешеходного движения

Организация и обеспечение безопасности пешеходного движения является многоплановой проблемой. Это связано с сильным влиянием психофизиологических факторов, которые затрудняют применение механических и математических методов описания закономерностей пешеходного движения.

Авторы [33] предлагают для определения обеспечения безопасности пешеходов при конфликтных ситуациях с автомобилями использовать показатель тяжести последствий,

$$U = \sum_{i=1}^n P_i n_i, \quad (1.1)$$

где P_i - коэффициент тяжести происшествий; n_i - количество происшествий каждого типа.

Методические рекомендации [72] учитывают следующие коэффициенты тяжести. Материальный ущерб $P_i = 1$; лёгкое ранение $P_i = 0,4$; тяжёлое ранение $P_i = 7$, тяжелое ранение, приведшее к инвалидности $P_i = 70$, смертельный исход $P_i = 100$.

Модифицированная система П.Г. Буга [10] позволяет определить показатель опасности участка

$$K_{on} = (n_0 p_0 + n_e p_e + n_s p_s + n_i p_i) / u_T \quad (1.2)$$

где $p_0 = 1$ - происшествия с нанесением ущерба; $p_e = 5$ - происшествия с легкими повреждениями; $p_s = 70$ - происшествия с тяжелыми повреждениями; $p_i = 130$ - происшествия с летальным исходом; n_0, n_e, n_s, n_i - годовое количество ДТП обозначенных категорий; u_T - интенсивность движения, ед./год.

Согласно рекомендациям [9] Всесоюзного научно-исследовательского института безопасности движения МВД СССР, определение материальных потерь от ДТП целесообразно осуществлять посредством расчёта последующей формуле:

$$K_{on} = (n_1 p_1 + n_2 p_2 + n_3 p_3 + n_4 p_4 + n_5 p_5) / (365 u_c), \quad (1.3)$$

где p_1 - показатель тяжести ДТП с повреждением автомобилей, равный единице; p_2 - показатель тяжести при легком ранении человека, равный 1,2; p_3 - показатель тяжести при ранении человека с последующим назначением инвалидности, равный 28; p_4 - показатель тяжести при гибели взрослого человека, равный 81; p_5 - показатель тяжести при гибели ребенка, равный 106; n_1, n_2, n_3, n_4, n_5 - количество ДТП установленной группы; u_c - среднесуточная интенсивность движения транспорта, ед./сут.

Данный показатель опасности можно рассматривать как условный, так как исходит из средней за год интенсивности движения, но, как известно, в течение года интенсивность может колебаться в значительных пределах.

Перечисленные выше показатели можно применить для определения опасности движения пешеходов, если выбирать из общего количества ДТП только с участием пешеходов. Они также дают возможность выявить наиболее часто встречаемые виды ДТП на исследуемых участках, что может служить основой для выработки мероприятий по совершенствованию организации движения на данном участке. Также данные показатели дают возможность сравнивать степени опасности различных пешеходных переходов и определять на них места дислокации дорожно-транспортных происшествий.

Однако данные показатели имеют ряд недостатков. Прежде всего, для применения на практике необходимо наличие накопленной статистики ДТП за 3...5 лет, то есть их можно применить только для уже существующих дорог, при этом существует вероятность того, что на исследуемом участке могут отсутствовать ДТП с участием пешеходов. Вследствие этого методика не всегда может быть применима. Необходимо учитывать и то, что не все ДТП не всегда попадают в отчётность, что играет не маловажную роль. ДТП с материальным ущербом не попадают - 30...50%; с ранением 10...25%; с гибелью до 5%. Коэффициенты тяжести для различных стран[6] не совпадают. Это связано в основном с определением 1 сроков гибели людей (в РФ 7 дней, в США 30 дней, во Франции 3 дня, в Италии и Швеции 6 дней).

Коэффициенты тяжести по своей сути несколько статичны и не соответствуют постоянно меняющимся условиям дорожного движения и других факторов, оказывающих влияние на транспортную сеть. Все это позволяет объединить перечисленные выше показатели по общим принципам с модификацией показателя (коэффициента) опасности предложенного Д.К. Коллинзом [55]:

$$K_3 = M \sum_{i=0}^m R_i k_i / ul_i (1.4)$$

где K_3 - показатель относительной опасности; R_t - количество ДТП по отдельным группам в год; k_i - тяжесть ДТП отдельных групп: со смертельным исходом - 130, с ранениями - 70, только с материальными ущербом - 10, не учтенные ДТП - 1; u - число нарушителей на 100 м участка улицы, чел/ч; l - длина улицы, проходящей по району, км; M - множитель для приведения относительного показателя к удобной форме.

Применение указанного показателя возможно в случае отдельной улицы, либо при наличии пешеходного перехода, где его действие распространяется на 50 м в каждую из сторон.

Кроме указанной методикой определения обеспечения безопасности движения может быть рассмотрен предложенный В.Ф. Бабковым [5] *метод конфликтных ситуаций* или по определению [34] *метод технических транспортных конфликтов*. Под конфликтной понимается дорожно-транспортная ситуация, возникающая между участниками дорожного движения или движущимся автомобилем и обстановкой дороги, при которой возникает опасность ДТП, если в действиях участников движения не произойдет изменения и они будут продолжать движение. Данный метод рассматривает наличие предшествующих ДТП ряда конфликтных ситуаций, сопровождающихся действиями со стороны участников по изменению режимов движения.

Фиксация таких действий участников осуществляется в режиме поддержки наблюдателями или видеосъемкой. Наблюдатель может быть подвижным, то есть фиксирующим события путём многократного проезда ходовой лаборатории по исследуемому участку. Находящийся в подвижной лаборатории наблюдатель фиксирует места, где водителю приходится тормозить или маневрировать для предотвращения аварийной ситуации. Метод стационарного наблюдателя предусматривает следящее действие за дорожной обстановкой на сложных участках, где присутствует наиболее высокий риск ДТП.

Для исследования посредством подвижного наблюдателя показателем наличия конфликтной ситуации является изменение скорости или траектории

движения автомобиля, при этом степень опасности такой ситуации характеризуется отрицательными продольными и поперечными ускорениями, возникающими при маневрах автомобилей. Число возникающих при наблюдениях конфликтных ситуаций используется при реконструкциях участков дорог. Использование метода математического моделирования предоставляется более удобным при проектировании новых уличных или дорожных участков. Выведены формула относительной аварийности и рекомендации к применению, при этом конфликты по степени опасности делят на легкие, средние и тяжелые. Подробно данная методика и ее применение описаны в Методических рекомендациях [72].

Применения метода подвижного наблюдателя для участков в местах пересечения проезжей части с пешеходным переходом достаточно проблематично, поэтому на данных участках целесообразнее пользоваться методом «стационарного наблюдателя», который для получения более объективной картины предполагает деление конфликтов следующим образом:

- нарушение Правил дорожного движения, не повлекших за собой более сложной конфликтной ситуации, - переход незагруженной улицы в неустановленном месте;

- ситуация, вынуждающая участников движения к принятию легких, избегающих конфликта действий - ускорение ходьбы, маневрирование, торможение;

- ситуация с последующими изменениями параметров движения;

- дорожные условия, провоцирующие участников движения к конфликту;

- конфликтная ситуация с перерастанием в аварийную.

Данная методика служит инструментом диагностики решений и определением опасных зон. На её основе можно обосновать необходимые улучшения, а также определять степень риска для пешеходов и оценку уровня удобства движения, ходьбы, степени риска (число конфликтов с участием их тяжести). Она также позволяет реально определить возникающие ситуации на участках дорог, выявлять проблемные участки без накопления статистических

данных о ДТП. Еще одним преимуществом данной методики является то, что конфликтные ситуации учитывают роль случайных факторов в риске ДТП. Однако данная методика является субъективной вследствие трактовки конфликта каждым наблюдателем по-разному, это приводит к искажению масштаба, хотя в данном случае важнее характер конфликта. Данный метод наиболее эффективен для нерегулируемых пересечений, кроме того, он не позволяет выработать единую методику, так как на каждом отдельно взятом перекрестке или пересечении пешеходного и транспортного потока в одном уровне всегда существует только ему присущая специфика. В качестве одного из недостатков Метода «стационарного наблюдателя» может рассматриваться отсутствие его применимости для проектируемых участков дорог.

Применение упоминаемых методов наблюдений подразумевает накопления большого числа статистических данных на основе числового массива. Объединение данных методов в одну группу формируется на основе невозможности применения их для проектируемых дорожных участков.

Предложенный В.Ф. Бабковым метод «Коэффициента аварийности» [5], характеризует степень безопасности движения при анализе дорожных условий в городе. Он выражается в расчёте отношения количества ДТП на 1 миллион автомобиле-километра пробега на участке при существующих параметрах плана и профиля улицы к количеству ДТП на эталонном горизонтальном прямом участке улицы с двумя полосами движения в каждом направлении и шириной проезжей части 15,5 м, резервной зоной 3,5 м, шероховатым покрытием протяженностью 150 м и освещением 8 лк.

Данный метод [5] характеризует вероятность возникновения ДТП на рассматриваемом участке в результате ухудшения дорожных условий по конкретной автономной причине. Как указывает В.В. Сусанин влияние на вероятность возникновения ДТП под действием нескольких, автономных факторов, можно оценить как произведение частных коэффициентов:

$$K_{умог} = \prod_{j=1}^{18} K_j, \quad (1.5)$$

Конкретные величины таких коэффициентов для городских условий базируются на статистических сведениях о ДТП на участках городских улиц.

Данный метод используется для выявления на проектируемых или реконструируемых участках дорожной сети, создающих условия повышенной опасности возникновения ДТП. Он позволяет сравнивать участки различных дорог, оценивать эффективность мероприятий по устранению опасности движения, а также позволяет определить предельно допустимую интенсивность движения, не связанную с повышенной опасностью ДТП.

Однако существует высокая вероятность ошибки при получении произведения большого числа показателей, также данная методика не учитывает весомость отдельных факторов, влияющих в конкретные условия. Подсчет итогового коэффициента «обезличивает» причины опасности и затрудняет обоснование мер, которые могут эффективно повысить безопасность в конкретном сечении участка, а также приводит к потере фактического смысла.

Перечень частных коэффициентов K_j [5] не является исчерпывающим, а значения коэффициентов окончательными, при этом одним из главных недостатков данной методики является не только то, что значения коэффициентов давно не пересматривались в связи с изменившимися дорожными условиями, но не пересматривались и параметры эталонного участка. В современных условиях для крупных городов характерно, что улицы с двумя полосами движения в каждую сторону уже не обеспечивают необходимой пропускной способности, поэтому уже существующие проезжие части дорог требуют увеличения числа полос для движения. Ещё одним недостатком данного метода является то, что значения коэффициентов при ручном счёте принимаются приближенными из таблицы, вследствие этого возникает неточность в оценке. Факторы, оказывающие влияние на безопасность движения, характеризуются неравнозначными действиями, в связи с чем необходимо установить относительный вес каждого из частных коэффициентов аварийности и их взаимозависимость. Все выше перечисленное изначально свидетельствует, что значение итогового коэффициента является условным.

Переход через дорогу чаще всего обусловлен наличием на противоположной стороне дороги одного или нескольких объектов тяготения пешеходов [10]. Чаще всего это жилые дома, магазины, остановки общественного транспорта. Особенностью поведения людей, пересекающих проезжую часть, является то, что они пересекают её по кратчайшему расстоянию к объекту тяготения пешеходов. Мотивом является желание скорее достичь интересующий их объект. В данном случае забота о собственной безопасности пешехода является не основной, а подчиняется указанному мотиву. Руководствуясь которым пешеходы могут пересекать автомобильные потоки с большой степенью риска. Как правило, их не останавливают ни ограждения, ни газоны, ни кустарниковые посадки перед проезжей частью.

Данная особенность хорошо прослеживается по стихийным тропинкам через газоны. На тех участках, где присутствует двусторонняя застройка объектов тяготения пешеходов, характерно массовое поведение пешеходов. На основании указанных особенностей авторами [10] и [29] высказано предположение, что существует высокая степень зависимости числа ДТП с пешеходами от характера застройки и дислокации фокусов тяготения пешеходов. И для метода коэффициентов аварийности им было предложено дополнение в виде частных коэффициентов аварийности для различных планировочных ситуаций, представленных в таблице 1.2.

Таблица 1.2 Частные коэффициенты аварийности

№	Планировочная ситуация	Коэффициент аварийности
1	Отсутствие застройки	2,4
2	Односторонняя застройка	2,5 ... 2,8
3	Двухсторонняя застройка с односторонним размещением объектов тяготения	3,2 ... 4,1
4	Двухсторонняя застройка с двухсторонним размещением объектов тяготения и остановкой транспорта с одной стороны дороги	4,7 ... 7,7

5	Двухсторонняя застройка с двухсторонним размещением объектов тяготения и остановками транспорта с двух сторон дороги	10,1 ... 18,5
---	--	---------------

На пересечениях в одном уровне безопасность движения зависит от интенсивности и направлений следования конфликтующих потоков, числа конфликтных точек, разветвлений и слияния потоков движения по конфликтным точкам, от расположений таких точек. Количественный рост интенсивности движения автомобилей и пешеходов, проходящих через конфликтную точку, увеличивает вероятность возникновения в ней ДТП. Уровень обеспечения безопасности на таких пересечениях Е.М. Лобанов [67] предложил осуществлять показателем аварийности K_a

$$K_a = G_n K_r 10^7 / 25 N_\Sigma, \quad (1.6)$$

где K_r – коэффициент, определяющий диапазон вариации годовой неравномерности движения; N_Σ – суммарная интенсивность движения в обоих направлениях на магистрали, ед./сут.; 25 – коэффициент, введен для учета среднего количества рабочих дней в месяц, в течение которых загрузка дорог резко превышает загрузку в нерабочие дни; G_n – число ДТП с пешеходами в год, определяемое по формуле:

$$G_n = 0,0025 + 0,92 * 10^{-3} \sum_{i=1}^n (N_n^{0,25} * N_T), \quad (1.7)$$

где N_n – интенсивность движения пешеходов по переходу, чел./ч; N_T – суммарная интенсивность транспортных потоков через переход, ед./ч; n – число пешеходных переходов на пересечении.

Данная методика не учитывает характер пересечения и маневра транспортных средств в местах пересечения с пешеходными потоками, а также наличие коэффициента годовой неравномерности, который берётся приближенным из таблицы. Все это говорит о приближительности полученных результатов.

Неоспоримым достоинством данной методики является то, что она дает возможность проводить сравнительный анализ с другими участками дорог и позволяет оценить их опасность. На основе полученного значения показателя аварийности может быть разработан перечень мероприятий по повышению безопасности движения, то есть существуют выработанные рекомендации по их применению.

Метод по взаимному согласию транспортных потоков[30] предусматривает наличие пятибалльной системы оценки участка, дополненной для полноты характеристики количеством пунктов пересечения транспорта с пешеходными переходами

$$A_d = N_o n_o + 3N_c n_c + 5N_{п.м} n_{п.м} + 5(N_{п.п} + 0,2N_{пеш}) \cdot n_{п.п} \quad (1.8)$$

где N_o , N_c , $N_{п.м}$, $N_{п.п}$ - соответственно количество автомобилей в приведенных единицах: в пунктах ответвления, слияния, пересечения транспортных потоков и пересечения с пешеходными потоками в период максимальной интенсивности или в среднем за сутки;

$N_{пеш}$ - интенсивность пешеходных потоков на пешеходном переходе в пунктах пересечения с транспортными потоками в период максимальной интенсивности или в среднем за сутки;

n_o , n_c , $n_{п.т}$, $n_{п.п}$ - количество пунктов ответвления, слияния, пересечения транспортных потоков или пересечения транспортных с пешеходными потоками (учитывается, если нет разделения в пространстве и во времени).

Данная методика даёт упрощённую оценку и позволяет лишь приблизительно представить себе сложность транспортного узла. Она предполагает, что максимальные интенсивности движения пешеходов и транспорта совпадают во времени, но это не всегда так и не для всех участков движения. При этом данная методика определяет учёт теоретически возможных контактов, вне зависимости от их фактических величин и их изменений. Ещё одним минусом данной методики является отсутствие рекомендаций по применению.

Некоторые исследователи [6], [20] предполагают, что для сравнительной оценки степени опасности конфликтных точек с учетом интенсивности движения целесообразно использовать показатель, пропорциональный не сумме, а произведению интенсивностей конфликтующих потоков. Различие в оценке конфликтных точек можно пояснить на следующем примере.

Рассмотрим две конфликтные точки пересечения. В первой интенсивность конфликтующих потоков составляют 900 и 100 ед./ч, во второй 500 и 500 ед./ч. При использовании показателя, соответствующего сумме интенсивностей, возникает вывод о равной опасности этих конфликтных точек. Если применить показатель, пропорциональный произведению интенсивностей, то вторая точка является более опасной.

Положительной стороной методики является то, что она позволяет сравнивать различные варианты при проектировании пересечений и даёт возможность применения для нерегулируемых пешеходных переходов, но тоже весьма условно.

Шкала показателей организации движения пешеходов в транспортных узлах [10] оценивает виды организации движения пешеходов по 10-балльной системе. Причем показатель балла для каждого направления движения должен быть умножен на количество пешеходов и транспорта, которые проходят по этому направлению, так как оценка удобства или неудобства расположения пешеходного перехода зависит от количества пешеходов в каждом направлении движения и транспорта. Данная методика основана на визуальной оценке затрат пешеходами энергии и времени на преодоление переходов, однако более эффективной будет методика основанная на фактических затратах пешеходами энергии времени.

Данная методика применяется для оценки удобства расположения пешеходных переходов, а не оценки опасности для пешеходов и транспорта. Также она не учитывает специфические особенности дорожной сети, обусловленные влиянием совокупности факторов, предполагается, что все показатели шкалы

соответствуют идеальным. К тому же не учитывается пропускная способность, привлекательность и удобство объектов для движения в реальных условиях, то есть отсутствует связь с постоянно меняющейся ситуацией на дорожной сети. Данная методика является как бы информацией к сведению и не имеет рекомендаций по применению. Однако она отличается простотой применения, наглядностью и чёткой систематизацией показателей.

Согласно [10], риск пересечения улиц пешеходами оценивается показателями, указанными в таблице 1.3.

Таблица 1.3 Показатели опасности пересечения пешеходами проезжей части

№	Вид перехода	Показатель опасности
1	Переходы с разметкой «зебра»	1,0
2	Регулируемые перекрестки с островками безопасности	1,03
3	Регулируемые перекрёстки без островков безопасности	1,51
4	Нерегулируемые перекрестки с островками безопасности	2,03
5	Нерегулируемые перекрестки без островков безопасности	2,54
6	Участки улиц между оборудованными переходами	2,86

Объединение метода коэффициента аварийности, показателя аварийности, метода оценки по взаимному контакту транспортных потоков и шкалы показателей организации движения пешеходов в транспортных баллах основано на том, что данные методики можно применить для существующих и проектируемых дорог, но это не будет достаточно достоверно и объективно.

Существует ещё одна методика для оценки безопасности движения пешеходов - это единая методика определения степени безопасности движения на пешеходных переходах, разработанная институтом инженеров транспорта США [127]. Суть её заключается в том, что на нерегулируемых переходах пешеходы ждут возникновения достаточного интервала в транспортном потоке,

который позволяет им пересечь проезжую часть. Так как интервалы в потоке транспорта неопределенны по времени, это приводит к тому, что пешеходы теряют терпение и могут пересекать улицу при небезопасном интервале между транспортными средствами.

Данная методика предполагает проведение натурных исследований конкретных пешеходных переходов для определения количества рядов пешеходов N , пересекающих проезжую часть на исследуемых пешеходных переходах, ширины пересекаемой проезжей части W , а также фактического времени задержки движения пешеходов D .

Количество рядов пешеходов определяется из предположения, что группа пешеходов, пересекая проезжую часть, образует колонну по пять человек в ряд.

Минимальный разрыв транспортного потока, достаточный для пропуска группы пешеходов (85% вероятности) по переходу через улицу шириной W , именуется «временем достаточного разрыва» G :

$$G = \frac{W}{1,08} + 3 + 2(N - 1), \quad (1.9)$$

где $\frac{W}{1,08}$ - время, затрачиваемое на пересечение проезжей части пешеходом, с; 1,08 - расчетная скорость движения пешеходов, соответствующая пешеходам возрастной группы 60...70 лет при движении спокойным шагом, м/с; 3 - время задержки восприятия и реакции пешехода, с; $2(N - 1)$ - дополнительное время, требуемое для пересечения проезжей части группой пешеходов, с.

Фактическое время задержки определяется следующим образом. С помощью хронометра производятся замеры интервалов времени между проезжающими транспортными средствами. Так как пешеходы пересекают проезжую часть в интервалы, равные или превышающие время G , то сумма их дает общее время t для перехода проезжей части. Время задержки движения пешеходов получается вычитанием общего времени перехода из общего времени обследования T .

Относительное время фактической задержки движения пешеходов D :

$$D = \frac{T-t}{T} * 100 \quad (1.10)$$

Потребность в защите нерегулируемых пешеходных переходов основана на следующем:

- максимальная задержка пешехода не должна превышать принятой задержки при регулировании движения светофором с циклом 60 с;
- введение регулируемого пешеходного перехода осуществляется, когда интервалы необходимые для пересечения проезжей части пешеходами возникают реже одной минуты.

Для определения потребности в специальных защитных мероприятиях на рассматриваемом переходе можно применять график, приведенный на рисунке 1.2.

Откладывая время задержки движения пешеходов D по горизонтальной оси и ширину проезжей части W по вертикальной оси, находится точка относительного времени задержки пешеходов.

Линии N на графике строятся исходя из следующей зависимости (для различной ширины проезжей части W)

$$D_h = \frac{c-g}{c} * 100 \quad (1.11)$$

где D_h - допустимое время задержки движения, с.

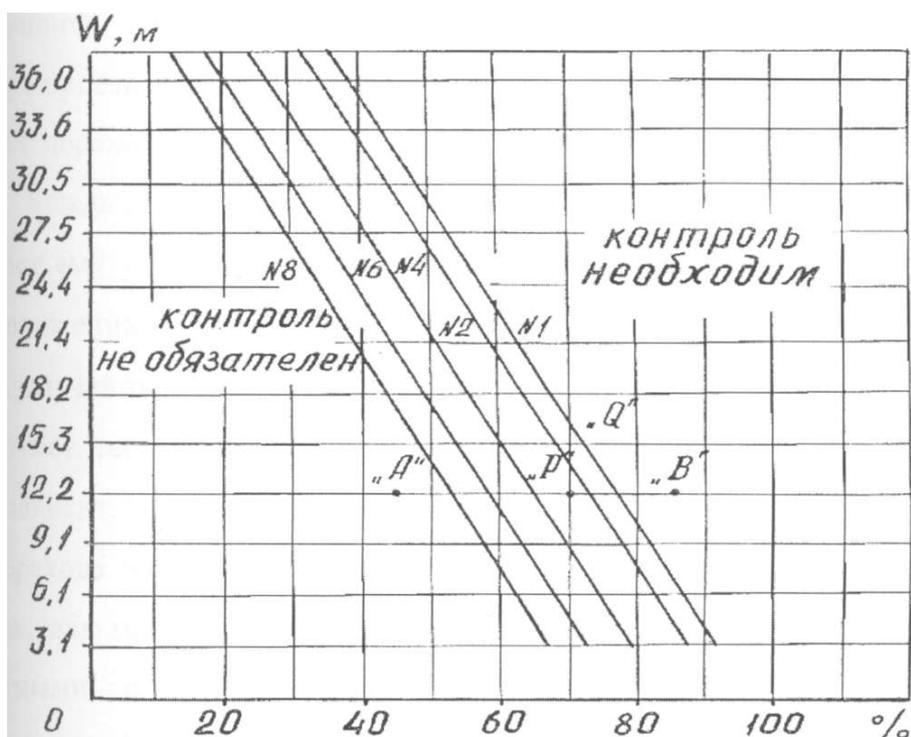


Рисунок 1.2—График для определения потребности в средствах защиты пешеходных переходов, где $N 1 \dots N 8$ - количество рядов

Методика позволяет определить потребность введения дополнительных средств защиты пешеходов по конфликту «автомобиль-пешеход», то есть позволяет обозначить границы применимости средств защиты нерегулируемых пешеходных переходов, а также регулируемых пешеходных переходов на перекрестках, при одновременном движении пешеходов и поворачивающих автомобилей.

Доминирующим фактором в данной методике рассматривается минимальная скорость пересечения пешеходами проезжей части, однако особенностью движения пешеходов является то, что они переходят через проезжую часть со случайными скоростями своего движения. Каждый пешеход выбирает такую скорость перемещения, которая обеспечивает ему удобный и безопасный переход через дорогу. Это означает, что скорость движения у каждого пешехода может быть своя, и она зависит от множества случайных субъективных факторов. Психофизиологическое состояние человека имеет тесную связь с его возрастом и поэтому скорость перемещения пешехода зависит, прежде всего, от возраста, а также от его пола. Следовательно, условия перехода через

проезжую часть будут иметь для этих пешеходов разные оценки. Так, для молодых людей условия перехода через дорогу могут оказаться благоприятными, а для старых - те же условия могут расцениваться как неблагоприятные. В зависимости от того, какая возрастная группа в большинстве случаев пользуется пешеходным переходом, скорости движения можно принять соответствующими данной группе. То есть, если пешеходный переход находится возле учебных заведений, то скорость движения и темп пешеходов можно принять большими, относительно предложенных в методике. А если переход находится в зоне расположения поликлиник или детских садов, где основной состав пешеходов будет старшего возраста или с детьми, то скорости пересечения проезжей части можно принять меньшими. Таким образом, граница потребности в средствах защиты будет для отдельных пешеходных переходов строго индивидуальной, что позволит вводить светофорное регулирование на данных участках дороги в более обоснованном порядке. Возрастной состав и его процентное соотношение можно определить путем натурных наблюдений на каждом в отдельности пешеходном переходе с учетом объектов пешеходного тяготения, находящихся в зоне действия пешеходного перехода.

Способ определения задержки в данной методике позволяет сделать вывод, что она применяется только для однополосных дорог, что не соответствует реальным условиям на многополосных дорогах.

1.4. Прогнозирование риска конфликтных ситуаций на транспорте

Происходящие на пересечениях автомобильных дорог ДТП могут рассматриваться в виде случайных событий, происходящих с определённой вероятностью. Показатель опасности, тяжести и частоты таких событий на дорожных пересечениях могут характеризоваться числовым параметром, представляющим собой характеристику вероятности возникновения события в зависимости от перечня входящих факторов. Территория пересечения дорог при этом может рассматриваться как зона риска возникновения ДТП.

Вопросы оценки опасности объектов, на которых возможно возникновение чрезвычайных ситуаций рассмотрены в работах О.Г. Фаустовой[110], посвящённой разработке методики интегральной оценки управления риском возникновения чрезвычайных ситуаций на морском транспорте.

В работе [110] автор рассматривает возможность принятия решений по уменьшению риска возникновения аварийных происшествий на транспорте. При этом О.Г. Фаустова обозначает следующие этапы риска возникновения аварийных ситуаций:

- обозначение формирующих риск факторов;
- значимость обстоятельств и повторяемость случаев риска;
- изучение обстоятельств появления случаев риска.

Повышение безопасности грузоперевозок при одновременном снижении частоты возникновения ситуаций риска автор [110] предлагает решать посредством расчёта интегральной оценки управления рисками возникновения угрозы аварийных ситуаций. Предлагаемая О.Г. Фаустовой комплексная методика расчёта риска предусматривает использование числового массива статистических данных с по реализации алгоритма сценария протекания аварийной ситуации, как показано на рисунке 1.3.

Здесь анализ банка данных позволяет осуществить ранжирование случайных событий, связанных с риском, составить уравнение тренда и выбрать конкретную модель, формирующую состояние безопасности движения транспорта посредством расчёта количественных показателей риска при перевозке груза.



Рисунок 1.3 Обобщенная схема развития сценария ситуации, связанной с риском при перевозке груза

В качестве вспомогательной задачи О.Г. Фаустова [110] рассматривает имитационную логистическую модель на годовом интервале в виде «пуассоновского» [110] потока событий, с вероятностью наступления k события на интервал, формируется равенством

$$P\{X(t, \tau) = k\} = \frac{a^k e^{-a}}{k!}, \quad (1.12)$$

где P вероятность события ситуации риска; m число логистических циклов, ед.; $X(t, \tau)$ – функция, характеризующая число случайных опасных событий; k – число опасных случайных событий в рассматриваемом интервале времени; $a = \lambda t$ – параметр, определяющий корреляцию интервала времени и числа опасных случайных событий; λ – интенсивность потока событий; t – интервал длительности логистических циклов.

Подход к решению обозначенной задачи, предложенный О.Г. Фаустовой, устанавливает ограничения, что поток логистических событий, связанных с риском находится в границах теории протекания случайных процессов. При этом автор допускает, что общий поток событий, связанных с риском при логистических операциях на транспорте формируется в составе единичных комплексов случайных логистических событий, связанных с риском по перечню первоначальных факторов. Данное положение для решения установленной логистической задачи допускает возможность использования фундаментального положения теории рисков. При этом сумма независимых потоков риска также может рассматриваться в виде интегрального потока.

На основе таких допущений О.Г. Фаустова [110] предлагает формировать вероятность ситуации риска $P(A_{ji}^l)$ в виде среднестатистической, из числа транспортных средств, участвовавших в ситуациях, связанных с риском j -го вида с l -ым ущербом к общему числу транспортных средств в осуществлении логистической операции,

$$P(A_{ji}^l) = \frac{\sum_j \sum_l \sum_i N_{jil}}{\sum_l N_l}. \quad (1.13)$$

Весовые оценки ситуаций риска j -го вида с l -ым ущербом на подконтрольном участке логистической операции протяжённостью l ,

$$\omega(A_{ji}^l) = \frac{\sum_l N_{jil}}{\sum_j \sum_l \sum_i N_{jil}}. \quad (1.14)$$

При этом вероятность появления события риска $P(A_j^l)$ формируется в виде субъективного априорного риска. Из этого следует, что событие, описываемое выражением (1.14) может формироваться как перечень гипотез, определяющих вероятность риска последующего события B_j .

О.Г. Фаустова [110] утверждает, что если осуществлена реализация риска события A_j^l , то вероятность наступления последующего события B_j , определяется возможностью применения теоремы Байеса, предусматривающей использование формулы умножения вероятностей

$$P(A_j^l | B_j) = \frac{P(A_j^l) \cdot P(B_j | A_j^l)}{\sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L P(A_j^l) \cdot P(B_j | A_j^l)}, \quad (1.15)$$

где $P(A_j^l)$ - вероятностные гипотезы риска по событию A_j^l ;

$P(B_j | A_j^l)$ – условие вероятности события B_j при вероятности риска $P(A_j^l)$.

Величина $P(B_j | A_j^l)$ характеризует уровень вероятности наступления события риска A_j^l , способной вызвать риск наступления события B_j .

Интенсивность появления аварийных ситуаций для каждого потенциально опасного участка l за время T по объективным причинам можно определить на основе статистических сведений, характеризующих степень опасности участка, по формуле

$$\gamma(B_i | A_{ji}) = \frac{\sum_j \sum_l \sum_i N_{jil}}{T_i}. \quad (1.16)$$

То же самое из расчёта на одно, проходящее по участку l транспортное средство, характеризуется выражением

$$\gamma_{(B_i|A_{jl})}^{\sum S} = \frac{\sum_j \sum_l \sum_i N_{jil}}{T_i \sum_l S_{lT}}, \quad (1.17)$$

где $\sum_l S_{lT}$ —число транспортных средств, проследовавших по логистическому интервалу l за время T .

Тогда, по мнению Я.В. Хомяка[111] вероятность наступления риска определяется

$$R(B_i|A_j^l) = 1 - \exp(-\gamma_{B_i|A_j^l} T_l), \quad (1.18)$$

$$R(B_i) = \sum_{j=1}^J P(A_j^l) \cdot R(B_j|A_j^l), \quad (1.19)$$

$$R(B) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J P(A_j^l) \cdot R(B_i|A_j^l). \quad (1.20)$$

Стоимость риска аварийной ситуации R_i^l есть произведение вероятности возникновения ситуации риска $P(B_i|A_j^l)$ на величину возможного ущерба,

$$R_i^l = P(B_i|A_j^l) \cdot \int W_i^l dt. \quad (1.21)$$

При осуществлении логистического процесса в составе нескольких видов транспорта совокупный риск аварийной ситуации формируется в виде суммы рисков для каждого вида транспорта,

$$R_w = R_1 + R_2 + R_3 + R_4, \quad (1.22)$$

где R_1 – риск ущерба, формируемый логистическими ситуациями на транспорте № 1;

R_2 – риск ущерба, формируемый нарушением безотказности транспортных средств;

R_3 – риск ущерба, формируемый логистическими ситуациями на транспорте № 2;

R_4 - риск ущерба, формируемый логистическими ситуациями на транспорте № 3.

Расчёт цены риска в логистическом процессе В.В. Столяров [104] предлагает осуществлять на базе учёта стоимости груза, транспортного средства, его сервисных затрат и аренды

$$R_{ц} = \sum_j r_n \cdot W_j, \quad (1.23)$$

где r_n – вероятность ситуации риска на пересечении потоков транспорта;

W_j – функция формирования размера ущерба при ДТП.

Авторы [104] и [110] предлагают использовать алгоритм формирования интегральной оценки риска в следующей последовательности.

На первом этапе рассчитываются априорные вероятности отказов по статистическим данным или экспертным оценкам по следующим формулам:

$$P_j^{ож} = \frac{P_j^{min} + 4P_j^{HB} + P_j^{max}}{\delta}, \quad (1.24)$$

где $P_j^{ож}$ – предполагаемая вероятность ожидания j -го отказа;

P_j^{min} – минимальная вероятность риска j -го отказа;

P_j^{HB} – наиболее значимая вероятность риска j -го отказа;

P_j^{max} – максимальная величина риска j -го отказа;

δ - дисперсия,

$$\delta = \sqrt{\frac{(P_j^{max} - P_j^{min})^2}{2}}. \quad (1.25)$$

$$\text{При этом } P_j^{HB} = \frac{2(P_j^{min} + P_j^{max})}{3}. \quad (1.26)$$

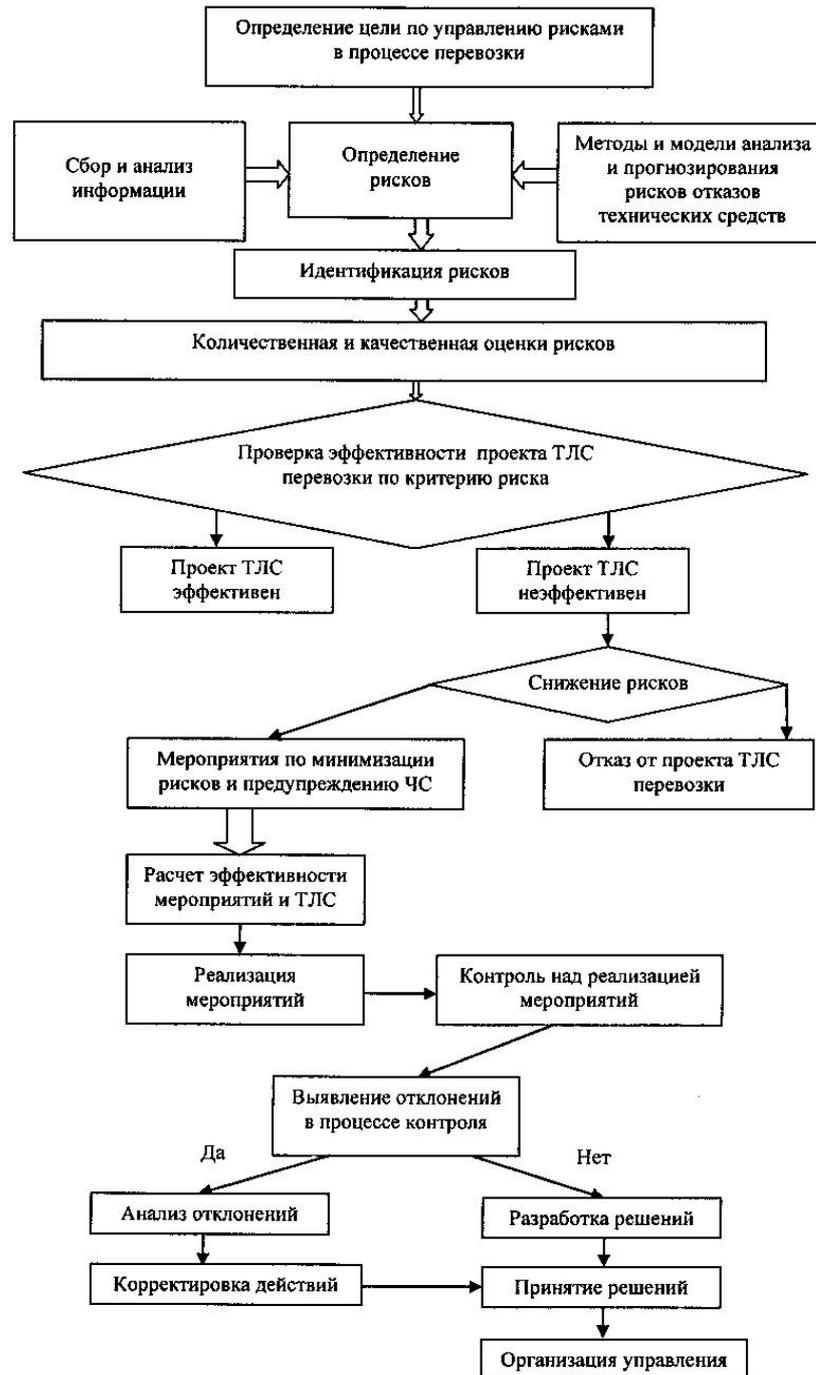


Рисунок 1.4 – Структурная схема [110] управления рисками при перевозках

Далее в работе [110] предлагается по формуле (1.14) определять весовые оценки риска, ставшие причинами аварий и по формуле (1.15) рассчитывать условные вероятности возникновения событий B_i , то есть аварий i -го вида. Такой расчёт проводится для всех этапов перевозки груза, видов транспорта и

маршрутов. После этого рассчитываются максимальные вероятности, приводящие к аварийным ситуациям i – го вида.

Средневзвешенная цена риска определяется [110] в виде суммы произведений весовых оценок отказов j - го вида с i - ым ущербом на участках l на цену риска, определяемую в виде произведения вероятностей возникновения аварийных ситуаций на вызываемый ими ущерб

$$R_{cp} = \sum_i \sum_j \omega_{il} \cdot R_{il}. \quad (1.27)$$

Для общей оценки вероятности риска, определяемая по формуле (1.27) величина сравнивается с допустимой, на основании чего принимается управленческое решение о целесообразности перевозки груза. Структурная схема управления рисками при перевозке предлагается в виде, представленном на рисунке 1.4.

Показанная на рисунке 1.4 схема может также в адаптированном виде использоваться при планировании перевозок автомобильным транспортом, когда в качестве основного показателя риска применяется интегральный показатель вероятности возникновения ДТП, образуемый частными показателями вероятности ДТП на отдельных участках дорог в составе выбранного маршрута.

1.5. Проблемная ситуация, цель и задачи исследования

Проведенный анализ теоретических и экспериментальных исследований по определению факторов опасности пешеходных переходов и перекрёстков дорог, позволяет обозначить следующие положения.

В качестве основной проблемной ситуации данного исследования выступает отсутствие прогнозных величин показателей опасности дорожных пересечений с образованием конфликтных точек по двум видам конфликта: «автомобиль-пешеход» и «автомобиль-автомобиль». Стремление к снижению числа дорожно-транспортных пересечений вынуждает организаторов движения вводить определённые ограничения по скорости транспортных средств и

по разрешённым направлениям движения на перекрёстках. Указанные мероприятия дают определённый эффект, однако, научно обоснованные рекомендации для назначения точных границ ограничения скоростного режима и их вариаций по времени суток в настоящее время отсутствуют. Также отсутствуют научно обоснованные рекомендации, определяющие границы перехода от нерегулируемого режима работы пешеходного перехода к регулируемому режиму и, наоборот, в зависимости от нагрузки на переход по величинам интенсивности движения пешеходов и автомобилей.

Данная задача предопределяет необходимость разработки системы прогнозирования опасности нерегулируемых пешеходных переходов и перекрёстков на основе систематизации экспериментальных статистической информации о базе данных ДТП и натурных обследований с возможностью аппроксимации результатов на проектируемые участки дорог с повышенной опасностью.

Выводы по главе

Для решения поставленной в работе задачи необходимо решение следующих вопросов.

1. Уточнение методов оценок опасности нерегулируемых пешеходных переходов и перекрёстков дорог по видам конфликтных ситуаций.
2. Формирование базы данных о ДТП на исследуемых участках и движении на них пешеходов и транспорта в режиме текущего времени.
3. Разработка расчётной модели, позволяющей определять прогнозные оценки опасности нерегулируемых пешеходных переходов и перекрёстков в зависимости от входных характеристик дорожного пересечения.
4. Определение границ целесообразности перехода от нерегулируемого режима работы пешеходного перехода и перекрёстка к регулируемому режиму.

2. РАСЧЁТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПАСНОСТИ КОНФЛИКТНЫХ ТОЧЕК НА ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ

2.1. Систематизация факторов ДТП и оценка опасности нерегулируемого пешеходного перехода

Согласно [13] риск возникновения ДТП, как случайного события, при проезде автомобилем нерегулируемого пешеходного перехода, может рассматриваться как явление, характеризующееся четырьмя случайными функциями:

- интенсивностью пешеходного потока;
- интенсивностью автомобильного потока;
- скоростным режимом автомобильного потока;
- величиной превышения отдельными водителями установленного скоростного ограничения.

Таким же образом риск ДТП при совершении маневра на территории перекрёстка может характеризоваться следующими функциями:

- интенсивностью автомобильного потока в прямом направлении;
- интенсивностью автомобильного потока в пересекаемом направлении;
- скоростным режимом в прямом направлении;
- скоростным режимом в пересекаемом направлении.

При допущении об одномерном законе распределения каждой указанной функции и её дискретном виде, в качестве основной характеристики риска ДТП в одной конфликтной точке можно рассматривать математическое ожидание данного случайного процесса, согласно [67] определяемое по формуле

$$m_x(t) = M[X(t)], \quad (2.1)$$

где $m_x(t)$ – средняя характеристика случайного процесса; X – случайная величина, функционально изменяющаяся во времени t .

По данным Е.В. Лобанова [67] если случайная величина X дискретна, то её математическое ожидание находится как сумма произведений её возможных значений на их вероятности,

$$m_x = \sum_i x_i p_i, \quad (2.2)$$

где $x_i p_i$ – соответственно значение случайной величины в интервале i -том интервале и вероятность её попадания в этот интервал.

В качестве интервалов в данном случае можно рассматривать часовые, либо другие промежутки времени, а случайные величины могут рассматриваться в виде статистических данных, полученных на основе натуральных экспериментов.

По данным статистической отчётности [89] годовая оценка риска ДТП на нерегулируемом пешеходном переходе может быть определена по формуле [3]

$$p_{\text{пг}} = \frac{n_{\text{дтп}}}{N_{\text{п}} M_a}, \quad (2.3)$$

где $n_{\text{дтп}}$ – среднестатистическое годовое количество ДТП на данном пешеходном переходе;

$N_{\text{п}}$ – среднегодовая интенсивность движения пешеходов по данному переходу;

M_a – среднегодовая интенсивность движения автомобилей по конфликтным точкам данного перехода.

Определяемая по формуле (2.3) оценка риска ДТП на нерегулируемом пешеходном переходе может характеризовать среднюю годовую величину опасности перехода, но не может точно спрогнозировать мониторинг опасности объекта по более коротким временным промежуткам. Однако данная величина может использоваться в качестве средневзвешенной часовой показателя риска ДТП на переходе

$$p_{\text{пчс}} = \frac{n_{\text{дтп}}}{N_{\text{п}} M_a 365 \cdot 24}. \quad (2.4)$$

Формулы (2.3) и (2.4) ориентируются на количественный состав участников движения без учёта особенностей их качественного состава, определяющего среди них большую или меньшую склонность к реакции на возникновение скрытой опасности.

В отечественной литературе содержится относительно мало информации о ранжировании пешеходов и водителей транспорта по взаимодействию с фактором скрытой опасности. В англоязычной литературе рассматриваются принципы ранжирования участников движения по гендерным признакам, возрастным категориям, психологическим особенностям личности, однако информации о разделении участников движения на группы по их реакции на появление фактора скрытой опасности не приводится.

Согласно [50], а также результатам наблюдений, изложенным в главе 3 настоящей работы, поток пешеходов, переходящих проезжую часть по нерегулируемому переходу, можно разделить на следующие группы.

1. Пешеходы, остановившиеся перед переходом и ждущие паузу в потоке автомобилей, при появлении которой совершают движение по переходу.

2. Пешеходы, выполняющие требования п.п. 4.5 и 4.6 Правил дорожного движения, осуществляющие движение по переходу, убедившись, что водители автомобилей в соответствии с требованиями п.п. 14.1 и 14.2 ПДД их пропускают.

3. Пешеходы, осуществляющие движение по переходу без ощущения фактора скрытой опасности, не ориентирующиеся на движение автомобильного потока.

В любом варианте своего движения пешеходы реализуют своё право на переход проезжей части по обозначенному нерегулируемому пешеходному переходу.

Как известно [29], в качестве причин ДТП на нерегулируемых пешеходных переходах можно рассматривать несоблюдение водителями требований п.п. 14.1 и 14.2 Правил дорожного движения, к чему в качестве сопутствующих факторов можно отнести превышение установленного скоростного лимита. Кроме этого действие человеческого фактора проявляется при недооценке скрытой опасности, когда водитель ориентируется на пешеходов из группы 1, остановившихся у перехода, но не ступивших на переход и из этой группы неожиданно для водителей выделяются пешеходы из группы 3.

В среде водителей также можно выделить следующие психологические группы, относящиеся к человеческому фактору.

1. Водители, чётко соблюдающие требования п.п. 14.1 и 14.2, не превышающие скоростные ограничения, останавливающие транспортные средства перед переходом при наличии пешеходов группы 1, подошедших к переходу, но не решающихся начать движение.

2. Водители, не превышающие скоростные ограничения, но продолжающие движение при наличии пешеходов из группы 1, остановившихся перед переходом, но не ступившим на переход. При появлении пешеходов на переходе, водитель снижает скорость, либо останавливает транспортное средство.

3. Водители, стремящиеся соблюсти требования п.п. 14.1 и 14.2 ПДД, но систематически превышающие скоростные ограничения.

4. Водители, пренебрегающие требованиями п.п. 14.1 и 14.2 и превышающие установленные скоростные ограничения.

При анализе ДТП на нерегулируемых пешеходных переходах в качестве потенциальных виновников следует рассматривать водителей, относящихся к группам 3 и 4, пренебрегающих требованиями соответствующих пунктов ПДД. В качестве сопутствующего человеческого фактора можно рассматривать движение пешеходов из группы 3, не учитывающих действие фактора скрытой опасности.

С учётом указанного показатель риска ДТП на одной конфликтной точке нерегулируемого пешеходного перехода, располагаемой на одной полосе движения транспортных средств, за конкретный временной промежуток, образуется следующими функциями:

- интенсивностью потока пешеходов, относящихся к группе 3, не учитывающих фактора скрытой опасности;

- интенсивностью движения автомобилей по данной полосе, водители которых относятся к группе 2, не учитывающих фактор скрытой опасности при появлении на переходе пешеходов группы 3;

- интенсивностью движения автомобилей по данной полосе, водители которых относятся к группе 3, допускающие резкое торможение перед переходом;

- интенсивностью движения автомобилей по данной полосе, водители которых пренебрегают требованиями Правил дорожного движения.

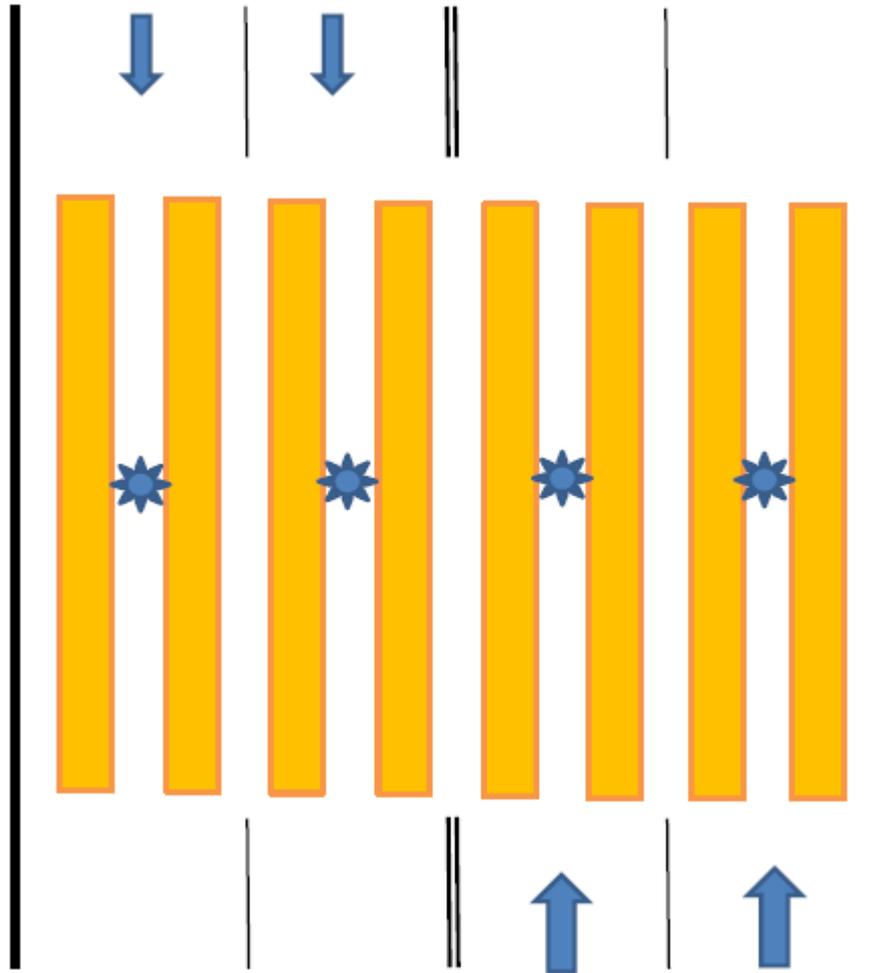


Рисунок 2.1 – Расположение конфликтных точек на нерегулируемом пешеходном переходе

С учётом [16] годовой показатель риска ДТП на i -ой конфликтной точке нерегулируемого пешеходного перехода в интервале времени может рассматриваться в виде

$$p_i = \frac{n_{i \text{ дтп}} k_{пз} k_{ia3} k_{ia4} V_i k_{i v}}{N_{п} M_{ia} k_{ду} l_{ост}}, \quad (2.5)$$

где $n_{i \text{ дтп}}$ – среднестатистическое годовое количество ДТП на i -ой конфликтной точке пешеходного перехода;

$k_{п3}$ – коэффициент учёта в общем потоке пешеходов группы 3, осуществляющих переход без ощущения скрытой опасности, определяющийся по отношению интенсивности движения пешеходов $N_{п3}$ из группы 3 к суммарной интенсивности пешеходного движения $N_{п}$,

$$k_{п3} = \frac{N_{п3}}{N_{п}}; \quad (2.6)$$

k_{ia3} и k_{ia4} – соответственно коэффициенты учёта автомобилей групп 3 и 4, водители которых движутся по i -ой конфликтной точке с превышением скоростного режима, определяющийся по отношению интенсивности движения автомобилей из групп 3 и 4 M_{ia3} и M_{ia4} к суммарной интенсивности движения автомобилей M_{ia} , проезжающих по i -ой конфликтной точке,

$$k_{ia3} = \frac{M_{ia3}}{M_{ia}}; \quad k_{ia4} = \frac{M_{ia4}}{M_{ia}} \quad (2.7)$$

V_i – действующее ограничение максимальной скорости движения транспорта на i -ой полосе в км/ч;

k_{iv} – коэффициент учёта превышения скорости водителями автомобилей относительно установленного лимита, определяющийся по отношению среднего арифметического скорости автомобилей из групп 3 и 4 m_{v34} к среднему арифметическому скорости транспортного потока $m_{vтп}$, проходящего через i -ую конфликтную точку,

$$k_{iv} = \frac{m_{v34}}{m_{vтп}}; \quad (2.8)$$

$N_{п}$ – среднестатистическая часовая интенсивность движения пешеходов по пешеходному переходу;

M_{ai} – среднестатистическая часовая интенсивность движения автомобилей по i -ой конфликтной точке пешеходного перехода;

$k_{дy}$ – коэффициент учёта климатических условий, определяющийся по отношению среднестатистической текущей величины коэффициента сцепления колёс с дорогой φ_x к максимальной величине данного коэффициента $\varphi_{x \max}$, характерной для сухого асфальта,

$$k_{\text{ду}} = \frac{\varphi_x}{\varphi_{x \text{ max}}}; \quad (2.9)$$

$l_{\text{ост}}$ – длина остановочного пути в км, соответствующая максимальной разрешённой скорости V_i и текущему значению коэффициента сцепления колёс с дорогой φ_x ,

$$l_{\text{ост}} = \frac{\frac{V_i t_{\text{рв}}}{3,6} + \frac{V_i t_{\text{рт}}}{3,6} + \frac{V_i^2}{254 \varphi_x (1 \pm \sin \alpha)}}{1000}, \quad (2.10)$$

где $t_{\text{рв}}$ и $t_{\text{рт}}$ – соответственно промежутки времени реакции водителя и тормозной системы автомобиля в размерности с;

α - угол подъёма или уклона дороги: при наличии подъёма применяется знак (+), при наличии уклона (-); на горизонтальной дороге $\alpha = 0$.

В приведении к часовому интервалу формула (2.5) может быть представлена в виде

$$p_i = \frac{n_i \text{ дтп} k_{\text{пз}} k_{\text{ia34}} V_i k_i v}{N_{\text{п}} M_{\text{ia}} k_{\text{ду}} l_{\text{ост}} 365 \cdot 24}. \quad (2.11)$$

При допущении того, что общий показатель риска ДТП на нерегулируемом пешеходном переходе, содержащем n полос движения транспорта, есть сумма показателей риска ДТП на каждой из полос,

$$p_{\text{по}} = \sum_{i=1}^n p_i. \quad (2.12)$$

Тогда формула (2.4) может быть преобразована к виду

$$p_{\text{пч}} = \frac{p_{\text{по}}}{365 \cdot 24}. \quad (2.13)$$

С учётом выделенных особенностей человеческого фактора участников движения, климатических условий, а также часовых колебаний интенсивностей движения через переход пешеходов и автомобилей, можно определить мониторинг показателя риска ДТП на переходе с часовым, либо при необходимости с любым другим интервалом. Однако по данной, относительно малой, величине затруднительно принимать конкретные управленческие решения, направленные на организационные изменения режима движения.

В связи с указанным, в данном случае предлагается для оценки опасности движения по пешеходному переходу использовать относительный показатель – коэффициент опасности $K_{оп}$, определяемый по отношению расчётного часового показателя $p_{пч}$ риска ДТП на переходе к среднестатистическому годовому показателю риска ДТП, приведённому к часовому интервалу $p_{пср}$,

$$K_{оп} = \frac{p_{пч}}{p_{пср}}. \quad (2.14)$$

Использование данной формулы позволяет определить состояние мониторинга опасности пешеходного перехода с учётом влияния интенсивности движения пешеходов и автомобильного потока, климатического фактора, скоростного режима автомобилей, а также негативного действия превышения установленного ограничения скорости.

Как было установлено в ходе настоящих исследований – в общем пешеходном потоке доля пешеходов из группы 3, не сознающих фактор скрытой повышенной опасности при движении по переходу, составляет в приведении к часовым интервалам, от 3 до 18 процентов.

В зависимости от времени суток, как показано на рисунке 2.2, наблюдаются значительные колебания такого показателя. В качестве примера был рассмотрен рабочий процесс нерегулируемого пешеходного перехода вг. Воронеже по улице Ломоносова возле дома № 114.

В зависимости от наличия дня недели, рабочего или выходного дня, состояния погодных условий, существенной разницы в изменениях коэффициента $k_{п3}$ выявлено не было, на основании чего можно заключить, что указанный коэффициент учёта в общем потоке пешеходов из группы 3 зависит, прежде всего от времени суток, но не зависит от дней недели и мало зависит от климатических факторов.

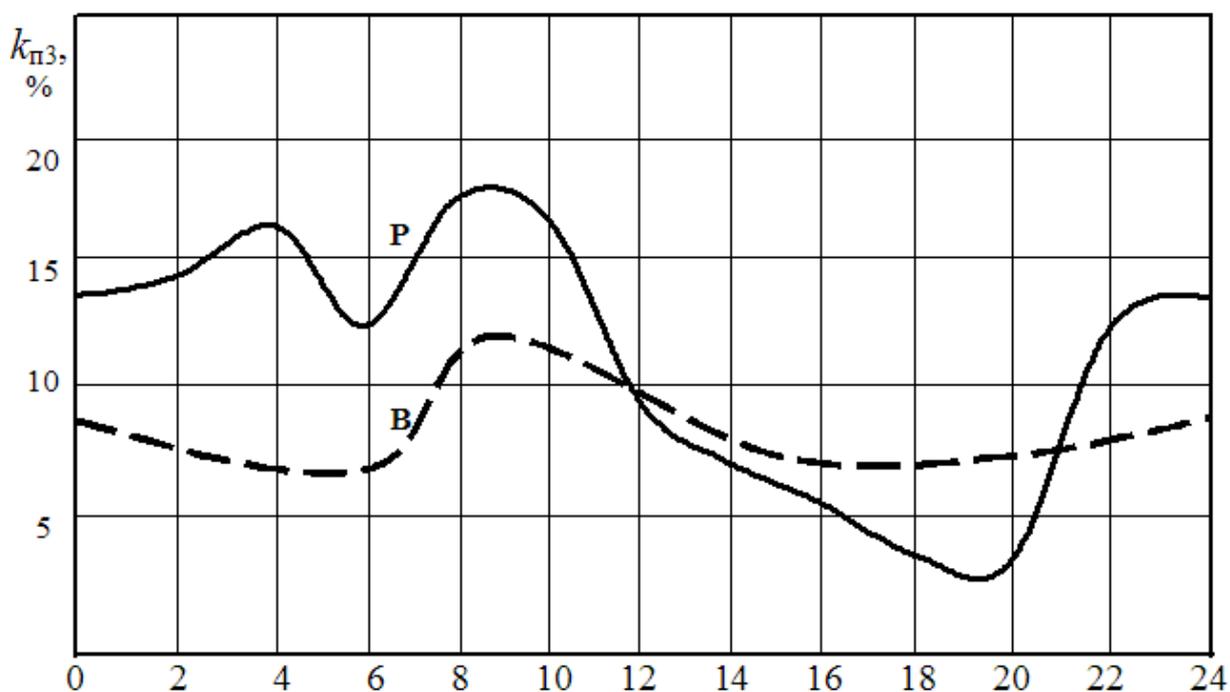


Рисунок 2.2 – Зависимость коэффициента учёта в общем потоке пешеходов из группы риска от времени суток: **P** – рабочие дни; **B** – выходные дни

Как видно из рисунка 2.2, наиболее высокий уровень пешеходов, практикующих переход проезжей части с пренебрежением фактора скрытой опасности, наблюдается в рабочие дни от 7 до 10 и от 22 до 4 часов. В выходные дни доля таких пешеходов в общем потоке снижается, однако с 8 до 12 часов наблюдается некоторое возрастание коэффициента $k_{пз}$. При этом следует учесть, что в любом случае движение таких пешеходов по нерегулируемому пешеходному переходу способствует повышению опасности перехода, но не является нарушением Правил дорожного движения.

Состояние мониторинга нерегулируемого пешеходного перехода по состоянию в общем потоке водителей из групп 3 и 4, практикующих агрессивный стиль езды, показано на рисунке 2.3.

Как видно из рисунка, наибольшее количество нарушений водителями из группы 3, по превышению скоростного режима наблюдается в период с 23 часов до 4 часов утра и с 14 до 18 часов. При этом такие водители применяют резкое торможение при появлении пешеходов, либо прибегают к маневриро-

ванию, чтобы избежать наезда. Водители из группы 4, не пропускающие пешеходов, также часто движутся с превышением скоростного режима. При этом наибольшее количество таких нарушений наблюдается в ночное и утреннее время. В период с 14 до 20 часов наблюдается меньшее количество таких нарушений.

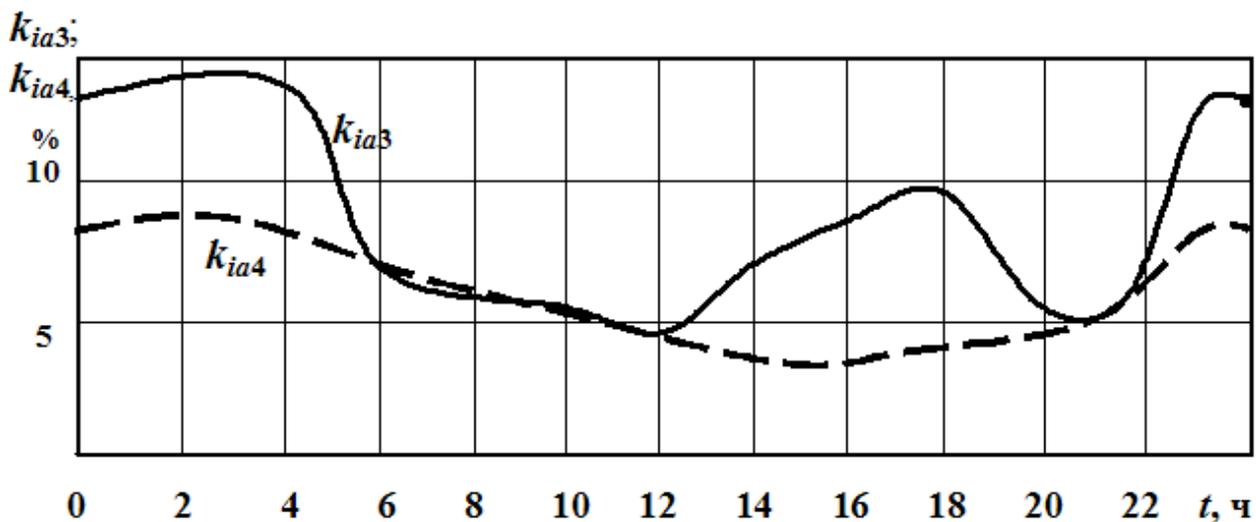


Рисунок 2.3 – Зависимость в общем потоке транспортных средств, водители которых практикуют агрессивный стиль езды от времени суток

В связи с трудностью чёткого отнесения водителей к группам 3 или 4, целесообразно допускать объединение таких групп и в расчётах использовать объединённый коэффициент k_{ia34} учёта водителей, движущихся по переходу с нарушениями Правил,

$$k_{ia34} = k_{ia3} + k_{ia4}.$$

С учётом указанных входных функций и их изменений во времени суток с использованием формул (2.4); (2.5) и (2.14) можно определить прогнозный мониторинг коэффициента опасности нерегулируемого пешеходного перехода с часовым интервалом во времени суток.

Как показывают результаты расчёта, мониторинг коэффициента опасности нерегулируемого пешеходного перехода наблюдается в диапазоне от 0,3 до 1,8. При этом наибольшую опасность представляют собой промежутки времени от 22 часов вечера до 7 часов утра следующих суток. Разность величины

этого коэффициента в днях недели и чередовании рабочих и выходных дней незначительна и находится в диапазоне $\pm 12\%$. Увеличение коэффициента опасности перехода в ночное время объясняется прежде всего ростом частоты нарушений водителями транспорта скоростного режима, а также некоторым увеличением доли пешеходов из группы 3, осуществляющих переход проезжей части без внутреннего контроля и ощущения фактора скрытой опасности.

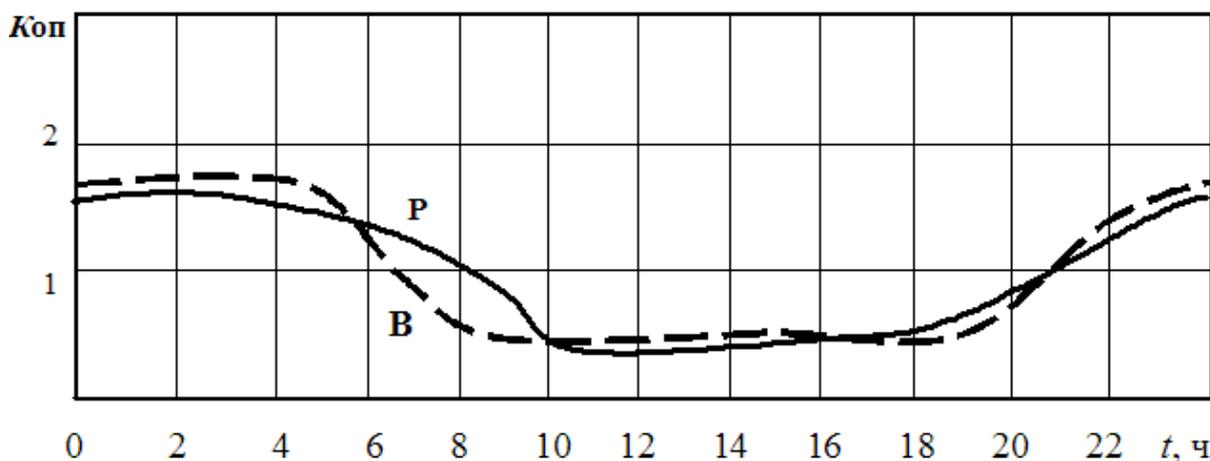


Рисунок 2.4 – Изменение коэффициента опасности нерегулируемого пешеходного перехода во времени суток: **Р** – рабочие дни; **В** – выходные дни

Поскольку при $K_{оп} = 1,0$ текущая вероятность ДТП совпадает с её среднегодовым значением, должно соблюдаться равенство

$$\int_{\min}^{1,0} K_{оп} dt = \int_{1,0}^{\max} K_{оп} dt ,$$

то есть площадь под кривой выше линии $K_{оп} = 1,0$ должна быть равна площади над кривой ниже линии $K_{оп} = 1,0$.

В периоды времени суток с 9 до 18 часов в рабочие дни и с 8 до 19 часов в выходные дни коэффициент опасности перехода изменяется незначительно в диапазоне от 0,3 до 0,5, что можно объяснить наличием уровня достаточно высокой дисциплины участников движения, как пешеходов, так и водителей транспорта.

Зависимость коэффициента опасности нерегулируемого пешеходного перехода от интенсивности пешеходного потока при постоянстве всех остальных показателей показана на рисунке 2.5.

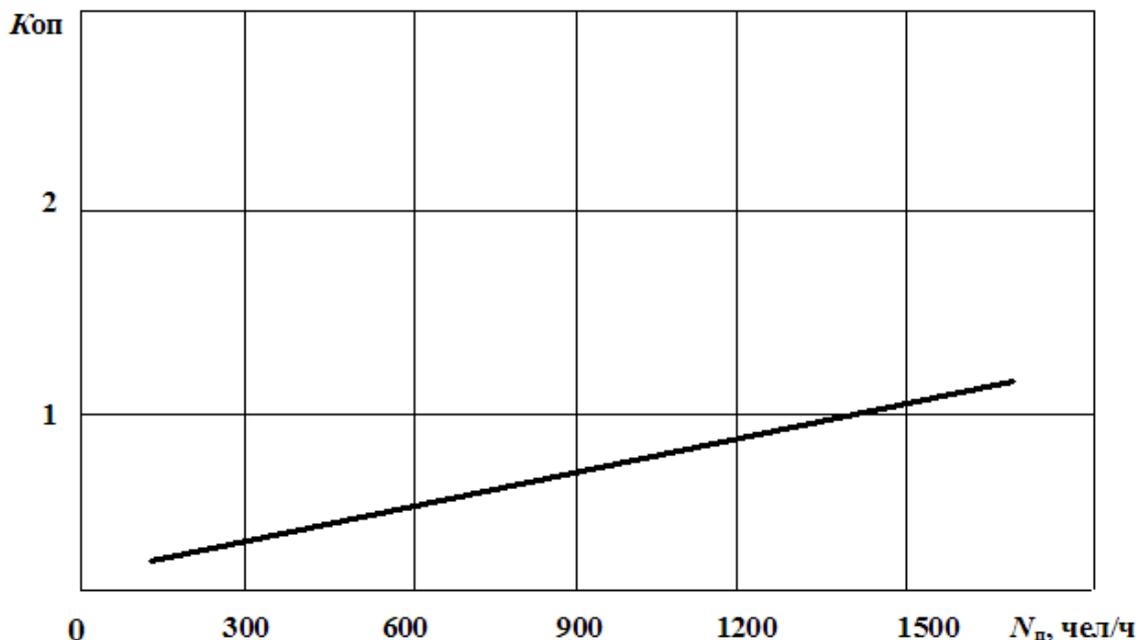


Рисунок 2.5 – Зависимость коэффициента опасности нерегулируемого пешеходного перехода от интенсивности движения пешеходов

В данном случае, как показано на рисунке, наблюдается линейная зависимость коэффициента опасности перехода от интенсивности движения пешеходов. При этом уровень среднестатистической годовой опасности при $K_{оп} = 1$ начинает превышать, когда интенсивность N_p превысит 1450 чел/ч.

Подобный вид представляет собой показанная на рисунке 2.6 зависимость коэффициента опасности перехода от интенсивности движения автомобилей, если принять постоянными все сопутствующие показатели, входящие в формулу (2.10).

В данном случае для упрощения расчётов были приняты одинаковыми количественные значения интенсивностей движения пешеходов и автомобилей и соответствующие интервалы их изменений. Как видно из рисунка 2.6, зависимость коэффициента опасности перехода от интенсивности движения автомобилей имеет линейный вид, однако точка среднестатистического годового значения такого коэффициента, когда $K_{оп} = 1,0$ достигается при интенсивности движения автомобилей $M_a = 600$ авт/ч. Данное обстоятельство объясня-

ется различием коэффициентов учёта $k_{пз}$ пешеходов, осуществляющих переход проезжей части без учёта фактора скрытой опасности, k_{ia3} автомобилей, водители которых превышают скоростной режим, но при появлении пешеходов на переходе, прибегают к резкому торможению, а также k_{ia4} автомобилей, водители которых не пропускают пешеходов, осуществляющих движение по пешеходному переходу.

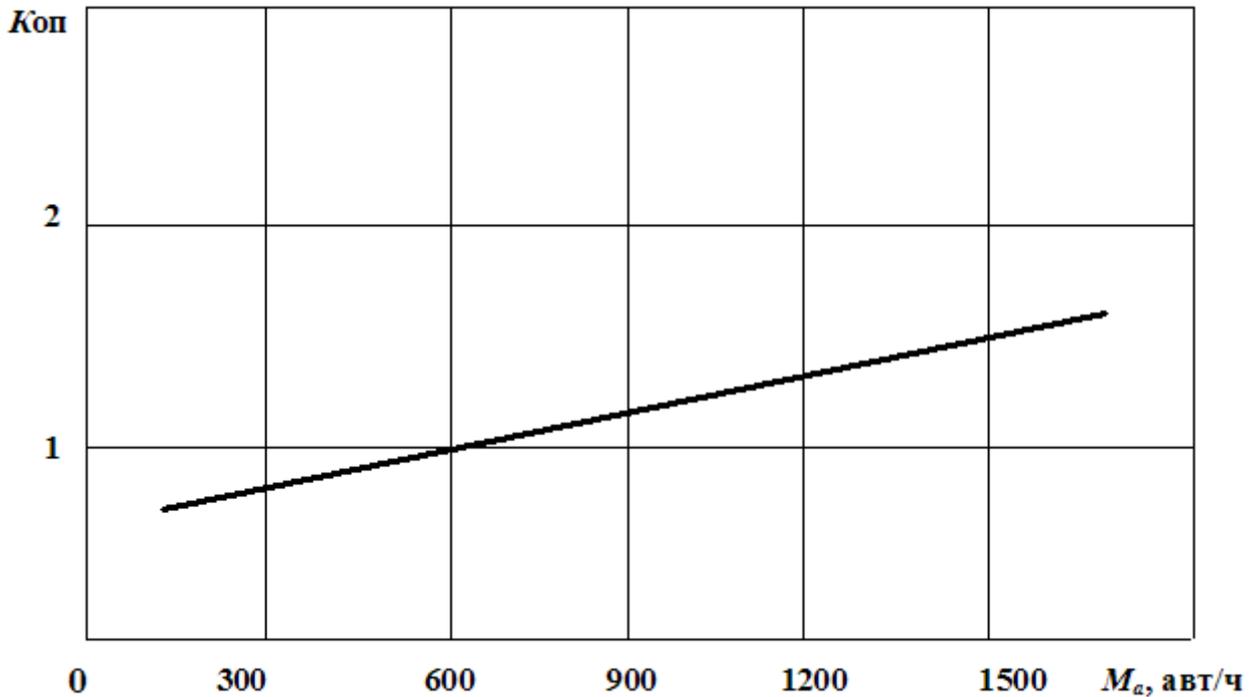


Рисунок 2.6 - Зависимость коэффициента опасности нерегулируемого пешеходного перехода от интенсивности движения автомобилей

В случае, если принять одновременное изменение как пешеходного, так и автомобильного потока, можно получить нелинейную возрастающую зависимость коэффициента опасности перехода при одновременном изменении интенсивностей $N_{п}$ пешеходов и M_a автомобилей, как показано на рисунке 2.7.

При расчёте зависимости, показанной на рисунке 2.7, были приняты одинаковые значения интенсивностей движения пешеходов и автомобилей. Однако в каждом конкретном случае такие данные могут различаться, что может несколько видоизменять показанную на рисунке 2.7 зависимость, которая в любом случае будет оставаться нелинейно возрастающей.

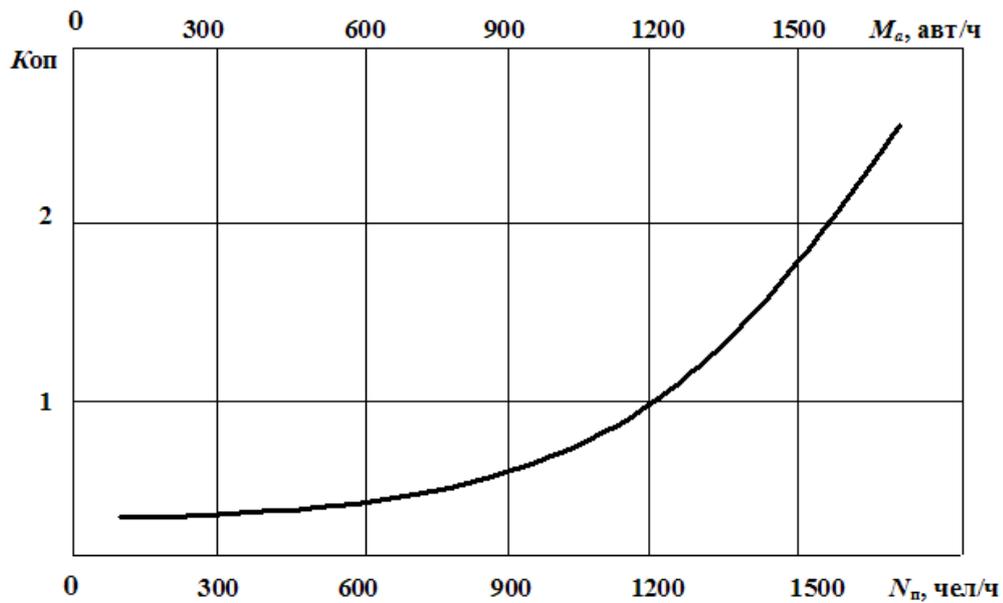


Рисунок 2.7 – Зависимость коэффициента опасности пешеходного перехода при одновременном изменении интенсивности движения пешеходов и автомобилей

При анализе факторов, определяющих уровень опасности нерегулируемого пешеходного перехода, определённое значение имеет предписанная верхняя граница скоростного режима движения транспорта при подъезде к переходу, а также показатель соблюдения водителями предписания данного ограничения.

При постоянстве факторов, определяющих уровень опасности перехода, возрастание верхнего предела скорости, предписанной при движении перед переходом, вызывает нелинейное увеличение коэффициента опасности перехода, как показано на рисунке 2.8.

Как видно из рисунка 2.8, при ограничении скорости движения транспорта перед нерегулируемым пешеходным переходом от 40 до 60 км/ч коэффициент опасности перехода соответственно составляет от 0,2 до 0,3. Однако при повышении верхнего предела скоростного режима более 60 км/ч наблюдается резкое нелинейное повышение коэффициента опасности перехода, например, когда при скорости $V_i = 90$ км/ч $K_{оп} = 1,0$, а при $V_i = 100$ км/ч $K_{оп} = 2,0$.

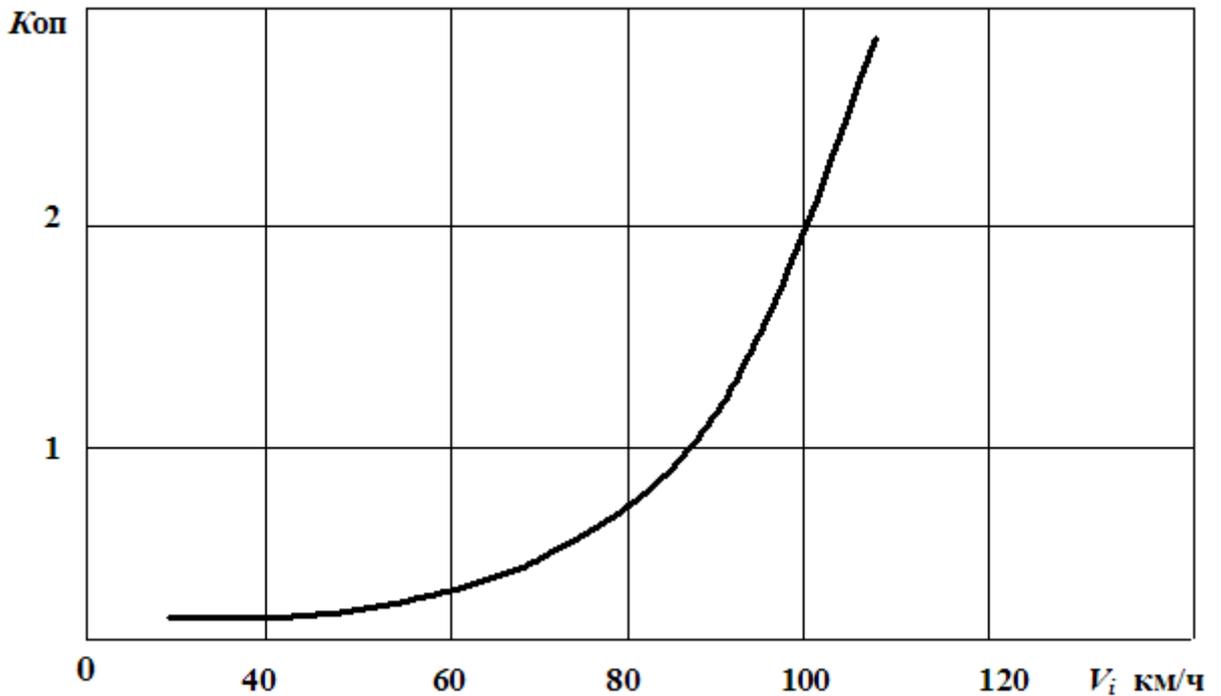


Рисунок 2.8 – Зависимость коэффициента опасности пешеходного перехода от предписанного ограничения скоростного режима движения транспорта

Зависимость, показанная на рисунке 2.8, свидетельствует о высокой значимости верхней границы интервала скоростного режима транспорта, предписанного в зоне перед переходом, на уровень опасности нерегулируемого пешеходного перехода.

При рассмотрении вопроса действия скоростного ограничения перед переходом на уровень его опасности необходимо выяснение влияния фактора превышения отдельными водителями предписанного скоростного режима. При этом в качестве вариативного фактора был использован безразмерный коэффициент превышения скорости K_v , определяемый по формуле (2.8), по отношению математического ожидания скорости автомобилей, водители которых практикуют агрессивный стиль езды к математическому ожиданию средней скорости транспортного потока.

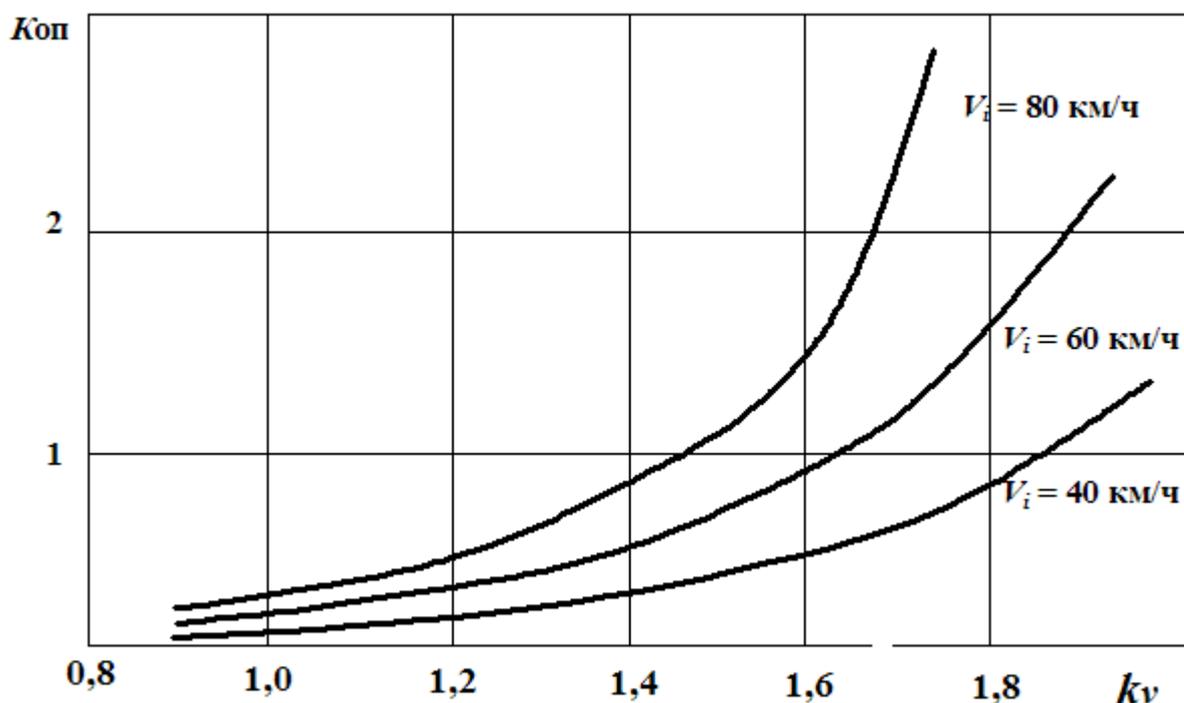


Рисунок 2.9 – Влияние коэффициента превышения скорости на уровень опасности нерегулируемого пешеходного перехода

В данном случае в качестве входного вариативного фактора было назначено изменение коэффициента превышения скорости в пределах от 0,8 до 2,0. Как видно из рисунка 2.9, при скорости транспортного потока $v_{тп} = 40$ км/ч при превышении скорости некоторыми водителями до 80 км/ч коэффициент опасности перехода возрастает от 0,2 до 1,5. При дальнейшем увеличении скорости транспортного потока наблюдается резкий нелинейный рост коэффициента опасности перехода. При скорости транспортного потока перед переходом $V_{тп} = 80$ км/ч и отсутствии транспортных средств, водители которых превышают данный скоростной режим, коэффициент опасности перехода составляет $K_{оп} = 0,3$. При появлении в таком транспортном потоке водителей, практикующих превышение данного скоростного режима в два раза, то есть до 160 км/ч, коэффициент опасности перехода превышает $K_{оп} > 3,5$.

Показанный на рисунке 2.9 график иллюстрирует, что основную опасность нерегулируемого пешеходного перехода формирует не столько ограничение верхнего предела скоростного режима, сколько превышение данного

ограничения водителями, практикующими значительные превышения установленных скоростных режимов.

В работах многих авторов [5], [20], [45] указывается о влиянии дорожных условий на безопасность движения транспорта и, соответственно, на уровень безопасности пешеходных переходов. В настоящем случае была предпринята попытка выяснения влияния состояния дорожной поверхности на величину коэффициента опасности нерегулируемого пешеходного перехода. В качестве исходных задаваемых величин использовались значения коэффициента сцепления колёс с дорогой в продольном направлении φ_x и конкретные величины предписанного ограничения скорости транспорта перед переходом.

Как видно из рисунка 2.10, при ухудшении дорожных условий, сопровождаемых уменьшением коэффициента сцепления колёс с дорогой, происходит увеличение коэффициента опасности перехода, и такое увеличение коэффициента $K_{оп}$ наблюдается тем выше, чем больше предписанное ограничение скорости перед переходом.

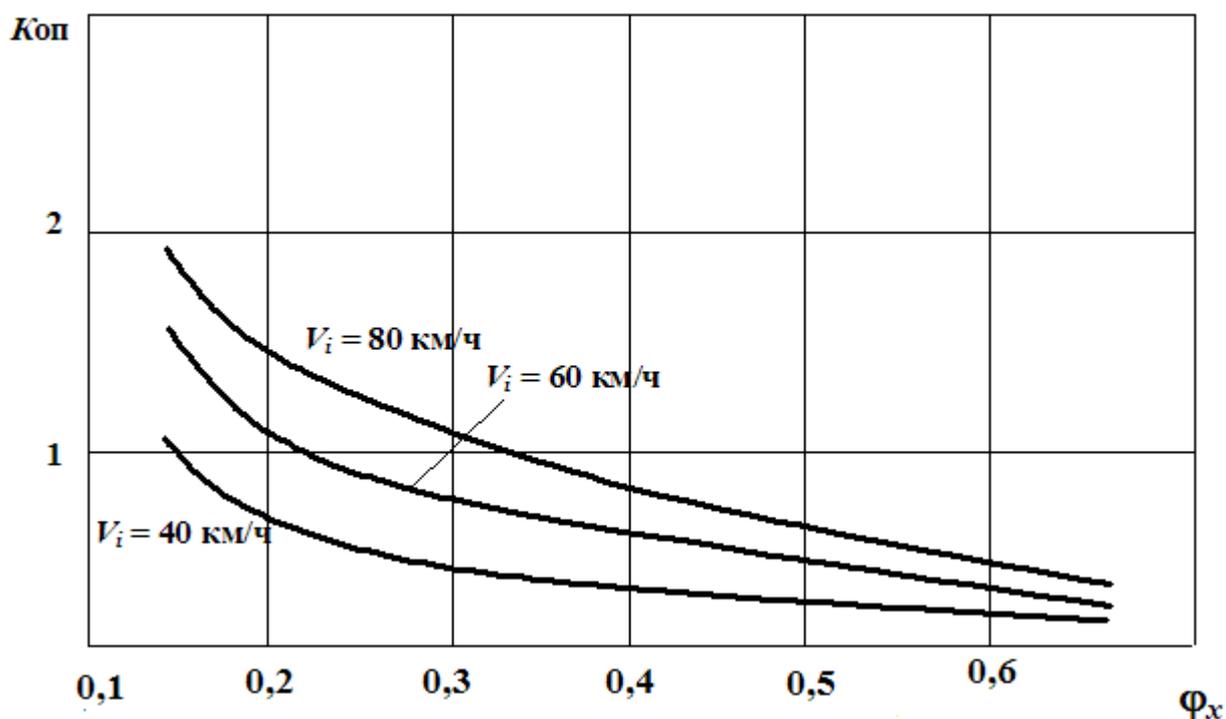


Рисунок 2.10 – Влияние дорожных условий на коэффициент опасности пешеходного перехода с учётом действия скоростных ограничений

Как видно из рисунка 2.10, при снижении коэффициента сцепления колёс с дорогой верхний предел скоростного ограничения, а следовательно, и скорость транспортного потока оказывает существенное влияние на величину коэффициента опасности нерегулируемого пешеходного перехода. Появление нелинейных зависимостей в данном случае согласно формулам (2.10) и (2.11) объясняется влиянием коэффициента сцепления колёс с дорогой на величину остановочного пути автомобиля при торможении.

В результате проведенного исследования установлено, что в качестве основных функций, формирующих уровень опасности нерегулируемого пешеходного перехода, следует рассматривать предписанный скоростной режим движения транспорта на участке перед переходом, непропускание пешеходов водителями транспортных средств и превышение некоторыми водителями предписанного скоростного ограничения при подъезде к переходу.

2.2. Систематизация факторов ДТП и оценка опасности регулируемого пешеходного перехода

Основной целью назначения регулирования пешеходных переходов является упорядоченное согласование временных промежутков движения пешеходов и транспорта в направлении снижения риска возникновения дорожно-транспортных происшествий. В отличие от рабочего процесса нерегулируемого пешеходного перехода в данном случае вероятность возникновения ДТП как случайного события может рассматриваться в виде процесса, характеризуемого следующими четырьмя функциями, изменяющимися в границах конкретного временного интервала:

- количество пешеходов, совершивших движение по переходу на запрещающий сигнал светофора;
- количество транспортных средств, проехавших по переходу на запрещающий сигнал светофора;
- суммарное количество пешеходов, совершивших движение по переходу в границах временного интервала;

- суммарное количество транспортных средств, проехавших по переходу в границах временного интервала.

В соответствии с тем, что первые две функции можно рассматривать как причинно-следственные составляющие ДТП на регулируемом пешеходном переходе, показатель риска возникновения дорожно-транспортного происшествия в течение часового интервала согласно [16] можно определить по формуле

$$p_{pp} = \frac{n_{дтп} N_{пзч} M_{азч} k_{зсп} k_{зса}}{365 \cdot 24 N_{пч} M_{ач}}, \quad (2.15)$$

где $n_{дтп}$ – годовое количество ДТП на переходе за прошедший год;

$N_{пзч}$ – число пешеходов, перешедших переход на запрещающий сигнал светофора в течение часового интервала;

$M_{азч}$ – количество автомобилей, проехавших переход на запрещающий сигнал светофора в течение часового интервала;

$N_{пч}$ – суммарная часовая интенсивность движения пешеходов на данном переходе;

$M_{ач}$ – суммарная часовая интенсивность движения автомобилей, пересекающих данный переход;

$K_{зсп}$ и $k_{зса}$ – соответственно коэффициенты, характеризующие длительность действия запрещающего сигнала светофора для пешеходов и для автомобилей, определяемые по формулам [34]

$$k_{зсп} = \frac{t_{зсп}}{60}; \quad k_{зса} = \frac{t_{зса}}{60}, \quad (2.16)$$

где $t_{зсп}$ и $t_{зса}$ – соответственно промежутки времени действия запрещающего сигнала для пешеходов и автомобилей в секундах.

Среднегодовую величину показателя риска ДТП на данном пешеходном переходе, приведенную к часовому интервалу можно выразить отношением

$$p_{сг} = \frac{n_{дтп} N_{пзг} M_{пзг}}{(365 \cdot 24)^2 N_{пг} M_{аг}}, \quad (2.17)$$

где $N_{пзг}$ – среднегодовая интенсивность движения пешеходов на переходе на запрещающий сигнал светофора;

$M_{пзг}$ – среднегодовая интенсивность движения автомобилей через переход на запрещающий сигнал светофора;

$N_{пг}$ – среднегодовая интенсивность движения пешеходов на данном переходе;

$M_{аг}$ – среднегодовая интенсивность движения автомобилей, пересекающих данный переход.

Коэффициент опасности регулируемого пешеходного перехода можно определить по отношению

$$K_{опр} = \frac{p_{рп}}{p_{сг}}. \quad (2.18)$$

В качестве допущений принимается, что

$$N_{пзг} = \sum_1^{365 \cdot 24} N_{пзч}; M_{пзг} = \sum_1^{365 \cdot 24} M_{пзч}; N_{пг} = \sum_1^{365 \cdot 24} N_{пч}; M_{аг} = \sum_1^{365 \cdot 24} M_{ач},$$

то есть годовые значения интенсивностей движения пешеходов и автомобилей равны суммарным соответствующим значениям их часовых показателей.

Кроме этого, было принято, что показатели $N_{пзч}$ и $M_{азч}$ движения пешеходов и автомобилей на запрещающий сигнал светофора являются составными частями соответствующих им показателей $N_{пч}$ и $M_{ач}$, характеризующих интенсивности движения пешеходов и автомобилей в часовом интервале. Аналогичным образом рассматриваются показатели $N_{пзг}$ и $M_{азг}$ движения пешеходов и автомобилей на запрещающий сигнал светофора являются составными частями соответствующих им показателей $N_{пг}$ и $M_{аг}$, характеризующих интенсивности движения пешеходов и автомобилей в годовом интервале.

Для более конкретной оценки рабочего процесса регулируемого пешеходного перехода были использованы коэффициенты учёта пешеходов $k_{пзч}$ и автомобилей $k_{азч}$, движущихся на запрещающий сигнал светофора в часовом интервале, соответственно определяемые по формулам

$$k_{пзч} = \frac{N_{пзч}}{N_{пч}}; \quad k_{азч} = \frac{M_{азч}}{M_{ач}}. \quad (2.19)$$

Как было установлено в ходе наблюдений за несколькими регулируемы пешеходными переходами на улично-дорожной сети в г. Воронеже, количество пешеходов, переходящих проезжую часть на запрещающий сигнал светофора, существенно зависит от времени суток и от длительности действия запрещающего движение по переходу сигнала.

Как видно из рисунка 2.11, доля пешеходов, переходящих проезжую часть на запрещающий сигнал светофора в общем потоке, изменяется по времени суток в пределах от 3 до 22 процентов. При этом такая доля тем выше, чем дольше действует промежуток времени горения запрещающего сигнала светофора. Подтверждается мнение авторов [34], что время горения сигнала светофора, запрещающего движение пешеходов, должно находиться в пределах 45 ... 60 секунд. Превышение такого промежутка времени вызывает осязаемое увеличение коэффициента $k_{пзч}$, характеризующего долю пешеходов в общем потоке, переходящих проезжую часть на запрещающий сигнал.

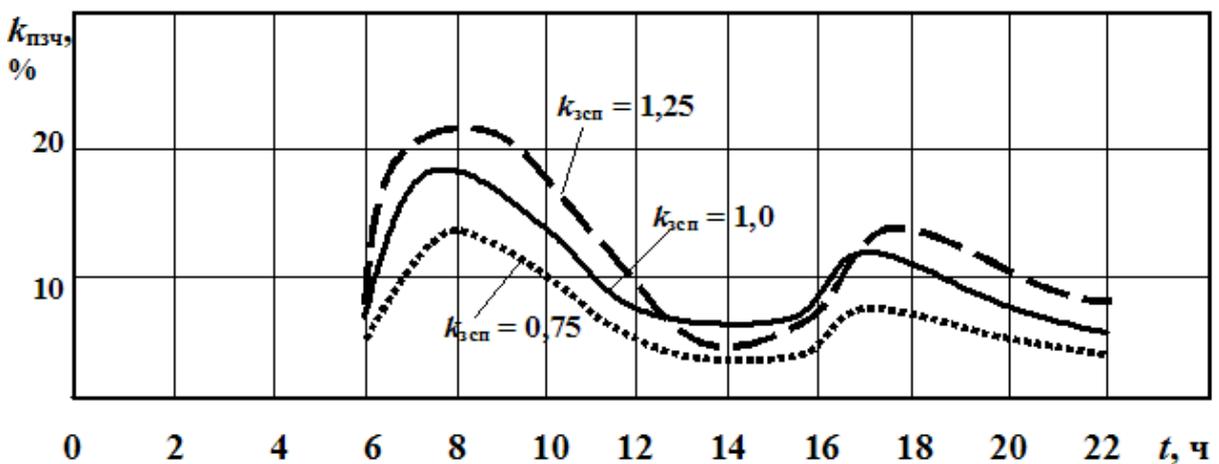


Рисунок 2.11 – Зависимость коэффициента учёта пешеходов, движущихся на запрещающий сигнал светофора от времени суток в рабочие дни

В показанном на рисунке 2.11 варианте определение коэффициента $k_{пзч}$, характеризующего движение пешеходов на запрещающий сигнал светофора, оказалось возможным только с 6 до 22 часов, поскольку с 22 до 6 часов светофоры переключались в режим жёлтого мигающего сигнала и переход переключался в режим нерегулируемого.

Аналогичным образом осуществлялся мониторинг автомобилей, движущихся через переход на запрещающий сигнал светофора.

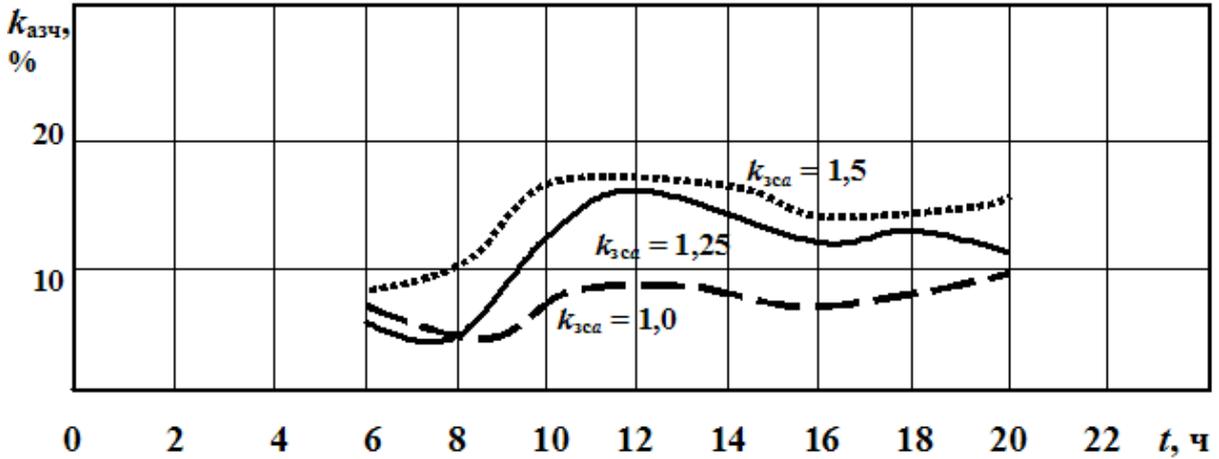


Рисунок 2.12 – Зависимость коэффициента учёта автомобилей, движущихся через переход на запрещающий сигнал светофора от времени суток

Как видно из рисунка 2.12, увеличение времени действия запрещающего сигнала также как и для пешеходов, вызывает возрастание количества нарушений водителями транспорта в виде движения через переход на запрещающий сигнал светофора. При этом наибольшее количество таких нарушений сдвигается на промежуток от 10 до 14 часов.

Как видно из приведенных зависимостей, величина коэффициента опасности регулируемого пешеходного перехода определяется многими составляющими, из которых определённую значимую роль выполняют промежутки времени действия запрещающих сигналов для пешеходов и автомобилей. В частности, для регулируемого пешеходного перехода, расположенного на проспекте Революции в г. Воронеже, возле его пересечения с улицей Комиссаржевской, при коэффициентах действия запрещающего сигнала для пешеходов $k_{зсп} = 1,5$ ($t_{зсп} = 90$ с) и для автомобилей $k_{зса} = 0,5$ ($t_{зса} = 30$ с), при зафиксированном мониторинге интенсивностей движения пешеходов и автомобилей, была получена зависимость, показанная на рисунке 2.13.

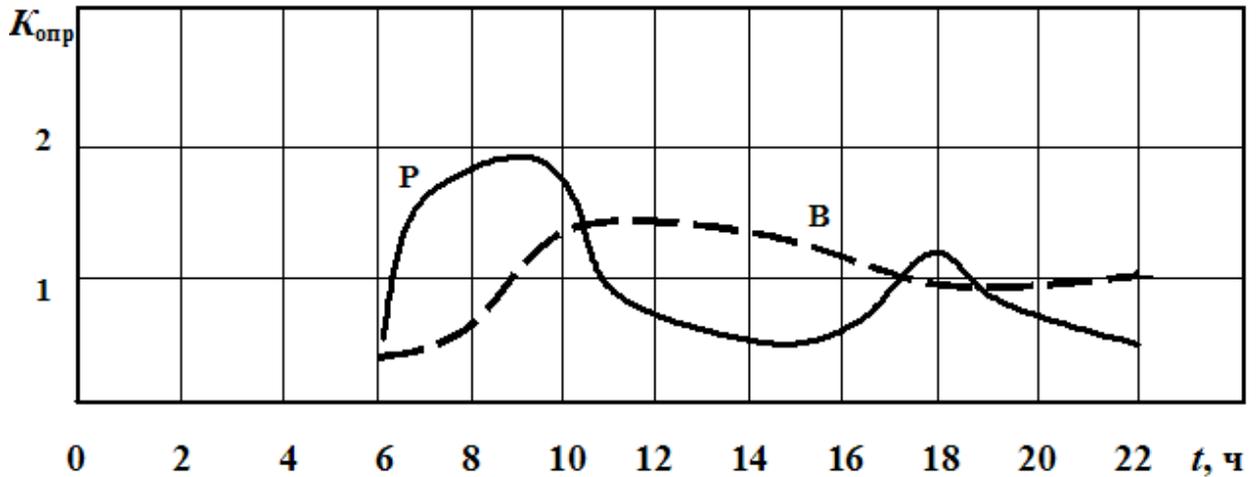


Рисунок 2.13 – Зависимость коэффициента опасности регулируемого пешеходного перехода от времени суток: P – рабочие дни; B – выходные дни

Как видно из рисунка 2.13, увеличение коэффициента опасности перехода в период с 7 до 11 часов происходит вследствие резкого возрастания интенсивности движения пешеходов и автомобилей, а также их значительного количества, совершающего движение на запрещающий сигнал светофора. В выходные дни уровень опасности перехода существенно снижается вследствие снижения показателей интенсивности движения пешеходов и автомобилей. При этом горизонтальную ось, при которой $K_{\text{опр}} = 1,0$ следует рассматривать как эквивалент нулевой линии, показывающей величину среднегодовой статистической опасности пешеходного перехода.

Также как и для нерегулируемого пешеходного перехода, когда при $K_{\text{оп}} = 1,0$ текущая величина показателя риска ДТП совпадает с её среднегодовым значением, должно соблюдаться равенство

$$\int_{\min}^{1,0} K_{\text{опр}} dt = \int_{1,0}^{\max} K_{\text{опр}} dt, \quad (2.20)$$

то есть площадь под кривой выше линии $K_{\text{оп}} = 1,0$ должна быть равна площади над кривой ниже линии $K_{\text{оп}} = 1,0$.

Зависимость коэффициента опасности регулируемого пешеходного перехода от времени действия запрещающего сигнала для пешеходов и автомобилей при постоянных значениях остальных формирующих показателей фактора показано соответственно на рисунках 2.14 и 2.15.

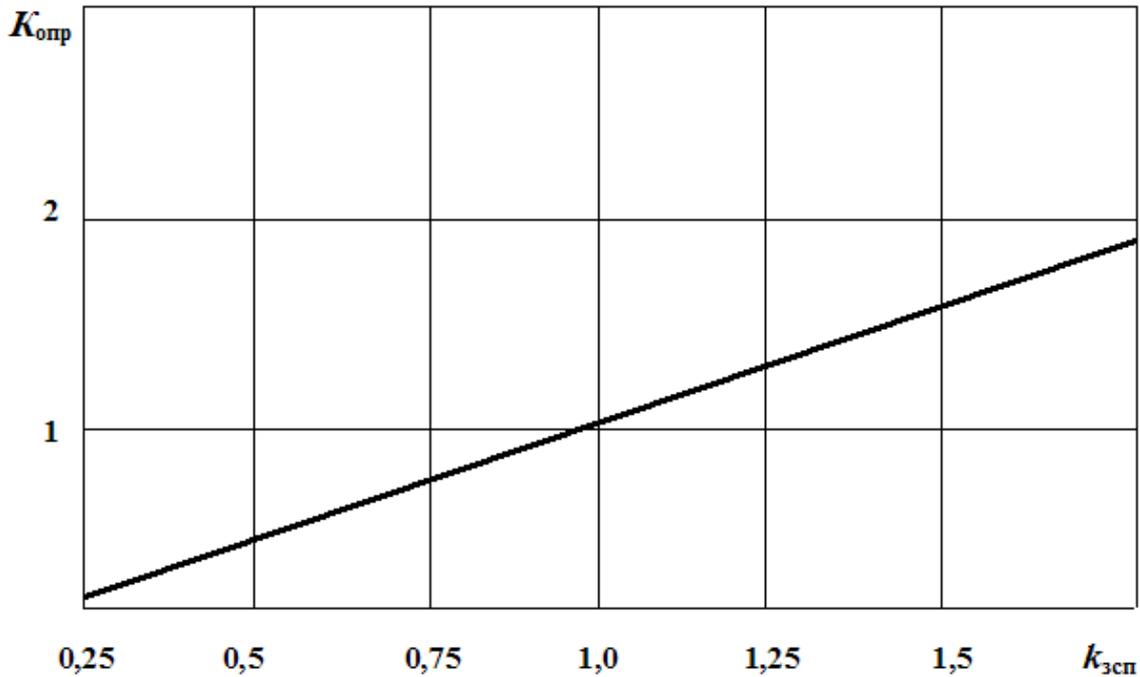


Рисунок 2.14 – Зависимость коэффициента опасности пешеходного перехода от времени действия сигнала, запрещающего движение пешеходов

Как было указано в работе [16], проведенной под руководством В.С. Волкова и видно из рисунка 2.14, наблюдается линейная зависимость коэффициента опасности перехода от времени действия запрещающего сигнала. Однако при $k_{зсп} = 1,0$ ($t_{зсп} = 60$ с) коэффициент опасности перехода возрастает до $K_{опр} = 1,1$ и также линейно возрастает при дальнейшем увеличении времени горения запрещающего сигнала для пешеходов.

Зависимость коэффициента опасности перехода от фактора временного промежутка действия запрещающего сигнала светофора для автомобилей, также определяется в виде линейной возрастающей. При этом угол подъёма такой линии находится меньшим. Это может объясняться меньшей величиной коэффициента, характеризующего меньшую по сравнению с пешеходами

долю автомобилей, следующих через переход при запрещающем сигнале светофора.

В ходе исследований была подтверждена гипотеза А.М. Плотникова [86], что формирование уровня опасности регулируемого пешеходного перехода определяется многими случайными функциями, среди которых значимая роль принадлежит показателю, характеризующему вариацию временных промежутков действия запрещающих сигналов светофора.

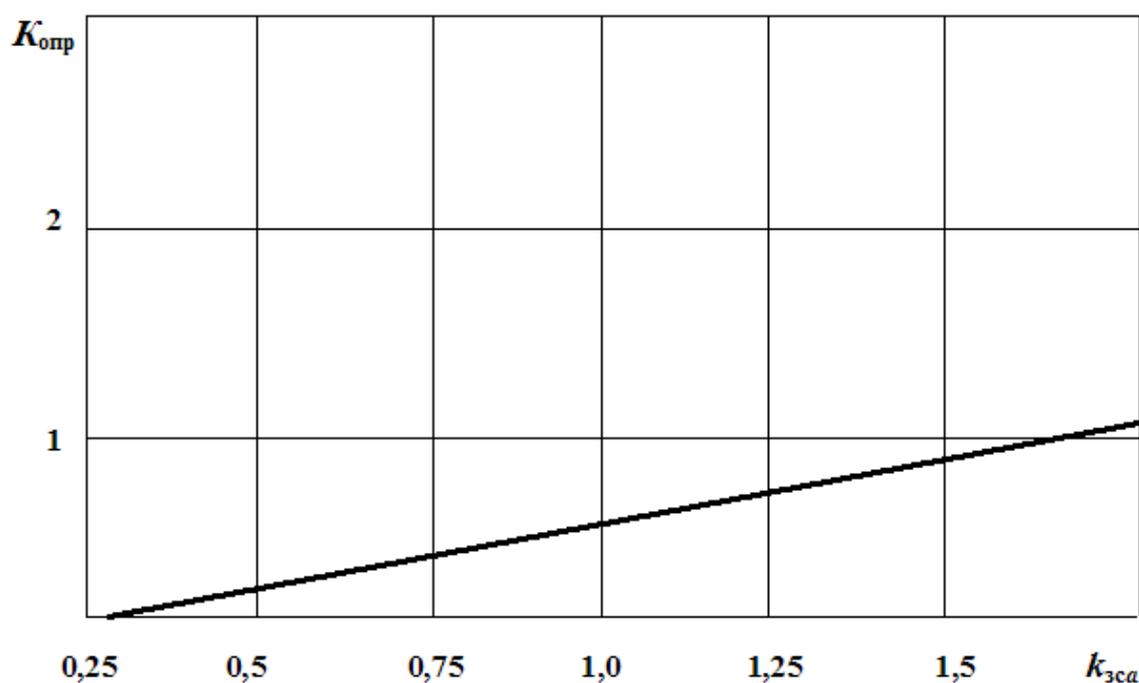


Рисунок 2.15 – Изменение коэффициента опасности пешеходного перехода от времени действия запрещающего движение автомобилям сигнала светофора

3. Систематизация факторов ДТП и оценка опасности дорожных пересечений по конфликту «автомобиль-автомобиль»

Отсутствие сведений о возможных рисках возникновения ДТП при проектировании новых участков улично-дорожной сети населённых пунктов затрудняет осуществление расчёта прогнозных оценок опасности пешеходных переходов и мест пересечений транспортных автомобильных потоков. В дан-

ной работе подразумевается ситуационное решение, что любой проектируемый участок дорожной сети может рассматриваться как аналог существующего участка с известной геометрической формой и направлениями движений пешеходных и транспортных потоков. При этом интенсивности таких потоков и скоростные ограничения могут быть отличными от аналога и являться исходными входными параметрами для расчёта показателей опасности составных объектов дорожного пересечения – пешеходных переходов и перекрёстков. В зависимости от реализации геометрической схемы направлений движения транспортных потоков, их интенсивности и скоростных ограничений может быть определено количество конфликтных точек, характеризующихся показателем риска возникновения ДТП по двум разновидностям субъектов конфликта: «автомобиль – автомобиль» и «автомобиль – пешеход».

Согласно [5] расчёт опасности рассматриваемых в настоящем случае участков улично-дорожной сети возможен с использованием ранее применяемого показателя безопасности K_a , на основе учёта годового числа ДТП, интенсивности транспортного потока и количества конфликтных точек,

$$K_a = \frac{10^7 G k_r}{(M+N)25}, \quad (2.21)$$

где M и N – суммарные интенсивности транспортных потоков по направлениям их движения с учётом пересечений;

25 – среднее месячное количество рабочих дней;

k_r – коэффициент, учитывающий вариативные колебания неравномерности движения в течение года;

G – итоговое число ДТП в течение года на данном участке

$$G = \sum_{i=1}^n q_i, \quad (2.22)$$

где q_i – число ДТП на одной конфликтной точке;

n – имеющееся на данном участке количество конфликтных точек.

По данным формулам может осуществляться расчёт показателей опасности проектируемых или реконструируемых участков дорожной сети, кото-

рые могут служить исходным материалом при разработке решений по снижению количества конфликтных ситуаций посредством вариации направлений движения транспорта либо изменения скоростного режима.

Однако данная методика, базирующаяся на использовании годовых статистических данных, не может применяться для определения оперативного показателя риска возникновения ДТП на рассматриваемом участке в режиме реального времени.

На пересечении транспортных потоков по виду конфликта «автомобиль-автомобиль» риск возникновения ДТП по одной конфликтной точке q_{ia-a} определяется по формуле [28]

$$q_{ia-a} = K_i M_i N_i 10^{-2}, \quad (2.23)$$

где K_i – показатель опасности на данной конфликтной точке; M_i и N_i – интенсивности транспортных потоков по взаимно конфликтующим направлениям.

На пересечении, где возможны два вида транспортного конфликта с участием только автомобилей и между автомобилями и пешеходами, авторы [3] считают целесообразным производить расчёт показателя опасности отдельной конфликтной точки по среднему статистическому учёту годового числа ДТП по виду конфликта, а при отсутствии таких данных в прогнозной величине по формуле

$$G_{\Pi} = 0,0025 + 10^{-3} 0,92 \sum (N_a N_{\Pi}^{0,25}), \quad (2.24)$$

где N_a и N_{Π} – соответственно интенсивности автомобильного и пешеходного потоков в рассматриваемой конфликтной точке.

С учётом того, что показатель G_{Π} рассматривается в виде прогнозной характеристики годового числа ДТП для данной точки возникновения риска конфликтной ситуации, уровень риска ДТП в рассматриваемой конфликтной точке по конфликту «автомобиль – пешеход», приходящегося на один часовой интервал реального времени, можно определить по выражению

$$q_{ia-\Pi} = \frac{G_{\Pi}}{365 \cdot 24}. \quad (2.25)$$

Как указано в работе [17] при допущении об основных причинных составляющих риска возникновения ДТП на конфликтных точках обоих типов в виде характеристик интенсивности автомобильных и пешеходных потоков, с использованием полученных формул представляется возможность расчёта прогнозных оценок риска возникновения ДТП на каждой конфликтной точке в режиме реального времени по часовым интервалам.

Для оценки уровня риска возникновения ДТП на перекрёстке необходимо наличие его схемы с обозначением направлений векторов потоков транспорта и участков следования пешеходов. Далее на данной схеме обозначаются конфликтные точки по составу участников и видам конфликтов.

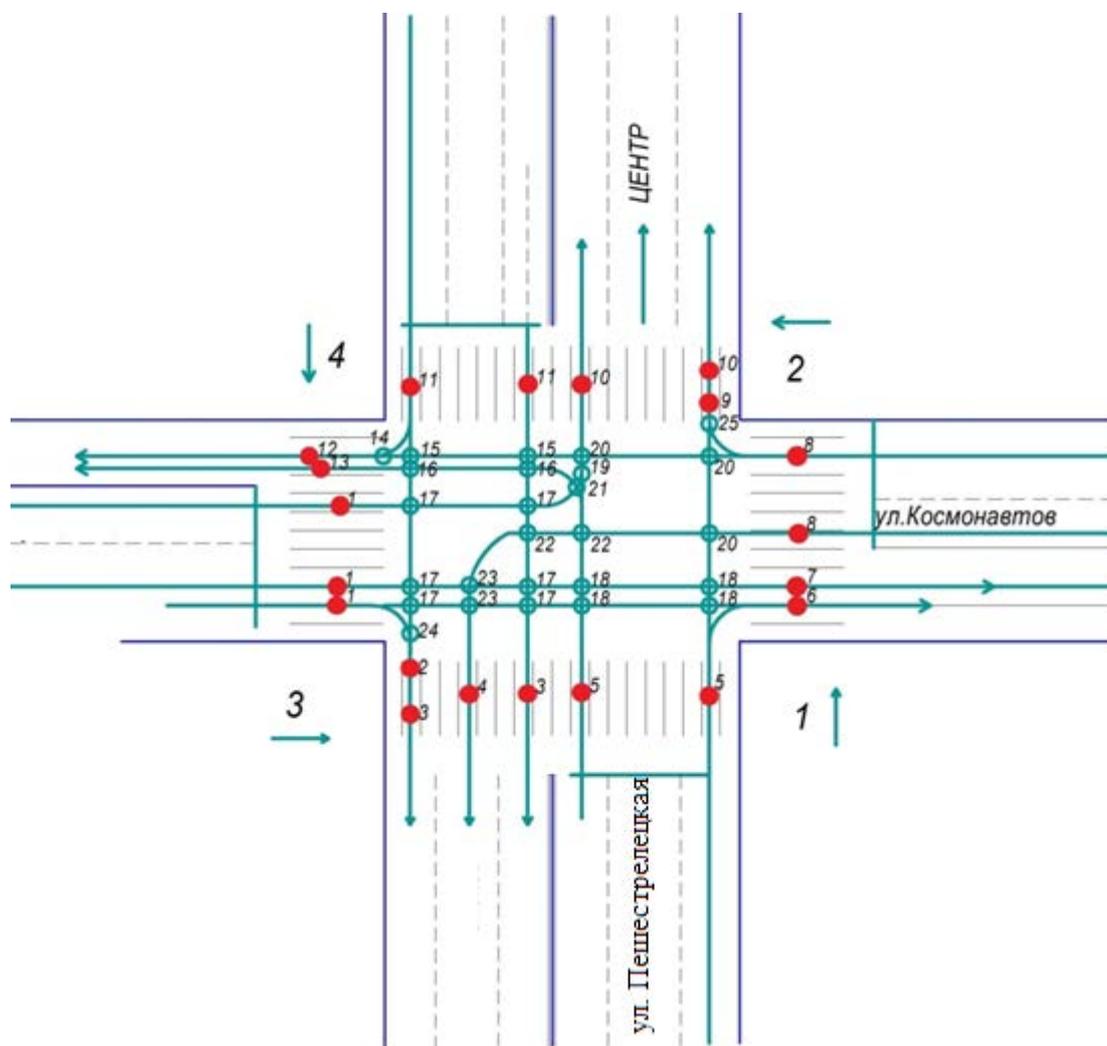


Рисунок 2.16 – Схема расположения конфликтных точек на пересечении улиц Космонавтов и Пешестрелецкой в г. Воронеже

Накопление необходимого для расчёта числового массива банка данных интенсивностях потоков транспорта и пешеходов должно производиться по часовым интервалам. Ведомость наблюдений с фиксацией сведений об интенсивностях движения транспортных и пешеходных потоков, в том числе с учётом нарушений ПДД, составляется по каждой конфликтной точке. Получаемые данные используются далее в качестве исходных входных характеристик для расчёта риска возникновения ДТП на каждой конфликтной точке в течение часового интервала.

По конфликту «автомобиль-автомобиль» перечень участников конфликта на перекрёстках, работающих в режиме регулируемого и нерегулируемого движения, можно рассматривать на две разновидности - имеющих преимущество в движении и обязанных уступить им дорогу. При реализации данного допущения при анализе конфликтной ситуации в данной точке показатель риска возникновения ДТП в виде случайного события в i -той конфликтной точке характеризуется следующими случайными функциями:

- интенсивностью транспортного потока участников, с наличием преимущества в данной конфликтной точке;
- интенсивностью транспортного потока участников, обязанных уступить дорогу в данной конфликтной точке;
- скоростным ограничением перед перекрёстком для транспортного потока с преимуществом в движении;
- скоростным ограничением перед перекрёстком для транспортного потока с обязанностью уступать дорогу;
- показателем превышения скоростного ограничения участниками транспортного потока с преимуществом в движении;
- показателем превышения скоростного ограничения участниками транспортного потока с требованием уступать дорогу.

В обозначенных на дорожном пересечении конфликтных точках показатели риска возникновения ДТП могут служить в виде автономных совместимых величин. Тогда, согласно [17], по конфликту «автомобиль – автомобиль»,

прогнозную оценку риска возникновения ДТП на пересечении с конфликтными точками Q_{A-A} можно рассматривать в виде суммы

$$Q_{A-A}(\sum_{i=1}^n q_i) = \sum_{i=1}^n q_i; \quad (2.26)$$

где i – порядковый номер конфликтной точки; n – общее количество конфликтных точек; q_i – уровень риска возникновения конфликта в i -той точке.

Таким же образом по конфликту взаимодействия автомобиля и пешехода прогнозная оценка риска ДТП $Q_{A-П}$ определяется суммой

$$Q_{A-П}(\sum_{j=1}^k q_j) = \sum_{j=1}^k q_j, \quad (2.27)$$

где j – порядковый номер конфликтной точки; k – количество конфликтных точек; q_j – показатель риска возникновения ДТП в i -той точке.

Тогда согласно методу индукции[13]общий показатель риска возникновения ДТП на пересечении по двум видам конфликтных ситуаций можно рассматривать в виде суммы прогнозных оценок

$$Q = Q_{A-A} + P_{A-П}. \quad (2.28)$$

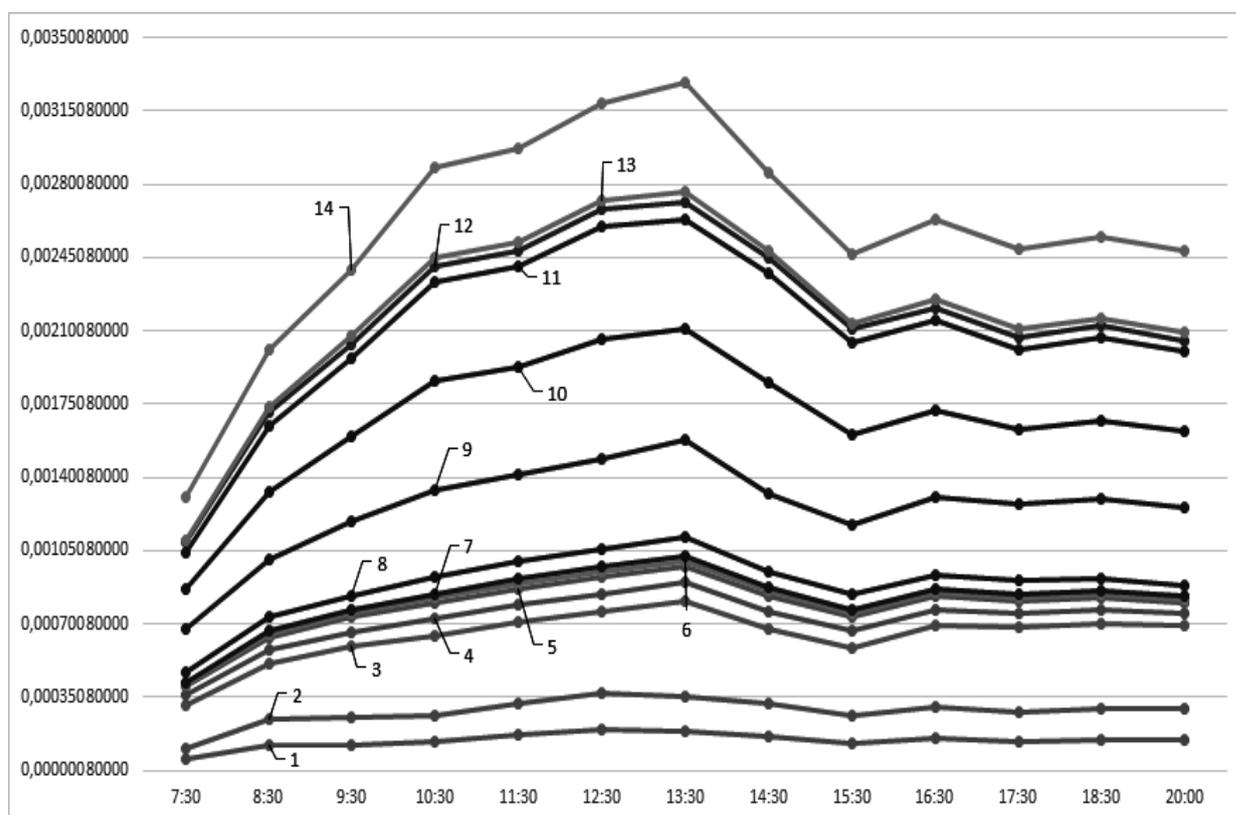


Рисунок 2.17 – Прогнозные оценки показателей риска возникновения дорожно-транспортных происшествий по обозначенным на рисунке 2.16 конфликтным точкам

Практическое использование полученных результатов расчёта прогнозных оценок риска возникновения ДТП возможно при осуществлении графика работы дорожно-патрульной службы с обозначением наиболее опасных периодов либо при экспертизе и анализе ДТП, а также участниками движения о получении информации о наиболее опасных временных периодах.

Уровень риска возникновения ДТП на конфликтных точках формируется большим числом факторов, в числе которых выделяется скоростной режим транспорта. Как было установлено при выполнении данного исследования [18] значительное количество ДТП происходит при возникновениях конфликтных ситуаций между автомобилями, осуществляющими левый поворот с автомобилями, движущимися в прямом направлении.

Используемая для расчёта показателя оценки опасности конфликтной ситуации на пересечениях дорог формула [3]

$$q_{ia-a} = K_i M_i N_i 10^{-2}, \quad (2.29)$$

где K_i – опасность конфликтной точки; M_i и N_i – интенсивности транспортных потоков на конфликтующих направлениях, не учитывает влияние скоростного режима транспорта.

В данном случае при оценке влияния скоростного режима транспорта на характеристику риска возникновения ДТП в конфликтной точке оказывает определённое действие величина превышения фактической скорости отдельными участниками движения установленного ограничения. Для оценки такого превышения скоростного ограничения был предложен коэффициент превышения скорости

$$k_v = \frac{V_\phi}{V_{огр}}, \quad (2.30)$$

где V_ϕ – фактическая скорость транспортного потока; $V_{огр}$ – действующее скоростное ограничение.

При образовании конфликтной ситуации на территории перекрёстка между участниками движения, совершающими левый поворот и движущимися в прямом направлении с использованием преимущества для движения, расчётная формула в таком случае для определения показателя q_i риска возникновения ДТП на отдельной i -ой конфликтной точке может быть представлена в следующем виде

$$q_i = \frac{n_{i\text{ДТП}} V_1 V_2 k_{v1} k_{v2}}{365 \cdot 24 M_{1i\text{ч}} M_{2i\text{ч}} l_{\text{ост1}} l_{\text{ост2}}}, \quad (2.31)$$

где $n_{i\text{ДТП}}$ – зарегистрированное число ДТП в данной конфликтной точке за прошедший год;

$M_{1i\text{ч}}$ и $M_{2i\text{ч}}$ – соответственно интенсивности транспортных потоков с наличием преимущества в движении и обязанных уступить дорогу, авт/ч;

V_1 и V_2 – соответственно средние скорости транспортных потоков с наличием преимущества в движении и обязанных уступить дорогу;

k_{v1} и k_{v2} – соответственно коэффициенты, учитывающие превышение установленного лимита скорости автомобилями, движущимися прямо и поворачивающими налево, определяемые по формуле (2.30);

$l_{\text{ост1}}$ и $l_{\text{ост2}}$ – соответственно величины остановочного пути автомобилей, движущихся соответственно со скоростями V_1 и V_2 , определяемые по формуле (2.10).

Для решения поставленной задачи в качестве одного из возможных вариантов принята схема [1], приведенная на рисунке 2.16. Согласно указанной схеме [1] при нерегулируемом движении водителям при проезде перекрёстка приходится проходить значительное число конфликтных точек. В режиме регулируемого движения, водителям, при совершении левого поворота, приходится преодолевать число конфликтных точек, равных числу пересекаемых полос прямолинейного направления. Если для упрощения расчёта рассматривать суммарную интенсивность автомобилей, движущихся в прямом направлении, можно рассматривать только одну конфликтную точку [1].

Для решения данной задачи в качестве исходных вариативных величин использовались дискретно изменяемые скорости автомобилей, совершающих маневр левого поворота $V_r = 10; 20$ и 30 км/ч. Скорость транспортного потока прямого направления V_i , принималась с интервалом 10 км/ч в диапазоне от 40 до 110 км/ч [1]. Интенсивности движения транспортных потоков с наличием преимущества в движении M_r и обязанных уступать дорогу M_i формировались по результатам наблюдений и, для данного случая, рассматривались как постоянные величины, характерные для периода наибольшей загруженности перекрёстка, $M_r = 480$ авт/ч и $M_i = 600$ авт/ч[3].

Как было установлено в условиях транспортной работы города с ограничением скоростного режима $V_{огр} = 60$ км/ч коэффициент превышения скорости K_v находился в пределах от $0,6$ до $1,8$.

В ходе исследовательской работы было установлено, что на показатель риска возникновения ДТП в конфликтных точках дорожного пересечения значимое влияние оказывает скорость транспортного потока автомобилей, совершающих левый поворот, проходящих точку конфликта взаимодействия с транспортным потоком прямого направления.

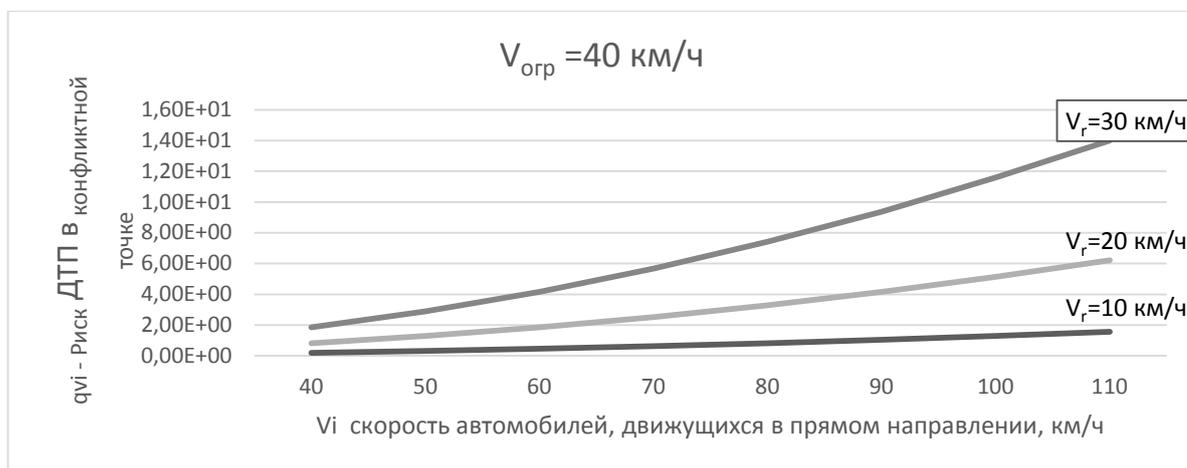


Рисунок 2.18 – Изменение показателя риска возникновения ДТП в конфликтной точке от скоростного режима при скоростном ограничении 40 км/ч

Как видно из рисунков 2.18 и 2.19, при взаимодействии двух потоков участников движения: совершающих левый поворот, на уровне 10 км/ч и осуществляющего движение прямо со скоростью от 40 до 110 км/ч, показатель риска возникновения ДТП на конфликтной точке увеличивается не более чем на 8 %.

При тех же условиях, если скорость автомобилей, совершающих поворот, увеличится до 20 км/ч, показатель риска возникновения ДТП на контрольной точке возрастает более чем в 2,5 раза. Если при сохранении тех же условий скорость поворачивающих автомобилей увеличить до 30 км/ч, показатель риска возникновения ДТП [1] в обозначенной конфликтной точке возрастёт более чем в 5 раз.

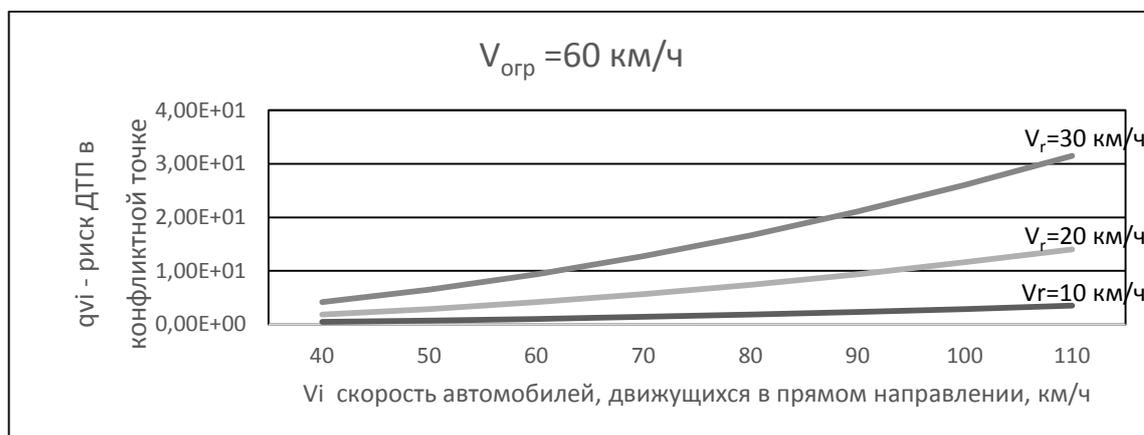


Рисунок 2.19 – Изменение риска возникновения ДТП в конфликтной точке от скоростного режима при скоростном ограничении 60 км/ч

При скоростном ограничении транспортного потока, движущегося прямо, на уровне 40 км/ч, находящиеся на рисунке 2.18 справа от начальной точки данные, в данном случае обозначают превышения скоростного режима движения на данном участке. При этом корреляция роста показателя риска возникновения ДТП в данной конфликтной точке и скоростного режима при взаимодействии двух пересекающихся автомобильных потоков, проявляется наиболее значимо.

Как показано на рисунке 2.19, при ограничении скорости движущегося прямо транспортного потока на уровне 60 км/ч, и взаимодействующего с ним

транспортного потока, совершающего левый поворот со скоростью 10 км/ч, показатель риска возникновения ДТП на рассматриваемой конфликтной точке остаётся практически неизменным. Увеличение скорости поворачивающих автомобилей при сохранении скорости автомобилей, движущихся в прямом направлении, вызывает незначительный рост показателя риска возникновения ДТП. При превышении автомобилями, движущимися прямо, данного ограничения скорости наблюдается резкое возрастание показателя риска ДТП в конфликтной точке, как показано на рисунке 2.20.

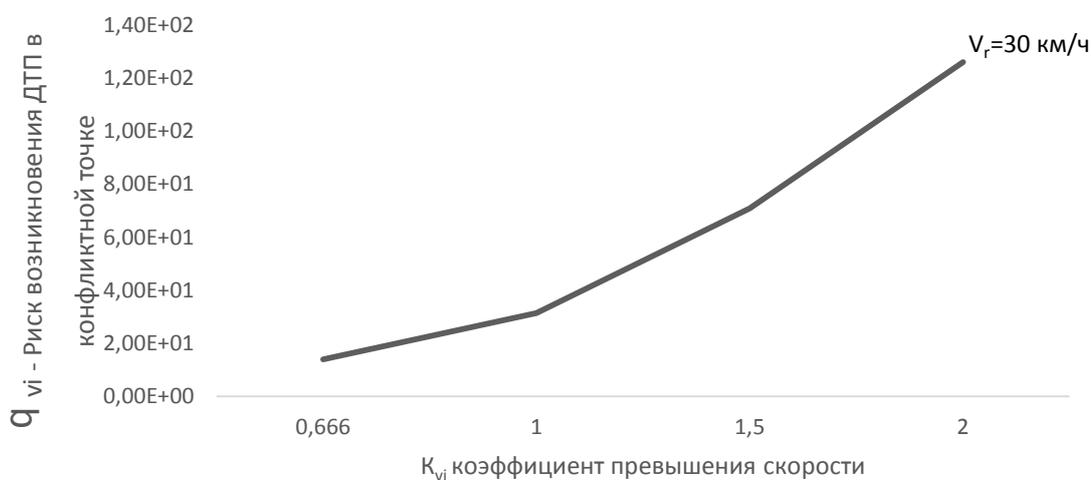


Рисунок 2.20 – Зависимость показателя риска ДТП в конфликтной точке от коэффициента превышения скорости

Как было установлено, определённое влияние на изменение величины показателя риска ДТП в конфликтной точке на пересечении оказывает коэффициент превышения скорости относительно установленного верхнего предела скорости. Величина такого показателя возрастает при увеличении коэффициента k_{vi} больше единицы, то есть, как показано на рисунке 2.20, когда скорость отдельных транспортных средств, движущихся прямо, превышает величину установленного ограничения.

Предложенная методика расчёта показателя риска возникновения ДТП позволяет получать прогнозные оценки уровня опасности конфликтных точек

в местах взаимодействия транспортных потоков. На основании таких характеристик могут приниматься решения об изменениях режимов движения транспорта по обеспечению безопасности движения.

2.4. Общая оценка опасности дорожного пересечения, содержащего перекрёсток и пешеходные переходы

В большинстве случаев транспортное пересечение выполняется по схеме, содержащей перекрёсток с пересечением проезжих частей и расположенные рядом пешеходные переходы, когда к конфликтным точкам на пересечениях потоков транспорта добавляются конфликтные точки, формируемые на путях следования автомобилей и пешеходов. При этом конфликтные ситуации можно рассматривать по двум видам: «автомобиль-пешеход» и «автомобиль-автомобиль».

Применительно к схеме, показанной на рисунке 2.16, коэффициент опасности i -той конфликтной точки по конфликту «автомобиль-автомобиль» можно рассматривать в виде отношения текущего показателя q_i риска ДТП к среднегодовому показателю $q_{iг}$, приведенному к часовому интервалу,

$$k_{oai} = \frac{q_{iч}}{q_{iг}}, \quad (2.32)$$

Согласно [12], показатель риска ДТП в течение часового интервала на всех конфликтных точках перекрёстка может быть определён по формуле

$$Q_{aч} = \sum_{i=1}^n q_{iч}, \quad (2.33)$$

где n – число конфликтных точек на перекрёстке по конфликту «автомобиль-автомобиль».

В связи с тем, что по отчётным данным ДПС ГИБДД, трудно определить принадлежность дорожно-транспортного происшествия к какой-либо конфликтной точке перекрёстка, более целесообразным можно рассматривать среднегодовую величину показателя риска ДТП на перекрёстке, приведенную к часовому интервалу

$$Q_{aгч} = \frac{n_{дтп} V_1 V_2}{365 \cdot 24 M_{1г} M_{2г}}, \quad (2.34)$$

где V_1 – скоростное ограничение на подъезде к перекрёстку для автомобилей, пользующихся преимуществом в движении;

V_2 – скоростное ограничение на подъезде к перекрёстку для автомобилей, не имеющих преимущества движения;

$M_{1г}$ – годовая интенсивность движения автомобилей, имеющих преимущество движения;

$M_{2г}$ – готовая интенсивность движения автомобилей, не имеющих преимущества движения.

Тогда коэффициент опасности перекрёстка по конфликту «автомобиль-автомобиль» определится по отношению

$$K_{оап} = \frac{Q_{ач}}{Q_{агч}}. \quad (2.35)$$

Текущая величина показателя риска ДТП для всего дорожного пересечения по двум видам конфликтных ситуаций согласно [3]

$$Q_{апч} = Q_{ач} + P_{пч},$$

где $P_{пч}$ – суммарная величина показателя риска ДТП на всех конфликтных точках пешеходных переходов, входящих в состав дорожного пересечения.

Таким же образом можно определить среднегодовую величину показателя риска ДТП по двум видам конфликтных ситуаций, приведенную к часовому интервалу,

$$Q_{апг} = \frac{Q_{аг} + P_{пг}}{365 \cdot 24}. \quad (2.36)$$

Тогда итоговая текущая величина коэффициента опасности дорожного пересечения определится из отношения

$$K_{одп} = \frac{Q_{апч}}{Q_{апг}}. \quad (2.37)$$

Изменение коэффициента опасности дорожного пересечения происходит в зависимости от большого числа факторов, характеризующихся функциональными изменениями случайных величин в каждой конфликтной точке. Если принять допущение, что каждая случайная функция данного процесса

дискретна и превышение скоростных режимов на участках при подъезде к пересечению не превышает 20 км/ч, можно получить зависимость коэффициента опасности пересечения от времени суток применительно к варианту, показанному на рисунке 2.16. При этом пересечение содержит перекрёсток и расположенные по его периферийным частям пешеходные переходы. Интенсивности движения пешеходов, а также автомобилей являются вариативными, с функциональными изменениями по времени суток. Расчёт проводился для случаев регулируемого и нерегулируемого движения.

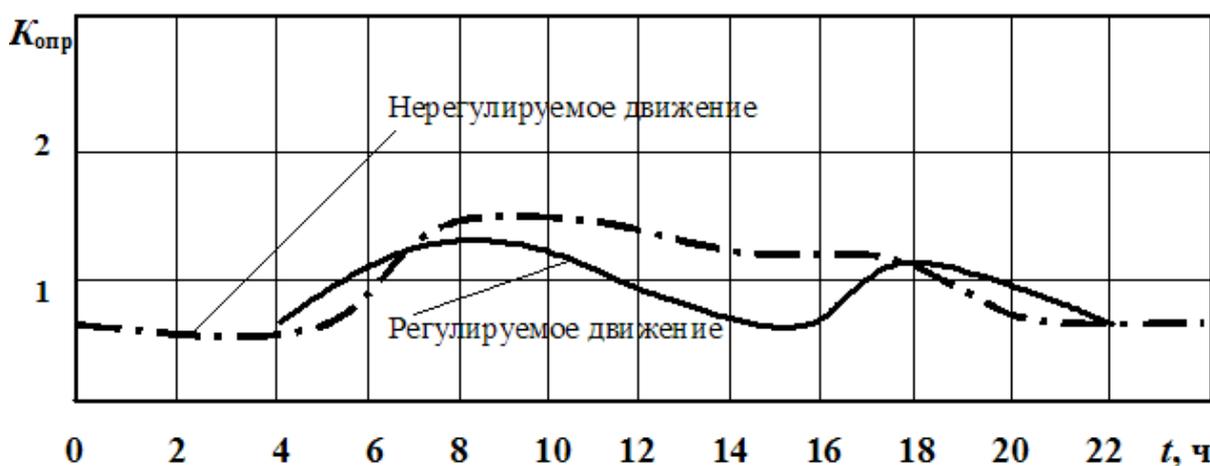


Рисунок 2.21 – Изменение коэффициента опасности дорожного пересечения во времени суток в рабочие дни

Как видно из рисунка 2.21, более высокая величина коэффициента опасности наблюдается в варианте нерегулируемого движения, относящегося ко всем участникам движения. При включении регулируемого движения упорядочивается очерёдность действий участников движения, что в определённой мере способствует снижению вероятности ДТП.

Как показало настоящее исследование, уровень опасности дорожного пересечения зависит не столько от интенсивности движения пешеходов и автомобилей, сколько от доли его участников, совершающих движение вопреки требованиям Правил дорожного движения, как правило, на запрещающий сигнал светофора при регулируемом движении. При этом также значительное влияние на величину коэффициента опасности пересечения оказывает фактор

превышения установленного скоростного режима отдельными водителями на участках при подъезде к дорожному пересечению.

Как видно из рисунка 2.22, коэффициент опасности дорожного пересечения резко возрастает при увеличении коэффициента превышения скорости, определяемого по формуле (2.30), поскольку в данном случае водители, превышающие установленный скоростной режим, распространяют действие повышенной опасности как на предшествующий перекрёстку пешеходный переход, так и на перекрёсток.

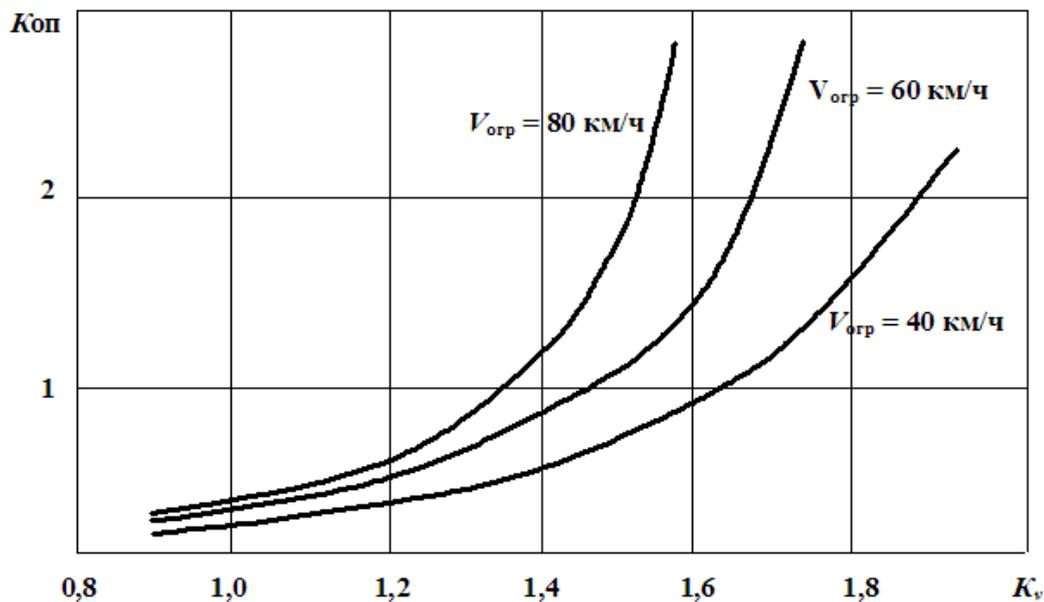


Рисунок 2.22 – Зависимость коэффициента опасности пересечения от коэффициента превышения установленного скоростного режима

Приведенные на рисунке 2.22 зависимости рассчитывались для случая, когда 5 % водителей автомобилей подъезжают к четырёхстороннему нерегулируемому дорожному пересечению с превышением установленной скорости. Так как в практике такое случается довольно редко, показанные на рисунке 2.22 зависимости можно рассматривать как верхние предельные границы возможных вариантов опасности дорожного пересечения.

Состояние климатических условий также определяет значительное влияние коэффициента ϕ_x сцепления колёс с дорогой на уровень опасности до-

рожного пересечения. Как было установлено, такое влияние оказывается значительно большим при конфликтной ситуации «автомобиль-автомобиль», чем при конфликте «автомобиль-пешеход». Как видно из рисунка 2.23, снижение коэффициента сцепления колёс с дорогой способствует значительному возрастанию коэффициента опасности $K_{оп}$ перекрёстка, значение которого оказывается тем большим, чем больше уровень скоростного ограничения на участках при подъезде к перекрёстку.

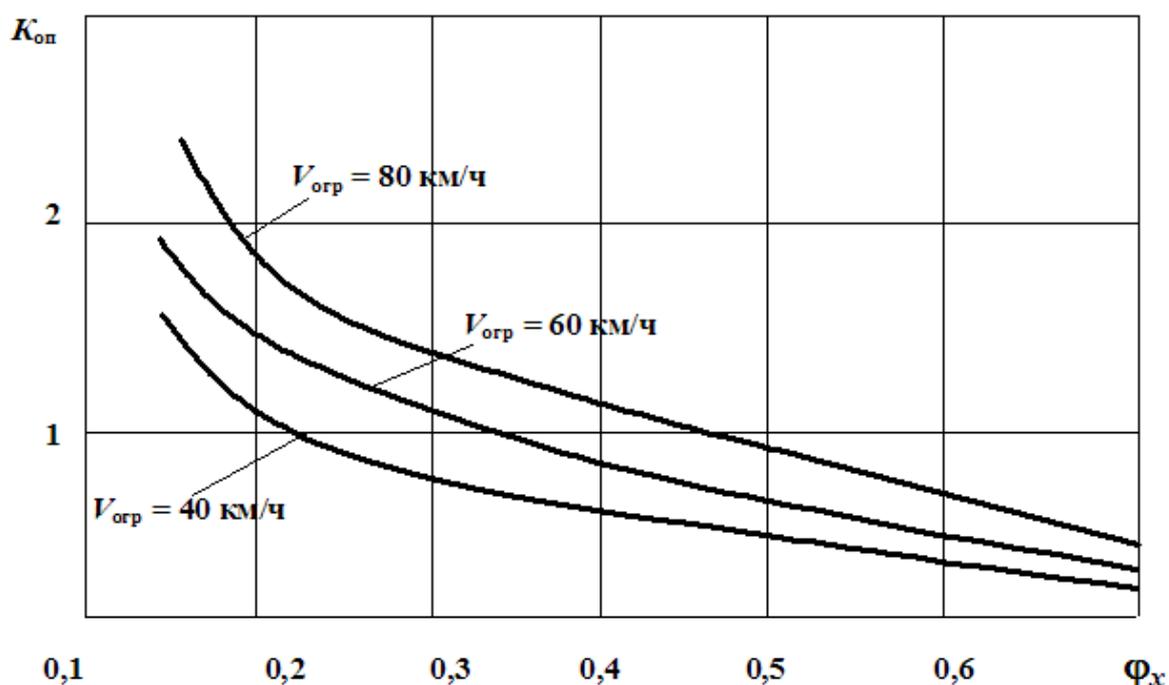


Рисунок 2.23 – Зависимость коэффициента опасности перекрёстка от коэффициента сцепления колёс с дорогой

Представленные на рисунке 2.23 зависимости свидетельствуют о необходимости снижения скоростного ограничения на участках при подъезде к перекрёстку в случае ухудшения дорожных условий. Принимаемые для расчёта зависимостей, показанных на рис. 2.23, остальные факторы определяли средние значения интенсивностей движения транспортных потоков по взаимодействующим направлениям.

Выводы по главе

1. Предлагаемая методика оценки опасности дорожного пересечения, содержащего перекрёсток и расположенные на его периферийной части пешеходные переходы, позволяет оценивать текущий уровень опасности объекта в режиме реального времени и выявлять прогнозные оценки по состоянию изменяющихся входных величин, характеризующих состояние дорожного движения на пересечении.

2. Определены факторы, оказывающие наибольшее влияние на состояние опасности пешеходных переходов в нерегулируемых и регулируемых режимах.

3. Установлено, что наибольшую опасность для пешеходных переходов и перекрёстков по конфликтам «автомобиль-пешеход» и «автомобиль-автомобиль» представляет уровень превышения скорости отдельными водителями транспорта относительно установленного скоростного ограничения на участках при подъезде к дорожному пересечению.

4. Определено влияние дорожных условий, характеризуемых коэффициентом сцепления колёс с дорогой на уровень опасности пешеходных переходов и перекрёстка. Выявлена необходимость введения уменьшенного скоростного ограничения на участках при подъезде к дорожному пересечению, при снижении коэффициента сцепления колёс с дорогой.

5. Пользуясь предлагаемой методикой, и располагая сведениями об интенсивностях движения пешеходов по переходам и автомобилей по направлениям транспортных потоков, можно определять прогнозные оценки опасности возникновения ДТП в конфликтных точках дорожных пересечений на основе чего могут приниматься соответствующие решения по изменению режимов движения транспорта и пешеходов в целях повышения безопасности движения.

3. СИСТЕМА СБОРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

3.1. Планирование пассивного эксперимента

Целью данной части работы является обследование условий движения пешеходов и потоков транспорта на участках дорожной сети города, прежде всего магистральных направлений, для разработки рекомендаций по совершенствованию организации движения и снижения вероятности возникновения аварийных ситуаций.

В соответствии с требованиями ГОСТ 24026-80 [23] план наблюдений должен представлять собой совокупность данных, определяющих число, условия и порядок реализации получаемых результатов. При этом в качестве факторов, то есть переменных величин, определяющих конечные результаты эксперимента, при наличии нерегулируемого пешеходного перехода, были приняты:

- интенсивность потока пешеходов, переходящих проезжую часть по нерегулируемому пешеходному переходу, в составе которого рассматривались три составные подгруппы (пешеходы, дожидаящиеся паузы в автомобильном потоке, пешеходы, переходящие проезжую часть с учётом скрытой опасности и пешеходы, переходящие проезжую часть, не обращающие внимания на движение транспортных средств);
- интенсивность автомобильного потока по полосам движения проезжей части;
- скоростной режим движения транспортных средств по полосам проезжей части в составе которого рассматривались четыре составные подгруппы (водители, не превышающие действующие скоростные ограничения и беспрепятственно пропускающие пешеходов, водители, не превышающие скоростные ограничения, но пропускающие пешеходов, водители, превышающие скоростные ограничения, но при необходимости пропуска пешехо-

дов, прибегающие к резкому торможению, водители, превышающие скоростные ограничения и не пропускающие пешеходов, переходящих проезжую часть);

- уровень превышения водителями установленного скоростного ограничения;
- состояние покрытия проезжей части дороги и нерегулируемого пешеходного перехода.

В рассмотрении процесса взаимодействия пешеходов и автомобилей при наличии регулируемого пешеходного перехода в качестве переменных факторов были приняты:

- интенсивность потока пешеходов, переходящих проезжую часть при действии разрешающего сигнала светофора;
- интенсивность потока пешеходов, переходящих проезжую часть при действии запрещающего движение сигнала светофора;
- интенсивность потока транспортных средств, совершающих движение по переходу при действии для них разрешающего сигнала светофора;
- интенсивность потока транспортных средств, совершающих движение по переходу при действии для них запрещающего сигнала светофора;
- интенсивность потока транспортных средств, превышающих установленные скоростные ограничения при подъезде к пешеходному переходу;
- время действия запрещающего движения сигнала для пешеходов;
- время действия запрещающего движение сигнала для автомобилей;
- уровень превышения водителями установленного скоростного ограничения при подъезде к переходу;
- состояние покрытия проезжей части дороги и регулируемого пешеходного перехода.

В рассмотрении процесса взаимодействия автомобилей, движущихся по различным направлениям на территории нерегулируемого перекрёстка с образованием соответствующих конфликтных точек, в качестве переменных факторов, были приняты:

- интенсивность движения автомобилей, имеющих преимущество при движении в данной конфликтной точке;
- интенсивность движения автомобилей, не имеющих преимущества при движении в конкретной конфликтной точке;
- уровень превышения установленного скоростного режима водителями автомобилей, имеющих преимущество при движении в данной конфликтной точке;
- уровень превышения установленного скоростного режима водителями автомобилей, не имеющих преимущество при движении в данной конфликтной точке;
- уровень сцепления колёс с дорогой на территории перекрёстка.

При движении автомобилей по регулируемому перекрёстку в качестве исходных переменных факторов были приняты:

- интенсивность движения автомобилей, имеющих преимущество при движении в данной конфликтной точке;
- интенсивность движения автомобилей, не имеющих преимущества при движении в конкретной конфликтной точке;
- уровень превышения установленного скоростного режима водителями автомобилей, имеющих преимущество при движении в данной конфликтной точке;
- уровень превышения установленного скоростного режима водителями автомобилей, не имеющих преимущество при движении в данной конфликтной точке;

- время действия запрещающего движение сигнала светофора по направлениям движения автомобилей;
- уровень сцепления колёс с дорогой на территории перекрёстка.

Согласно [99], в проведении пассивного эксперимента по взаимодействию пешеходов и автомобилей и автомобилей между собой в конфликтных точках предусматривалось, что уровни факторов в каждом конкретном интервале измерений регистрируются, но не задаются.

В качестве отклика рассматривалась случайная величина, зависящая от регистрируемых факторов, в частности вероятность возникновения ДТП по конфликтам «автомобиль-пешеход» и «автомобиль-автомобиль». Функция отклика рассматривалась как зависимость математического ожидания отклика от факторов, характеризующих состояние опасности данной конфликтной точки.

Область факторного пространства каждого исследуемого объекта определялась площадью пересечения, содержащего перекрёсток и окружающие его пешеходные переходы, содержащие конфликтные точки, характеризующие соответствующими переменными факторами.

Планирование эксперимента предусматривало наличие временного случайного дрейфа функции, когда положение экспериментальной точки носит случайный процесс, определяемый взаимным расположением факторов в данный момент времени в пределах исследуемого часового интервала.

3.2 Объекты, условия, методы и задачи экспериментальных исследований

В соответствии с целью работы в задачи экспериментальных исследований входил сбор сведений об изменениях исходных переменных факторов для обеспечения возможности дальнейшего преобразования их натуральных значений в безразмерные коэффициенты, характеризующие уровень опасности исследуемых объектов.

Наблюдения проводились на основе регистрации данных, касающихся интенсивности движения пешеходов и транспорта по часовым интервалам, задержек движения при прохождении участков, движения пешеходов и транспорта с нарушениями Правил дорожного движения.

Исходной частью работы является компоновка сводной ведомости объектов, характеризующихся наиболее сложными условиями движения, как по интенсивности, так и по наличию помех движению транспорта в виде сужения проезжей части, наличия неровностей, неорганизованного движения пешеходов. Наблюдения проводились круглосуточно в рабочие и выходные дни посредством операторов, либо с использованием видеосъёмки.

В качестве основного документа использовались ведомости наблюдений, в которые заносились с часовыми интервалами число проезжающих по полосам проезжей части автомобилей, наибольшее время задержки перед проездом пересечения проезжих частей, интенсивность движения пешеходов. В указанных сведениях фиксировалось число проезжающих автомобилей и переходящих проезжую часть пешеходов с нарушениями ПДД. В качестве фиксируемых нарушений рассматривались случаи:

- движение по сплошной линии разметки, несоблюдение рядности движения;
- остановка на разметке пешеходного перехода;
- движение при запрещающем сигнале светофора;
- непропускание пешеходов при их преимуществе в движении по переходам.

По каждому объекту наблюдения определялось количество постов, по каждому из которых составлялись соответствующие ведомости.

В качестве примера на рисунке 3.1 приведена схема расстановки постов наблюдения на пересечении улицы Плехановской и проспекта Революции в центральной части г. Воронежа. В таблицах 3.1 ... 3.3 указаны конкретные результаты наблюдений, полученные по состоянию на 2017 год.

Как видно из таблиц 3.1 ... 3.3, в удельном выражении наибольшее количество нарушений ПДД водителями транспортных средств наблюдается в период времени суток с 22 до 06 часов, когда светофоры переключаются в режим жёлтого мигающего сигнала и в силу вступают установленные перед перекрёстком знаки приоритета. В качестве основных видов нарушений ПДД в данном случае рассматривались:

- непропускание пешеходов, находящихся на переходе;
- наезд на сплошные линии разметки;
- превышение установленного скоростного режима;
- поворот направо или налево не из соответствующего крайнего положения.

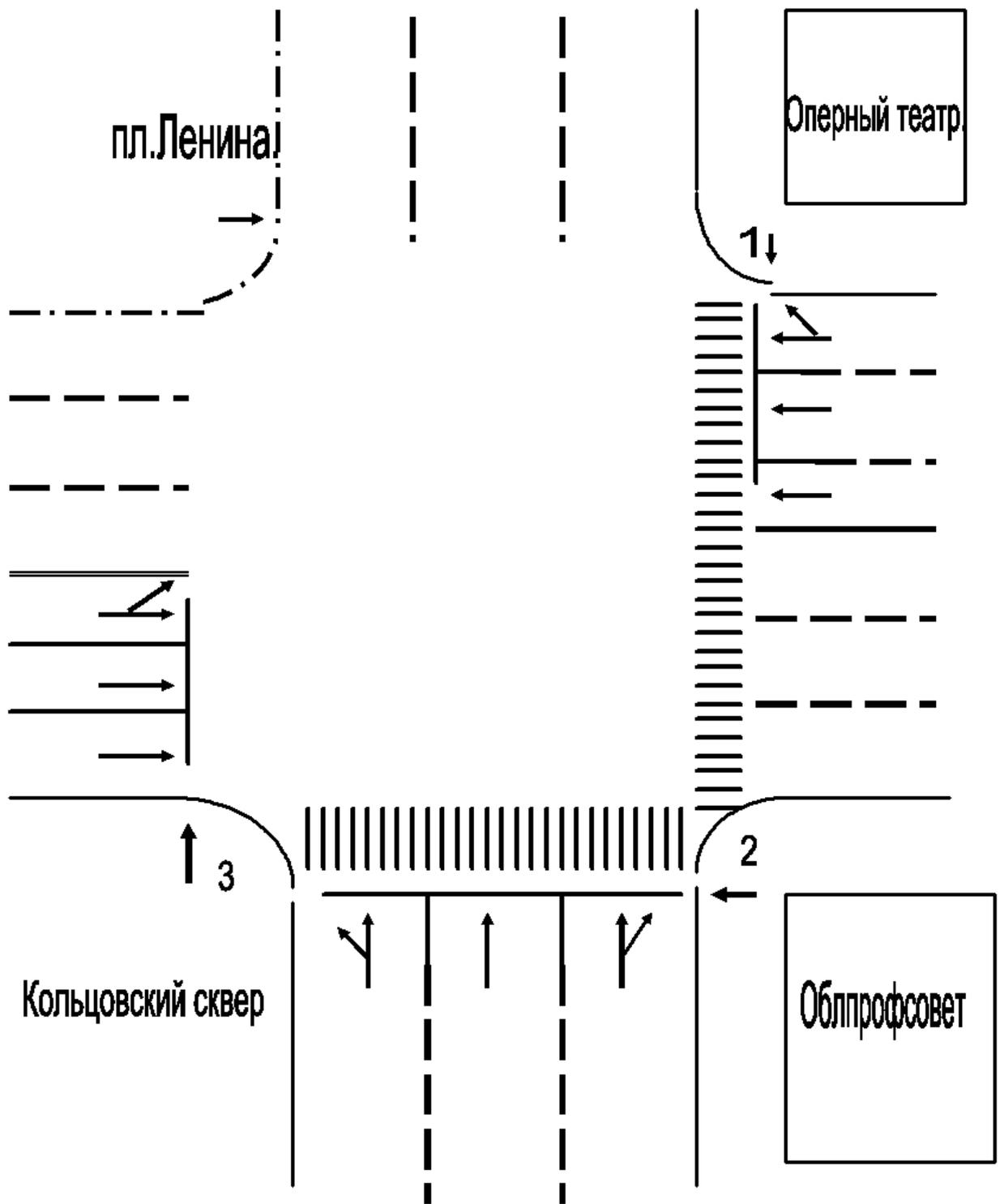


Рисунок 3.1– Схема расположения постов наблюдения на пересечении улицы Плехановской и проспекта Революции в г. Воронеже (по плану наблюдений объект № 4)

Таблица 3.1 – Ведомость наблюдений за интенсивностью движения по объекту № 4 перекресток на пл. Ленина возле Облпрофсовета пост № 1: движение по ул. Плехановской к ВГУ

Время	Интенсивность движения (авт/ч) по полосам					Средняя за- держка движе- ния (с)	Интенсив- ность дви- жения пе- шеходов (чел/ч)	Движение на запре- щающий сигнал или с нарушением ПДД	
	1	2	3	4	Сум- марн.			Автомо- билей	Пешехо- дов
0...1	126	98	91		315	0	88	26	0
1...2	81	56	53		190	0	76	22	0
2...3	34	21	34		89	0	54	16	0
3...4	22	18	36		76	0	21	14	0
4...5	15	16	24		55	0	16	10	0
5...6	19	28	45		92	0	22	8	0
6...7	122	143	130		395	0	294	5	54
7...8	211	357	312		880	15	468	3	48
8...9	341	487	482		1310	45	835	21	62
9...10	388	496	358		1242	40	903	32	67
10...11	347	381	444		1172	23	929	14	58
11...12	358	403	509		1270	45	807	34	71
12...13	411	496	637		1544	52	1428	16	102
13...14	396	454	500		1350	50	857	28	54
14...15	385	528	573		1486	55	612	32	30
15...16	456	594	655		1705	60	780	48	65
16...17	408	496	578		1482	56	996	27	52
17...18	371	368	544		1283	50	734	24	32
18...19	317	334	536		1187	52	691	33	66
19...20	292	298	316		906	21	508	12	17
20...21	216	325	339		880	15	478	17	22
21...22	173	252	291		716	12	416	21	25
22...23	111	198	235		544	10	211	23	0
23...24	96	128	266		490	10	98	27	0

Таблица 3.2 – Ведомость наблюдений за интенсивностью движения

по объекту № 4 перекресток на пл. Ленина возле Облпрофсовета

пост № 2: движение по пр. Революции к ул. Кирова

Время	Интенсивность движения (авт/ч) по полосам					Средняя задержка движения (с)	Интенсив- ность дви- жения пе- шеходов (чел/ч)	Движение на запре- щающий сигнал или с нарушением ПДД	
	1	2	3	4	Сум- марн.			Автомо- билей	Пешехо- дов
0 ... 1	35	71	82		188	4	78	17	0
1 ... 2	28	58	48		134	2	66	6	0
2 ... 3	21	45	46		112	2	21	6	0
3 ... 4	26	48	31		105	3	15	8	0
4 ... 5	39	51	31		121	5	11	4	0
5 ... 6	57	55	33		145	8	23	3	0
6 ... 7	64	124	126		314	15	148	3	42
7 ... 8	82	195	143		420	20	271	7	13
8...9	186	387	314		887	40	403	13	17
9...10	172	359	278		809	38	547	25	23
10...11	164	348	272		784	46	584	18	12
11...12	173	381	297		851	80	673	34	32
12...13	176	404	324		904	83	904	48	51
13...14	159	337	303		799	47	713	53	43
14...15	168	347	269		784	40	528	37	38
15...16	184	355	332		871	42	595	33	29
16...17	192	368	394		954	40	660	41	46
17...18	151	352	307		810	43	589	28	34
18...19	146	324	287		757	35	491	21	28
19...20	91	208	194		493	30	372	19	21
20...21	104	174	155		433	25	314	22	16
21...22	88	165	142		395	20	298	24	21
22...23	91	136	95		322	10	144	38	0
23...24	95	64	52		211	8	91	34	0

Таблица 3.3 – Ведомость наблюдений за интенсивностью движения
по объекту № 4 перекресток на пл. Ленина возле Облпрофсовета

пост № 3: движение по ул. Плехановской от ВГУ

Время	Интенсивность движения (авт/ч) по полосам					Средняя за- держка движе- ния (с)	Интенсив- ность дви- жения пе- шеходов (чел/ч)	Движение на запре- щающий сигнал или с нарушением ПДД	
	1	2	3	4	Сум- марн.			Автомо- билей	Пешехо- дов
0...1	21	66	58		145	0	12	0	12
1...2	8	45	63		116	0	8	0	8
2...3	5	38	53		96	0	5	0	5
3...4	2	15	37		54	0	4	0	4
4...5	0	16	25		41	0	2	0	2
5...6	1	17	26		44	0	1	0	1
6...7	51	89	102		242	12	2	5	2
7...8	88	104	117		309	15	0	2	0
8...9	116	233	229		578	20	0	11	0
9...10	224	441	375		1040	23	0	9	0
10...11	212	464	431		1107	30	0	32	0
11...12	193	373	257		823	32	0	38	0
12...13	155	305	266		726	35	0	30	0
13...14	142	316	326		784	45	0	42	0
14...15	138	398	322		858	32	0	35	0
15...16	121	468	374		963	28	0	23	0
16...17	116	392	252		760	17	0	16	0
17...18	118	381	228		727	23	0	24	0
18...19	127	411	356		894	25	0	19	0
19...20	114	357	137		608	20	0	8	0
20...21	96	188	198		482	15	2	10	2
21...22	88	104	119		311	12	4	13	4
22...23	54	75	86		215	0	6	0	6
23...24	21	78	99		198	0	10	0	10

Удельный коэффициент, характеризующий количество нарушений ПДД относительно общего потока в каждом часовом интервале, определялся по формуле

$$k_{\text{уд.н}} = \frac{n_{\text{нар}}}{n_{\text{сум}}}, \quad (3.1)$$

ГДЕ $n_{\text{сум}}$ И $n_{\text{нар}}$ – СООТВЕТСТВЕННО СУММАРНАЯ ИНТЕНСИВНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ И КОЛИЧЕСТВО ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, СОВЕРШИВШИХ ДВИЖЕНИЕ С НАРУШЕНИЯМИ ПДД В ДАННОМ ИНТЕРВАЛЕ ИЗМЕРЕНИЙ.

Как видно из таблиц 3.1 ... 3.3, в период с 22 до 06 часов утра наблюдается смещение потоков транспорта в сторону полос, отстоящих от края проезжей части.

В период с 06 часов утра до 22 часов, когда управление движения на перекрёстке переключалось в режим светофорного регулирования, в качестве основного вида движения с нарушением ПДД наблюдалось движение на запрещающий сигнал светофора, как со стороны водителей автомобилей, так и со стороны пешеходов. При анализе такого явления на нескольких перекрёстках, на которых время действия запрещающего сигнала светофора находилось в пределах от 30 до 90 секунд, было установлено возрастание количества случаев движения транспорта в начале включения в светофоре запрещающего сигнала на перекрёстках с большей продолжительностью действия запрещающего сигнала.

Со стороны пешеходов наибольшее количество движения на запрещающий сигнал было зафиксировано в периоды с 7 до 9 часов утра и 12 до 14 часов. При этом увеличение времени действия запрещающего сигнала способствует возрастанию количества нарушений ПДД пешеходами. Снижение интенсивности движения транспортного потока также сопровождается возрастанием движения пешеходов на запрещающий сигнал светофора.

В период с 22 до 6 часов утра, как видно из таблицы 3.3, наблюдается значительное количество случаев движения пешеходов через проезжую часть вне пешеходного перехода.

Сбор данных о скоростном режиме движения транспортных средств проводился путем скрытых наблюдений. Для замера скорости использовался прибор типа «Фара» с питанием от автомобильной бортовой сети.

Средняя скорость транспортного потока, являющаяся среднестатистической величиной, определялась как отношение

$$V_{\text{ТП}} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}, \quad (3.2)$$

где V_i – частные скорости отдельных автомобилей в потоке за цикл замера; n – число автомобилей в потоке за данный часовой цикл замера.

При определении величины $V_{\text{ТП}}$ фиксировались отклонения от её среднего значения $\Delta V_{\text{ТП}} = \pm 20 \%$. Коэффициент превышения средней скорости транспортного потока относительно установленного на подъезде к пешеходному переходу скоростного ограничения, иллюстрирующий во сколько раз средняя скорость транспортного потока превышает установленное ограничение, определялся по формуле

$$k_{\text{ТП}} = \frac{V_{\text{ТП}}}{V_{\text{огр}}}, \quad (3.5)$$

где $V_{\text{ТП}}$ – средняя скорость транспортного потока;

$V_{\text{огр}}$ – установленное скоростное ограничение на участке перед пешеходным переходом.

Скорости автомобилей, превышающие установленный предел, фиксировались как скорости одиночных участников движения, движущихся вне транспортного потока.

Коэффициент превышения скорости одиночных автомобилей определялся как отношение их предельной скорости на подъезде к пешеходному переходу V_i к установленному лимиту скорости $V_{\text{огр}}$,

$$K_v = \frac{V_i}{V_{\text{огр}}}. \quad (3.6)$$

На участках, где движение транспорта происходило в режиме предельно насыщенного потока или «медленно ползущей пробки», замер скорости $V_{\text{ТП}}$ осуществлялся по времени прохождения автомобилями стометровых участков t_{100} (с) в условиях стесненного движения,

$$V_{\text{ТП}} = \frac{100}{t_{100}} \cdot 3,6 \text{ (км/ч)}. \quad (3.7)$$

При этом скорости автомобилей, объезжающих транспортный поток по полосе встречного движения с нарушениями ПДД, не учитывались, как не являющиеся целью эксперимента.

Замеры скорости автомобилей проводились на расстоянии более 50 метров до пешеходного перехода, что позволяло в случае нерегулируемого пешеходного перехода не учитывать снижение скорости автомобилей при необходимости торможения в случае появления пешеходов.

Как видно из табл. 3.4 и 3.5 величина средней скорости транспортного потока при отсутствии затруднённого движения во всех случаях эксперимента оказалась превышающей величину установленного скоростного ограничения. Коэффициент превышения скорости транспортного потока в период времени от 6 до 22 часов был зафиксирован в пределах 1,05 ... 1,30. При этом средняя скорость транспортного потока не превышала допустимую величину превышения установленного скоростного ограничения на 20 км/ч.

В период времени от 22 до 6 часов утра на всех участках измерений было зафиксировано значительное превышение скоростного режима как по средней скорости транспортного потока, так и по скорости отдельных автомобилей. При установленном скоростном ограничении 40 км/ч коэффициент превышения скорости транспортного потока увеличивался в 1,45 раза, а превышение скорости отдельными участниками движения доходило до 2,4 раз. При установленном скоростном ограничении 60 км/ч коэффициент превышения скорости транспортным потоком увеличивался до 1,35, а превышение скоростного режима отдельными участниками движения доходило до 2,25 раза. Указанное обстоятельство является одной из причин высокого уровня коэффициента опасности дорожных пересечений в ночное время.

Таблица 3.4 – Ведомость регистрации скоростного режима

Участок 3: Московский проспект, регулируемый пешеходный переход с
06:00 до 22:00 между домами № 109 ... 116а – движение от центра, рабочие
дни недели

Установленный предел скорости 60 км/ч

Время	Средняя скорость транспортного потока, $V_{\text{тп}}$, км/ч	Коэффициент превышения скорости, $k_{\text{тп}}$	Максимальная скорость одиночных автомобилей, V_i , км/ч	Коэффициент превышения скорости k_v
0 ... 1	77	1,28	125	2,08
1 ... 2	78	1,30	128	2,13
2 ... 3	78	1,30	120	2,00
3 ... 4	79	1,31	133	2,22
4 ... 5	81	1,35	138	2,30
5 ... 6	79	1,31	117	1,95
6 ... 7	75	1,25	103	1,71
7 ... 8	68	1,13	105	1,75
8 ... 9	74	1,23	100	1,66
9 ... 10	70	1,16	103	1,72
10 ... 11	68	1,13	100	1,66
11 ... 12	66	1,10	95	1,58
12 ... 13	68	1,13	90	1,50
13 ... 14	68	1,13	90	1,50
14 ... 15	68	1,13	92	1,53
15 ... 16	70	1,16	90	1,50
16 ... 17	70	1,16	96	1,60
17 ... 18	68	1,13	120	2,00
18 ... 19	68	1,13	130	2,16
19 ... 20	73	1,22	125	2,08
20 ... 21	75	1,25	131	2,18
21 ... 22	77	1,28	136	2,26
22 ... 23	78	1,30	131	2,18
23 ... 24	79	1,31	128	2,13

Таблица 3.5 – Ведомость регистрации скоростного режима

Участок 5: Улица Тимирязева, нерегулируемый пешеходный переход возле остановки транспорта «ул. Морозова» движение одностороннее к центру, ра-

бочие дни недели

Установленный предел скорости 40 км/ч

Время	Средняя скорость транспортного потока, $V_{\text{тп}}$, км/ч	Коэффициент превышения скорости, $k_{\text{тп}}$	Максимальная скорость одиночных автомобилей, V_i , км/ч	Коэффициент превышения скорости K_v
0 ... 1	66	1,65	85	2,12
1 ... 2	74	1,85	98	2,45
2 ... 3	80	2,00	104	2,6
3 ... 4	78	1,95	95	2,37
4 ... 5	75	1,87	96	2,40
5 ... 6	73	1,82	84	2,10
6 ... 7	68	1,70	79	1,97
7 ... 8*	36	0,90	36	0,90
8 ... 9*	33	0,82	33	0,82
9 ... 10	46	1,15	74	1,85
10 ... 11	46	1,15	67	1,67
11 ... 12	45	1,12	70	1,75
12 ... 13	44	1,10	68	1,70
13 ... 14	40	1,00	60	1,50
14 ... 15	42	1,05	65	1,62
15 ... 16	44	1,10	73	1,82
16 ... 17	45	1,12	75	1,87
17 ... 18	45	1,12	78	1,95
18 ... 19	47	1,17	78	1,95
19 ... 20	52	1,30	85	2,12
20 ... 21	55	1,37	88	2,20
21 ... 22	58	1,45	90	2,25
22 ... 23	63	1,57	83	2,07
23 ... 24	68	1,70	86	2,15

* Периоды затруднённого движения

3.3. Обработка результатов эксперимента и оценка погрешности измерений

Составление банка данных об интенсивностях движения автомобилей и пешеходов в течение временных интервалов, скоростных режимах движения транспорта, фиксация допускаемых нарушений сопровождается влиянием множества сопутствующих факторов. Полный учёт таких факторов на изучаемые закономерности не представляется возможным, так как они носят случайный характер. Однако метрологическая оценка получаемых результатов с применением методов теории ошибок [7] позволяет повысить достоверность анализа результатов наблюдений.

Согласно [78], статистическую погрешность фиксации некоторого параметра x можно представить в виде совокупности систематической и случайной составляющих. В данном случае систематическая погрешность определялась при калибровке прибора измерения скоростного режима движения автомобилей, и учитывалась в дальнейшем при обработке получаемых результатов. Случайные составляющие погрешностей определялись и нормировались методами теории ошибок в предположении нормального закона распределения плотности вероятности их возникновения [84], что подтверждается исследованиями других авторов [41], [73].

С учётом того, что анализ полученных результатов осуществлялся с использованием графического представления зависимостей, в данном случае использовалось задание основной погрешности в форме относительной приведенной погрешности исследуемого параметра согласно ГОСТ 8.207-76. При этом в качестве нормируемого принималось максимальное значение измеряемого параметра, например, градуировки прибора измерения скорости, либо предельный уровень пропускной способности дороги, пешеходного перехода и так далее.

Величина приведенной относительной погрешности параметра $\delta(x)$ при прямом методе наблюдений согласно [107] определяется по формуле

$$\delta(x) = \left[\frac{\Delta}{x_{\max}} \right] \cdot 100\% , \quad (3.8)$$

где Δ – ожидаемое значение погрешности параметра x с доверительной вероятностью α ;

x_{\max} – нормирующее значение параметра.

Ожидаемое значение погрешности Δ оценивалось шириной доверительного интервала среднего значения параметра x с доверительной вероятностью α и вычислялось по формуле

$$\Delta = \frac{t_i S_x}{\sqrt{n}} , \quad (3.9)$$

где t_i – коэффициент Стьюдента [41] для доверительной вероятности $\alpha(p=1-\alpha)$;

S_x – выборочное среднеквадратичное отклонение погрешности параметра;

n – число параллельных регистраций параметра.

Согласно [108], результирующая величина погрешности регистрируемого параметра может быть представлена в виде суммы трёх основных составляющих: S_Γ – погрешности градуировки регистрируемого канала; S_p – погрешности расчёта, и S_M – погрешности методики проведения регистрации параметра. Тогда, как рекомендовано [84], выборочное среднеквадратичное отклонение параметра может быть представлено в виде

$$S_x = \sqrt{S_\Gamma^2 + S_p^2 + S_M^2} , \quad (3.10)$$

где S_Γ ; S_p ; S_M – выборочные дисперсии погрешностей соответственно: градуировки, расчёта и методики.

В расчёте значений S_x предусматривалось допущение, что между входящими в данную формулу параметрами нет корреляционной связи. Число параллельных регистраций параметра n и величины дисперсий S_Γ^2 ; S_p^2 ; S_M^2 определялись по результатам наблюдений с использованием методов теории ошибок [107].

Согласно [107], для анализа зависимостей, используемых для получения величин параметров при косвенных измерениях, например, коэффициента сцепления колёс с дорогой, временных промежутков реакции водителей, для определения суммарной величины относительной погрешности, возможно использование формулы

$$\delta(x) = \sqrt{\sum \delta_i^2(x)}, \quad (3.11)$$

где $\delta_i(x)$ – относительная погрешность i -го параметра, входящего в расчётную зависимость регистрируемого параметра x .

Таблица 3.6 – Метрологическая характеристика прямых результатов регистрации параметров (для доверительной вероятности $\alpha = 0,95$)

№	Наименование параметра	Обозначение	Ед. измерения	Макс. значение	Дисперсия			Число циклов измерений	Погрешность	
					градуировка	расчёт	параметра		абсолютная	относительная, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Интенсивность движения пешеходов	$N_{п}$	чел/ч	850	-	0,4	5,8	24	8,3	0,97
2	Интенсивность движения автомобилей	M_a	авт/ч	1000	-	0,6	6,4	24	12	1,2
3	Скорость транспортного потока	$V_{тп}$	км/ч	80	-	-	-	24	2,0	2,5
4	Макс. скорость отдельных автомобилей	V_{imax}	км/ч	160	-	-	-	24	4,0	2,5
5	Время действия запр. сигнала для пешеходов	$t_{зп}$	с	100	-	0,5	3,1	24	2,0	2,0

Окончание таблицы 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	Время действия запр. сигнала для автомобилей	$t_{за}$	с	100	-	0,6	3,4	24	2,3	2,3
7	Число нарушенный пешеходами	$Z_{п}$	чел/ч	80	-	0,4	2,6	24	4,0	5,0
8	Число нарушенный автомобилями	$Z_{а}$	авт/ч	80	-	0,4	2,6	24	5,0	6,2

Анализ представленных в таблице 3.6 данных иллюстрирует достаточно высокую точность регистрации параметров, полученных в результате наблюдений за процессом взаимодействия пешеходов и автомобилей на пешеходных переходах и пересечениях дорог. Как видно из табл. 3.6, уровень относительной ошибки для измеряемых параметров находится в пределах от 0,97 до 6,2 %. Дальнейшая обработка результатов наблюдений заключалась в отсеке ошибок и аппроксимации получаемых зависимостей посредством методов теории ошибок [107] и регрессионного анализа [41].

Как видно из табл. 3.7, относительная погрешность вычисляемых измерений изменяется в пределах от 3,5 до 9,4 %. При этом чем больше факторов участвует в вычислении погрешности, тем оказывается более высоким уровень самой погрешности.

Как было установлено, на общий уровень погрешности вычисляемых величин в значительной мере влияют большие величины числовых массивов интенсивностей движения пешеходов и автомобилей $N_{п}$ и $M_{а}$, а также отсутствие чётких границ разделения таких потоков на составляющие по человеческому фактору. Кроме этого, значительное влияние на уровень погрешности оказывает учёт климатического фактора, характеризующий невозможностью точного измерения коэффициента сцепления колёс автомобилей с дорогой, а также способностью водителей реагировать на внезапное возникновение препятствия. В данной работе исходные первичные факторы принимались по соответствующим проведённым ранее исследованиям в данной области.

Таблица 3.7 – Метрологическая характеристика вычисляемых результатов наблюдений (для доверительной вероятности $\alpha = 0,95$)

№	Наименование параметра	Обозначение	Ед. измерения	Максимальное значение	Формула для определения погрешности	Погрешность	
						абсолютная	относительная, %
1	Коэффициент учёта пешеходов, движущихся на запрещающий сигнал	$k_{пзч}$	-	0,35	$\delta^2(N_{п}) + \delta^2(t_{зс})$	0,01	3,8
2	Коэффициент учёта автомобилей, движущихся на запрещающий сигнал	$k_{азч}$	-	0,30	$\delta^2(M_a) + \delta^2(t_{зс})$	0,01	3,5
3	Остановочный путь автомобиля	$l_{ост}$	м	50	$\delta^2(V) + \delta^2(t_{пв}) + \delta^2(t_{пр}) + \delta^2(\varphi_x)$	3,3	6,6
4	Коэффициент учёта превышения скорости	k_v	-	2,15	$\delta^2(V_a) + \delta^2(V_{огр})$	0,11	5,3
5	Вероятность ДТП на переходе в часовом интервале	$p_{п}$	ч ⁻¹	0,003	$\delta^2(N_{п}) + \delta^2(M_a) + \delta^2(t_{зсп}) + \delta^2(t_{зса}) + \delta^2(l_{ост})$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	8,4
6	Вероятность ДТП на перекрёстке в часовом интервале	$Q_{п}$	ч ⁻¹	0,002	$\delta^2(V_1) + \delta^2(V_2) + \delta^2(t_{зс}) + \delta^2(l_{ост})$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	6,1
7	Коэффициент опасности нерегулируемого пешеходного перехода	$k_{пп}$	-	2,2	$\delta^2(p_{п}) + \delta^2(p_{пр})$	0,21	9,4
8	Коэффициент опасности регулируемого пешеходного перехода	$k_{рп}$	-	1,8	$\delta^2(p_{рп}) + \delta^2(p_{рпр})$	0,15	8,7
9	Коэффициент опасности перекрёстка	$k_{оп}$	-	2,1	$\delta^2(Q_{п}) + \delta^2(Q_{огр})$	0,16	7,6

Выводы по главе

1. В соответствии с целями и задачами исследования осуществлён сбор статистического банка данных об интенсивностях движения пешеходов и автомобилей на наиболее нагруженных пересечениях дорожной сети г. Воронежа.
2. Осуществлён сбор статистического материала о состоянии скоростного режима движения транспорта на участках перед перекрёстками и пешеходными переходами с учётом допускаемых человеческим фактором нарушений ПДД.
3. Выявлены количественные закономерности корреляции количества допускаемых нарушений ПДД с временными промежутками действия запрещающего сигнала светофора.
4. Введены безразмерные показатели, характеризующие удельное количество допускаемых нарушений ПДД относительно интенсивностей движения пешеходов и автомобилей, а также промежутков времени действия запрещающего движение сигнала светофора в диапазоне часовых интервалов.
5. Оценка погрешностей регистрации экспериментальных данных показала достаточно высокий уровень достоверности прямых и вычисляемых показателей при доверительной вероятности 0,95 в пределах до 10 %.

4. Обработка и использование результатов работы

4.1. Компьютерная поддержка расчётов

В качестве исходных данных для расчёта оценок показателей опасности мест концентрации конфликтных точек по конфликтам «автомобиль-пешеход» на пешеходных переходах и «автомобиль-автомобиль» на перекрёстках были использованы следующие первичные данные, регистрируемые в пределах часовых интервалов:

- интенсивность движения пешеходов;
- интенсивность движения автомобилей;
- скорость транспортного потока на подъезде к местам концентрации конфликтных точек;
- максимальные скорости отдельных автомобилей, превышающие установленные ограничения;
- время действия запрещающего сигнала светофора для пешеходов;
- время действия запрещающего сигнала для автомобилей;
- количество пешеходов, движущихся на запрещающий сигнал светофора;
- количество автомобилей, движущихся на запрещающий сигнал светофора.

Применительно к схеме дорожного пересечения, показанного на рисунке 4.1, определяется расположение и количество конфликтных точек по обозначенным видам конфликтов. По расчётным формулам с учётом логических поправок составляются соответствующие алгоритмы и программы.

В частности, для определения показателя опасности конфликтной точки q_i согласно схеме алгоритма, показанной на рисунке 4.2, использовался интервальный метод расчёта выходной характеристики по указанному перечню экспериментально получаемых входных первичных данных, направляемых расчётной системой, как показано на рисунке 4.3.

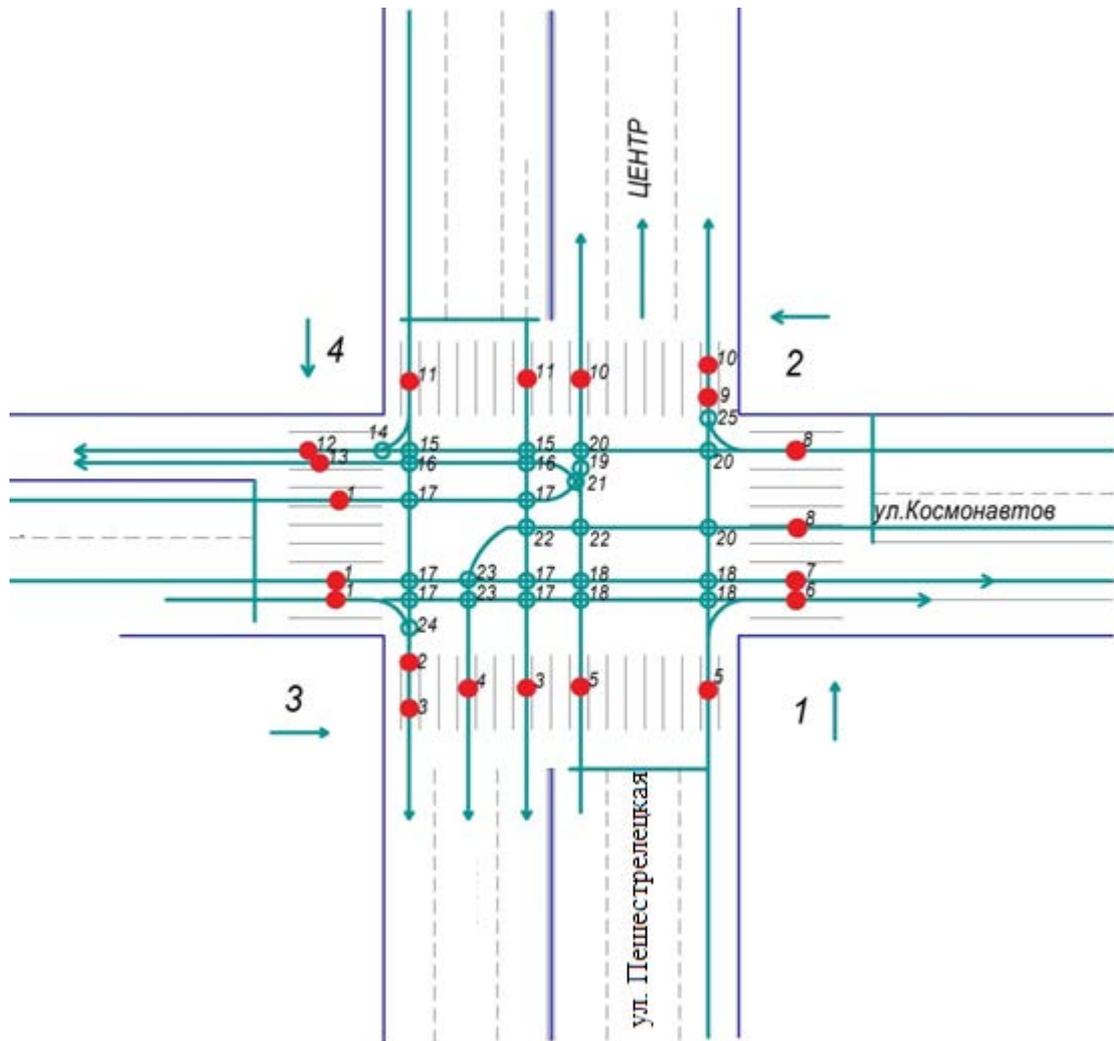


Рисунок 4.1 – Схема расположения конфликтных точек на пересечении дорог

Как видно из рисунка 4.1, конфликтные точки разделяются по видам конфликтов на две группы. Точки 1 ... 13 относятся к конфликтным ситуациям типа «автомобиль-пешеход»; точки 14 ... 25 относятся к конфликту типа «автомобиль-автомобиль». Расчёт вероятностей ДТП ведётся по каждой конфликтной точке, далее, согласно теореме сложения вероятностей, определяются вероятности ДТП отдельных участков пересечения, например, одного из четырёх пешеходных переходов, конкретной полосы движения транспорта и так далее.

Разработанная расчётная система определения уровня опасности дорожных пересечений позволяет по имеющимся экспериментальным входным факторам получить показатель опасности имеющегося на дорожном пересечении

разрешённого направления транспортного потока из конкретной полосы движения. По полученному показателю можно осуществлять оценку риска возникновения ДТП при данном направлении движения транспорта и целесообразность его разрешения на данном перекрёстке при высоком уровне показателя опасности. При этом в распоряжении пользователя могут использоваться средства снижения показателя опасности обозначенного направления движения транспорта путём уменьшения числа конфликтных точек, посредством регулирования очередности проезда транспорта по полосам движения или по направлениям.

При наличии нерегулируемого пешеходного перехода расчёт вероятности конфликтной ситуации по конфликту «автомобиль-пешеход» осуществляется по алгоритму, схема которого приведена на рисунке 4.2. В начальной стадии расчёта пользователю необходимо по запросу программы ввести требуемые исходные факторы, характеризующие состояние исследуемого объекта по примеру, показанному на рисунке 4.3.

Показанный на рисунке 4.2 алгоритм предусматривает возможность проведение расчёта только после введения полного комплекта требуемых данных. При отсутствии одного или нескольких показателей высвечивается предупреждение «Ошибка». Расчёт предусматривает обращение к подпрограммам вычисления наименьшего остановочного пути автомобиля, обеспечивающего возможность остановки автомобиля перед переходом с учётом влияния сопутствующих факторов: наличия подъёма или уклона дороги, коэффициента сцепления шин с дорогой, допускаемого превышения водителем скоростного режима на участке подъезда к переходу.

Далее с учётом полученного значения остановочного пути осуществляется расчёт вероятности конфликтной ситуации, связанной с наездом автомобиля на пешехода в течение расчётного часового интервала. В качестве исходных факторов в данном случае выступают интенсивности движения автомо-

бильного и пешеходного потоков, показатель превышения скорости отдельными водителями, а также среднегодовой показатель риска ДТП на данном участке, приведенный к расчётному часовому интервалу.

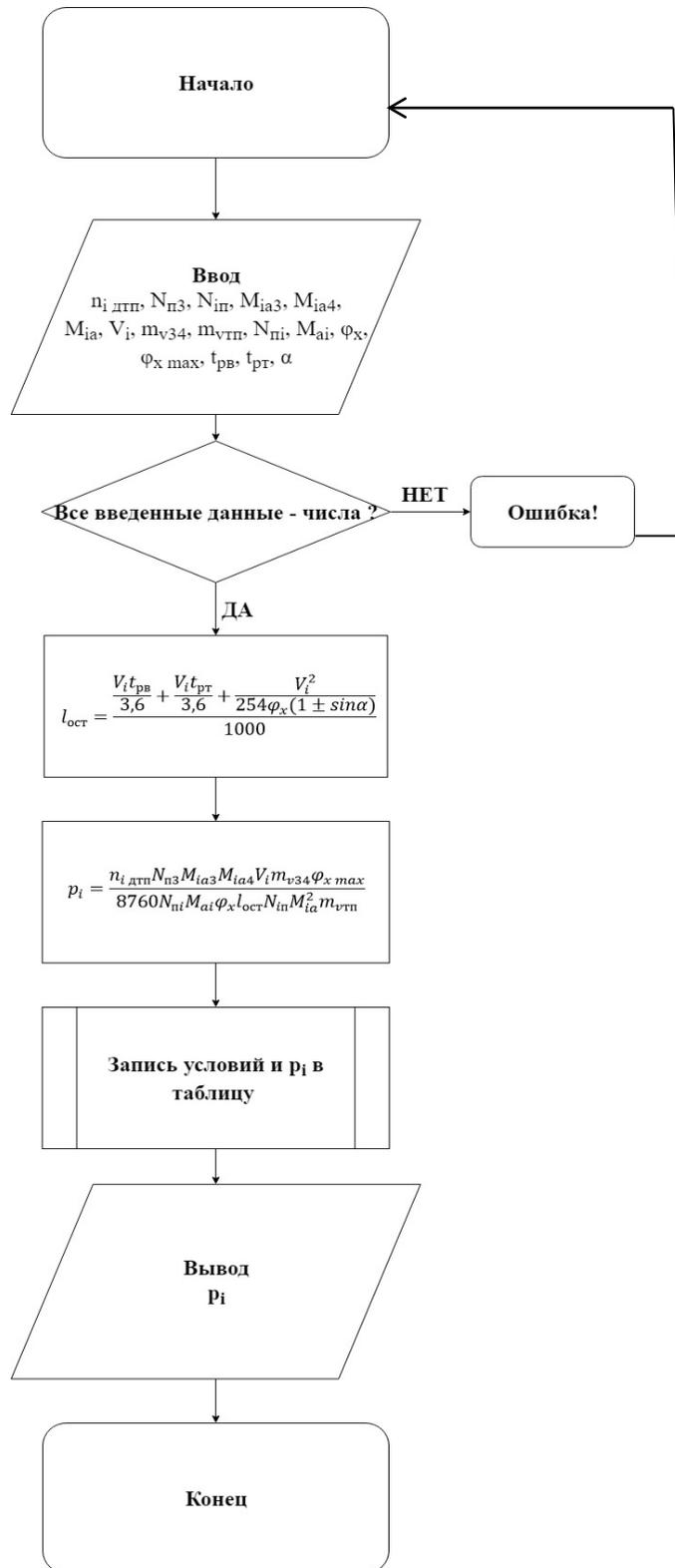


Рисунок 4.2 – Алгоритм расчёта показателя риска ДТП на нерегулируемом пешеходном переходе



Рисунок 4.3 – Интерфейс программы расчёта риска ДТП на нерегулируемом пешеходном переходе: 1 – Название программы; 2 – пояснение к используемым в программе параметрам дорожного движения; 3 – поля ввода параметров дорожного движения с пояснениями; 4 – кнопка расчёта вероятности ДТП; 5 – кнопка отображения результатов расчёта в программе MSExcel; 6 – кнопка очистки результатов расчёта; 7 – кнопка удаления результата последнего расчёта; 8 – поле отображения результатов расчёта в табличном виде

При наличии регулируемого пешеходного перехода определение показателя риска конфликтной ситуации по конфликту «автомобиль-пешеход» производится по схеме алгоритма, представленной на рисунке 4.4. В начальной стадии расчёта по запросу программы осуществляется ввод требуемых параметров, запрашиваемых интерфейсом, показанным на рисунке 4.5.

Как и в предыдущем случае осуществление расчёта возможно только после полного введения всех запрашиваемых параметров. При отсутствии, либо некорректном введении какой-либо из запрашиваемых величин, расчёт не проводится, и пользователь информируется об этом соответствующим уведомлением «Ошибка».

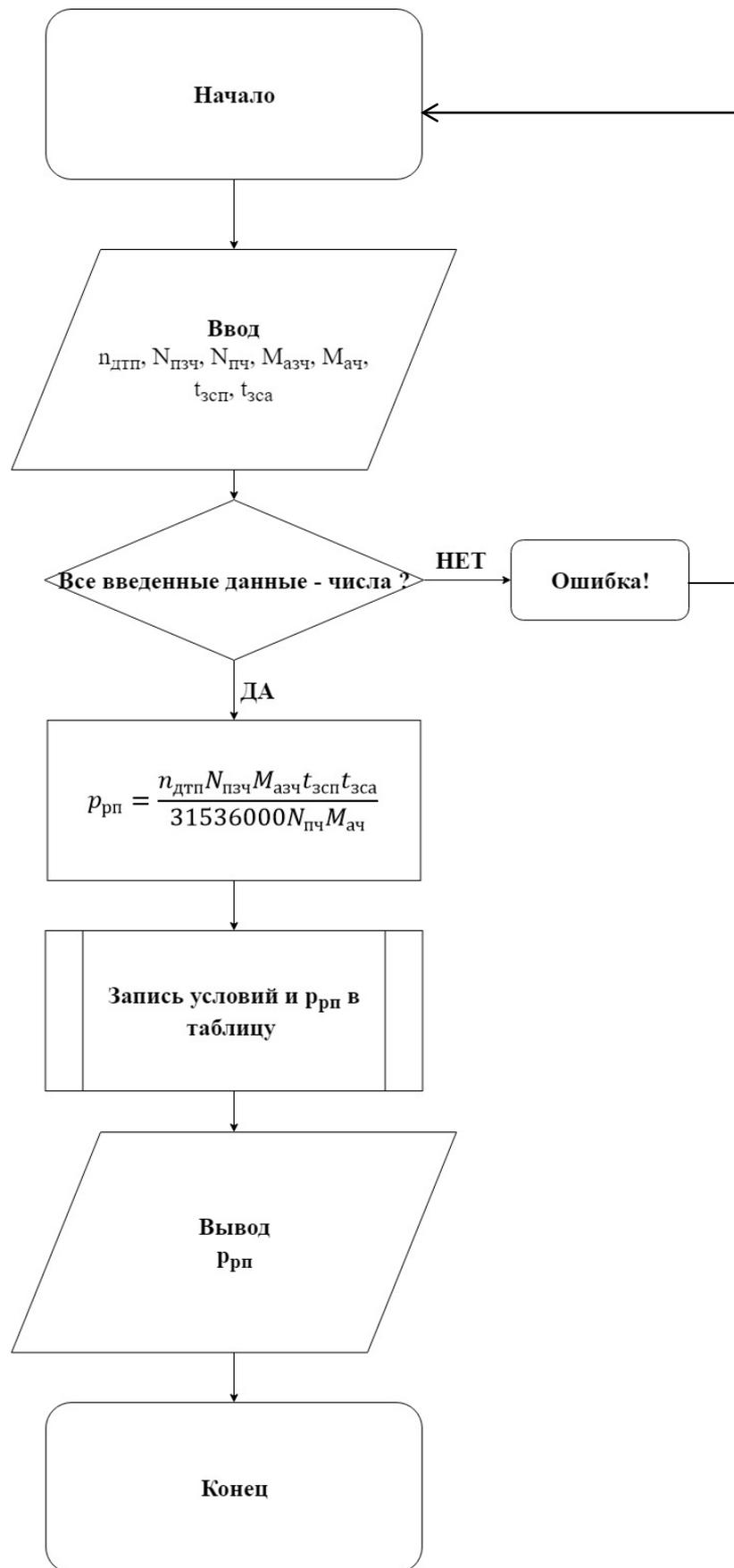


Рисунок 4.4 – Алгоритм расчёта показателя риска ДТП на регулируемом пешеходном переходе

Ввод требуемых данных осуществляется по интерфейсу, показанному на рисунке 4.5.

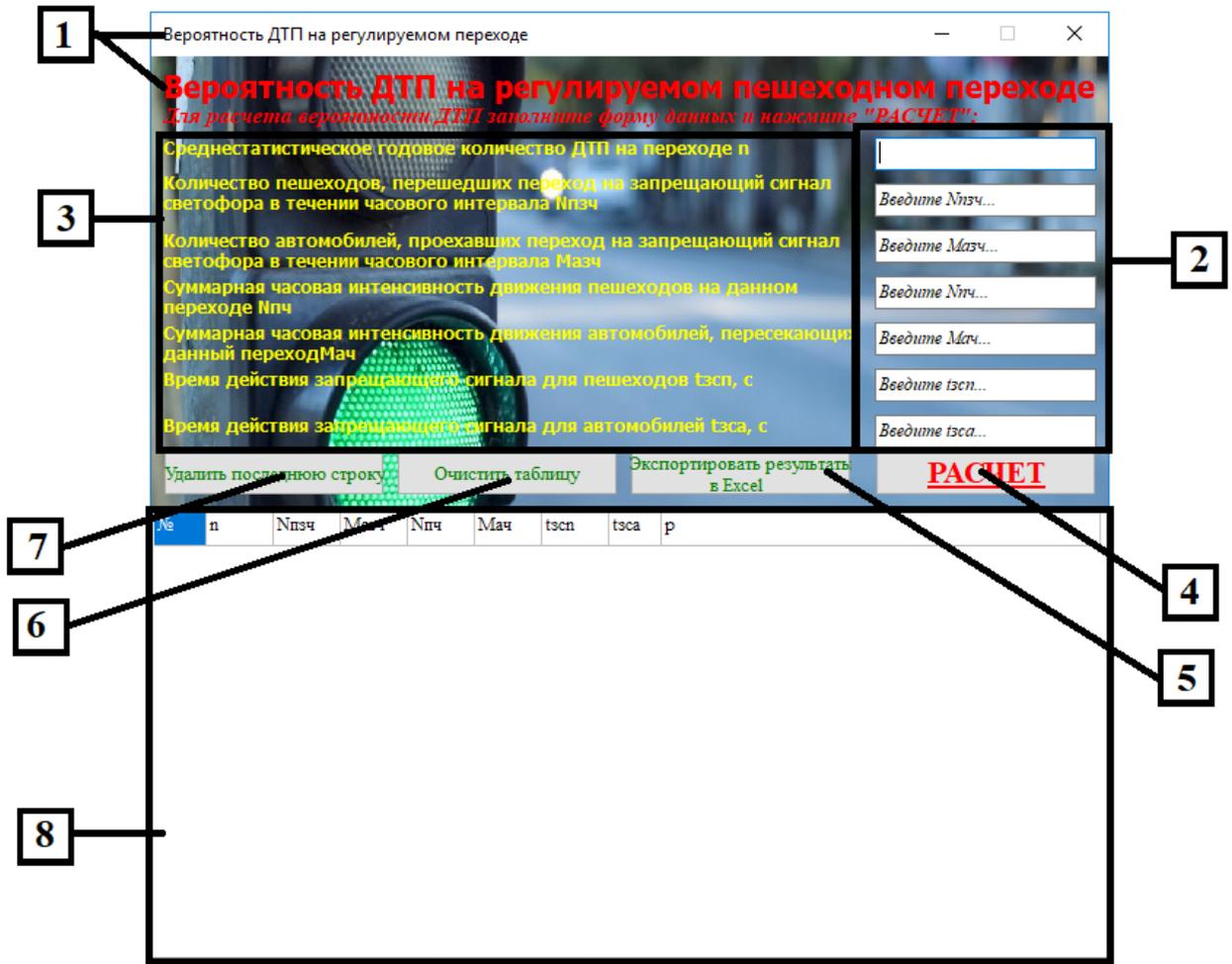


Рисунок 4.5 – Интерфейс программы расчёта показателя риска ДТП на регулируемом пешеходном переходе: 1 – название программы; 2 – поля ввода параметров дорожного движения с пояснениями; 3 – пояснение к используемым в программе параметрам дорожного движения; 4 – кнопка расчета вероятности ДТП; 5 – кнопка отображения результатов расчета в программе MS Excel; 6 – кнопка очистки результатов расчета; 7 – кнопка удаления результата последнего расчета; 8 – поле отображения результатов расчета в табличном виде.

В цикле расчёта обеспечивается обращение к подпрограмме вычисления остановочного пути по характеристикам установленного скоростного режима и состоянию дорожной поверхности. После вычисления остановочного пути с

учётом сопутствующих параметров осуществляется расчёт вероятностной оценки возникновения конфликтной ситуации по виду «автомобиль-пешеход» на регулируемом пешеходном переходе в течение конкретного часового интервала, характеризуемого интенсивностями автомобильного и пешеходного потоков, состоянием дороги, временными промежутками действия запрещающих сигналов для автомобилей и пешеходов.

Определение показателя риска ДТП в конфликтных точках по конфликту «автомобиль-автомобиль» на территории перекрёстка, согласно схеме, представленной на рисунке 4.1, осуществляется по состоянию, когда один автомобиль пользуется преимуществом в движении, а другой автомобиль такого преимущества не имеет. В качестве исходных данных в данном случае используются сведения об интенсивностях движения автомобильных потоков с преимуществом движения и обязанных уступать дорогу, количество автомобилей, движущихся с нарушениями требований ПДД, состояние дорожной поверхности, разрешённый скоростной режим для автомобилей, пользующихся преимуществом в движении и уровни его превышения отдельными водителями.

В данном случае рассматривается ситуационное решение, когда потенциальными участниками возможного конфликта являются два автомобиля, находящиеся на территории перекрёстка, независимо от вида перекрёстка: регулируемый или нерегулируемый. В качестве допущения принимается условие, что оба автомобиля имели право въехать на перекрёсток, однако в конфликтной точке один автомобиль пользуется преимуществом в движении, а другой автомобиль обязан уступить дорогу.

Вычисление уровня опасности i -ой конфликтной точки на перекрёстке осуществляется по схеме алгоритма, показанной на рисунке 4.6. Запрос на введение исходных данных производится согласно интерфейсу, примерный вид которого показан на рисунке 4.7. В данном случае для определения уровня опасности конфликтной точки на перекрёстке использовалась формула [3],

учитывающая зависимость показателя риска ДТП от интенсивностей движения транспорта по направлениям.

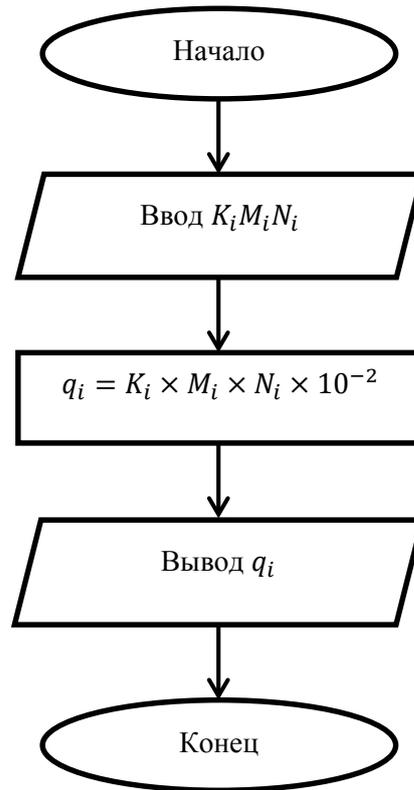


Рисунок 4.6 – Алгоритм расчёта показателя риска ДТП на конфликтной точке перекрёстка

Суммарная величина показателя риска ДТП на перекрёстке определяется согласно [12] в виде суммы показателей риска ДТП, характерных для всех конфликтных точек перекрёстка. При этом по схеме расположения таких точек можно выделить конфликтные точки с наиболее высокой величиной риска ДТП в течение часового интервала, что может служить основанием для введения соответствующих ограничений или изменению режимов движения транспорта на территории перекрёстка.

Таким же образом возможно определение суммарной величины показателя риска ДТП на пешеходных переходах, как отдельно расположенных, так и прилегающих к перекрёстку. Суммарную величину показателя риска ДТП по конфликту «автомобиль-пешеход», согласно [13], можно рассматривать в

виде суммы величин показателей риска ДТП на конфликтных точках перехода или всех переходов, располагаемых по периферии перекрёстка.

Опасность всех конфликтных точек
(кроме столкновений при подъезде к стоп-линии)

$$q_i = K_i M_i N_i 10^{-2}$$

Введите опасность конфликтной точки K_i

Введите интенсивность движения в конфликтной точке M_i

Введите интенсивность движения в конфликтной точке N_i

Рисунок 4.7 – Примерный вид интерфейса расчёта показателя риска ДТП на конфликтных точках перекрёстка

Время	Коэффициент
7:30	0,0008925
8:30	0,0008152
9:30	0,0007376
10:30	0,0004639
11:30	0,0003275
12:30	0,0003491
13:30	0,0003156
14:30	0,0002507
15:30	0,0004574
16:30	0,0005329
17:30	0,0009986
18:30	0,0010995
20:00	0,0010616



Рисунок 4.8 – Изменение показателя риска ДТП в i -ой конфликтной точке перекрёстка в течение часовых интервалов

4.2. Практическое использование результатов работы

Предлагаемая в настоящей работе система оценки опасности конфликтных точек на дорожных пересечениях позволяет выявлять в режиме текущего времени уровень опасности конфликтных точек, образующихся в местах пересечений пешеходных и транспортных потоков, а также взаимно пересекающихся транспортных потоков.

В настоящее время при проектировании новых микрорайонов в населённых пунктах основное внимание проектировщиков уделяется местам расположения объектов человеческой деятельности, схемам путей подъезда к ним транспорта, транзитному движению транспорта, а также движению пешеходов. Однако, несмотря на учёт в таких схемах большого числа факторов, определяющих удобство функционирования человеческой деятельности, при этом в относительно малой степени производится оценка безопасности движения транспорта и его взаимодействие с пешеходными потоками. Проектные работы обычно ограничиваются расчётом пропускной способности проезжих частей дорог и допускаемого скоростного режима движения транспорта. Расчёт оценки опасности конфликтных точек на пересечениях транспортных и пешеходных потоков, а также взаимодействующих между собой потоков транспорта не производится.

Следствием такого подхода является достаточно большое количество дорожно-транспортных происшествий на образующихся при этом конфликтных точках. Разработка мероприятий по локализации ДТП на образующихся опасных участках производится на основе анализа случившихся дорожно-транспортных происшествий с учётом их количественных и ущербных характеристик. Имеющиеся в распоряжении специалистов данного профиля методики расчёта показателей безопасности движения не предусматривают возможность перспективного расчёта уровня опасности дорожных пересечений – как мест концентрации ДТП. Расчёт перспективного уровня безопасности дорожных пересечений обычно не производится.

Предлагаемая в данной работе методика базируется на расчёте оценок риска возникновения дорожно-транспортных происшествий по состоянию или перспективному изменению исходных факторов, определяющих состояние безопасности движения на конкретных участках. По изменению комплекса входных факторов, относящихся к безопасности движения, в течение суток с часовыми интервалами производится расчёт показателя риска ДТП на конкретных конфликтных точках по соответствующим видам конфликтов. По полученным данным составляется мониторинг опасности каждой конфликтной точки с часовыми интервалами в течение суток, по которому можно определить наиболее опасные временные периоды и принимать соответствующие организационные мероприятия, локализирующие появляющуюся опасность.

Таким же образом можно определить уровень опасности проходящего через пересечение маршрута, пересекающего несколько конфликтных точек. Располагая суточным мониторингом каждой конфликтной точки, можно составить общую схему суточного мониторинга по часовым интервалам всего дорожного пересечения. Наличие такого мониторинга позволит принимать соответствующие организационные мероприятия в наиболее опасные периоды: переключать работу пешеходных переходов в регулируемый режим, устанавливать возможность беспрепятственного проезда транспорта по конкретным направлениям и, тем самым, уменьшать количество конфликтных точек на перекрёстке, вводить ограничения по скоростному режиму транспорта и так далее.

В перспективном варианте возможно создание центра управления безопасностью движения на дорожных пересечениях, в качестве одной из функций которого можно рассматривать оперативное принятие решений в режиме текущего времени в зависимости от рассчитываемых по предлагаемой методике параметров конкретных пересечений, характеризующих их состояние опасности. Управление принимаемых организационных решений может осуществляться как в ручном режиме, так и по мере развития IT-технологий воз-

возможен переход к полностью автоматическому управлению, где в качестве первичных элементов такой системы может использоваться предлагаемая методика расчёта опасности дорожных пересечений.

Общие выводы и рекомендации

1. На основе выполненных исследований решена научно-практическая задача по определению оценок опасности пешеходных переходов и перекрёстков, позволяющая в режиме реального времени отслеживать мониторинг уровня опасности конфликтных точек, а также определять прогнозные оценки опасности таких объектов.

2. Усовершенствованная система и методы прогнозирования опасности пешеходных переходов и перекрёстков позволяет по конкретным факторам определять опасные временные периоды для принятия управленческих решений по локализации опасности объекта.

3. Усовершенствованные и работоспособно подтверждённые расчётные модели определения показателей опасности пешеходных переходов и дорожных пересечений позволяют в режиме реального времени осуществлять мониторинг наиболее опасных периодов конфликтных точек. В частности, при коэффициенте опасности нерегулируемого пешеходного перехода более 1,2, целесообразно переключение перехода в регулируемый режим.

4. Разработанные научно-практические рекомендации по использованию прогнозных моделей позволяют на базе перечня входных характеристик прогнозировать уровень опасности проектируемых пешеходных переходов и перекрёстков.

5. Выявленные закономерности корреляции количества допускаемых нарушений ПДД с временными промежутками действия запрещающего сигнала светофора позволяют определять оптимальные величины таких промежутков действия запрещающих сигналов. В частности, при увеличении времени действия запрещающего сигнала более 90 секунд, происходит резкое возрастание количества нарушений ПДД.

6. Использование безразмерного коэффициента опасности пешеходного перехода позволяет в режиме реального времени принимать оперативные мероприятия по снижению риска возникновения ДТП.

7. Проведенная апробация и разработанные рекомендации для УГИБДД по Воронежской области позволили за 2018 год снизить число регистрируемых нарушений ПДД на 4,8 % и количество ДТП на пешеходных переходах на 2,5 %.

Список литературы

1. Амбарцумян, В. Причины дорожно-транспортных происшествий[Текст] / В. Амбарцумян // Автомобильный транспорт, 1996. № 1.–С. 22-23.
2. Артемьев, В.А. Правила и безопасность дорожного движения [Текст]/В.А. Артемьев, В.И.Салил , В.Е. Шатохин–Минск: Беларусь, 1989.– 224с.
3. Атласов, И.В. Использование элементов теории вероятности и математической статистики в прогнозировании ДТП [Текст]: учебное пособие / И. В. Атласов, Д.Ю. Калков. – Воронеж: Воронежский ин-т МВД России, 2014.– 156 с.
4. Афанасьев, Л.Л. Конструктивная безопасность автомобиля[Текст]: учеб. пособие для вузов по спец. «Организация дорожного движения» / Л.Л. Афанасьев, А.Б. Дьяков, В.А. Иларионов. – М.: Машиностроение, 1983. – 212 с.
5. Бабков, В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения[Текст]: учебник для вузов / В.Ф. Бабков. М.: Транспорт, 1993. – 271 с.
6. Байэтт, Р. Расследование дорожно-транспортных происшествий[Текст] / Р. Байэтт, Р. Уоттс. – М.: Транспорт, 1983. – 288 с.
7. Бешелев, С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок [Текст] / С. Д. Бешелев Ф.Г. Гурвич. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.
8. Бондаренко, Е.В. Дорожные условия движения автотранспортных средств [Текст] / Е.В. Бондаренко, И.И. Любимов, А.Н. Мельников, Н.А. Трубин. – М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет». – Оренбург: ОГУ, 2014. – 205 с.
9. Бочаров, Е. В. Безопасность дорожного движения[Текст]: справочник / Е.В. Бочаров, М.Ю. Заметта, В.С. Волошинов. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 284 с.

10. Буга, П.Г. Организация пешеходного движения в городах [Текст] / П.Г. Буга, Шелков Ю.Д. -М.: Высш. шк., 1980. – 232 с.
11. Васильев, А.П. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения[Текст] / А.П. Васильев, В.М. Сиденко; под ред. А.П. Васильева. – М.: Транспорт, 1990. – 304 с.
12. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей [Текст] / Е.С. Вентцель. – М.: Высшая школа, 1999. – 576 с.
13. Вентцель, Е.С. Теория случайных процессов и её инженерные приложения [Текст]: учебное пособие для втузов / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Высш. шк., 2000. – 383 с.
14. Верзилин, В.А. Автомобильный транспорт: организация, безопасность, эффективность [Текст] / В.А. Верзилин. - Воронеж, ВГУ, 2001. – 256 с.
15. Верзилин, В.А. Состояние и меры по укреплению правопорядка на дорогах Воронежской области [Текст]: пособие / В.А. Верзилин, В.Н. Рудаков, А.В. Фролов. – Воронеж: Центральный отдел ВНИИ МВД России, 1998. – 80 с.
16. Волков, В.С. Расчет вероятностных оценок опасности конфликтных точек на дорожных пересечениях [Текст] / В.С. Волков, Д.Ю. Кастырин// Мир транспорта и технологических машин № 4(55) 2016, С. 105 –110.
17. Волков, В.С. Вероятностные оценки опасности конфликтных точек на пересечениях автомобильных дорог [Текст] / В.С. Волков, Д.Ю. Кастырин, Е.Г. Лебедев // «Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса»: – материалы III Международной научно-технической конференции. – Донецк (25 мая 2017 г.). – С. 59 –63.
18. Волков, В.С. Влияние скоростного режима движения транспорта на показатель опасности дорожного пересечения / В.С. Волков, Д.Ю. Кастырин, Е.Г. Лебедев «Мир транспорта и технологических машин» № 2 (57) 2017. с. 74 –80.

19. Волков, В.С. Автомобили: конструкция, эксплуатационные свойства, системы, обеспечивающие безопасность движения [Текст]: учебное пособие / В.С. Волков; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2018. – 332 с.
20. Волошин, Г.Я. Анализ ДТП [Текст] / Г.Я. Волошин, А.Г. Романов, В.П. Мартынов. – М.: Транспорт, 1987. – 239 с.
21. Головкин, В.В. Основы безопасности дорожного движения [Текст]: учеб. пособие / В.В. Головкин, В.И. Майоров. Изд-во «Эксмо», 2008. – 176 с.
22. Горев, А.Э. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения [Текст] / А.Э. Горев, Е.М. Олешенко. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 256 с.
23. ГОСТ 24026-80 Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения [Текст]. – М.: Госстандарт, 1991. – 19 с.
24. ГОСТ-Р 7.32-2001 Отчет о научно-исследовательской работе [Текст]. – Введ. 2002-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 18 с.
25. ГОСТ-Р 52289-2004 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения [Текст]. – Введ. 01-01-06. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 112 с.
26. Григорян, В.Г. Применение реконструкции при определении технической возможности у водителя предотвратить наезд на пешехода [Текст] / В.Г. Григорян, В.В. Малаха, В.М. Липатов. // Теория и практика судебной экспертизы. – 2008. №1(9). – С. 114 – 122.
27. Данилов, О.Ф. Алгоритм анализа дорожно-транспортного происшествия [Текст] / О.Ф. Данилов, В.И. Колесов, К.С. Шахов // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2007. №5 – С. 87-89.
28. Дмитриев, С.Н. Дорожно-патрульная служба [Текст]: Пособие для сотрудников ГИБДД / С. Н. Дмитриев; Под общ. ред. В. А. Федорова. – 2. изд., перераб. и доп. – М.: Спарк, 2000. – 656 с.

29. Домке, Э.Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст]: учебник для студентов высших учебных заведений / Э.Р. Домке. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 288 с.

30. Домке, Э.Р. Повышение эффективности расследования дорожно-транспортных происшествий на основе применения навигационных технологий [Текст] / Э.Р. Домке, С.А. Жесткова, В.Ю. Акимова // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – № 4/39. – С. 103 – 107.

31. Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управление ими [Текст] / Д. Дрю. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.

32. Дьяков, А.Б. Безопасность движения автомобилей ночью [Текст] / А.Б. Дьяков. – М.: Транспорт, 1984. – 200 с.

33. Евтюков, С.А. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст] / С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. – СПб.: Изд-во ДНК, 2-ое издание, 2005. – 288 с.

34. Евтюков, С.А., Дорожно-транспортные происшествия: расследование, реконструкция, экспертиза [Текст] / С.А. Евтюков, Я.В. Васильев // под ред. проф. С.А. Евтюкова. – СПб.: Изд-во ДНК, 2008. – 392 с.

35. Евтюков, С.А. Экспертиза ДТП: справочник [Текст] / С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. – Санкт-Петербург: ООО «Издательство ДНК», 2006. – 536 с.

36. Жанказиев С.В. Научные основы и методология формирования интеллектуальных транспортных систем в автомобильно-дорожных комплексах городов и регионов [Текст]: автореф. дисс. д-ра техн. наук. – М.: МАДИ, 2012. – 46 с.

37. Жанказиев, С.В. Современные тенденции развития автомобильно-дорожной инфраструктуры [Текст]: материалы международ. науч. конференции / С.В. Жанказиев // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах. – СПб.: СПбГАСУ. - 2016 - С. 43-50.

38. Живоглядов, В.Г. Теория пропуска транспортных и пешеходных

потоков [Текст] / В.Г. Живоглядов // Известия ВУЗов. Сев.-Кав. Регион. – 2003. – 412 с.

39. Жулев, В.И. Предупреждение дорожно-транспортных происшествий [Текст] / В.И. Жулев. – М.: Юрид. лит., 1989. – 224 с.

40. Забышный, А.С. Вероятностные методы в оценках влияния дорожных условий на безопасность движения [Текст] / А. С. Забышный. – Киев: ИМ, 1989. - 14 с.

41. Завадский, Ю.В. Методика статистической обработки экспериментальных данных [Текст] / Ю.В. Завадский. - М.: МАДИ, 1973. – 67 с.

42. Замиховский, М.И. Экспертная реконструкция механизма ДТП по его следам [Текст]: автореф. дисс. канд. техн. наук – Москва: ВНИИСЭ, 1991. – 25 с.

43. Зырянов, В.В. Критерии оценки условий движения и модели транспортных потоков [Текст] / В.В. Зырянов. – Кемерово: Кузбасский политехн. инт, 1993. – 164 с.

44. Иларионов, В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст] / В.А. Иларионов. – М.: Транспорт, 1989. – 225 с.

45. Иларионов, В.А. Задачи и примеры по экспертизе ДТП [Текст] / В.А. Иларионов. – М.: Транспорт, 1990. – 68 с.

46. Иларионов, В.А. Коэффициент сцепления шин с дорогой и безопасность движения [Текст]: учеб. пособие / В.А. Иларионов, И.К. Пчелин, Е.И. Калинин. – М.: МАДИ, 1989. – 77 с.

47. Ильина, И.Е. Исследование возможности предотвращения дорожно-транспортного происшествия при использовании пограничных значений [Текст] / И.Е. Ильина, В.И. Буркина // Мир транспорта и технологических машин. – 2015. – № 3. С. 77–83.

48. Исламов, Р.Т. Вероятностный анализ безопасности и оценка риска [Текст]: учебное пособие / Р. Т. Исламов, М. А. Берберова. – М.: МФТИ, 2016. – 116 с.

49. Кастырин, Д.Ю. Анализ факторов дорожно-транспортных происшествий, позволяющих автоматизировать решение задач их реконструкции[Текст] / Д.Ю. Кастырин, В.С. Волков// Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2015. –Т. 2.№ 2.– С. 629-632.

50. Ким, П.А. Снижение риска наезда на пешеходов в условиях ограниченной видимости на нерегулируемых пешеходных переходах[Текст] / П.А. Ким, С.П. Озорнин, В.Г. Масленников // Вестник Иркутского гос. техн. ун-та, № 6(89): Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2014. – С. 147–154.

51. Клинковштейн, Г.И. Организация дорожного движения[Текст]: Учебник для вузов / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. 5-изд., перераб. и доп.-М.: Транспорт, 2001.-247с.

52. Клявин, В.Э. Разработка научных методов повышения уровня системной безопасности дорожного движения [Текст]: автореф. дисс. д-р. техн. Наук / В.Э. Клявин – Орёл: «ОГУ имени И.С. Тургенева», 2017. – 43 с.

53. Ковалев, В.П. Обеспечение безопасности дорожного движения. Практическое пособие. [Текст] / В.П. Ковалев. - М.: Альфа-Пресс, 2011.– 320 с.

54. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях[Текст]. - М.: Гросс Медиа, 2016. -272 с.

55. Коллинз, Д.К. Анализ дорожно-транспортных происшествий[Текст] / Д.К. Коллинз, Д.Л. Моррис. - М.: Транспорт, 1971. - 128 с.

56. Коноплянко, В.И. Организация и безопасность дорожного движения[Текст]: учебник для вузов / В.И. Коноплянко. – М.: Транспорт, 1991. – 183с.

57. Коноплянко, В.И. Организация и безопасность дорожного движения [Текст]/ В.И. Коноплянко. – М.: Высшая школа, 2007. – 383 с.

58. Королев, А.В. Методика и программный комплекс вероятностной

оценки редких событий в сложных технических системах [Текст]: автореф. дисс. канд. физ.-мат. наук. – М.: Российский научный центр «Курчатовский институт», 2000. – 28 с.

59. Корчагин, В.А. Оценка эффективности инженерных решений[Текст]: Учебное пособие / В.А. Корчагин, Ю.А. Лопухов, Ю.Н. Ризаева – 2-е изд. доп. – Пятигорск: РИА. - 2009. - 180 с.

60. Корчагин, В.А. Классификация наземных пешеходных переходов [Текст] / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин, А.В. Симаков // Вестник ИГТУ, Иркутск, 2012. №1. С. 103-108.

61. Коршаков, И.К. Автомобиль и пешеход: анализ механизма наезда[Текст] / И.К. Коршаков. – М.: Транспорт, 1988. – 245 с.

62. Красников, А.Н. Закономерности движения на многополосных автомобильных дорогах[Текст] / А.Н. Красников. – М.: Транспорт, 1988. – 111 с.

63. Кременец, Ю.А. Технические средства организации дорожного движения[Текст]: учеб. для вузов / Ю.А. Кременец. – М.: Академкнига, 2005. – 279 с.

64. Кривицкий, А.М. Использование специальных познаний в расследовании дорожно-транспортных происшествий[Текст] / А.М. Кривицкий, Ю.И. Шапоров. – Минск: Харвест, 2004. – 128 с.

65. Куперман, А.И. Безопасность дорожного движения[Текст]: справочное пособие / А.И. Куперман, Ю.В. Миронов. - М.: Высшая школа, 1997. – 320с.

66. Кущенко, Л.Е. Повышение эффективности организации движения в городе на основе минимизации заторов [Текст]: автореф. дисс. канд. техн. наук / Л.Е. Кущенко – Орёл: «ОГУ имени И.С. Тургенева», 2016. – 20 с.

67. Лобанов, Е.М. Транспортная планировка городов [Текст]: учеб. для студентов вузов / Е.М. Лобанов. - М.: Транспорт, 1990. – 240 с.

68. Лукьянов, В.В. Безопасность дорожного движения[Текст] / В.В.

Лукьянов. – М.: Транспорт, 1980. – 311 с.

69. Лянденбургский, В.В. Количественно-временной анализ «нарушений» на автотренажёре [Текст] / В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, И.Е. Ильина, С.А. Пылайкин // Прогрессивные технологии в транспортных системах. – 2015. – С. 127–131.

70. Мартынова, Е.С. Оценка уровней обслуживания движения транспортных потоков на основе нечетких экспертных систем [Текст]: автореф. дисс. канд. техн. наук. – Орёл, «ОГУ имени И.С. Тургенева», 2019. – 20 с.

71. Майборода, О.В. Основы управления автомобилем и безопасность дорожного движения [Текст] / О.В. Майборода. – М.: Академия, 2004. – 256 с.

72. Методические рекомендации по исследованию причин ДТП с особо тяжкими последствиями [Текст]. -М.: ФГУМ НИИАТ, 2003. – 56 с.

73. Методы и модели совместного использования вероятностных методов и экспертного оценивания в прогнозировании [Текст] / Л. Г. Гурин. –М.: ВЦ РАН, 1994. - 61 с.

74. Миронов, Ю.В. Предупреждение попутных столкновений [Текст] / Ю.В. Миронов, В.Б. Мазуркевич // Системный анализ дорожного движения и дорожно-транспортных происшествий. Сбор. науч. трудов МАДИ. – 1989. – С. 69-72.

75. Митропольский, А.К. Техника статистических вычислений [Текст] / А.К. Митропольский. – М.: Наука, 1971. – 576 с.

76. Молев, Ю.И. К вопросу формирования репрезентативной выборки для анализа причин ДТП [Текст] / Ю.И. Молев // Известия вузов. Машиностроение. – 2005. – № 8. – С. 37 – 44.

77. Молодцов, В.А. Безопасность транспортных средств [Текст]: учебное пособие / В. А. Молодцов; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "Тамбовский гос. технический ун-т". - Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2013. - 235 с.

78. Никитин, В.И. Первичная статистическая обработка экспериментальных данных: методические указания по выполнению контрольной работы для студентов заочной и очно-заочной формы обучения [Текст] / В.И. Никитин. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2017. – 80 с.

79. Новиков, А.Н. Совершенствование дорожной сети для повышения её пропускной способности с использованием средств транспортной телематики [Текст] / А.Н. Новиков, В.А. Голенков, Ю.Н. Баранов, А.А. Катунин, А.С. Бодров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2014. – № 6. – С. 128–139.

80. О безопасности дорожного движения [Текст]: Федеральный закон от 10 декабря 1995 года. Автомобилисти ГАИ. Права и обязанности. – М.: Объединенная редакция МВД Российской Федерации, 1996. – 128 с.

81. Озорнин, С.П. Проблемы обеспечения безопасности пешеходов в условиях интенсивного городского движения автотранспортных средств (на примере города Читы и Забайкальского края): материалы XI междунар. научно-практ. конф. «Кулагинские чтения» [Текст] / С.П. Озорнин, П.А. Ким. – Чита, ЗабГУ, 2011. – С. 98-102.

82. Озорнин, С.П. Обеспечение безопасности пешеходов в условиях интенсивного городского движения автотранспортных средств [Текст] / С.П. Озорнин, П.А. Ким. Вестник СГТУ: Научно-технический журнал. – Саратов, 2013, № 2 (71). Вып. 2, С. 21–26.

83. Определение и применение в экспертной практике параметров торможения автотранспортных средств [Текст]: метод. рекомендации. – М.: ВНИИСЭ, 1983. – 31 с.

84. Основы математической статистики и теории случайных процессов [Текст]: учебное пособие / И. В. Хрущева, В. И. Щербаков, Д. С. Леванова. – СПб.: Лань, 2009. – 331 с.

85. Пегин, П.А. Дорожная и психофизиологическая экспертизы дорожно-транспортных происшествий : учеб. пособие [Текст] / П.А. Пегин, И. Н. Пугачев. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2008. – 106 с.
86. Плотников, А.М. Методология обеспечения безопасности движения на регулируемых пересечениях улично-дорожной сети мегаполисов [Текст]: диссертация докт. техн. наук / А.М. Плотников. – М.: МАДИ, 2015. – 252 с.
87. Попова, Е.П. Оценка эффективности мероприятий по организации дорожного движения: учебное пособие [Текст] / Е.П. Попова, В.М. Трофимов, О.В. Куликов. - М.: МАДИ (ГТУ), 2001. – 73 с.
88. Правила дорожного движения Российской Федерации [Текст]. – М.: «Запчасти», 2018. – 64 с.
89. Приказ Росстата от 21.05.2014, № 402 «Об утверждении статистического инструментария для организации Министерством внутренних дел Российской Федерации федерального статистического наблюдения о дорожно-транспортных происшествиях» [Текст]. – М.: Росстат РФ, 25.11.2018.
90. Приходько, В.М. Интеллектуальные транспортные системы в автомобильно-дорожном комплексе [Текст] / В.М. Приходько, В.М. Власов, С.В. Жанказиев, А.М. Иванов // Под общ. ред. В.М. Приходько. – М.: ООО «Мейлер», – 2011. – 487 с.
91. Проблемы неопределенности данных при экспертизе дорожно-транспортных происшествий [Текст] / Д. Ф. Тартаковский; Ассоциация «Юридический центр». – СПб.: Изд-во Р. Асланова "Юридический центр Пресс", 2006. – 266 с.
92. Пучкин В.А. Справочно-нормативные материалы для эксперта-автотехника [Текст] / В.А. Пучкин, В.И. Лозовой / Юж.-Рос.гос. техн. ун-т. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2002. – 172с.
93. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах [Текст]. - М.: Росавтодор Минтранса России, 2002. -

220 с.

94. Ризаева, Ю.Н. Повышение безопасности движения большегрузных автопоездов [Текст] / В.А. Корчагин, Е.В. Сливинский, Ю.Н. Ризаева // Бюллетень транспортной информации. – 2011. - № 4. - С. 24-28.

95. Ройтман, Б.А. Безопасность автомобиля в эксплуатации [Текст] / Б.А. Ройтман, Ю.Б. Суворов, В.И. Суковицин. – М.: Транспорт, 1987. – 207 с.

96. Руководство по регулированию дорожного движения в городах [Текст]. – М.: Стройиздат, 1974. – 48 с.

97. Рябоконт, Ю.А. Государственное управление безопасностью дорожного движения: учебное пособие [Текст] / Ю.А. Рябоконт. – Омск: СиБАДИ, 2013. – 280 с.

98. Семенов, Ю.Н. Взаимодействие элементов системы «Водитель-автомобиль-дорога-среда-другие Участники движения» (ВАДСУ) при ДТП с участием пешехода [Текст] / Ю.Н. Семёнов, О.С. Семёнова // Наука и образование транспорту: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Самара, 5-7 октября 2009 г.). – Самара: СамГУП, 2009 – С. 202-204.

99. Серафимович, Л.П. Планирование эксперимента: учебное пособие [Текст] / Л.П. Серафимович. – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2006. – 128 с.

100. Симаков, А.В. Обеспечение безопасности движения на наземных пешеходных переходах в городах [Текст]: автореф. дисс. канд. техн. наук / А.В. Симаков. – Иркутск, ИрГТУ, 2012. – 20 с.

101. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги [Текст]. - Введ. 1987-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1986. - 82 с.

102. Сорокина, О.В. Оптимизация режимов работы светофорной сигнализации на регулируемых перекрестках в реальном времени (на примере г. Пензы) [Текст] / О.В. Сорокина, Ю.В. Сорокина // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. - № 4/39. – С. 75–79.

103. Справочник по безопасности дорожного движения: Обзор мероприятий по безопасности дорожного движения [Текст] / Эльвик Р., Боргер А., Эствик Э., Ваа Т.; Пер. с норв. под рук. У. Агаповой; Ин-т экономики трансп. (Осло). Осло; Копенгаген, 1996. - 646 с.

104. Столяров, В.В. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий наосноветеориириска[Текст]:учеб.пособие / В.В. Столяров.- Саратов:СГТУ,1996.-176с.

105. Столяров, В.В. Теория риска в проектировании плана дороги и организации движения: учебное пособие [Текст] / В.В. Столяров. – Саратов: СГТУ, 1995. - 84 с.

106. Талицкий, И.И. Безопасность движения на автомобильном транспорте: справочник[Текст] / И.И. Талицкий, В.Л. Чугуев, Ю.Ф. Щербинин. – М.: Транспорт, 1988. – 158 с.

107. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы [Текст]: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по физико-математическим специальностям / М. А. Маталыцкий, Г. А. Хацкевич. - Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 719 с.

108. Теория случайных процессов[Текст] / А. В. Булинский, А. Н. Ширяев. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 402 с.

109. Уткин, А.В. Моделирование оценки водителями дорожной обстановки[Текст] / А.В. Уткин, Ю.В. Миронов // Системный анализ дорожного движения и дорожно-транспортных происшествий. Сб. науч. тр. МАДИ. – 1989. – С. 95-101.

110. Фаустова, О.Г. Разработка методики интегральной оценки и управления риском возникновением чрезвычайных ситуаций для повышения безопасности морских и мультимодальных перевозок [Текст]: автореф. дисс. канд. техн. наук / О.Г. Фаустова // Калининградский государственный технический университет, 2016. – 21 с.

111. Хомяк, Я.В. Организация дорожного движения[Текст] / Я.В. Хомяк. – Киев: Высш. шк., 1986. – 271 с.
112. Цыганов, Р.Я. Вероятностные методы оценки дорожно-климатических условий: учеб. пособие[Текст] / Р.Я. Цыганов, С.В. Алексиков; М-во образования Рос. Федерации. Волгогр. гос. архитектур.-строит. акад. - Волгоград : Волгогр. гос. архитектур.-строит. акад., 2001. - 39 с.
113. Чава, И.И. Экспертная оценка действий водителя транспортного средства в нестандартных условиях[Текст] // Теория и практика судебной экспертизы / И.И. Чава. – 2008. – № 1(9). – С. 122–126.
114. Чикалин, Е.Н. Повышение эффективности организации дорожного движения в зонах нерегулируемых пешеходных переходов[Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук / Е.Н. Чикалин. – Иркутск: ИрГТУ, 2012. – 21 с.
115. Шевцова, А.Г. Совершенствование организации дорожного движения на основе рационального управления светофорным объектом [Текст]: автореф. дисс. канд. Техн. наук / А.Г. Шевцова. – Орёл: «ОГУ имени И.С. Тургенева», 2016. – 20 с.
116. Шештокас, В.В. Конфликтные ситуации и безопасность движения в городах[Текст] / В.В. Шештокас, Д.С. Самойлов. – М.: Транспорт, 1987. – 207 с.
117. Шутов, А.И. Расследование и экспертиза ДТП: учебное пособие для студентов всех форм обучения специальности 190702 - Организация и безопасность движения[Текст] / А. И. Шутов, Н. А. Загородний; Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. – Белгород: Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова, 2008. – 100 с.
118. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий. Осмотр места ДТП. Схема места ДТП: учебно-методическое пособие[Текст] / В. А. Городочкин, А. Е. Вязовский ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. эксплуатации автомобильного трансп. - Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2010. - 45 с.

119. Якимов, О.Ю. Дорожно-транспортное происшествие[Текст] / О.Ю. Якимов. – М.:Юрайт-Издат, 2008. -175с.
120. Яценко, Н.Н. Колебания автомобиля при торможении [Текст] / Н.Н. Яценко, А.А. Енаев. – Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1989. – 248 с.
121. Activities of the Bloomberg Philanthropies Global Road Safety Programme (formerly RS10) in Russia: promising results from a sub-national project / Slyunkina ES, Kliavin VE, Gritsenko EA, Petruhin AB, Zambon F, et al. // Injury. Int J Care Injured. 2013; 44 Suppl 4: pp.64–69.
122. An Auto-tuning Assisted Power-Aware Study of Iris Matching Algorithm on Intel's SCC // Gildo Torres, Chen Liu, Jed Kao-Tung Chang, Fang Hua, Stephanie Schuckers // Journal of Signal Processing Systems, 2015. – Volume: 80, Issue 3, pp. 261-276.
123. Berg T., Carlsson A., Carlsson A.: 2+1 Roads With and Without Cable Barriers: Speed Performance. In Fourth International Symposium on Highway Capacity. Washington, DC. 2000.
124. Evaluation of the five-year Bloomberg Philanthropies Global Road Safety Program in the Russian Federation / S. Gupta, N. Paichadze, E. Gritsenko, V. E. Klyavin, E. Yurasova, A.A. Hyder // Public health. 2017. № 144. pp. 5-14.
125. Foltýn V., Šatra P.: Study of assessment of the technical feasibility and performance of safe roads in 2+1 standard in first class road network of Hradec Králové Region. AF-City Plan. Praha. 2013.
126. Intersectoral action to improve road safety in two regions of the Russian Federation / V. Kondratiev, V. Grishin, S. Orlov, V. Klyavin, E. Yurasova, D. Sethi, M. Peden, Sh. Gupta, L. Migliorini // Public Health Panorama. Volume 1. Issue 2. 2015. pp. 192-197.
127. Jamison DT, Breman JG, Measham AR, et al., editors. Disease Control Priorities in Developing Countries, 2nd edition / The World Bank; New York: Oxford University Press; 2006. 1452 p.

128. Kopits E., Cropper M. Traffic fatalities and economic growth. – Washington: DC, The World Bank, 2003. – 53 p.

129. Trinca GW et al. Reducing traffic: the global challenge. – Melbourne: Royal Australasian College of Surgeons, 1988. – 87 p.

130. Weber R., Löhe U.: Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf auf b2+1 Strecken. Bundesanstalt für Straßenwesen. Bergisch Gladbach. 2004.

Bogenberger, K. Quality of Real-Time Traffic Information Austrian Motorway and Expressway Network[Text] / K. Bogenberger, M. Rose, A. Schieferstein, T. Mariacher, P. Hrasnig. - Proc. ITSWorldCongress. - Vienna,Austria, 2012.

Приложение А.

ПРОГРАММА РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТИ ДОРОЖНО–ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ НА НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ

В программе реализован расчет вероятности возникновения дорожно-транспортного происшествия на нерегулируемом пешеходном переходе в зависимости от времени суток. Программа позволяет определить вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий в режиме реального времени в зависимости от факторов, определяющих взаимодействие транспортного и пешеходного потоков. В результате применения программы возможна разработка комплекса мероприятий по принятию организационных решений, позволяющих снизить численность дорожно-транспортных происшествий на нерегулируемых пешеходных переходах. Программа может быть использована в учебном процессе образовательных организаций при обучении дисциплинам технической направленности в области автомобильной подготовки. Программа может быть использована в работе дорожно-патрульной службы при разработке профилактических и организационных мероприятий по снижению дорожно-транспортных происшествий, а также в виде вспомогательного инструмента для автотехнических экспертиз.

Тип реализующей ЭВМ: процессор Pentium 500 и выше; оперативная память 512 Мб; свободное пространство на жестком диске 30 Мб; графический адаптер SVGA с видеопамью 500 Мб или более; цветной монитор SVGA с размером диагонали экрана 15” и более.

Язык программирования (для программы для ЭВМ): Delphi.

Вид и версия операционной системы: Microsoft Windows Vista, 7, 8.1, 10.

Объем программы для ЭВМ в машиночитаемой форме: 495Кб.

```
a:1:{s:0:"";a:36:{s:6:"label5";N;s:6:"label4";N;s:6:"label6";N;s:6:"label7";N;s:6:"label9";N;s:7:"label10";N;s:7:"label12";N;s:7:"label14";N;s:7:"label15";N;s:7:"label16";N;s:7:"label17";N;s:7:"label18";N;s:6:"label8";N;s:7:"label11";N;s:5:"edit2";a:2:{s:7:"onfocus";s:24:"setText(c("edit2"), """);";s:10:"onkeypress";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
    c("button1")->perform(513, 0, 0);
    c("button1")->perform(514, 0, 0);
}";s:5:"edit1";a:2:{s:7:"onfocus";s:24:"setText(c("edit1"), """);";s:10:"onkeypress";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
    c("button1")->perform(513, 0, 0);
    c("button1")->perform(514, 0, 0);
}";s:5:"edit3";a:2:{s:7:"onfocus";s:24:"setText(c("edit3"), """);";s:10:"onkeypress";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
    c("button1")->perform(513, 0, 0);
    c("button1")->perform(514, 0, 0);
```

```

};s:5:"edit4";a:2:{s:7:"onfocus";s:24:"setText(c("edit4"), "");";s:10:"onkey-
press";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
    c("button1")->perform(513, 0, 0);
    c("button1")->perform(514, 0, 0);
};s:5:"edit5";a:2:{s:7:"onfocus";s:24:"setText(c("edit5"), "");";s:10:"onkey-
press";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
    c("button1")->perform(513, 0, 0);
    c("button1")->perform(514, 0, 0);
};s:5:"edit6";a:2:{s:7:"onfocus";s:24:"setText(c("edit6"), "");";s:10:"onkey-
press";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
    c("button1")->perform(513, 0, 0);
    c("button1")->perform(514, 0, 0);
};s:5:"edit7";a:2:{s:7:"onfocus";s:24:"setText(c("edit7"), "");";s:10:"onkey-
press";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
    c("button1")->perform(513, 0, 0);
    c("button1")->perform(514, 0, 0);
};s:5:"edit8";a:2:{s:7:"onfocus";s:24:"setText(c("edit8"), "");";s:10:"onkey-
press";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
    c("button1")->perform(513, 0, 0);
    c("button1")->perform(514, 0, 0);
};s:5:"edit9";a:2:{s:7:"onfocus";s:24:"setText(c("edit9"), "");";s:10:"onkey-
press";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
    c("button1")->perform(513, 0, 0);
    c("button1")->perform(514, 0, 0);
};s:6:"edit10";a:2:{s:7:"onfocus";s:25:"setText(c("edit10"), "");";s:10:"onkey-
press";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
    c("button1")->perform(513, 0, 0);
    c("button1")->perform(514, 0, 0);
};s:6:"edit11";a:2:{s:7:"onfocus";s:25:"setText(c("edit11"), "");";s:10:"onkey-
press";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
    c("button1")->perform(513, 0, 0);
    c("button1")->perform(514, 0, 0);
};s:6:"edit12";a:2:{s:7:"onfocus";s:25:"setText(c("edit12"), "");";s:10:"onkey-
press";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
    c("button1")->perform(513, 0, 0);

```

```

c("button1")->perform(514, 0, 0);
}";s:6:"edit13";a:2:{s:7:"onfocus";s:25:"setText(c("edit13"), "");";s:10:"onkey-
press";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
c("button1")->perform(513, 0, 0);
c("button1")->perform(514, 0, 0);
}";s:6:"edit14";a:2:{s:7:"onfocus";s:25:"setText(c("edit14"), "");";s:10:"onkey-
press";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
c("button1")->perform(513, 0, 0);
c("button1")->perform(514, 0, 0);
}";s:6:"edit15";a:2:{s:7:"onfocus";s:25:"setText(c("edit15"), "");";s:10:"onkey-
press";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
c("button1")->perform(513, 0, 0);
c("button1")->perform(514, 0, 0);
}";s:7:"button1";a:1:{s:7:"onclick";s:1773:"{
global $k;
$x=0;
for ($x=1; $x<=16; $x++) {if (is_numeric(c("edit$x")->text)==0)
{$g=$x;break;}};
if ($g<>0) {messageDlg("Ошибка! Проверьте правильность заполнения
формы!", mtError, MB_OK);c("edit$g")->setFocus();} else
{
$k++;
c("grid1")->rowCount=(c("grid1")->rowCount)+1;
$n=(c("edit2")->text);
$Nn3=(c("edit1")->text);
$Nin=(c("edit3")->text);
$Mia3=(c("edit4")->text);
$Mia4=(c("edit5")->text);
$Mia=(c("edit6")->text);
$v=(c("edit7")->text);
$mv34=(c("edit8")->text);
$mvmn=(c("edit9")->text);
$Mai=(c("edit10")->text);
$ux=(c("edit11")->text);
$uxmax=(c("edit12")->text);
$tpc=(c("edit13")->text);
$tpb=(c("edit14")->text);
$a=(c("edit15")->text);
$Nni=(c("edit16")->text);
c("grid1")->cells(0,$k,$k);
c("grid1")->cells(1,$k,$n);

```

```

c("grid1")->cells(2,$k,$Nn3);
c("grid1")->cells(3,$k,$Nin);
c("grid1")->cells(4,$k,$Mia3);
c("grid1")->cells(5,$k,$Mia4);
c("grid1")->cells(6,$k,$Mia);
c("grid1")->cells(7,$k,$v);
c("grid1")->cells(8,$k,$mv34);
c("grid1")->cells(9,$k,$mvmn);
c("grid1")->cells(10,$k,$Nni);
c("grid1")->cells(11,$k,$Mai);
c("grid1")->cells(12,$k,$ux);
c("grid1")->cells(13,$k,$uxmax);
c("grid1")->cells(14,$k,$tpc);
c("grid1")->cells(15,$k,$tpb);
c("grid1")->cells(16,$k,$a);
$lost=((($v*($tpc+$tpb)/3.6)+(pow($v,2)/(254*$ux*(1+sin($a)))))/1000;
$p=($n*$Nn3*$Mia3*$Mia4*$v*$mv34*$ux-
max)/(8760*$Nni*$Mai*$ux*$lost*$Nin*pow($Mia,2)*$mvmn);
c("grid1")->cells(17,$k,$p);
};
};s:8:"--fmedit";a:1:{s:8:"oncreate";s:1327:" global $k;
$k=0;
c("grid1")->cells(0,0,"N");
c("grid1")->cells(1,0,"n");
c("grid1")->cells(2,0,"Nn3");
c("grid1")->cells(3,0,"Nin");
c("grid1")->cells(4,0,"Mia3");
c("grid1")->cells(5,0,"Mia4");
c("grid1")->cells(6,0,"Mia");
c("grid1")->cells(7,0,"V");
c("grid1")->cells(8,0,"mv34");
c("grid1")->cells(9,0,"mvmn");
c("grid1")->cells(10,0,"Nni");
c("grid1")->cells(11,0,"Mai");
c("grid1")->cells(12,0,"ux");
c("grid1")->cells(13,0,"uxmax");
c("grid1")->cells(14,0,"tpc");
c("grid1")->cells(15,0,"tpb");
c("grid1")->cells(16,0,"a");
c("grid1")->cells(17,0,"p");
grid_colWidth(c("grid1")->self, 0, 40);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 1, 50);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 2, 50);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 3, 50);

```

```

grid_colWidth(c("grid1")->self, 4, 50);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 5, 50);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 6, 50);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 7, 50);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 8, 50);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 9, 50);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 10, 50);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 11, 50);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 12, 50);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 13, 50);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 14, 50);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 15, 50);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 16, 50);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 17, 180);";}s:7:"button2";a:1:{s:7:"on-
click";s:1594:"{
    global $k;
    $excel_app = new COM("Excel.Application");
    $excel_app->Application->Visible = 1;
    $excel_app->Workbooks->Add();
    for ($i=0;$i<=17;$i++)
    {
        switch($i)
        {
            case 0: $B='A';
                break;
            case 1: $B="B";
                break;
            case 2: $B="C";
                break;
            case 3: $B="D";
                break;
            case 4: $B="E";
                break;
            case 5: $B="F";
                break;
            case 6: $B="G";
                break;
            case 7: $B="H";
                break;
            case 8: $B="I";
                break;
            case 9: $B="J";
                break;
            case 10: $B="K";

```

```

        break;
    case 11: $B="L";
        break;
    case 12: $B="M";
        break;
    case 13: $B="N";
        break;
    case 14: $B="O";
        break;
    case 15: $B="P";
        break;
    case 16: $B="Q";
        break;
    case 17: $B="R";
        break;
};
for ($j=0;$j<=$k;$j++)
{
    $h=$j+1;
    $range=$excel_app->Range("$B"."$h");
    $range->Value = c("grid1")->cells($i,$j);
};
};

}";};s:7:"button3";a:1:{s:7:"onclick";s:83:"{
global $k;
if ($k<>0) {
    c("grid1")->rowCount=1;
    $k=0;
};
}";};s:7:"button4";a:1:{s:7:"onclick";s:106:"{
global $k;
if ($k<>0) {
    c("grid1")->rowCount=(c("grid1")->rowCount)-1;
    $k--;
};
}";};s:6:"edit16";a:2:{s:7:"onfocus";s:25:"setText(c("edit16"), "");";s:10:"onkey-
press";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
    c("button1")->perform(513, 0, 0);
    c("button1")->perform(514, 0, 0);
}";};s:7:"label13";N;}}

```

Приложение Б.

ПРОГРАММА РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ

В программе реализован расчет вероятности возникновения дорожно-транспортного происшествия на регулируемом пешеходном переходе в зависимости от времени суток. Программа позволяет определить вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий в режиме реального времени в зависимости от факторов, определяющих взаимодействие транспортного и пешеходного потоков. В результате применения программы возможна разработка комплекса мероприятий по принятию организационных решений, позволяющих снизить количество дорожно-транспортных происшествий на регулируемых пешеходных переходах. Программа может быть использована в учебном процессе образовательных организаций при обучении студентов дисциплинам технической направленности в области автомобильной подготовки. Программа может быть использована в работе дорожно-патрульной службы при разработке профилактических и организационных мероприятий по снижению дорожно-транспортных происшествий, а также в виде вспомогательного инструмента для автотехнических экспертиз.

Тип реализующей ЭВМ: процессор Pentium 500 и выше; оперативная память 512 Мб; свободное пространство на жестком диске 30 Мб; графический адаптер SVGA с видеопамью 500 Мб или более; цветной монитор SVGA с размером диагонали экрана 15'' и более.

Язык программирования (для программы для ЭВМ): Delphi.

Вид и версия операционной системы: Microsoft Windows Vista, 7, 8.1, 10.
Объем программы для ЭВМ в машиночитаемой форме: 495Кб.

```
a:1:{s:0:"";a:18:{s:6:"label5";N;s:6:"label6";N;s:6:"label9";N;s:7:"label10";N;s:6:"label8";N;s:7:"label11";N;s:5:"edit1";a:2:{s:7:"onfocus";s:24:"setText(c("edit1"), "");";s:10:"onkeypress";s:11:"if(get_key_state(13)<0)
{
  c("button1")->perform(513, 0, 0);
  c("button1")->perform(514, 0, 0);
}";s:7:"button1";a:1:{s:7:"onclick";s:1031:"{
  global $k;
  $x=0;
  $p=0;
  for ($x=1; $x<=7; $x++) {if (is_numeric(c("edit$x")->text)==0)
  {$g=$x;break;}};
  if ($g<>0) {messageDlg("Ошибка! Проверь те правильность заполнения формы!", mtError, MB_OK);c("edit$g")->setFocus();} else
  {
    $k++;
    c("grid1")->rowCount=(c("grid1")->rowCount)+1;
    $n=(c("edit1")->text);
```

```

$Nn34=(c("edit2")->text);
$Ma34=(c("edit3")->text);
$Nn4=(c("edit4")->text);
$Ma4=(c("edit5")->text);
$t3cn=(c("edit6")->text);
$t3ca=(c("edit7")->text);
c("grid1")->cells(0,$k,$k);
c("grid1")->cells(1,$k,$n);
c("grid1")->cells(2,$k,$Nn34);
c("grid1")->cells(3,$k,$Ma34);
c("grid1")->cells(4,$k,$Nn4);
c("grid1")->cells(5,$k,$Ma4);
c("grid1")->cells(6,$k,$t3cn);
c("grid1")->cells(7,$k,$t3ca);
$p=$n*$Nn34*$Ma34*$t3cn*$t3ca;
$pd=31536000*$Nn4*$Ma4;
$p=$p/$pd;
c("grid1")->cells(8,$k,$p);
};
}";};s:8:"--fmedit";a:1:{s:8:"oncreate";s:666:" global $k;
 $k=0;
c("grid1")->cells(0,0,"№");
c("grid1")->cells(1,0,"n");
c("grid1")->cells(2,0,"№зч");
c("grid1")->cells(3,0,"Мазч");
c("grid1")->cells(4,0,"№пч");
c("grid1")->cells(5,0,"Мач");
c("grid1")->cells(6,0,"t3cn");
c("grid1")->cells(7,0,"t3ca");
c("grid1")->cells(8,0,"p");
grid_colWidth(c("grid1")->self, 0, 35);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 1, 45);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 2, 45);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 3, 45);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 4, 45);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 5, 45);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 6, 45);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 7, 35);
grid_colWidth(c("grid1")->self, 8, 300);};s:7:"button2";a:1:{s:7:"on-
click";s:1036:"{
 global $k;
 $excel_app = new COM("Excel.Application");
 $excel_app->Application->Visible = 1;
 $excel_app->Workbooks->Add();

```

```

for ($i=0;$i<=8;$i++)
{
    switch($i)
    {
        case 0: $B='A';
            break;
        case 1: $B="B";
            break;
        case 2: $B="C";
            break;
        case 3: $B="D";
            break;
        case 4: $B="E";
            break;
        case 5: $B="F";
            break;
        case 6: $B="G";
            break;
        case 7: $B="H";
            break;
        case 8: $B="I";
            break;
    };
    for ($j=0;$j<=$k;$j++)
    {
        $h=$j+1;
        $range=$excel_app->Range("$B"."$h");
        $range->Value = c("grid1")->cells($i,$j);
    };
};

}";};s:7:"button3";a:1:{s:7:"onclick";s:83:"{
global $k;
if ($k<>0) {
    c("grid1")->rowCount=1;
    $k=0;
};
}";};s:7:"button4";a:1:{s:7:"onclick";s:106:"{
global $k;
if ($k<>0) {
    c("grid1")->rowCount=(c("grid1")->rowCount)-1;
    $k--;
};
};

```

```

}";};s:5:"edit2";a:2:{s:7:"onfocus";s:24:"setText(c("edit2"), "");";s:10:"onkey-
press";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
    c("button1")->perform(513, 0, 0);
    c("button1")->perform(514, 0, 0);
}";};s:5:"edit3";a:2:{s:7:"onfocus";s:24:"setText(c("edit3"), "");";s:10:"onkey-
press";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
    c("button1")->perform(513, 0, 0);
    c("button1")->perform(514, 0, 0);
}";};s:5:"edit4";a:2:{s:7:"onfocus";s:24:"setText(c("edit4"), "");";s:10:"onkey-
press";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
    c("button1")->perform(513, 0, 0);
    c("button1")->perform(514, 0, 0);
}";};s:5:"edit5";a:2:{s:7:"onfocus";s:24:"setText(c("edit5"), "");";s:10:"onkey-
press";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
    c("button1")->perform(513, 0, 0);
    c("button1")->perform(514, 0, 0);
}";};s:5:"edit6";a:2:{s:7:"onfocus";s:24:"setText(c("edit6"), "");";s:10:"onkey-
press";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
    c("button1")->perform(513, 0, 0);
    c("button1")->perform(514, 0, 0);
}";};s:5:"edit7";a:2:{s:7:"onfocus";s:24:"setText(c("edit7"), "");";s:10:"onkey-
press";s:111:" if(get_key_state(13)<0)
{
    c("button1")->perform(513, 0, 0);
    c("button1")->perform(514, 0, 0);
}";}}}}

```

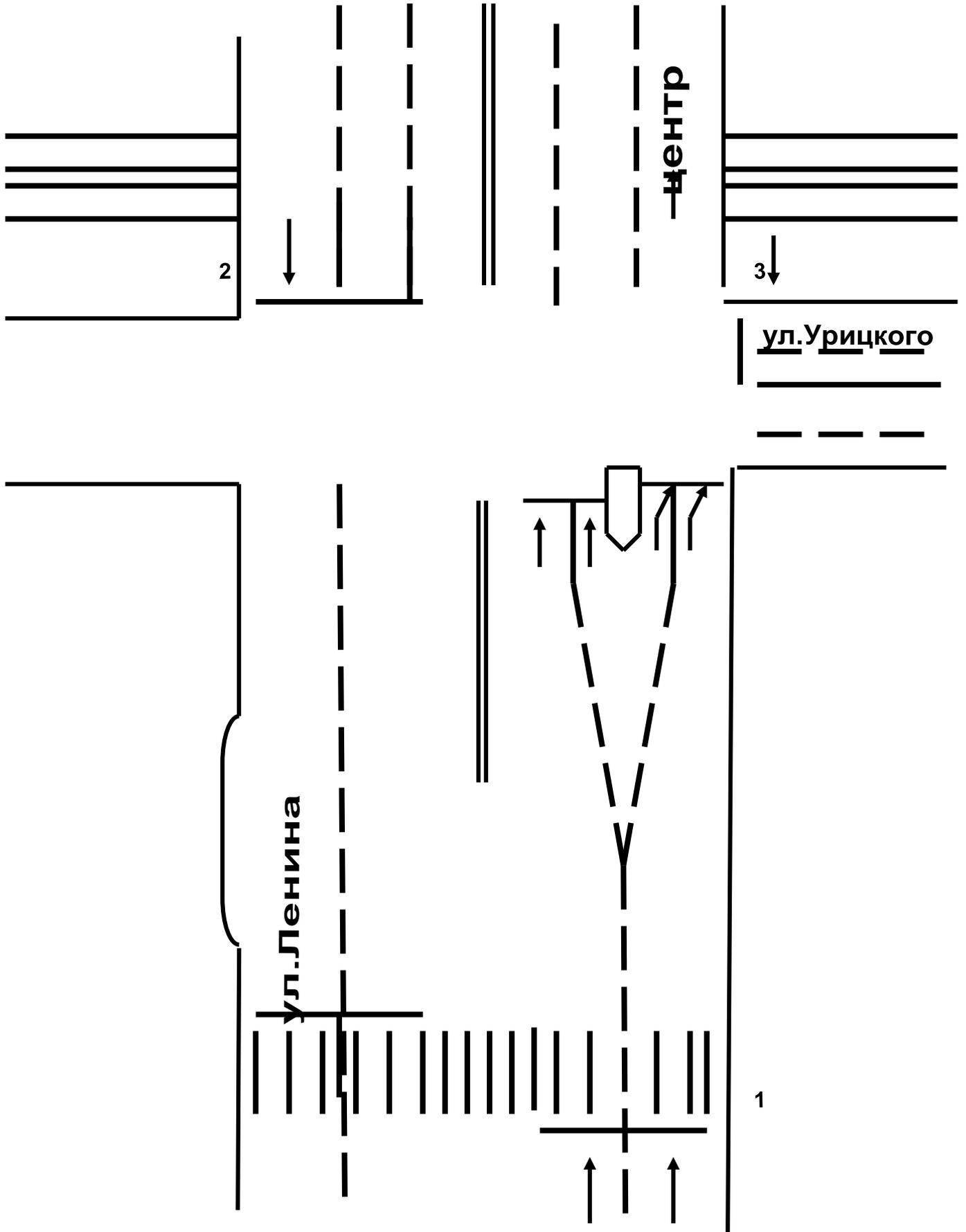
Приложение В.**Ведомости мониторинга движения пешеходов и транспорта на дорожных пересечениях г. Воронежа за 2015 - 2018 годы****Часть 1 – Исследование интенсивности движения пешеходов и транспорта**

Таблица П.3.1 - Сводная ведомость объектов наблюдения

№	Наименование объекта	Число постов
1	Пересечение ул. Ленина с ул. Урицкого	3
2	Пл. Черняховского	4
3	Пересечение проспекта Революции и ул. Кольцовской	3
4	Перекресток на пл. Ленина у Облпрофсовета	3
5	Пересечение Московского проспекта и ул. Хользунова	4
6	Пересечение пр. Революции и ул. Феокистова	4
7	Пересечение ул. Кольцовской и ул. Плехановской	4
8	Переход ул. С. Разина у ост. «ул. Манежная»	2
9	Пересечение Окружной дороги с ул. Хользунова	3
10	Движение по Северному мосту	2
11	Пересечение Ленинского проспекта с ул. Брусилова	5
12	Пересечение ул. Плехановской с движением по пл. Ленина	3
13	Пересечение ул. 20 лет октября с ул. Кирова и ул. Моисеева	4
14	Пересечение ул. Ленинградской и ул. Брусилова	4
15	Пересечение Московского проспекта и ул. Урицкого	2
16	Пересечение Московского проспекта и ул. 45 Стрелковой дивизии	4
17	Площадь Заставы	4

Объект № 1: Пересечение ул. Ленина и ул. Урицкого

Схема расположения постов наблюдения



Ведомость наблюдений за интенсивностью движения
по объекту № 1 пересечение ул. Ленина и ул. Урицкого
пост № 1: движение от ул. Ленина к центру города

Время	Интенсивность движения (авт/ч) по полосам					Средняя за- держка движе- ния (с)	Интенсив- ность дви- жения пе- шеходов (чел/ч)	Движение на запре- щающий сигнал или с нарушением ПДД	
	1	2	3	4	Сум- марн.			Автомо- билей	Пешехо- дов
7...8	154	258	286	210	908	1,38	118	6	16
8...9	318	278	306	362	1264	2,21	462	39	101
9...10	411	532	410	213	1566	1,35	316	24	86
10...11	362	431	413	324	1530	1,53	365	36	99
11...12	302	365	397	286	1350	5,46	385	40	125
12...13	332	400	431	295	1458	4,39	416	23	64
13...14	301	298	316	284	1199	6,49	391	28	56
14...15	325	256	269	381	1231	7,15	290	30	46
15...16	264	316	295	314	1189	4,26	403	27	71
16...17	286	261	282	265	1094	3,18	466	18	94
17...18	196	313	264	283	1056	3,01	329	20	75
18...19	328	326	287	297	1238	4,20	300	23	31
19...20	196	218	263	216	893	5,12	253	16	45

Ведомость наблюдений за интенсивностью движения

по объекту № 1 пересечение ул. Ленина и ул. Урицкого

пост № 2: движение по ул. Ленина от центра города

Время	Интенсивность движения (авт/ч) по полосам					Средняя задержка движения (с)	Интенсив- ность дви- жения пе- шеходов (чел/ч)	Движение на запре- щающий сигнал или с нарушением ПДД	
	1	2	3	4	Сум- марн.			Автомобилей	Пешехо- дов
7...8	170	157	136		463	0,58	Пеше	12	
8...9	284	358	181		823	1,02	ход	18	
9...10	290	406	113		809	1,19	ного	24	
10...11	281	486	158		925	1,05		32	
11...12	251	451	106		808	1,29	пере	39	
12...13	301	409	152		862	2,29	хода	40	
13...14	283	415	98		796	5,41		46	
14...15	269	398	161		828	4,35	нет	38	
15...16	286	362	100		748	5,18		32	
16...17	295	386	201		882	4,29		30	
17...18	306	338	180		824	3,38		27	
18...19	264	326	146		736	4,01		19	
19...20	183	316	247		746	3,20		21	

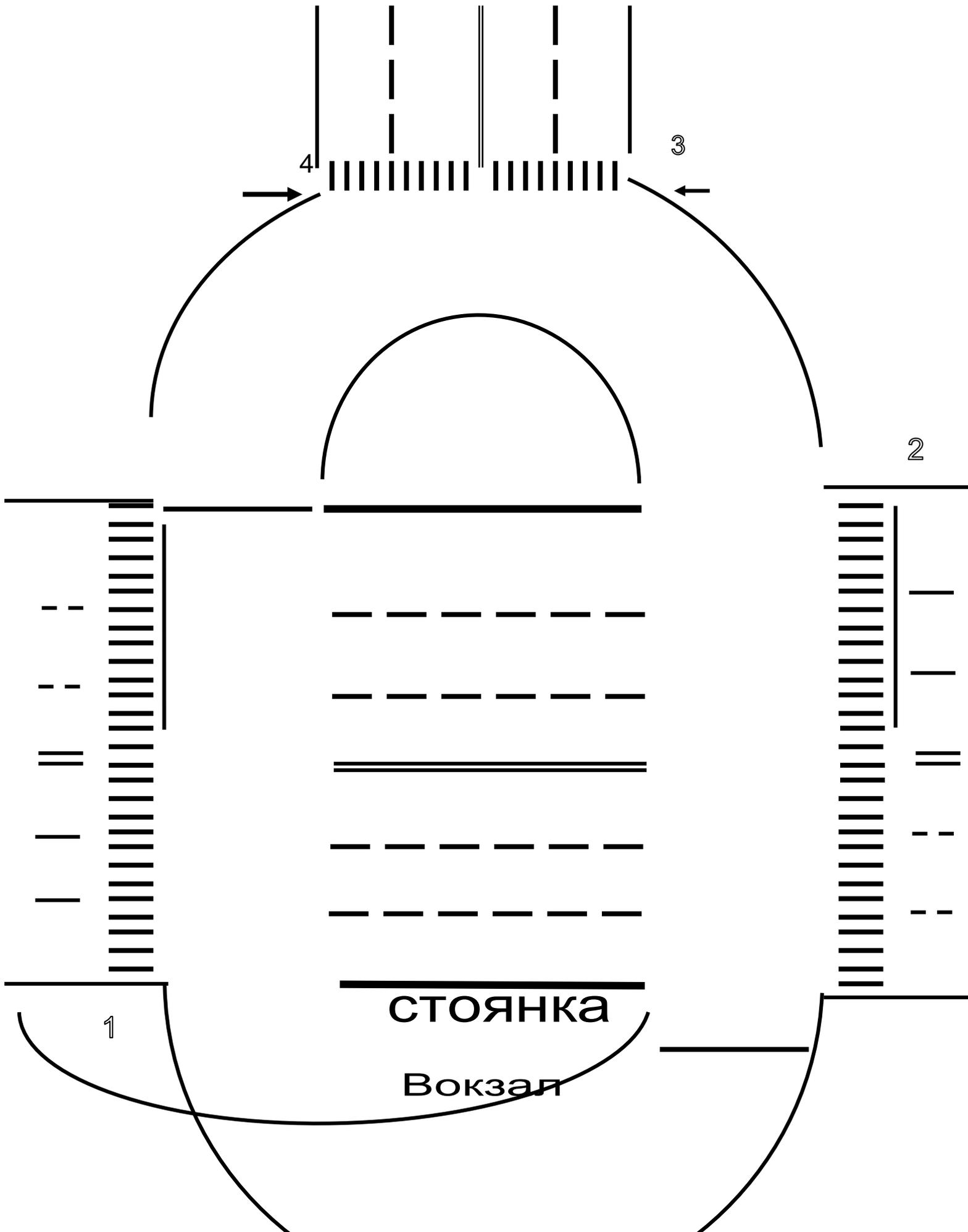
Ведомость наблюдений за интенсивностью движения

по объекту № 1 пересечение ул. Ленина и ул. Урицкого

пост № 3: движение по ул. Урицкого в сторону центра и Северного моста

Время	Интенсивность движения (авт/ч) по полосам					Средняя задержка движения (с)	Интенсив- ность дви- жения пе- шеходов (чел/ч)	Движение на запре- щающий сигнал или с нарушением ПДД	
	1	2	3	4	Сум- марн.			Автомобилей	Пешехо- дов
7...8	164	141			305	56	68	25	37
8...9	310	316			626	48	295	101	59
9...10	319	324			643	49	219	38	46
10...11	317	321			638	58	230	24	22
11...12	335	340			675	46	243	31	28
12...13	402	349			751	61	265	57	45
13...14	415	387			802	78	271	49	34
14...15	337	339			676	59	258	31	18
15...16	342	390			732	43	237	26	25
16...17	356	364			720	62	263	42	53
17...18	374	380			754	75	284	48	41
18...19	306	312			618	49	212	33	36
19...20	231	229			460	61	149	18	28

Объект № 2: площадь Черняховского
Схема расположения постов наблюдения



Ведомость наблюдений за интенсивностью движения
 по объекту № 2 площадь Черняховского
 пост № 1: движение по ул. Кольцовской от пр. Революции

Время	Интенсивность движения (авт/ч) по полосам					Средняя задержка движения (с)	Интенсив- ность дви- жения пе- шеходов (чел/ч)	Движение на запре- щающий сигнал или с нарушением ПДД	
	1	2	3	4	Сум- марн.			Автомобилей	Пешехо- дов
7...8	203	198			401	2	51	1	14
8...9	314	187			501	0	83	3	27
9...10	281	153			434	0	85	5	41
10...11	195	187			382	0	112	8	38
11...12	201	188			389	0	108	12	45
12...13	228	175			403	0	126	17	52
13...14	211	180			391	0	105	15	43
14...15	253	132			385	0	128	18	39
15...16	202	110			312	0	104	21	25
16...17	303	158			461	0	112	14	31
17...18	321	127			448	0	123	18	48
18...19	338	131			469	0	93	25	35
19...20	287	193			480	0	73	19	28

Ведомость наблюдений за интенсивностью движения

по объекту № 2 площадь Черняховского

пост № 2: движение по ул. Кольцовской от ул. Комиссаржевской

Время	Интенсивность движения (авт/ч) по полосам					Средняя задержка движения (с)	Интенсив- ность дви- жения пе- шеходов (чел/ч)	Движение на запре- щающий сигнал или с нарушением ПДД	
	1	2	3	4	Сум- марн.			Автомобилей	Пешехо- дов
7...8	253	91			344	2	523	12	48
8...9	307	143			450	5	681	28	72
9...10	258	138			396	3	593	31	89
10...11	209	178			387	2	665	43	133
11...12	207	183			777	2	551	39	78
12...13	208	193			401	3	558	28	87
13...14	211	173			384	1	548	17	96
14...15	223	168			391	2	683	12	181
15...16	248	115			363	3	629	15	83
16...17	283	188			471	3	618	18	91
17...18	308	190			498	4	543	35	105
18...19	321	218			539	1	508	41	133
19...20	238	191			429	2	481	37	98

Ведомость наблюдений за интенсивностью движения

по объекту № 2 площадь Черняховского
пост № 3: движение по ул. Мира от центра

Время	Интенсивность движения (авт/ч) по полосам					Средняя задержка движения (с)	Интенсив- ность дви- жения пе- шеходов (чел/ч)	Движение на запре- щающий сигнал или с нарушением ПДД	
	1	2	3	4	Сум- марн.			Автомобилей	Пешехо- дов
7...8	213				213	0	48	4	4
8...9	292				292	0	56	9	13
9...10	351				351	0	80	5	7
10...11	235				235	0	73	6	6
11...12	241				241	0	61	8	7
12...13	205				205	0	70	12	11
13...14	192				192	0	55	7	5
14...15	203				203	0	48	6	11
15...16	248				248	0	53	15	10
16...17	293				293	0	71	20	13
17...18	349				349	0	83	11	16
18...19	278				278	0	56	9	8
19...20	255				255	0	41	11	9

Ведомость наблюдений за интенсивностью движения

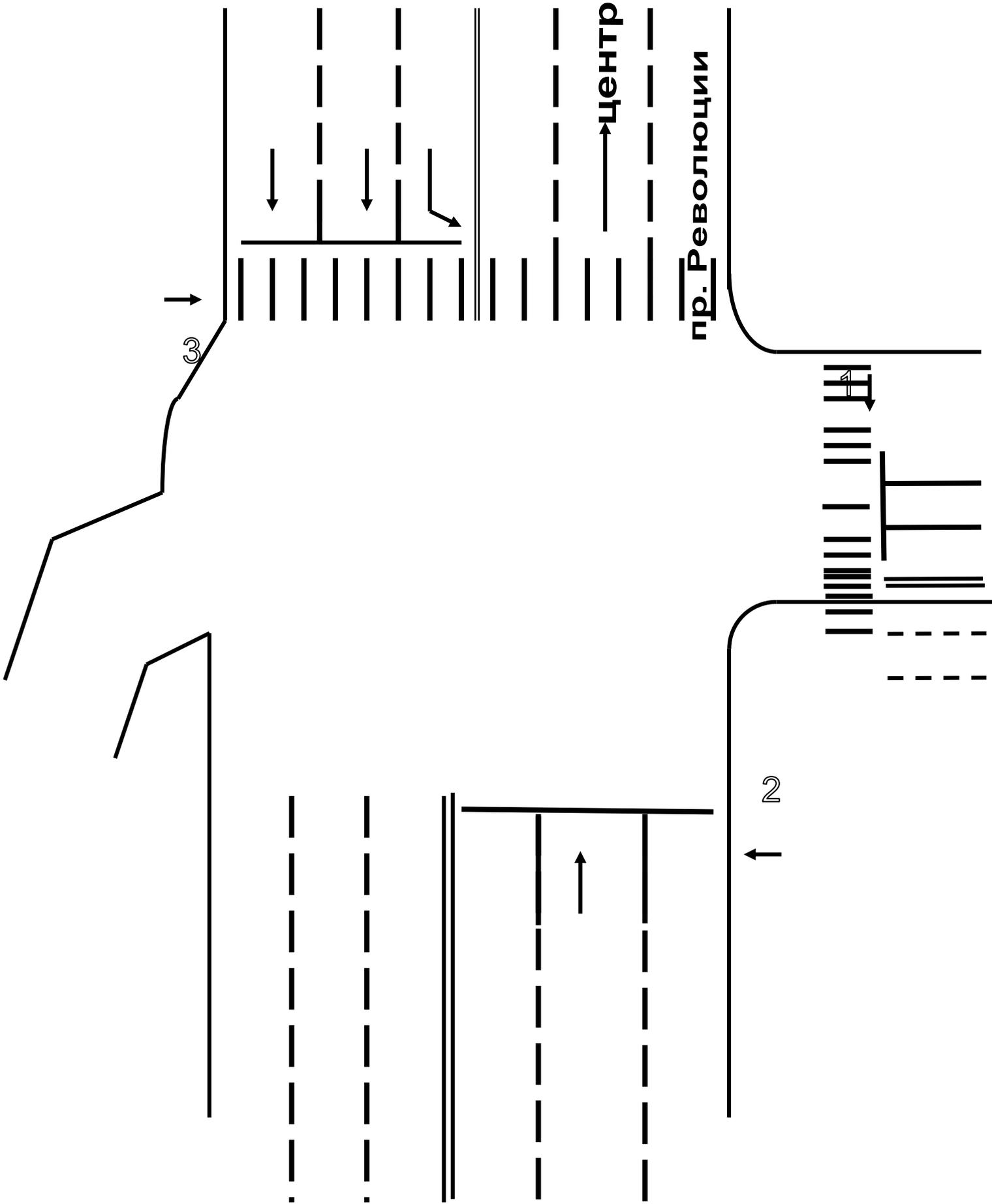
по объекту № 2 площадь Черняховского

пост № 4: движение по ул. Мира к центру

Время	Интенсивность движения (авт/ч) по полосам					Средняя задержка движения (с)	Интенсив- ность дви- жения пе- шеходов (чел/ч)	Движение на запре- щающий сигнал или с нарушением ПДД	
	1	2	3	4	Сум- марн.			Автомобилей	Пешехо- дов
7...8	203				203	0	48	8	3
8...9	221				221	0	64	3	9
9...10	201				201	0	81	4	7
10...11	182				182	0	73	5	6
11...12	193				193	0	61	10	7
12...13	234				234	0	70	9	11
13...14	208				208	0	55	7	5
14...15	202				202	0	48	8	11
15...16	215				215	0	53	14	10
16...17	282				282	0	71	17	13
17...18	271				271	0	83	13	16
18...19	221				221	0	56	11	8
19...20	203				203	0	41	9	9

Объект № 3: пересечение пр. Революции и ул. Кольцовской

Схема расположения постов наблюдения



Ведомость наблюдений за интенсивностью движения
 по объекту № 3 пересечение пр. Революции и ул. Кольцовской
 пост № 1: движение по ул. Кольцовской от вокзала

Время	Интенсивность движения (авт/ч) по полосам					Средняя за- держка движе- ния (с)	Интенсив- ность дви- жения пе- шеходов (чел/ч)	Движение на запре- щающий сигнал или с нарушением ПДД	
	1	2	3	4	Сум- марн.			Автомобилей	Пешехо- дов
7...8	216	267			483	19	74	38	29
8...9	401	459			860	27	346	51	102
9...10	324	375			699	25	154	20	19
10...11	455	514			969	27	171	38	27
11...12	441	499			940	28	242	21	17
12...13	509	558			1067	32	257	27	20
13...14	448	471			919	30	198	19	25
14...15	434	460			894	27	183	23	15
15...16	445	482			927	29	166	27	21
16...17	507	539			1046	31	175	32	13
17...18	511	523			1034	31	392	41	48
18...19	456	494			950	28	201	25	32
19...20	324	355			679	21	115	15	18

Ведомость наблюдений за интенсивностью движения
 по объекту № 3 пересечение пр. Революции и ул. Кольцовской
 пост № 2: движение по пр. Революции к центру

Время	Интенсивность движения (авт/ч) по полосам					Средняя задержка движения (с)	Интенсив- ность дви- жения пе- шеходов (чел/ч)	Движение на запре- щающий сигнал или с нарушением ПДД	
	1	2	3	4	Сум- марн.			Автомобилей	Пешехо- дов
7...8	195	221			416	17		35	
8...9	397	424			821	25		42	
9...10	331	349			680	24		40	
10...11	416	428			844	27		31	
11...12	403	417			820	26		94	
12...13	438	462			900	30		53	
13...14	426	433			859	30		27	
14...15	410	411			821	27		34	
15...16	419	430			849	30		32	
16...17	427	422			849	30		44	
17...18	463	516			979	32		50	
18...19	448	474			922	31		36	
19...20	319	321			640	23		27	

Ведомость наблюдений за интенсивностью движения
по объекту № 3 пересечение пр. Революции и ул. Кольцовской
пост № 3: движение по пр-ту Революции от центра

Время	Интенсивность движения (авт/ч) по полосам					Средняя задержка движения (с)	Интенсив- ность дви- жения пе- шеходов (чел/ч)	Движение на запре- щающий сигнал или с нарушением ПДД	
	1	2	3	4	Сум- марн.			Автомобилей	Пешехо- дов
7...8	143	161	158		462	18	61	20	28
8...9	227	313	309		849	26	297	25	56
9...10	196	235	228		656	24	109	19	33
10...11	254	327	320		901	25	126	14	28
11...12	248	304	297		849	27	213	17	31
12...13	289	343	341		973	30	227	21	42
13...14	261	331	318		910	30	220	23	36
14...15	260	310	312		882	30	163	25	24
15...16	255	311	305		871	31	176	28	29
16...17	272	326	310		908	31	171	24	19
17...18	290	330	333		953	32	362	31	37
18...19	241	302	285		828	28	187	18	32
19...20	174	198	216		588	20	154	22	20

Часть 2: Исследование скоростного режима движения транспорта на участках дорог

Участок 1: улица Ленина - движение от ВГПУ до спорткомплекса «Динамо»
(середина спуска)

Время	Установленный предел скорости, км/ч	Средняя скорость транспортного потока, $V_{тп}$, км/ч	Максимальная скорость одиночных автомобилей, V_i , км/ч	Коэффициент превышения скорости K_v
7 ... 8	60	67	100	1,66
8 ... 9	60	70	115	1,92
9 ... 10	60	71	112	1,86
10 ... 11	60	69	97	1,62
11 ... 12	60	68	100	1,66
12 ... 13	60	70	92	1,53
13 ... 14	60	68	88	1,46
14 ... 15	60	69	86	1,43
15 ... 16	60	70	90	1,50
16 ... 17	60	71	86	1,43
17 ... 18	60	72	92	1,53
18 ... 19	60	70	102	1,70
19 ... 20	60	69	110	1,83

Участок 2: улица Ленина - движение от спорткомплекса «Динамо» до ВГПУ
(середина подъема)

Время	Установленный предел скорости, км/ч	Средняя скорость транспортного потока, $V_{тп}$, км/ч	Максимальная скорость одиночных автомобилей, V_i , км/ч	Коэффициент превышения скорости K_v
7 ... 8	60	66	84	1,40
8 ... 9	60	68	86	1,43
9 ... 10	60	63	71	1,18
10 ... 11	60	55	75	1,25
11 ... 12	60	54	77	1,28
12 ... 13	60	56	73	1,22
13 ... 14	60	58	80	1,33
14 ... 15	60	58	83	1,38
15 ... 16	60	60	80	1,33
16 ... 17	60	62	80	1,33
17 ... 18	60	63	85	1,41
18 ... 19	60	62	90	1,50
19 ... 20	60	61	95	1,58

Участок 3: Московский проспект – движение от пересечения
с ул. Хользунова до Военного городка

Время	Установленный предел скорости, км/ч	Средняя скорость транспортного потока, $V_{тп}$, км/ч	Максимальная скорость одиночных автомобилей, V_i , км/ч	Коэффициент превышения скорости K_v
7 ... 8	60	68	105	1,75
8 ... 9	60	74	100	1,66
9 ... 10	60	70	103	1,72
10 ... 11	60	68	100	1,66
11 ... 12	60	66	95	1,58
12 ... 13	60	68	90	1,50
13 ... 14	60	68	90	1,50
14 ... 15	60	68	92	1,53
15 ... 16	60	70	90	1,50
16 ... 17	60	70	96	1,60
17 ... 18	60	68	120	2,00
18 ... 19	60	68	130	2,16
19 ... 20	60	72	125	2,08

**Участок 4: Московский проспект – движение от Военного городка
до пересечения с ул. Хользунова**

Время	Установленный предел скорости, км/ч	Средняя скорость транспортного потока, $V_{тп}$, км/ч	Максимальная скорость одиночных автомобилей, V_i , км/ч	Коэффициент превышения скорости K_v
7 ... 8	60	65	120	2,00
8 ... 9	60	66	115	1,92
9 ... 10	60	65	100	1,66
10 ... 11	60	63	96	1,60
11 ... 12	60	61	90	1,50
12 ... 13	60	60	88	1,46
13 ... 14	60	62	94	1,56
14 ... 15	60	62	92	1,53
15 ... 16	60	64	87	1,45
16 ... 17	60	62	98	1,63
17 ... 18	60	64	104	1,73
18 ... 19	60	65	95	1,58
19 ... 20	60	65	92	1,53

Участок 5: Улица Тимирязева от пересечения с ул. Морозова до пересечения с ул. Докучаева - движение одностороннее к центру

Время	Установленный предел скорости, км/ч	Средняя скорость транспортного потока, $V_{тп}$, км/ч	Максимальная скорость одиночных автомобилей, V_i , км/ч	Коэффициент превышения скорости K_v
7 ... 8	40	46	72	1,80
8 ... 9	40	49	85	2,12
9 ... 10	40	48	74	1,85
10 ... 11	40	46	67	1,67
11 ... 12	40	45	70	1,75
12 ... 13	40	44	68	1,70
13 ... 14	40	40	60	1,50
14 ... 15	40	42	65	1,62
15 ... 16	40	44	73	1,82
16 ... 17	40	45	75	1,87
17 ... 18	40	45	78	1,95
18 ... 19	40	47	78	1,95
19 ... 20	40	43	85	2,12

Участок 6: Улица Ломоносова от пересечения с Лесным переулком до пересечения с ул. Докучаева - движение одностороннее от центра к Северному району

Время	Установленный предел скорости, км/ч	Средняя скорость транспортного потока, $V_{\text{тп}}$, км/ч	Максимальная скорость одиночных автомобилей, V_i , км/ч	Коэффициент превышения скорости K_v
7 ... 8	60	72	88	1,46
8 ... 9	60	75	92	1,53
9 ... 10	60	68	81	1,35
10 ... 11	60	64	78	1,30
11 ... 12	60	60	70	1,16
12 ... 13	60	61	73	1,21
13 ... 14	60	63	70	1,16
14 ... 15	60	62	68	1,13
15 ... 16	60	60	66	1,10
16 ... 17	60	61	68	1,13
17 ... 18	60	65	82	1,36
18 ... 19	60	67	88	1,46
19 ... 20	60	67	86	1,43

«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник управления ГИБДД

по Воронежской области кандидат
технических наук
полковник полиции



2019 г. Е.В. Шаталов

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательской работы

Настоящим актом подтверждается, что результаты диссертационной работы Кастырина Дмитрия Юрьевича «Повышение безопасности дорожного движения на основе прогнозирования опасности транспортных пересечений дорожной сети города», выполненной на кафедре автомобилей и сервиса ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» внедрены в работе отделения дорожно-патрульной службы УГИБДД по Воронежской области.

Вид внедрённых результатов: мониторинг опасности пешеходных переходов и перекрёстков улично-дорожной сети города.

Характеристика масштаба внедрения: улично-дорожная сеть города.

Форма внедрения: рекомендации к разработке оперативных мероприятий по локализации возникающей опасности ДТП на конфликтных точках дорожных пересечений.

Новизна результатов НИР: результаты качественно новые, получены свидетельства на регистрацию программ:

1. «Программа расчета показателя опасности дорожного пересечения по конфликту автомобиль-автомобиль». Свидетельство № 2019610575.
2. «Программа расчета показателя опасности дорожного пересечения по конфликту автомобиль-пешеход с учетом интенсивности». Свидетельство № 2019610419.
3. «Программа расчета вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий на нерегулируемом пешеходном переходе». Свидетельство № 2019610651.
4. «Программа расчета вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий на пешеходном переходе оборудованным светофорным регулированием». Свидетельство № 2019610843.

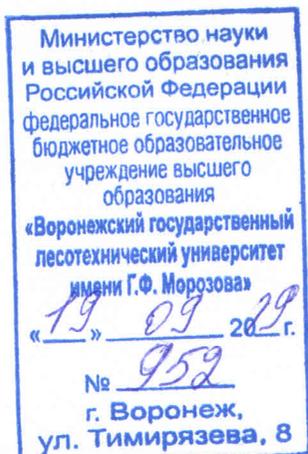
5. «Программа расчета показателя аварийности дорожного пересечения по конфликту автомобиль-автомобиль с учетом влияния скорости». Свидетельство № 2019610574.

Социальный и научно-технический эффект: использование представленных программных продуктов позволило прогнозировать количество ДТП на участках улично-дорожной сети в г. Воронеже, в результате чего достигнуто снижение уровня аварийности на величину более 2%.

Заместитель начальника отдела
ДН УГИБДД ГУ МВД России
по Воронежской области
подполковник полиции



С.Л. Гуринов



«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВО «ВГЛУ»
д.т.н., профессор

 М.В. Драпалюк

«19 сентября» 2019 г.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научных исследований в учебный процесс

Заказчик: Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кафедра организации перевозок и безопасности движения.

Настоящим актом подтверждается, что результаты диссертационных исследований аспиранта кафедры автомобилей и сервиса Кастырина Дмитрия Юрьевича «Повышение безопасности дорожного движения на основе прогнозирования опасности транспортных пересечений дорожной сети города» внедрены в учебный процесс.

1 Вид внедряемых результатов: разработка системы мониторинга опасности конфликтных точек на дорожных пересечениях.

2 Форма внедрения: результаты исследований используются в учебном процессе при изучении дисциплин бакалавриата «Теория транспортных процессов и систем», «Транспортная психология», дисциплины магистратуры «Транспортная безопасность автомобильных дорог», а также в курсовом и дипломном проектировании студентов направлений 23.03.01 и 23.04.01 - Технология транспортных процессов.

3 Эффективность практической реализации: повышение качества подготовки специалистов в области управления транспортными процессами и повышения безопасности движения.

Заведующий кафедрой организации перевозок и безопасности движения,
д.т.н., доцент



В.А. Зеликов

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
ФГБОУ ВО «Липецкий
государственный
технический университет»

Кащенко А.П.

2019 г.



СПРАВКА

об использовании в учебном процессе материалов,
содержащихся в кандидатской диссертации аспиранта кафедры автомобилей и
сервиса ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова» Кастырина Дмитрия Юрьевича «Повышение безопасности
дорожного движения на основе прогнозирования опасности транспортных
пересечений дорожной сети города»

Настоящей справкой удостоверяется, что результаты диссертационной работы
на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 05.22.10 -
Эксплуатация автомобильного транспорта используются в учебном процессе
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Липецкий государственный технический университет» в рамках
образовательной программы по направлению 23.03.01 - Технология транспортных
процессов, а именно методика расчёта опасности конфликтных точек на дорожных
пересечениях, позволяющая снизить количество дорожно-транспортных
происшествий и уменьшить загрязнение окружающей среды выхлопными газами,
используется при изучении дисциплин «Безопасность транспортного процесса» и
«Проектирование схем организации дорожного движения», при выполнении
курсовых и выпускных квалификационных работ. Использование результатов
диссертационной работы обсуждено на заседании кафедры управления
автотранспортом от 17.05.2019г., протокол № 10.

Начальник отдела по науке

П.А. Кривоусков

Декан факультета
инженеров транспорта
д.т.н., профессор

С.А. Ляпин

Заведующий кафедрой
заслуженный деятель
науки РФ, д.т.н., профессор

В.А. Корчагин



Подпись удостоверяю

Специалист ОК ЛГТУ

Лом А.В.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2019610419

**«ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЯ ОПАСНОСТИ
ДОРОЖНОГО ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПО КОНФЛИКТУ
АВТОМОБИЛЬ-ПЕШЕХОД С УЧЕТОМ
ИНТЕНСИВНОСТИ»**

Правообладатель: *Кастырин Дмитрий Юрьевич (RU)*

Автор: *Кастырин Дмитрий Юрьевич (RU)*

Заявка № **2018665064**

Дата поступления **25 декабря 2018 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **10 января 2019 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2019610574

**«ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЯ АВАРИЙНОСТИ
ДОРОЖНОГО ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПО КОНФЛИКТУ
АВТОМОБИЛЬ-АВТОМОБИЛЬ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ
СКОРОСТИ»**

Правообладатель: *Кастырин Дмитрий Юрьевич (RU)*

Автор: *Кастырин Дмитрий Юрьевич (RU)*

Заявка № 2018665067

Дата поступления 25 декабря 2018 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 14 января 2019 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2019610575

**«ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЯ ОПАСНОСТИ
ДОРОЖНОГО ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПО КОНФЛИКТУ
АВТОМОБИЛЬ-АВТОМОБИЛЬ»**

Правообладатель: **Кастырин Дмитрий Юрьевич (RU)**

Автор: **Кастырин Дмитрий Юрьевич (RU)**

Заявка № **2018665062**

Дата поступления **25 декабря 2018 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **14 января 2019 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2019610651

**«ПРОГРАММА РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТИ
ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ
ПРОИСШЕСТВИЙ НА НЕРЕГУЛИРУЕМОМ
ПЕШЕХОДНОМ ПЕРЕХОДЕ»**

Правообладатель: *Кастырин Дмитрий Юрьевич (RU)*

Автор: *Кастырин Дмитрий Юрьевич (RU)*

Заявка № 2018665136

Дата поступления 25 декабря 2018 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 15 января 2019 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Излиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2019610843

**«ПРОГРАММА РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТИ
ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ
ПРОИСШЕСТВИЙ НА ПЕШЕХОДНОМ ПЕРЕХОДЕ
ОБОРУДОВАННЫМ СВЕТОФОРНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ»**

Правообладатель: *Кастырин Дмитрий Юрьевич (RU)*

Автор: *Кастырин Дмитрий Юрьевич (RU)*

Заявка № 2018665159

Дата поступления 25 декабря 2018 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 18 января 2019 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

