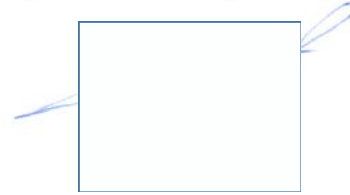


На правах рукописи



Плотников Анатолий Михайлович

**МЕТОДОЛОГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
ДВИЖЕНИЯ НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ
УЛИЧНО-ДОРОЖНЫХ СЕТЕЙ МЕГАПОЛИСОВ**

Специальность 05.22. 10 – «Эксплуатация автомобильного транспорта»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Санкт-Петербург – 2016

Работа выполнена в ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет"

Научный консультант: **Кравченко Павел Александрович**,
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Зырянов Владимир Васильевич**,
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО
"Донской государственный технический
университет", г. Ростов-на-Дону, кафедра
"Организация перевозок и дорожного движения",
заведующий

Жанказиев Султан Владимирович,
доктор технических наук, профессор, проректор
по науке, ФГБОУ ВО "Московский автомобильно-
дорожный государственный технический
университет (МАДИ)", кафедра "Организация и
безопасность движения", заведующий

Курганов Валерий Максимович,
доктор технических наук доцент, ФГБОУ ВО
"Тверской государственный университет (ТвГУ)",
г. Тверь, кафедра "Математика, статистика и
информатика в экономике", профессор

Ведущая организация: ФГБОУ ВО "Иркутский национальный
исследовательский технический университет"

Защита диссертации состоится " 23 " марта 2017 года, в 14 часов, на засе-
дании диссертационного совета Д **212.223.02** при ФГБОУ ВО "Санкт-
Петербургский государственный архитектурно-строительный университет" по
адресу: 190103, г. Санкт-Петербург, Курляндская ул., д. 2/5, аудитория 340-К.
Тел./Факс: 8 (812) 316-58-72; E-mail: rector@spbgasu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО "Санкт-
Петербургский государственный архитектурно-строительный университет" и
на сайте <http://dis.spbgasu.ru/specialtys/personal/plotnikov-anatoliy-mihaylovich>

Отзывы на автореферат (в 2-х экземплярах, заверенные печатью организа-
ции) просим направлять по адресу: 190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красно-
армейская, д. 4, диссертационный отдел (219 ауд.)

Автореферат разослан " ____ " _____ 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук,
доцент



Олещенко Елена Михайловна

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Стабильно высокий уровень дорожно-транспортных происшествий (ДТП) со смертельными исходами и тяжелыми увечьями является многолетней проблемой крупных городов и населенных пунктов Российской Федерации (РФ). Наличие проблемы обеспечения безопасности дорожного движения (БДД) подтверждает статистика смертности ДТП на улично-дорожных сетях (УДС) РФ. В 2010 - 2015 годах она составила: – 26 567, 27 953, 27 991, 27 025, 26 963 и 23 000 чел. Та же тенденция смертности в ДТП за эти же годы проявляется и на улично-дорожных сетях (УДС) в крупных городах и мегаполисах. Последние в современном экономическом словаре Райзенберга Б. А. определяются, как самые крупные формы городских расселений, образующихся в результате интеграции главного города с окружающими его поселениями, агломерациями при численности городского населения свыше 1 миллиона человек. Например, в мегаполисе Санкт-Петербург (население 5,2 млн чел.) смертность в ДТП составила соответственно – 397, 471, 445, 444, 412 и 354 чел. Научные исследования, по выполненному государственному контракту №НИР-29 от 10.09.2014 г., в Санкт-Петербурге показали, что "генератором" аварийности с людскими потерями являются действующие одноуровневые регулируемые пересечения (РП) на УДС, где смертность превышает 20 %.

Этот факт служит основанием для утверждения, что физика механизмов аварийности на РП плохо изучена и не позволяет разработать технологии ее предупреждения, тщательно обоснованных соответствующей наукой – методами количественной экспресс – оценки (диагностирования) и оценки прогнозной. Для их разработки требуются новые научные знания о причинах повышенной аварийности на РП, о постоянстве статистики ДТП и об отсутствии тенденций (трендов) снижения.

Из существующего множества факторов, требующих учета при решении задач организации безопасности дорожного движения на РП, как показывает практика и НИР-29, доминирующее влияние на обеспечиваемую безопасность движения (БД) в системах автоматического управления (САУ) движением, использующихся массово на РП в России, оказывают геометрия РП и реализуемые на них схемы организации движения (СОД). Последние зависят от параметров организации дорожного движения, текущих характеристик транспортно-пешеходных потоков (ТПП) – их интенсивности, плотности и структуры, законопослушности в поведении водителей, пешеходов и т. п.

Учет в обобщенной модели объекта исследования (обобщенной схемы организации движения) множества упомянутых выше параметров способен обосновать вектор мер предупреждения смертности на РП по полному множеству "опасных" причин возникновения тяжелых ДТП на РП. Доминирующим "опасным" фактором, способным вызвать тяжелые ДТП (в различных вариантах схем организации движения на РП) является потенциально возможный уровень, возникающих конфликтных ситуаций в точках контакта ТПП. В практике обеспечения БДД к "конфликтным точкам" на РП относят: точки пересечения, слияния, отклонения и удары сзади. Практика не использует знаний об имеющемся

информационном потенциале в видах, количестве, степени опасности "конфликтных точек" в схемах организации движения на РП с последующей ее количественной оценкой. Научные знания о скрытом потенциале предупреждения возникновения конфликтных ситуаций в любом частном варианте схем организации движения позволяют в условиях жестких финансовых ограничений рассматривать их значимость в статусе законсервированного ресурса повышения БДД на РП, т. е. инновационного ресурса в задачах предупреждения и прогнозирования опасных ДТП на РП.

Для утверждения о несовершенстве существующей методологической базы, неспособной на сегодняшний день обосновать механизмы предупреждения причин возникновения тяжких ДТП (в соответствии со статьей 2 Федерального Закона №196 от 1995 г. «О безопасности дорожного движения») и осуществить количественную оценку уровня обеспечения БДД на РП необходима более современная методология эффективного решения задач обеспечения безопасности движения на РП, вплоть до "нулевой смертности" с разработкой полной совокупности частных методик, работающих на общесистемную цель. Это и определяет практическую значимость исследуемой проблемы, ее **актуальность** и научную новизну.

Степень разработанности темы исследования. Проблемам методологических решений в подходах обнаружения причин возникновения тяжких ДТП на дорогах и улично-дорожных сетях (УДС) в городах, включающих регулируемые пересечения, посвящено большое количество работ, как отечественных, так и зарубежных авторов. В учебных материалах, монографиях и статьях Г.И. Клинковштейна, М.Б. Афанасьева, В.И. Коноплянко, Е.М. Лобанова, Ю.Д. Шелкова, Ю.А. Кременца, М.П. Печерского, В.В. Сильянова, П.А. Кравченко, В.В. Зырянова, С.В. Жанказиева, В.М. Курганова, А.Ю. Михайлова, Д.С. Самойлова, В.А. Юдина, Л.В. Булавиной, М.С. Фишельсона, Б.И. Грановского, Н.О. Брайловского, Ф. Вебстера, Т.М. Мэтсона, У.С. Смита, Ф.В. Харта, Л. Форда, Д. Фалкерсона, Д. Дрю и многих др. создана основа с особой спецификой не только инженерной, но и научной деятельности. В основном перечне работ ученых Г.И. Клинковштейна, М.Б. Афанасьева, В.И. Коноплянко, Ю.А. Кременца, М.П. Печерского, В.В. Сильянова, В.В. Зырянова, С.В. Жанказиева, А.Ю. Михайлова, Д.С. Самойлова, В.А. Юдина, Л.В. Булавиной, М.С. Фишельсона, Б.И. Грановского, Н.О. Брайловского, Ф. Вебстера, Т.М. Мэтсона, У.С. Смита, Ф. В Харта, Л. Форда, Д. Фалкерсона, Д. Дрю исследованы задачи оценки пропускной способности на регулируемых пересечениях в улично-дорожных сетях городов, но без количественной оценки уровня обеспечиваемой безопасности движения по любому частному варианту СОД на РП, заменяя ее качественной оценкой по факту выполнения требований Правил дорожного движения.

Конкретно проблемам оценки БДД конфликтных ситуаций в транспортно-пешеходных потоках на регулируемых пересечениях в схемах организации движения на одноуровневых РП посвящены работы отечественных ученых Е.М. Лобанова и Ю.Д. Шелкова, являющиеся наиболее близкими аналогами ис-

следований к выполненной работе. При этом методологические исследования БДД на РП Лобанова Е.М. устарели, а у Шелкова Ю.Д. изложены в гипотезе.

В зарубежных источниках исследования проблемы количественной оценки БДД в схемах организации движения на РП с временным разделением движения ТПП в одном уровне средствами светофорного управления не обнаружены.

Цель исследования – разработать методологию обеспечения безопасности движения на регулируемых пересечениях улично-дорожных сетей мегаполисов, как системно связанную совокупность частных методов и методик, обеспечивающих достижение общесистемных целей.

Задачи исследования:

– проанализировать методическое обеспечение задач оценки уровня безопасности движения на Х- и Т-образных РП улично-дорожных сетей мегаполисов и определить потенциал его совершенствования;

– разработать комбинированный метод управления движением на Х- и Т-образных РП улично-дорожных сетей мегаполисов, повышающий уровни БД в схемах организации движения с конфликтной загрузкой (СОД с КЗ) и приемы его реализации на практике, на базе действующих методов;

– разработать методы диагностической и уточненной оценки безопасности движения транспортно-пешеходных потоков в СОД с КЗ на Х- и Т-образных РП;

– выполнить классификационные исследования СОД с КЗ для основных видов геометрии Х- и Т-образных РП по методам управления и уровню требований к обеспечению безопасности движения;

– разработать методику оценки уровней обеспечиваемой БД и пропускной способности для исследования и оценки эффективности разнополосных Х- и Т-образных РП по различным СОД с КЗ и видам маневрирования транспортных средств;

– разработать функциональные зависимости (номограммы) оценок БД и длительности циклов светофорного управления от числа конфликтных ситуаций в СОД с КЗ при различных методах управления для классов РП:

- однополосных Х-образных;
- двухполосных Х-образных;
- двухполосно-однополосных Х-образных;
- двух- и трехполосных Т-образных;
- трехполосных Х-образных и разнополосных Х- и Т-образных;

– разработать методику оценки уровней обеспечиваемой безопасности движения на разнополосных Х- и Т-образных нерегулируемых пересечениях (НП) по их различным СОД с КЗ и функциональную зависимость для диагностических оценок уровней обеспечиваемой БД на НП от числа конфликтных точек в СОД с КЗ;

– разработать методику имитационного моделирования задач оценки пропускной способности и безопасности движения различных СОД с КЗ для РП и полунатурный тренажерный комплекс регулируемого пересечения для моделирования.

Решение перечисленных задач в совокупности обеспечивает разработанную методологию.

Объект исследования – X- и T-образные одноуровневые регулируемые пересечения улично-дорожных сетей мегаполисов и других крупных городов РФ, оснащенные системами автоматического управления движением (САУ).

Предмет исследования – процессы управления целенаправленным изменением видов и числа конфликтных точек (КТ) в схемах организации движения (СОД) с конфликтной загрузкой (КЗ) на УДС регулируемых пересечений при переменных интенсивностях движения транспортно-пешеходных потоков в факторном пространстве ограничений на топологию, численность полос движения, виды используемых дорожных знаков, разметки и пр.

Методологическая основа:

– комплекс теоретических и экспериментальных методов анализа свойств и потенциальных возможностей совершенствования сложных САУ на X- и T-образных регулируемых пересечениях в их СОД с КЗ по критерию БД (т. е. до "нулевой смертности") при допустимом уровне пропускной способности;

– системный анализ, теория вероятности, случайные процессы и математическая статистика, комбинаторная математика, теория алгоритмов, физическое и натурное моделирование.

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

Научная новизна исследования заключается в достижении следующих конкретных результатов:

1. Разработан новый комбинированный метод управления движением на X- и T-образных РП улично-дорожных сетей мегаполисов, повышающий уровень БД в схемах организации движения с конфликтной загрузкой (СОД с КЗ) и приемы его реализации на практике, на базе действующих методов, отличающийся тем, что разрабатываются СОД с КЗ на РП чувствительные к видам и численности конфликтных точек, а также к изменяющейся интенсивности движения транспортных потоков в этих КТ.

2. Разработаны новые методы диагностической и уточненной оценок безопасности движения транспортно-пешеходных потоков в СОД с КЗ на X- и T-образных РП отличающиеся тем, что диагностический метод, используя информацию визуализации видов и численности конфликтных точек в СОД с КЗ, способен к применению в инвентаризации СОД с КЗ по оценкам уровней требований к безопасности движения (УТБД) на любых пересечениях, а уточненной оценки, использующий дополнительную информацию интенсивности движения ТПП в конфликтных точках – необходим для паспортизации УТБД.

3. Впервые создана классификация СОД с КЗ для основных видов геометрии X- и T-образных РП по методам управления и уровню требований к обеспечению безопасности движения, обобщающая известные и инновационные

методы управления светофорной сигнализацией с оценкой БД по нормативам значений границ действующих интервалов.

4. Разработана методика оценки уровней обеспечиваемой БД и пропускной способности для исследования и оценки эффективности разнополосных Х- и Т-образных РП по различным СОД с КЗ и видам маневрирования транспортных средств, отличающаяся способностью определить (обосновать) функциональные зависимости (номограммы) оценок УТБД и длительности циклов светофорной сигнализации от числа и видов конфликтных ситуаций на РП.

5. Определены (впервые) функциональные зависимости (номограммы) оценок БД и длительности циклов светофорного управления от числа конфликтных ситуаций в СОД с КЗ при различных методах управления для классов РП: - однополосных Х-образных, - двухполосных Х-образных, - двухполосно-однополосных Х-образных, - двух- и трехполосных Т-образных, - трехполосных Х-образных и - разнополосных Х- и Т-образных, отличающиеся возможностью проведения сравнительного анализа эффективности известных и новых оценок УТБД в каждом классе устанавливаемого диапазона условий и данными статистики по ДТП.

6. Разработана методика оценки уровней обеспечиваемой безопасности движения на разнополосных Х- и Т-образных нерегулируемых пересечениях (НП) по их различным СОД с КЗ и функциональная зависимость для диагностических оценок уровней обеспечиваемой БД на НП от числа конфликтных точек в СОД с КЗ, отличающаяся тем, что используя диагностическую оценку УТБД можно инвентаризировать СОД с КЗ на любых Х- и Т-образных НП или на РП в нестандартных режимах отключения электропитания светофоров и желтого мигания "ЖМ", а также строить функциональные зависимости УТБД от числа конфликтных ситуаций на любых Х- и Т-образных НП в пределах возможного диапазона различных условий.

7. Разработаны методика имитационного моделирования задач оценки пропускной способности и безопасности движения различных СОД с КЗ для РП и полунатурный тренажерный комплекс регулируемого пересечения для моделирования, отличающиеся тем, что они обеспечивают сравнение оценок по пропускной способности для известных и комбинированных методов управления движением на РП.

Положения, выносимые на защиту:

1. Новый комбинированный метод управления движением на Х- и Т-образных РП улично-дорожных сетей мегаполисов, повышающий уровни БД в схемах организации движения с конфликтной загрузкой (СОД с КЗ) и приемы его реализации на практике, на базе действующих методов.

2. Новые методы диагностической и уточненной оценок безопасности движения транспортно-пешеходных потоков в СОД с КЗ на Х- и Т-образных РП.

3. Классификационные исследования СОД с КЗ для основных видов геометрии Х- и Т-образных РП по методам управления и уровню требований к обеспечению безопасности движения.

4. Методика оценки уровней обеспечиваемой БД и пропускной способности для исследования и оценки эффективности разнополосных Х- и Т-образных РП по различным СОД с КЗ и видам маневрирования транспортных средств.

5. Функциональные зависимости (номограммы) оценок БД и длительности циклов светофорного управления от числа конфликтных ситуаций в СОД с КЗ при различных методах управления для классов РП: - однополосных Х-образных, - двухполосных Х-образных, - двухполосно-однополосных Х-образных, - двух- и трехполосных Т-образных, - трехполосных Х-образных и разнополосных Х- и Т-образных.

6. Методика оценки уровней обеспечиваемой безопасности движения на разнополосных Х- и Т-образных нерегулируемых пересечениях (НП) по их различным СОД с КЗ и функциональная зависимость для диагностических оценок уровней обеспечиваемой БД на НП от числа конфликтных точек в СОД с КЗ.

7. Методика имитационного моделирования задач оценки пропускной способности и безопасности движения различных СОД с КЗ для РП и полунатурный тренажерный комплекс регулируемого пересечения для моделирования.

Практическая ценность и реализация результатов исследования диссертационной работы определяется созданием эффективной методологии обеспечения безопасности движения на регулируемых пересечениях УДС мегаполисов. В ней поддержание заданного уровня БД обеспечивается функциональными подсистемами контроля и оценки интенсивности движения транспортных потоков на регулируемых пересечениях, которые чувствительны к изменяющейся интенсивности движения транспортно-пешеходных потоков в разнообразных конфликтных точках (КТ), а также к их видам и числу. Методология использует новый комбинированный метод управления движением **III** и обременена преимущественно к использованию традиционных методов управления движением (пофазного управления **I** и управления по отдельным направлениям **II**) в СОД с КЗ на РП. Комбинированный метод управления **III** осуществляет адаптацию инфраструктурных изменений СОД с КЗ на РП встраиванием в онлайн-режиме традиционных методов управления **I** и **II** в разные фазы одного цикла светофорного регулирования в зависимости от интенсивности движения ТПП.

Для регулируемых и нерегулируемых пересечений (РП и НП) в поселениях, городах и мегаполисах РФ разработаны новые методы оценки уровня БД – диагностический и уточненный. Первый метод используется для инвентаризационного аудита БД ($R_{Пл, max}$) по выявлению РП и НП с высокой аварийностью, который использует исходную информацию по видам и численности КТ из визуализированных СОД с КЗ. Вторым методом – использует дополнительную исходную информацию по интенсивности движения ТПП в КТ и рекомендован для паспортизации оценок БД ($R_{Пл}$) на РП.

Для выявления источников аварийности по ДТП на РП и НП в масштабах РФ обоснована рекомендация проведения с периодичностью 3-5 лет малоэкономичного диагностического аудита БД ($R_{Пл, max}$) с соответствующей паспортизацией результатов уточненных расчетов уровня обеспечиваемой БД ($R_{Пл}$) для

модернизированных аварийных РП. Особенностью метода аудиторской оценки БД являются его малозатратность и нацеленность на достижение требуемого уровня БД, вплоть до концепции "нулевой смертности" на РП и НП в РФ.

Теоретический и практический базис разработанной методологии обеспечения БД на регулируемых пересечениях УДС мегаполисов основан на исследованиях, результаты которых запатентованы в Роспатенте, обобщены в монографии, учебных пособиях, научных статьях и в докладах на национальных и международных конференциях. На Всероссийском конкурсе (сентябрь 2012 г.) лучших городских практик тематика диссертационных исследований награждена дипломом победителя 1 Всероссийского конкурса лучших городских практик в номинации "Безопасность городской среды" по СЗФО.

Теоретические и практические результаты диссертационной работы использованы в научно-исследовательских работах "Анализ эффективности действующих схем организации движения на одноуровневых регулируемых перекрестках, оценке уровня безопасности дорожного движения на каждом из них и формирование предложений по его повышению для нужд Санкт-Петербурга" (Госконтракт КРТИ №НИР-29 от 10.09.2014 г.) и "Методология обеспечения безопасности движения на регулируемых пересечениях улично-дорожной сети мегаполисов в Российской Федерации" (договор с ОАО "НИИАТ" №18 от 20.06.2016 г. в рамках Госконтракта №14/5/1/01 от 30.07.2014 г.). Результаты этих работ внедрены в исследованиях по оценке влияния режимов движения транспортных потоков на безопасность дорожного движения, проводимых КРТИ Санкт-Петербурга, СПб ГКУ "ДОДД", ЗАО "НИПИ ТРТИ", ООО "ТЭС-ГИП", ОАО "НИИАТ", что отражено в Актах о реализации.

Результаты диссертационных исследований используются в учебном процессе: лекции, лабораторные работы, курсовое и дипломное проектирование студентов, исследования магистрантов и аспирантов, а также в дополнительных образовательных программах повышения квалификации специалистов по эксплуатации и надзору в сфере обеспечения БДД и профилактики (предупреждения) дорожно-транспортного травматизма, проводимых на кафедрах "Транспортных систем", "Наземных транспортно-технологических машин" и Институте безопасности дорожного движения Санкт-Петербургского архитектурно-строительного университета. Опубликованы: - одна монография "Управление безопасностью дорожного движения на одноуровневых перекрестках" Теория и практика в 2014 г., 2-ва одноименных учебных пособия "Разработка схем организации движения транспортных и пешеходных потоков на регулируемых перекрестках" в 2009 г. и 2010 г., более 36 научных статей, а также получено более 10 патентов на изобретения и полезные модели по тематике диссертации.

Достоверность научной гипотезы подтверждается:

– достаточностью экспериментальных комплексных исследований зависимостей числа погибших и раненых в статистической аварийности ДТП на массиве более трехсот реальных РП в Санкт-Петербурге за период 2008÷2013 гг.;

– достоверным отражением статистической информации о дорожно-транспортном травматизме в РФ и трендах оценок БД со смертельным исходом

за период с 2007 по 2012 год на действующих РП (эксперимент по 77 РП в Санкт-Петербурге) по действующим СОД с КЗ и статистики по ДТП;

- использованием стандартных методов обработки результатов;
- обстоятельностью и глубиной изучения организации движения на исследуемой группе 77 РП (Госконтракт №НИР-29 от 10.09.2014 г.).

Апробация работы отражена в Актах внедрения от государственных и коммерческих организаций на имя ученого совета по теме диссертационной работы, где даны перспективы распространения апробированного опыта Санкт-Петербурга на регулируемые пересечения УДС РФ.

Основные положения и результаты диссертационного исследования докладывались и были одобрены на следующих национальных и международных конференциях. Международной научно-практической конференции, «Проблемы развития автомобильно-дорожного комплекса России» (24-27.09.1997 г./СПбГАСУ); целевой конференции «Технологии и эффективность систем управления обеспечением безопасности дорожного движения» (19-21.06.2008 г./СПбГАСУ); 8-й межд. научно-практич. конф. «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» (18-19.09.2008 г./СПбГАСУ); целевой конф. «Системы организации и управления безопасностью движения (22-24.09. 2008 г./СПбГАСУ); специализированной целевой конф. Федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2006-2012 годах» (7-9.09.2009 г./СПбГАСУ); 9-ой международной конф. «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» (23-24.09.2010 г./СПбГАСУ); втором Международном форуме «Транспортная инфраструктура России – инновационный путь развития». Транспорт Российской Федерации (02.11.2011 г./Москва гостиница «Риц Карлстон»); 10-й межд. научно-практич. конф. «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах. Инновации: Ресурс и возможности» (20-22.09.2012 г./СПбГАСУ); международном симпозиуме «Как обеспечить устойчивое функционирование транспортных систем» (05.03. 2013 г./ Москва ОАО «НИИАТ»); международной конференции оборудования и технологий безопасности дорожного движения и дорожной инфраструктуры «Безопасные дороги/SafetyRoads» (17.04.2013 г./Москва, Гостиный Двор); 7-ой Российско-Германской конференции по безопасности дорожного движения (6-8. 06.2014 г./СПбГАСУ); 11-й межд. научно-практич. конф. «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах. Инновации: Ресурс и возможности» (18-20.09.2014 г./СПбГАСУ), 12-й межд. научно-практич. конф. «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах" (28-30.09.2016 г./ СПбГАСУ); международной научно-практич. конф. "Транспорт России; Проблемы и Перспективы - 2016" (29-30.11.2016 г./СПб университет ГПС МЧС России); научно-практич. конф. "Проектирование эффективных систем организации дорожного движения" (7.12.2016 г. МАДИ, Москва) и др.

Публикации. По теме диссертации опубликованы 36 работ, в том числе одна монография, два учебных пособия, а в рецензируемых научных изданиях, размещенных на официальном сайте ВАК и приравненные к ним: – 9 статей, 3 патента на изобретения и 3 патента на полезные модели.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных результатов и выводов к разделам, заключения, списка литературы и приложения из шести разделов. Она изложена на 269 страницах машинописного текста с приложением на 206 страницах, содержит 213 рисунков, 364 таблицы и 51 формулу, библиографический список включает 211 наименований.

Во введении обоснована актуальность исследуемой в диссертации проблемы, обеспечения безопасности движения на регулируемых пересечениях улично-дорожных сетей мегаполисов. Сформирована цель, идея и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, научная новизна. Подтверждены личный вклад автора, практическая значимость работы в учебном процессе и для практики. Даны сведения об апробации работы и публикациях автора.

В первой главе "Исследование эффективности методического обеспечения задач оценки уровня безопасности движения на регулируемых пересечениях улично-дорожных сетей мегаполисов" – исследованы и обоснованы потенциальные возможности разработанных САУ БДД относительно действующих САУ движением на регулируемых пересечениях РФ без оценки БДД.

Во второй главе "Разработка методик многофакторной оценки эффективности управления движением транспортно-пешеходных потоков на регулируемых пересечениях" – разработаны новые методы диагностической и уточненной оценок БДД через конфликтные загрузки на РП и обобщенный алгоритм методики исследования безопасности дорожного движения в вариантах видов СОД с КЗ для РП.

В третьей главе "Разработка структуры частных задач обоснования уровней требований к безопасности движения на различных видах РП" проведены классификационные исследования и синтезирована классификация СОД с КЗ для Х- и Т-образных РП по методам управления и уровням требований к безопасности движения. Она предназначена для тендерных конкурсов проектирования СОД с КЗ для Х- и Т-образных РП.

В четвертой главе "Разработка вариантов методик оценки эффективности комбинированных методов управления на РП по пропускной способности и уровням требований к безопасности движения" проанализирована транспортная эффективность разных методов управления I, II и III в СОД с КЗ на РП по пропускной способности при заданном УТБД и разрешенных ПДД РФ различных вариантах просачивания транспортных средств.

В пятой главе "Разработка методики моделирования движения ТПП на регулируемых пересечениях улично-дорожных сетей мегаполисов и экспериментальной оценки их пропускной способности на тренажерных комплексах" проведены моделирование и сравнительный анализ эффективности алгоритмов функционирования по критерию пропускной способности на примерах разных вариантов СОД с КЗ для классификационных задач 12 и 15 трехполосного Х-образного РП.

В заключении в рамках современной концепции "нулевой смертности" Скандинавских стран и Федерального закона №196-ФЗ сформулированы выводы по работе.

В приложениях П.1 – П.6 проведены комплексные теоретические исследования разными методиками оценки безопасности движения (для действующих K_a - МАДИ/Лобанов Е. М., $R_{Шел}$ - НИЦ ГАИ МВД России/Шелков Ю. Д. и разработанных $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$ - СПбГАСУ/Плотников А. М.) и пропускной способности для разных видов геометрии Х- и Т-образных РП по их СОД с КЗ в разных вариантах пофазных разъездов ТПП, для которых построены функциональные зависимости (номограммы) оценок уровня требований к безопасности движения и цикла $T_{ц}$ светофорного управления транспортно-пешеходными потоками в зависимости от геометрии Х- и Т-образных РП и числа конфликтных точек в их СОД с КЗ.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИССЕРТАЦИИ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Новый комбинированный метод управления движением на Х- и Т-образных РП улично-дорожных сетей мегаполисов, повышающий уровни БД в схемах организации движения с конфликтной загрузкой (СОД с КЗ) и приемы его реализации на практике, на базе действующих методов

Для массовых в эксплуатации РП на УДС городов и мегаполисов РФ разработана функциональная блок-схема системы автоматического управления безопасностью дорожного движения (САУ БДД) транспортных и пешеходных потоков, представленная на рисунке 1. В обратную связь САУ БДД могут встраиваться функциональные блок-схемы подсистем контроля и оценки интенсивности движения транспортных средств на РП, представленные на рисунках 2, 3 и 4. Они реализуют новый комбинированный метод повышения БД в СОД с КЗ на Х- и Т-образных РП, чувствительный к виду, числу конфликтных точек (КТ) и изменяющейся интенсивности движения ТПП в КТ. При этом обеспечивается требуемый уровень к БД на РП, как традиционными методами пофазного управления движением – I-м и управления движением по отдельным направлениям – II-м, так и комбинированным управлением движения – III-м.

В последнем объединены лучшие качества традиционных методов управления движением в одном цикле светофорного регулирования. Метод III осуществляет структурную самоорганизацию. Ее суть – сменяемость транспортных светофоров типа Т.1 на тип Т.1пл (Т.1л) по рисункам 2, 3 или – стрелок в зеленых секциях светофоров Т.1, указывающих направления движения транспорта по рисунку 4. Сменяемость светофоров (стрелок) осуществляется в разных фазах движения одного цикла светофорного регулирования в зависимости от изменений пороговой интенсивности движения транспортных средств (120 авт./ч) влево-, право поворотных маневрах на РП. Такие технологии, представленные на рисунках 2, 3 и 4 с описаниями их соответствующих формул на изобретения и полезную модель, являются инновационными и защищены соответствующими патентами на изобретения №2469410 РФ, № 2486599 РФ и полезную модель № 159669 РФ.

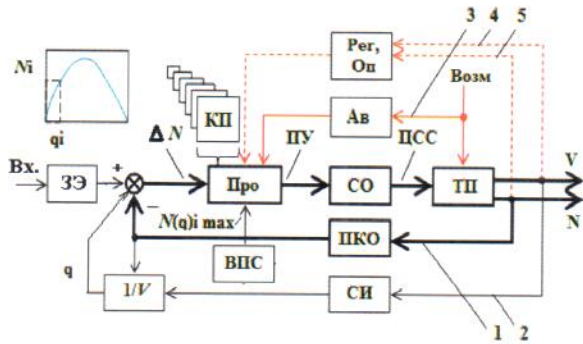


Рисунок 1 – Функциональная блок-схема системы автоматического управления безопасностью дорожного движения (САУ БДД) транспортных и пешеходных потоков на РП: ЗЭ задающий элемент на входе; ВПС – вычислитель максимальной пропускной способности $N(q)_{\max}$ в зависимости от плотности (q) транспортного потока (ТП) на подходе к РП; Про – программатор, определяющий программу управления светофорным объектом (СО); ПКО – подсистема контроля и оценки интенсивности движения ТП; СИ – система измерения скорости (V) ТП; Ав – блок ввода в программатор аварийной информации о возмущающих воздействиях (Возм) на ТП; КП – комплекс жестких программ управления СО по времени суток, дням недели, месяцам и т.п.; ПУ – конкретная программа управления СО; ЦСС – цикл светофорной сигнализации ($T_{\text{ц}}$); ΔN – текущий резерв пропускной способности (z); $1/V$ – блок вычисления текущей плотности ТП ($q_i = N_i / V$); Рег – оператор-регулирующий (ручной резерв управления), Оп – оператор-сотрудник ДПС ГИБДД

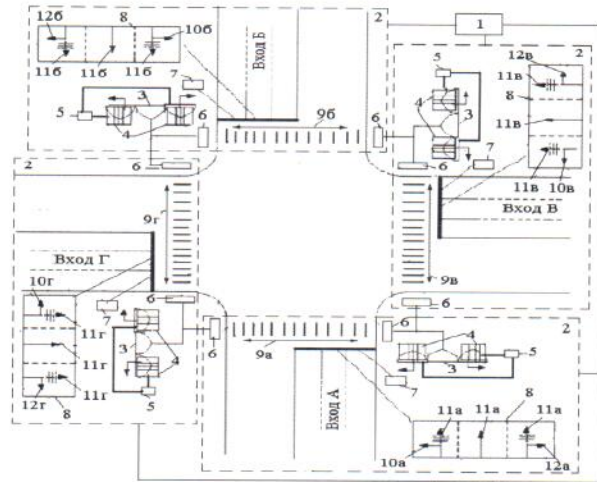


Рисунок 2 – Функциональная блок-схема подсистемы контроля и оценки (ПКО) интенсивности движения транспортных потоков (ТП) в блок-схеме САУ БДД для многополосного Х-образного РП: 1 – дорожный контроллер ДК; 2 – устройства управления движением УУД; 3 – транспортные светофоры типа Т.1; 4 – правая и левая дополнительные секции транспортного светофора Т.1.пл; 5 – узел привода шторок; 6 – пешеходные светофоры П.1 – по ГОСТ Р 52282–2004; 7 – детекторы транспорта ДТ; 8 – блоки особых предписаний направлений движения транспорта, с возможностью изменения информационного предписания управляемых дорожных знаков (УДЗ) из диапазона своего типа 5.15.2 – по ГОСТ Р 52289–2004; 9–12 – направления движения транспортно-пешеходных потоков (с буквенными индексами соответствующих входов перекрестка)

Метод повышения БД на РП с использованием функциональной блок-схемы ПКО интенсивности движения транспортных потоков по рисунку 2 соответствует описанию формулы изобретения № 2469410 РФ. А именно: - система управления движением на многополосных перекрестках включающая, по меньшей мере, три устройства управления движением – по одному для каждого входа транспорта регулируемого перекрестка, в каждое из которых включены транспортный светофор с, по меньшей мере, одной дополнительной секцией и, по меньшей мере, один пешеходный светофор, детектор транспорта, которые соединены с дорожным контроллером, и блок особых предписаний направлений движения транспорта, предназначенных для каждой полосы, отличающаяся тем, что каждая, по меньшей мере, одна дополнительная секция транспортного светофора снабжена узлом привода шторки, а блок особых предписаний направлений движения транспорта предназначенных для каждой полосы, выполнен с возможностью изменения информационного предписания, при этом узел привода шторки и блок особых предписаний направлений движения транспорта, предназначенных для каждой полосы, соединены с дорожным контроллером, а узел привода шторки соединен с, по меньшей мере, одной дополнительной секцией транспортного светофора.

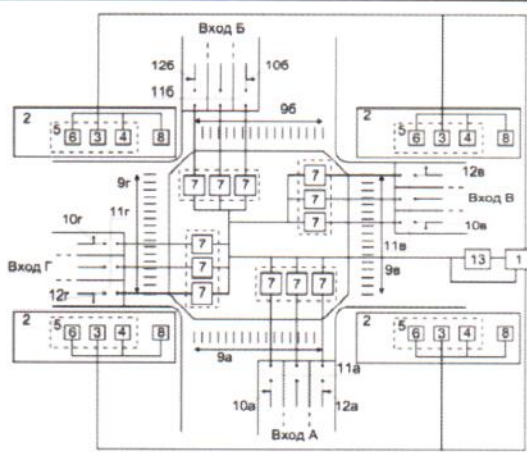


Рисунок 3 – Функциональная блок-схема ПКО интенсивности движения транспортных потоков в блок-схеме САУ БДД для многополосного X-образного РП: 1 – дорожный контроллер ДК; 2 – устройства управления движением УУД; 3 – транспортные светофоры типа Т.1; 4 – правая и левая дополнительные секции (с узлами привода шторок) у транспортного светофора Т.1.пл по ГОСТ Р 52289–2004; 5 – набор сигнальных средств; 6 – пешеходные светофоры П.1 – по ГОСТ Р 52289–2004; 7 – детекторы транспорта ДТ; 8 – блоки особых предписаний направлений движения транспорта, с возможностью изменения информационного предписания управляемых дорожных знаков УДЗ из диапазона своего типа 5.15.2 – по ГОСТ Р 52282–2004; 9–12 – направления движения транспортно-пешеходных потоков (с буквенными индексами соответствующих входов пересечения), 13 – блок неуравновешенности (БН)

Метод повышения БД на РП с использованием функциональной блок-схемы ПКО интенсивности движения транспортных средств по рисунку 3 соответствует описанию формулы изобретения на способ № 2486599 РФ: п.1. А именно: - способ регулирования движения транспортных потоков на перекрестке транспортных магистралей, расположенных на одном уровне, заключающийся в пофазном управлении движением транспортных потоков с помощью соответствующей сигнальной системы, предварительно установленной на перекрестке и включающей транспортные светофоры, отличающийся тем, что введено дополнительное управление движением транспортных потоков, которое осуществляют при превышении величиной неуравновешенности транспортных потоков в прямых встречных направлениях, по меньшей мере, на одной полосе транспортной магистрали и/или поворотных транспортных потоков заданного порога неуравновешенности, который устанавливают на основании данных о величине неуравновешенности, причем транспортные светофоры сигнальной системы снабжают дополнительными секциями, с помощью которых указывают разрешенное направление движения для прямого и/или поворотного транспортного потока.

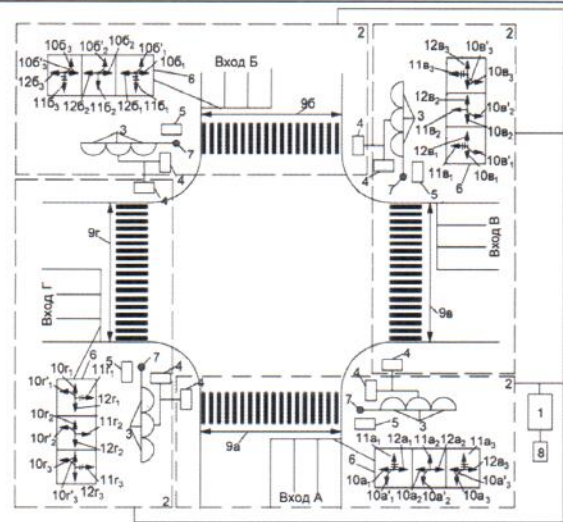


Рисунок 4 – Обобщенная функциональная блок-схема ПКО интенсивности движения ТП в блок-схеме САУ БДД, реализующая возможности любой из блок-схем рисунков 2,3. Она в типовых блоках 2 содержит стандартные светофоры 3 типа Т.1, подвешенные на консолях 7 над каждой полосой движения ТП в разнополосных X- и Т-образных РП, где 1 – дорожный контроллер ДК, управляющий транспортными светофорами Т.1 по соответствующим 10–12 – направлениям движения ТП на входах А, Б, В, Г, а также пешеходными светофорами 4 – типа П.1 по соответствующим пешеходным переходам 9а – 9г и управляемыми дорожными знаками 6 – особых предписаний направлений движений ТП, подвешенных над каждой полосой движения в зоне и вне зоны РП с возможностью изменения информационного предписания в диапазоне своего типа – по ГОСТ Р 52282–2004, 5 – детекторы транспорта ДТ, информационно связанные с ДК (связи не показаны, как и дублиеры для Т.1), 8 блок приема-передачи команд по связи (GPRS и др.), например, от МЧС для организации СОД с КЗ, запрограммированных под особые события.

Метод повышения БД на РП с использованием обобщенной функциональной блок-схемы ПКО интенсивности движения ТС по рисунку 4 соответствует описанию формулы полезной модели № 159669 РФ. А именно: - система автоматического управления дорожным движением на одноуровневом регулируемом перекрестке, включающая дорожный контроллер, выполненный с возможностью соединения с транспортными светофорами, количество которых соответствует количеству полос движения транспорта по каждому входу регулируемого перекрестка, с пешеходными светофорами, количество которых соответствует количеству входов транспорта регулируемого перекрестка, с детекторами транспорта, количество которых соответствует количеству входов транспорта регулируемого перекрестка, с блоками особых предписаний направлений движения транспорта, выполненными с возможностью изменения информационного предписания, количество которых соответствует количеству полос движения транспорта по каждому входу регулируемого перекрестка, и с блоком, предназначенным для приема-передачи команд в экстренных ситуациях.

2. Новые методы диагностической и уточненной оценок безопасности движения транспортно-пешеходных потоков в СОД с КЗ на Х- и Т-образных РП

В практике РФ расчетная оценка БД на регулируемых и нерегулируемых пересечениях (РП и НП) не проводится. Обеспечение требуемого уровня БД на РП и НП возложено на Правила дорожного движения (ПДД) РФ и на законопослушность их исполнителей, т. е. водителей транспортных средств и пешеходов. Традиционные методы однообразного управления движением ТПП на РП, реализующиеся сегодня типовым (I-м), в основном, двухфазным управлением или (II-м) многофазным управлением по отдельным направлениям в одном цикле управления светофорами устарели. Их недостаток – разрешение по регламенту ПДД РФ использовать СОД с КЗ на Х- и Т-образных РП с конфликтными точками (КТ) на просачивание транспортных потоков между собой и с пешеходными потоками в угоду максимальной пропускной способности.

Минимизацию видов и числа КТ на РП обеспечивает новый – III-й комбинированный, метод управления движением ТПП. Он допускает одновременное использование в смежных фазах одного цикла светофорного регулирования разных традиционных методов управления I-го и II-го. Это позволяет в зависимости от пороговых интенсивностей лево- и правоповоротных транспортных потоков варьировать конфликтной загрузкой на РП посредством изменения инфраструктуры организации движения в СОД за счет сменяемости светофоров на пересекающихся дорогах (Т.1 на Т.1пл или на Т.1л или - Т.1п и наоборот). Рисунки 5-7 в вариантах СОД с КЗ разнополосных Х-образных нерегулируемых пересечений (НП) наглядно иллюстрируют тренд изменения диагностических расчетных оценок $R_{\Gamma_{\text{лmax}}}$ уровней требований к БД (УТБД) с допустимого (ДУТБД) до недопустимого (НУТБД) от вариаций вида и численности КТ.

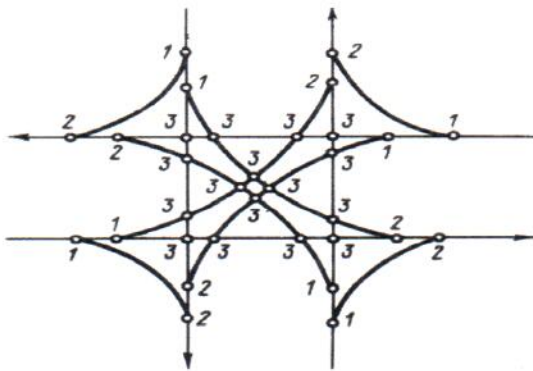


Рисунок 5 – Классическая СОД с КЗ для однополосного Х-образного НП с пересечением двухполосных дорог, где виды конфликтных точек по численности, шт.: 1 – отклонения – 8; 2 – слияния – 8; 3 – пересечения – 16; всего 32 шт. конфликтных точек (режим НП $R_{\Gamma_{\text{лmax}}} = 10,4$ ед., т.е. – ДУТБД)

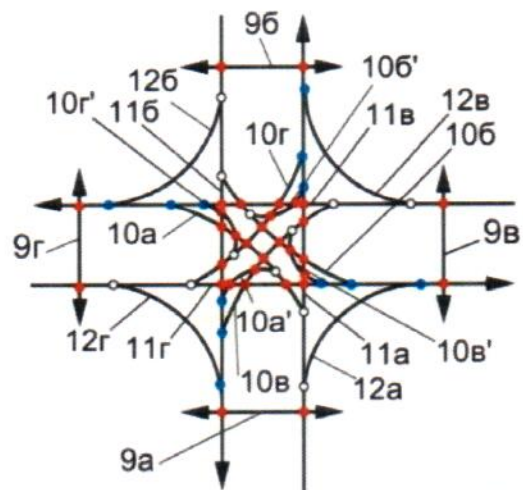


Рисунок 6 – Предложенная формализованная СОД с КЗ для НП рисунка 5 с добавленными пешеходными потоками (9а, 9б, 9в, 9г) и разрешенными разворотами (10а', 10б', 10в', 10г') транспортных средств, где виды конфликтных точек по численности (шт.): пересечения ● – 32; слияния ● – 12; отклонения ○ – 12; всего 56 шт. конфликтных точек (режим НП $R_{\Gamma_{\text{лmax}}} = 18,7$ ед., т.е. – НУТБД)

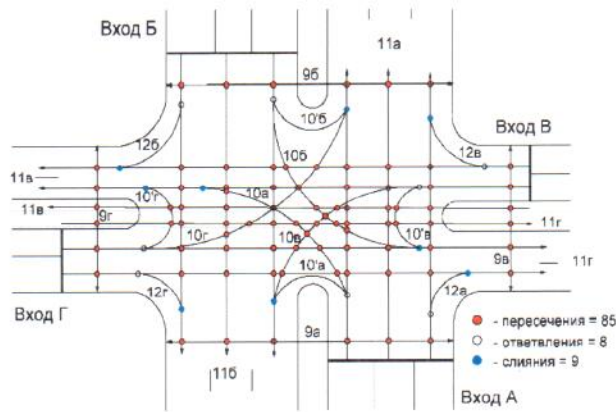


Рисунок 7 – Действующая СОД с КЗ на РП №34 пр. М. Жукова – пр. Казакова (Санкт-Петербург) в режимах - "желтое мигание" или светофоры отключены, где виды конфликтных точек по численности, шт.: пересечения ● – 85; слияния ● – 8; отклонения ○ – 9; всего 102 шт. (режим НП $R_{\Gamma_{\text{лпmax}}} = 40,4$ ед., т.е. – НУТБД)

Резкий прирост уровня КЗ в СОД с КЗ рисунков 6 и 7, относительно КЗ варианта СОД с КЗ рисунка 5, через число конфликтных точек с 32 шт. – до 56 шт. и 102 шт. наглядно демонстрируют на качественном уровне необходимость оценки БД в разнополосных типовых примерах Х-образных РП и проведения научных исследований с целью определения функциональных зависимостей количественных оценок уровней требований к безопасности движения (УТБД) от числа конфликтных точек (КТ) на Х- и Т-образных РП.

Приведенные для рисунков 5-7 расчетные значения оценок "допустимого" (ДУТБД) - $R_{\Gamma_{\text{лпmax}}} = 10,4$ ед. и "недопустимого" (НУТБД) - $R_{\Gamma_{\text{лпmax}}} = 18,7$ ед. и 40,4 ед., дополнительно подтверждают потребность в оценках потенциальной опасности при наступлении событий с ДТП для НУТБД.

РП №34 с работающими светофорами в 4-фазах имеет цикл $T_{\text{ц}} = 117$ с и разные оценки УТБД: - $R_{\text{Шел}} = 22,5$ ед. - НУТБД, а $K_{\text{а}} = 4,6$ ед. и $R_{\Gamma_{\text{л}}} = 6,9$ ед. – ПрУТБД, что также указывает на потребность исследований методов оценок НИЦ ГАИ, МАДИ и авторских на выявление лучшей адекватности совпадении с трендом статистики ДТП.

В таблице 1 приведены известные методы оценок расчета БД на РП отечественных авторов (зарубежные не обнаружены) с использованием конфликтных точек в различных вариантах СОД, использующие для оценки показатели опасности пересечений $K_{\text{а}}$ или конфликтной загрузки одноуровневых перекрестков $R_{\text{Шел}}$, но неприменяемые сегодня на практике. Действующий для $K_{\text{а}}$ ($R_{\text{Шел}}$) и, разработанный понятийный аппарат оценки БД на пересечениях в одном уровне» для оценок $K_{\text{а}}$, $R_{\text{Шел}}$, $R_{\Gamma_{\text{л}}}$, $R_{\Gamma_{\text{лпmax}}}$ сведены в таблицу 2.

Таблица 1 – Формулы расчета оценок БД на РП с помощью показателей $K_{\text{а}}$ или $R_{\text{Шел}}$

Пар. №	Расчетный показатель	Формула, автор	Коэффициент и переменные, используемые в расчете
1.	Опасность конфликтных точек (без наездов) на пересечениях со светофорным регулированием q_i	$q_i = K_i M_i N_i \cdot 10^{-2}$, Е.М. Лобанов	где M_i, N_i – интенсивности потоков, пересекающихся в конфликтной точке (КТ), авт./ч.; $i=1, \dots, n$ – вид и число КТ; K_i – коэффициент опасности КТ, ДТП на 10 млн автомобилей
2.	Число наездов $q_{\text{н}}$	$q_{\text{н}} = K_{\text{н}} (M_{\Gamma_{\Sigma}} + N_{\Gamma_{\Sigma}}) \cdot 10^{-2}$, Е.М. Лобанов	где $K_{\text{н}}$ – коэффициент опасности наезда, ДТП на 10 млн автомобилей; $M_{\Gamma_{\Sigma}}, N_{\Gamma_{\Sigma}}$ – суммарные интенсивности движения у пересечения, авт./ч
3.	Оценка аварийности (возможное количество ДТП/год) на РП $G_{\text{р}}$	$G_{\text{р}} = -0,48 + q_{\text{н}} + \sum_{i=1}^n q_i$, Е.М. Лобанов	где n – число конфликтных точек в их маркерах (п – пересечения ●, с – слияния ●, о – отклонения ○)

Окончание таблицы 1

4.	Эмпирическая формула, регрессионного анализа оценки БД пешеходов на РП (при отсутствии статистики ДТП за год) G_{Π}	$G_{\Pi} = 0,0025 + 0,92 \cdot 10^{-3} \sum_{i=1}^n (I_{\Pi}^{1/4} \cdot I_{T})$ Е.М. Лобанов	где G_{Π} – число ДТП с пешеходами в год; I_{Π} – интенсивность движения пешеходов по переходу, число пешеходов в час; I_{T} – суммарная интенсивность транспортных потоков через переход, авт./ч; n – число пешеходных переходов на пересечении
5.	Общее число ДТП за 1 год на РП с учетом движения пешеходов G	$G = G_p + G_{\Pi}$ Е.М. Лобанов	-
6.	Уровень обеспеченности безопасности движения на РП по оценке показателя аварийности K_a	$K_a = \frac{G K_T \cdot 10^7}{25(M_{\Sigma} + N_{\Sigma})}$ Е.М. Лобанов	где M_{Σ}, N_{Σ} – интенсивности движения на пересекающихся дорогах, авт./сут.; K_T – коэффициент годовой неравномерности
7.	Показатель безопасности дорожного движения, т.е. суммарная конфликтная нагрузка магистралей УДС (без учета конфликтов транспортных и пешеходных потоков между собой) $R_{Шел}$	$R_{Шел} = 5 \sum \frac{N_{in} N_{jn}}{(N_{in} + N_{jn})^2} + 3 \sum \frac{N_{ic} N_{jc}}{(N_{ic} + N_{jc})^2} + \sum \frac{N_{io} N_{jo}}{(N_{io} + N_{jo})^2}$ Ю. Д. Шелков	где N_{in} и N_{jn} – интенсивность движения соответственно потоков i и j , образующих КТ пересечения, ед./сут.; N_{ic} и N_{jc} , N_{io} и N_{jo} – интенсивности движения соответственно потоков i и j , образующих КТ слияния и отклонения потоков, ед./сут.

Таблица 2 – Количественный понятийный аппарат оценки БД – $K_a, R_{Шел}, R_{Пл}, R_{Плmax}$

Действующие оценки – $K_a (R_{Шел})$ ед.	меньше 3	3,1–8	8,1–12	больше 12
Виды уровня (степени) опасности пересечения или уровень конфликтной загрузки	Неопасное	Малоопасное	Опасное	Очень опасное
Разработанные уточненные оценки – $K_a, R_{Шел}, R_{Пл}, R_{Плmax}$ ед.	$0 - \leq 3$	$>3 - \leq 8$	$>8 - \leq 12$	>12
Понятийный аппарат уровней требований к безопасности движения (УТБД) вместо действующих видов	Повышенный (ПУТБД)	Промежуточный (ПрУТБД)	Допустимый (ДУТБД)	Недопустимый (НУТБД)

В работе проведены исследования по известным методам оценок уровней БД (таблица 1) для разнообразных СОД с КЗ на РП. Получены диаметрально противоположные результаты: – либо "неопасные" по K_a , либо "очень опасные" по конфликтной нагрузке $R_{Шел}$. Это подтверждается оценками БД на рисунке 7 для РП №34 с работающими светофорами: – $K_a = 4.6$ ед. и – $R_{Шел} = 22,5$ ед. Такие результаты БД создают противоречия, т. к. не сходятся между собой и не отражают тренд реальной статистики ДТП (Санкт-Петербург, таблица 3).

Таблица 3 – Статистика ДТП на РП № 34 (Санкт-Петербург с 2010 по 2013 г.)

Год	Всего ДТП	Погибло людей	Ранено людей
2010/2011	3/1	0/1	3/0
2012/2013	5/4	0/0	6/4

Для преодоления указанных противоречий в работе разработаны два метода – уточненного и диагностического расчета оценок УТБД $R_{Пл}$ и $R_{Плmax}$, которые приведены в таблице 4. Они разработаны на основе соответствующего анализа и синтеза математических зависимостей формул таблицы 1.

Таблица 4 – Формулы уточненного и диагностического расчета оценок $R_{Пл}$ и $R_{Плmax}$

Пар. №	Расчетный показатель	Математическая модель расчетной оценки БД $R_{Пл}$ и $R_{Плmax}$	Коэффициент и переменные, используемые в расчетной оценке показателей $R_{Пл}$ и $R_{Плmax}$
1.	Уточненная оценка УТБД (конфликтной загрузки), $R_{Пл}$	$R_{Пл} = 1,7 \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^n \frac{N_{in} N_{jn}}{(N_{in} + N_{jn})^2} + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^c \frac{N_{ic} N_{jc}}{(N_{ic} + N_{jc})^2} + 0,3 \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^o \frac{N_{io} N_{jo}}{(N_{io} + N_{jo})^2} + 3 \frac{N_{d1} N_{d2}}{(N_{d1} + N_{d2})^2},$	<p>где n, c и o – число по видам конфликтных точек соответственно пересечений («транспорт-транспорт» и «транспорт-пешеход»), слияний и отклонений; i, j – пределы суммирования слагаемых; четвертое слагаемое от столкновений транспортных средств (ТС), которые не соблюдают безопасную дистанцию между собой при движении; N_{in}, N_{jn} ($i, j=1, \dots, n$) при $i \neq j$ – интенсивности движений транспортных потоков (ТП), которые образуют конфликтные точки пересечения (в том числе и пешеходных потоков с ТП, интенсивность пешеходных потоков берется с уменьшением в 4 раза), ед./ч; N_{ic}, N_{jc} ($i, j=1, \dots, c$) при $i \neq j$ – интенсивности движения соответственно ТП, образующих конфликтную точку их слияния для ТС, ед./ч; N_{io}, N_{jo} ($i, j=1, \dots, o$) при $i \neq j$ – интенсивности движения соответственно ТП образующих конфликтную точку их отклонения для ТС, ед./ч; N_{d1}, N_{d2} – суммарные интенсивности ТП на подходах к "стоп-линиям" пересечения и внутри его в прямом и обратном направлениях по каждой из пересекающихся двух дорог $d1$ и $d2$, ед./ч, образующих перекресток и вероятность столкновений (наезда) сзади. Значение весового коэффициента 3 у четвертого дополнительного слагаемого получено суммированием весовых коэффициентов первых трех слагаемых.</p>
2.	Диагностическая оценка УТБД (конфликтной загрузки), $R_{Плmax}$	$R_{Плmax} = 0,43n + 0,25c + 0,1o + 0,75,$	<p>где n, c и o – соответственно, равны числу КТ в СОД с КЗ на пересечении (перекрестке) по видам: – пересечений «транспорт-транспорт» (в том числе и «транспорт-пешеход»), слияний и отклонений. Весовые коэффициенты значений 0,43; 0,25; 0,1 и 0,75 в формуле $R_{Плmax}$ получены в результате перемножения верхнего порогового значения 0,25 математической диагонали неединичной матрицы, которое равнозначно для каждого из четырех математических выражений $\frac{N_{in} N_{jn}}{(N_{in} + N_{jn})^2}, \frac{N_{ic} N_{jc}}{(N_{ic} + N_{jc})^2}, \frac{N_{io} N_{jo}}{(N_{io} + N_{jo})^2}$ и $\frac{N_{d1} N_{d2}}{(N_{d1} + N_{d2})^2}$ на соответствующие весовые коэффициенты в формуле $R_{Пл}$ с округлением соответствующих результатов до 0,43 и 0,1.</p>

3. Классификационные исследования СОД с КЗ для основных видов геометрии X- и T-образных РП по методам управления и уровню требований к обеспечению безопасности движения.

Таблица 5 – Классификация вариантов постановки и решения задач управления УТБД традиционными методами I, II и новыми III комбинированными методами в СОД с КЗ на X- и T-образных РП

III-Мет. Комбинированный	Известные I и II-Мет. ед.	I – Метод (пофазное управление движением)			II – Метод (управление движением по отдельным направлениям)		
		>8 – ≤12 ДУТБД	>3 – ≤8 ПрУТБД	0 – ≤3 ПУТБД	>8 – ≤12 ДУТБД	>3 – ≤8 ПрУТБД	0 – ≤3 ПУТБД
		1	2	3	4	5	6
7	* U	-----*					
8	* U	-----	-----*				
9	* U	-----	-----	-----*			
10	* U	-----	-----	-----	-----*		
11	* U	-----	-----	-----	-----	-----*	
12		* U	-----*				
13		* U	-----	-----*			

Окончание таблицы 5

14		* U	-----	-----	-----*	-----*
15		* U	-----	-----	-----	-----*
16			* U	-----*	-----	-----
17			* U	-----	-----*	-----
18			* U	-----	-----	-----*
19				* U	-----*	-----
20				* U	-----	-----*
21					* U	-----*

Исследования комбинаторной математикой объединили множества * U (суммы) по два варианта, представленные в таблице 5, позволили разработать полную классификационную группу СОД с КЗ на X- и T-образных РП в количестве 21 шт. Это ограничило и обосновало размерность перечня вариантов новых решений с методами управления I, II, III, обеспечивающими допустимые нормативные границы УТБД ≤ 12 ед. Другие решения с границами УТБД > 12 ед. по таблице 2 – недопустимы.

4. Методика оценки уровней обеспечиваемой БД и пропускной способности для исследования и оценки эффективности разнополосных X- и T-образных РП по различным СОД с КЗ и видам маневрирования транспортных средств

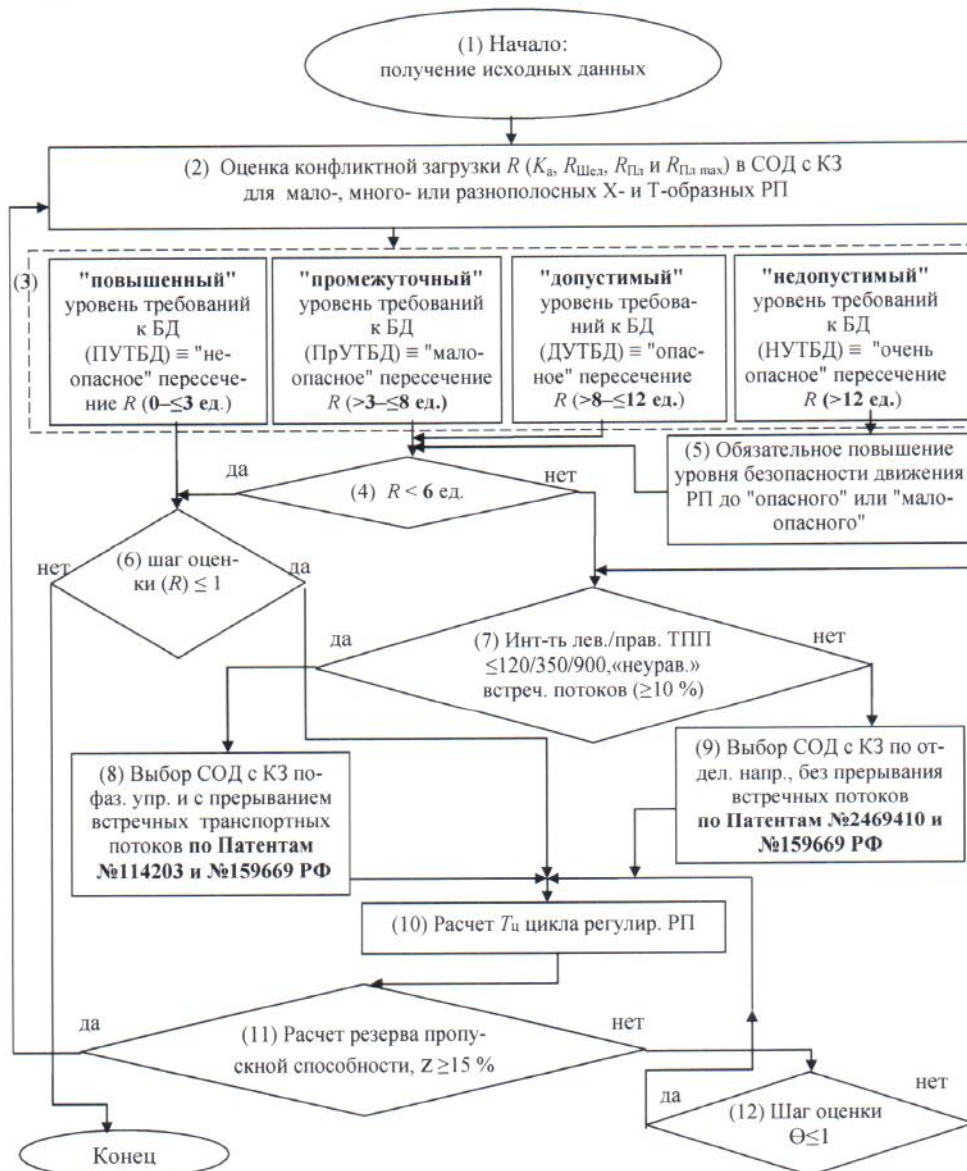


Рисунок 8 – Методика обобщенного алгоритма исследования БД в вариантах СОД с КЗ на РП

Таблица 6 – Унифицированный набор данных для анализа и синтеза СОД с КЗ на РП по методике

п/п	Наименование	Значение	Пр-чание
1	Вид одноуровневых регулируемых пересечений	Х- и Т- образные	
2	Число полос движения для ТП на РП (шт.)	1 - 5	
3	Виды конфликтных точек и их число с визуализацией по видам в схемах организации движения с конфликтной загрузкой (СОД с КЗ) на РП улично-дорожных сетей (УДС) мегаполисов	<i>П</i> (пересечения), <i>С</i> (слияния), <i>О</i> (отклонения), наезды сзади	
4	Интенсивность насыщения транспортных потоков, в том числе в КТ	не более 1800 ед./ч	
5	Условия для допустимости КТ левоповоротных транспортных средств	≤ 120 авт./ч	
6	Условия для допустимости КТ в пересечениях пешеходных потоков <i>Nп</i> или пересекающим его транспортным потоком <i>Nт</i> в обоих направлениях	≤ 900 чел./ч или ≤ 350 авт./ч	
7	Соотношение в неравенстве прямых встречных транспортны потоков	$\geq 10\%$	
8	Длительность цикла светофорной сигнализации $T_{ц}$ (с)	25 - 120	
9	Пропускная способность (ПС) регулируемого пересечения <i>Z</i>	$\leq 0,8 \div 0,9$	
10	Интервал «терпеливого ожидания» для водителей ТС (с)	≤ 120	
11	Интервал «терпеливого ожидания» для пешеходов (с)	≤ 40	
12	Шкала оценок уровня требований к БД (УТБД) (ед.): - «повышенный»; - «промежуточный»; - «допустимый»; - «недопустимый».	ПУТБД ≤ 3 ; 3 < ПрУТБД ≤ 8 ; 8 < ДУТБД ≤ 12 ; НУТБД > 12.	Вновь разработана

5. Функциональные зависимости (номограммы) оценок БД и длительности циклов светофорного управления от числа конфликтных ситуаций в СОД с КЗ при различных методах управления для классов РП:

- однополосных Х-образных

На основе методики рисунка 8 и "Таблиц исходных данных" из таблицы 7 проведены исследования (Приложение 1 к диссертации) – по методике оценки уровня требований к безопасности движения (УТБД) и пропускной способности (ПС) однополосных Х-образных РП по СОД с КЗ при разных методах пофазных разъездов ТПП.

Полученные оценки УТБД (с использованием формул из таблиц 1 и 4) сведены в "Таблицу КЗ и ПС на РП" с маневрами на РП. На их основе разработаны, представленные на рисунке 9 функциональные зависимости (номограмма) оценок K_a , $R_{Шел}$, $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$ и цикла ($T_{ц} = 70$ с) светофорного управления движением ТПП на однополосных Х-образных РП при различных методах управления в СОД с представлением уровней КЗ – от числа конфликтных точек (20–28 шт.)

Таблица 7 – Оценка БД и ПС двухфазно управляемых однополосных Х-образных РП по СОД с КЗ

Структура светоф. цикла: $T_{ц} = 32 + 3 + 32 + 3 = 70$ с		Таблица исходных данных							
		А		Б		В		Г	
		10a	100	10б	100	10в	100	10г	100
		11a	400	11б	400	11в	400	11г	400
		12a	100	12б	100	12в	100	12г	100
		Таблица КЗ и ПС на РП							
Маневры на РП		$R_{Шел}$	$R_{Пл}$	$R_{Плmax}$	K_a	$T_{ц}, с$	Z		
1. Все маневр. разреш.		13,3	5,9	6,3	3,3	70	0,82		
2. Нет только развор.		12,4	4,9	5,0	3,1	70	0,82		

Пояснение к таблице 7. Представленная двухфазно управляемая модель СОД с КЗ на X-образном однополосном РП может быть получена из любой функциональной блок-схемы ПКО интенсивности движения транспортных средств рисунков 2-4, предназначенных для встраивания в функциональную блок-схему САУ БДД рисунка 1 с добавленными направлениями для разворотов 10а', 10б', 10в' и 10г'. Наличие неуравновешенности ($\geq 10\%$) у встречных прямых ТП, здесь (и далее) имитируются в таблице(ах) исходных данных для прямых и встречных потоков 11а – 11б и 11в – 11г. Результаты комбинаторных вариантов расчетов K_a , $R_{Шел}$, $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$, $T_{ц}$, z (пропускной способности) сведены здесь (и далее) в типовую таблицу(ы) КЗ и ПС на РП. При этом в модели СОД с КЗ число конфликтных точек (КТ) в каждом маневре на РП таково, шт.: при маневре 1 – пересечений \bullet – 8; слияний \bullet – 8; отклонений \circ – 12; всего 28; при маневре 2 - пересечения \bullet – 8; слияния \bullet – 4; отклонения \circ – 8; всего 20.

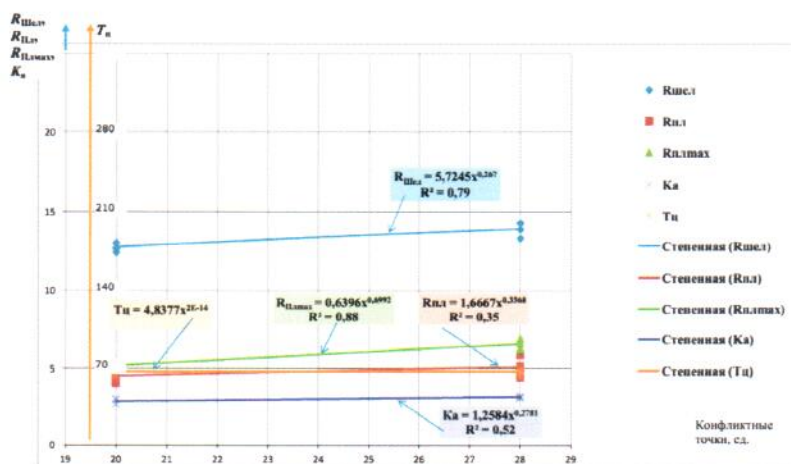


Рисунок 9 – Функциональные зависимости (номограмма) оценок уровней обеспечиваемой безопасности движения K_a , $R_{Шел}$, $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$ и цикла ($T_{ц} = 70$ с) светофорного управления движением ТПП на однополосных X-образных РП при различных методах управления в СОД с представлением уровней КЗ – от числа конфликтных точек (20–28 шт.)

С учетом таблицы 2 по показателям K_a , $R_{Шел}$ и $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$ получены соответствующие оценки: - ПУТБД для K_a , - НУТБД для $R_{Шел}$ и - ПрУТБД для $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$. При этом только оценки $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$ отражают существующее состояние ежегодной статистики по ДТП на УДС в мегаполисах РФ.

- двухполосных X-образных РП

По аналогии с вышеизложенным при использовании методики рисунка 8 и "таблицы исходных данных" из таблиц 8 - для маневров на РП проведены исследования (Приложение 2 к диссертации) – по методике оценок УТБД и ПС двухполосных X-образных РП по СОД с КЗ – при разных методах пофазных разъездов.

Различные варианты пофазных СОД с КЗ исследованы и при отдельной пешеходной фазе. С применением формул из таблиц 1 и 4 получены оценки УТБД, которые представлены соответственно в таблице 8 с наименованием "Таблица КЗ и ПС на РП". По данным таких типовых таблиц разработаны и представлены на рисунке 10 - функциональные зависимости оценок (номограмма) уровней обеспечиваемой безопасности движения K_a , $R_{Шел}$, $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$ и цикла ($T_{ц} = \text{var } 122-44$ с) светофорного управления движением ТПП на двухполосных X-образных РП при различных методах управления в СОД с представлением уровней КЗ – от числа КТ (24–40 шт.).

Таблица 8 – 1. и 2. Оценка БД и ПС двухфазно и трехфазно управляемых двухполосных Х-образных РП с отдельной пешеходной фазой по соответствующим моделям СОД с КЗ

1. Структура светофорного цикла: $T_{ц} = 22 + 3 + 16 + 3 = 44$ с.

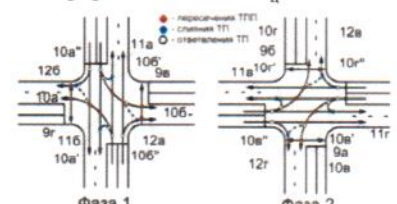


Таблица исходных данных

А		Б		В		Г	
10а	110	10б	110	10в	80	10г	70
11а	850	11б	800	11в	540	11г	400
12а	330	12б	135	12в	60	12г	100

Таблица КЗ и ПС на РП

Маневры на РП	$R_{Шел}$	$R_{Пл}$	$R_{Плmax}$	K_a	$T_{ц}, c$	z
1. Все манев. разрешены	21,3	7,9	10,5	4,1	44	0,67–0,93
2. Нет только разворотов	20,0	7,5	9,2	3,8	44	0,67–0,93
3. Нет только ПП	12,1	4,7	7,1	0,7	44	0,67–0,93
4. Нет разворотов и ПП	10,8	4,3	5,8	0,54	44	0,67–0,93

2.

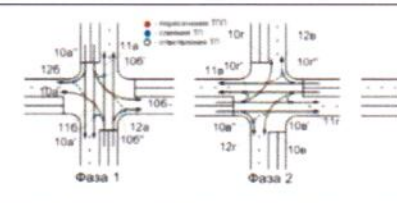


Таблица исходных данных аналогична - п.1 табл. 8.

Таблица КЗ и ПС на РП

Маневры на РП	$R_{Шел}$	$R_{Пл}$	$R_{Плmax}$	K_a	$T_{ц}, c$	z
5. Все маневры разрешены при отдельной фазе для ПП	12,1	4,7	7,1	0,7	81	0,5–0,98
6. По п. 5 нет разворотов	10,8	4,3	5,8	0,54	81	0,5–0,98

Двухфазно управляемая СОД с КЗ на РП при двухполосном движении с просачиванием ТП – через встречные ТП и – ПП и пофазном I-м методе управления в фазах 1 и 2, при интенсивностях в транспортных потоках $N_{ij} \leq 120$ ед./ч для левоповоротных направлений движения – $j = 10a...10g$ с встречными транспортными потоками – i , $T_{ц} = 44$ с, где при маневре 1 (Таблица КЗ и ПС на РП) – конфликтные точки, шт.: пересечений ● – 16; слияний ● – 8; отклонений ○ – 16; всего 40; при маневре 2, если разворот запрещен, конфликтные точки, шт.: пересечения ● – 16; слияния ● – 4; отклонения ○ – 12; всего 32; при маневре 3, если пешеходного движения нет (т. е. есть подземный или надземный переходы), конфликтные точки, шт.: пересечения ● – 8; слияния ● – 8; отклонения ○ – 16; всего 32; при маневре 4, если нет ПП и разворотов для ТП, конфликтные точки, шт.: пересечения ● – 8; слияния ● – 4; отклонения ○ – 12; всего 24

Трехфазно управляемая СОД с КЗ двухполосного РП с отдельной пешеходной фазой 3, $T_{ц} = 81$ с, с пофазным I-м методом управления в фазах 1, 2, где при маневре 5 – конфликтные точки, шт.: пересечений ● – 8; слияний ● – 8; отклонений ○ – 16; всего 32; при маневре 6, если разворот запрещен, конфликтные точки, шт.: пересечения ● – 8; слияния ● – 4; отклонения ○ – 12; всего 24.

Структура светофорного цикла: $T_{ц} = 37 + 3 + 19 + 3 + 16 + 3 = 81$ с.

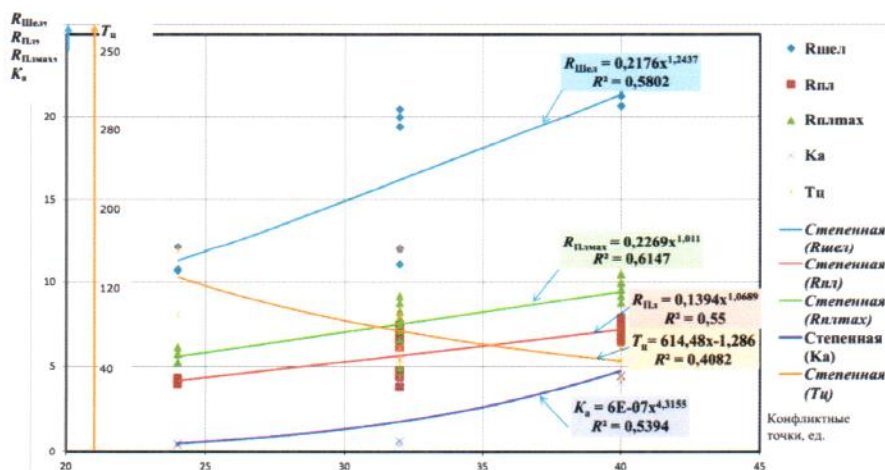


Рисунок 10 – Функциональные зависимости оценок (номограмма) уровней обеспечиваемой безопасности движения K_a , $R_{Шел}$, $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$ и цикла ($T_{ц} = \text{var } 122-44$ с) светофорного управления движением ТПП на двухполосных Х-образных РП при различных методах управления в СОД с представлением уровней КЗ – от числа КТ (24–40 шт.)

Преимущества эффективности результатов авторских оценок $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$ с учетом таблицы 2 относительно известных в том, что они не завышают и не занижают УТБД, как это происходит соответственно с оценками $R_{Шел}$ и K_a .

- двухполосно-однопосных X-образных РП

Аналогично с вышеизложенным проведены исследования (Приложение 3 к диссертации) – по методике оценки УТБД и ПС двухполосно-однопосных X-образных РП по СОД с КЗ при разных методах пофазных разъездов ТПП и получены параметры в таблице 9 для "Таблиц КЗ и ПС на РП" - с маневрами РП.

Таблица 9 – Модель 1 без использования ДЗ особых предписаний типа 5.15.1 для ТП

1. Структура светофорного цикла: $T_{ц} = 17 + 3 + 17 + 3 = 40$ с.

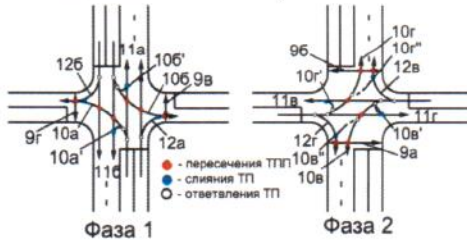


Таблица исходных данных

А		Б		В		Г	
10а	100	10б	100	10в	100	10г	100
11а	700	11б	700	11в	400	11г	400
12а	100	12б	100	12в	100	12г	100

Таблица КЗ и ПС на РП

Маневры на РП	$R_{Шел}$	$R_{Пл}$	$R_{Плmax}$	K_a	$T_{ц}$, с	z
1. Все манев. разреш.	16,5	6,3	8,8	3,4	40	0,78–0,92
2. Нет только развор.	16,5	6,3	7,5	3,3	40	0,78–0,92
3. Нет только ПП	9,3	3,8	6,2	0,67	40	0,78–0,92

Двухфазно управляемая СОД с КЗ на РП при двухполосно-однопосном движении на РП с просачиванием ТП через встречные ТП и ПП, в фазах 1 и 2 при интенсивностях в транспортных потоках $N_{ij} \leq 120$ ед./ч для левоповоротных направлений движения – $j = 10a...10g$ с встречными транспортными потоками – i , при пофазном I-м методе управления, где при маневре 1 – конфликтные точки, шт.: пересечений ● – 12; слияний ● – 8; отклонений ○ – 14; всего 34; при маневре 2, если разворот запрещен, конфликтные точки, шт.: пересечения ● – 12; слияния ● – 4; отклонения ○ – 10; всего 26; при маневре 3, если пешеходного движения нет (т. е. есть подземный или надземный переходы), конфликтные точки, шт.: пересечения ● – 6; слияния ● – 8; отклонения ○ – 14; всего 28.

На рисунке 11 представлены функциональные зависимости (номограмма) оценок уровней обеспечиваемой безопасности движения K_a , $R_{Шел}$, $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$ и цикла ($T_{ц} = var 105-40$ с) светофорного управления движением ТПП на двухполосно-однопосных X-образных РП при различных методах управления в СОД с КЗ – от числа конфликтных точек (17–34 шт.)

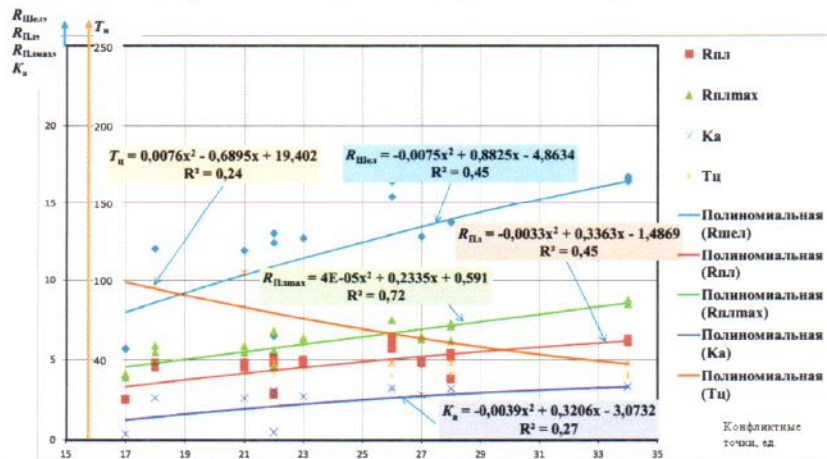


Рисунок 11 – Функциональные зависимости (номограмма) оценок уровней обеспечиваемой безопасности движения K_a , $R_{Шел}$, $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$ и цикла ($T_{ц} = var 105-40$ с) светофорного управления движением ТПП на двухполосно-однопосных X-образных РП при различных методах управления в СОД с КЗ – от числа конфликтных точек (17–34 шт.)

Из номограммы следует вывод: нормативным оценкам УТБД понятийного аппарата оценок БД (таблица 2) соответствуют только оценки $R_{Пл}$ и $R_{Плmax}$, известные же оценки для K_a и $R_{Шел}$ дают несогласованность со статистикой ДТП.

- двух- и трехполосных Т-образных РП

По аналогии с вышеизложенным проведены исследования (Приложение 4 к диссертации) – по методике оценки УТБД и ПС двухполосных и трехполосных Т-образных РП по СОД с КЗ при разных методах пофазных разъездов ТПП. Полученные расчетные данные сведены в таблице 10 "Таблиц КЗ и ПС на РП".

Таблица 10 – Специализация движения ТП на входе А по типу 1 в двухполосном Т-образном РП

Фаза 1 Фаза 2

Двухфазно управляемая СОД с КЗ двухполосного движения на РП с предписывающими ДЗ для ТП по входу А с типом 1 и пофазным I-м методом управления в фазах 1 и 2, при условии – движения ТП 12а направо и 10а налево на подходе А однозначно определены предписывающими ДЗ (4.1.2 и 4.1.3) по отдельным полосам с просачиванием через ПП 9в и 9г, а для ТП по входам В и Г определены ДЗ особых предписаний (5.15.2) с просачиванием через ТП 11г и ПП 9а, $T_{ц} = 38$ с, где при маневре 1 – конфликтные точки, шт.: пересечений ● – 7; слияния ● – 2; отклонений ○ – 6; всего 15; при маневре 2, если разворот запрещен, конфликтные точки, шт.: пересечения ● – 7; слияния ● – 1; отклонения ○ – 4; всего 12; при маневре 3, если пешеходного движения нет (т. е. есть подземный или надземный переходы), конфликтные точки, шт.: пересечения ● – 2; слияния ● – 2; отклонения ○ – 6; всего 10.

Таблица исходных данных

А		В		Г	
10а	500	10в	100	10г	–
11а	–	11в	800	11г	700
12а	500	12в	–	12г	300

Таблица КЗ и ПС на РП

Маневры на РП	$R_{Шел}$	$R_{Пл}$	$R_{Плmax}$	K_a	$T_{ц}$, с	z
1. Все ман. разр.	8,5	3,6	4,7	5,0	38	0,68–0,75
2. Нет только разв.	7,8	3,4	4,0	4,9	38	0,68–0,75
3. Нет только ПП	2,4	1,5	1,9	0,1	35	0,68–0,75

На рисунке 12 представлены функциональные зависимости (номограмма) оценок уровней обеспечиваемой безопасности движения K_a , $R_{Шел}$, $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$ и цикла ($T_{ц} = var 106–38$ с) светофорного управления движением ТПП на двухполосных и трехполосных Т-образных РП при различных методах управления в СОД с представлением уровней КЗ – от числа конфликтных точек (6–19 шт.).

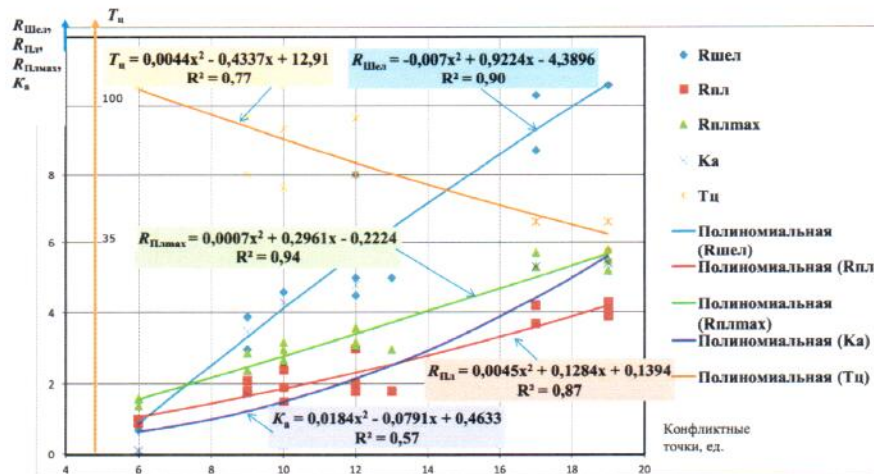


Рисунок 12 – Функциональные зависимости (номограмма) оценок уровней обеспечиваемой безопасности движения K_a , $R_{Шел}$, $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$ и цикла ($T_{ц} = var 106–38$ с) светофорного управления движением ТПП на двухполосных и трехполосных Т-образных РП при различных методах управления в СОД с представлением уровней КЗ – от числа конфликтных точек (6–19 шт.).

Вывод: оценки $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$ более реально, чем оценки K_a , $R_{Шел}$ отражают статистику по ДТП.

- трехполосных Х-образных и разнополосных Х- и Т-образных

Аналогично примерам, приведенным в таблицах 11 и 12 с двухфазным управлением I и с комбинированием управлением III проведены исследования (Приложение 5 к диссертации) – по методике оценки УТБД и ПС трехполосных Х-образных РП по СОД с КЗ при разных методах пофазных разъездов ТПП.

Таблица 11 – Оценка ДБ и ПС двухфазно управляемых трехполосных Х-образных РП

Двухфазно управляемая СОД с КЗ при трехполосном движении на Х-образном РП с просачиванием ТП – через встречные ТП и – ПП (I метод светофорного пофазного управления), при интенсивностях $N_{ij} \leq 120$ ед./ч для левоповоротных потоков – $j = 10а...10г$ в фазах 1 и 2, $T_{ц} = 50$ с, где при маневре 1 (Таблица КЗ и ПС на РП) – конфликтные точки, шт.: пересечений ● – 20; слияний ● – 8 отклонений ○ – 16; всего 44; при маневре 2, если разворот запрещен, конфликтные точки, шт.: пересечения ● – 20; слияния ● – 4; отклонения ○ – 12; всего 36; при маневре 3, если пешеходного движения нет (т. е. есть подземный или надземный переходы), конфликтные точки, шт.: пересечения ● – 12; слияния ● – 8; отклонения ○ – 16; всего 36. Структура светофорного цикла: $T_{ц} = 21 + 4 + 21 + 4 = 50$ с.

	А	Б	В	Г
10а	120	106	120	10в
11а	1130	116	850	11в
12а	330	126	350	12в

Маневры на РП	$R_{Шел}$	$R_{Пл}$	$R_{Плmax}$	K_a	$T_{ц}, c$	z
1. Все манев. разреш.	24,7	9,0	12,2	3,9	50	0,5
2. Нет только развор.	24,2	8,9	11,0	3,7	50	0,5
3. Нет только ПП	15,0	5,7	8,8	0,6	50	0,5

Таблица 12 – Вариант типа 1 с комбинированием установки Т.1.пл по входам В и Г на РП с трехфазным управлением

Трехфазно управляемая СОД с КЗ трехполосных Х-образных РП с использованием транспортных светофоров типа Т.1 на входах А, Б с «просачиванием» ТП между собой и с ПП и Т.1.пл с ДЗ 5.15.2 на входах В и Г без просачивания ТП (III-й метод комбинированного управления включает – II-й метод управления по отдельным направлениям в фазах 2,3 и I-й метод пофазного управления в фазе 1), при условии – интенсивность левоповоротных ТП 10в и 10г >120 ед./ч, а левоповоротных ТП 10а и 10б ≤ 120 ед./ч, $T_{ц} = 94$ с, где при маневре 1 – конфликтные точки, шт.: пересечений ● – 10; слияний ● – 6; отклонений ○ – 12; всего 28; при маневре 2, если разворот запрещен, конфликтные точки, шт.: пересечения ● – 10; слияния ● – 4; отклонения ○ – 10; всего 24; при маневре 3, если пешеходного движения нет (т. е. есть подземный или надземный переходы), конфликтные точки, шт.: пересечения ● – 6; слияния ● – 6; отклонения ○ – 12; всего 24. Структура цикла скорректирована следующим образом: $T_{ц} = 30 + 4 + 30 + 4 + 22 + 4 = 94$ с.

	А	Б	В	Г
10а	120	106	120	10в
11а	700	116	700	11в
12а	330	126	135	12в

Маневры на РП	$R_{Шел}$	$R_{Пл}$	$R_{Плmax}$	K_a	$T_{ц}, c$	z
1. Все маневры разрешены	14,1	5,5	7,3	2,6	94	0,5
2. Нет только разворотов	13,5	5,3	6,5	2,6	94	0,5
3. Нет только ПП	9,4	3,9	5,6	0,3	94	0,5

По расчетным данным "Таблиц КЗ и ПС на РП", представленных в примерах таблиц 11 и 12, на рисунке 13 приведены функциональные зависимости (номограмма) оценок уровней обеспечиваемой безопасности движения K_a , $R_{Шел}$, $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$ и цикла ($T_{ц} = var 135-50c$) светофорного управления ТПП на трехпо-

лосных Х-образных РП при различных методах управления в СОД с представлением уровней КЗ – от числа конфликтных точек (12–44 шт.)

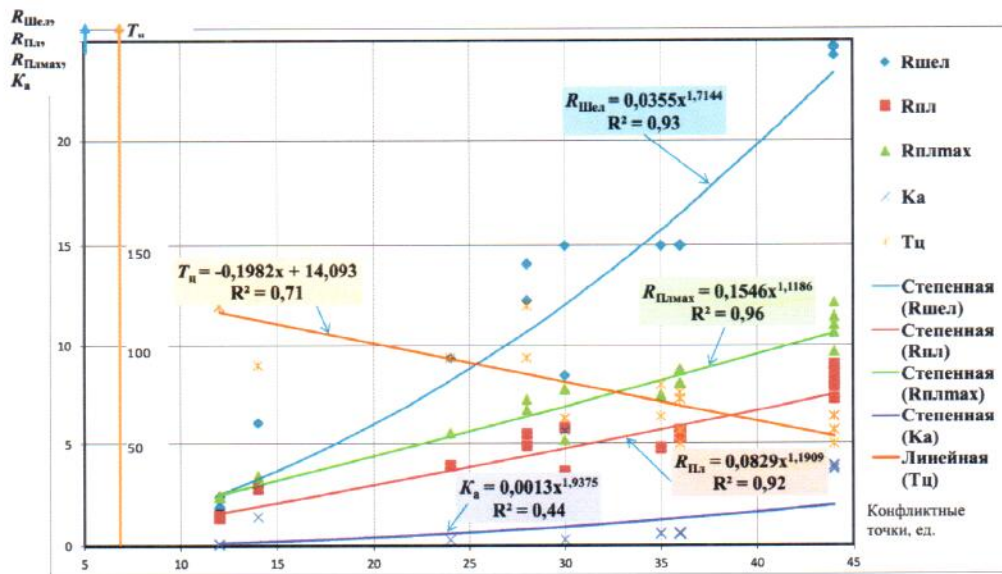


Рисунок 13 – Функциональные зависимости (номограмма) оценок уровней обеспечиваемой безопасности движения K_a , $R_{Шел}$, $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$ и цикла ($T_{ц} = \text{var } 135-50\text{с}$) светофорного управления ТПП на трехполосных Х-образных РП при различных методах управления в СОД с представлением уровней КЗ – от числа конфликтных точек (12–44 шт.)

На рисунке 14 представлены разработанные обобщенные функциональные зависимости (номограмма) оценок уровней обеспечиваемой безопасности движения K_a , $R_{Шел}$, $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$ и цикла ($120 \text{ с} \geq T_{ц} > 50 \text{ с}$) светофорного управления ТПП в разнообразных по полосности Х- и Т-образных РП при различных методах управления в СОД с представлением уровней КЗ – от числа КТ (6–44 шт.)

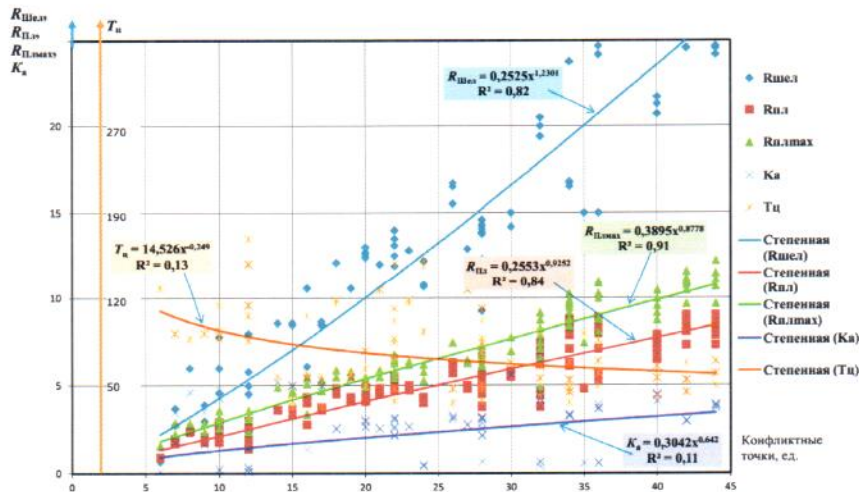


Рисунок 14 – Обобщенные функциональные зависимости (номограмма) оценок уровней обеспечиваемой безопасности движения K_a , $R_{Шел}$, $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$ и цикла ($120 \text{ с} \geq T_{ц} > 50 \text{ с}$) светофорного управления ТПП в разнообразных по полосности Х- и Т-образных РП при различных методах управления в СОД с представлением уровней КЗ – от числа КТ (6–44 шт.)

Вывод: разработанные методы оценки $R_{Пл}$, $R_{Плmax}$ на номограммах рисунков 13 и 14 по нормативам таблицы 2 предпочтительнее известных – K_a , $R_{Шел}$, $T_{ц}$. К. наглядно отражают реальную действительность статистики ДТП на РП в РФ.

6. Методика оценки уровней обеспечиваемой безопасности движения на разнополосных Х- и Т-образных нерегулируемых пересечениях (НП) по их различным СОД с КЗ и функциональная зависимость для диагностических оценок уровней обеспечиваемой БД на НП от числа конфликтных точек в СОД с КЗ

Методика алгоритма исследования БД в вариантах СОД с КЗ на нерегулируемых пересечениях представлена на рисунке 15.

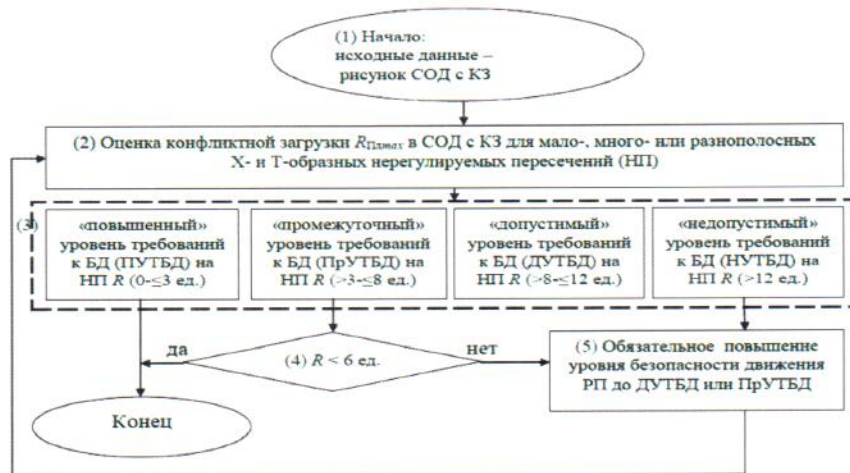


Рисунок 15 – Методика алгоритма исследования БД в вариантах СОД с КЗ на НП

Визуализированные примеры 1 и 2 представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Примеры формализованных моделей СОД с КЗ: 1. - Оценка БД в СОД с КЗ однополосного Т-образного НП; 2. - Оценка БД в СОД с КЗ двухполосного Х-образных НП

1.	2.
<p>Формализованная СОД с КЗ для однополосного Т-образного НП с пешеходными потоками в режиме саморегулирования и разрешенными разворотами транспортных средств, где при варианте 1 – все маневры на НП разрешены – конфликтные точки, шт.: пересечений ● – 9; слияния ● – 6; отклонения ○ – 5; всего 20 конфликтных точек. Уровень конфликтной загрузки такого варианта $R_{Плmax} = 6,6$ ед. в подклассе – ПрУТЬБД; при варианте 2 – развороты ТП на НП запрещены – конфликтные точки, шт.: пересечений ● – 9; слияний ● – 3; отклонений ○ – 2; всего = 14; $R_{Плmax} = 4,6$ ед. – ПрУТЬБД; при варианте 3, если пешеходного движения нет (т. е. есть подземный или надземный переходы), конфликтные точки, шт.: пересечения ● – 3; слияния ● – 6; отклонения ○ – 5; всего 14; $R_{Плmax} = 4$ ед. – ПрУТЬБД.</p> <p>При таком уровне БД нет большого беспокойства, при кратковременных отключениях электричества на таких регулируемых пересечениях (РП) при переходе их в НП.</p>	<p>Формализованная СОД с КЗ двухполосных Х-образных НП с пешеходными потоками и разрешенными разворотами ТП, где при варианте 1 – все маневры на НП разрешены – конфликтные точки, шт.: пересечений ● – 36; слияний ● – 12; отклонений ● – 12; всего = 60, $R_{Плmax} = 20,4$ ед.; при варианте 2 – развороты ТП на НП запрещены – конфликтные точки, шт.: пересечений ● – 36; слияний ● – 8; отклонений ● – 8; всего = 52, $R_{Плmax} = 19$ ед.; при варианте 3, если пешеходного движения нет (т. е. есть подземный или надземный переходы), конфликтные точки, шт.: пересечения ● – 16; слияния ● – 12; отклонения ● – 12; всего 40, $R_{Плmax} = 11,8$ ед. – ДУТЬБД.</p> <p>Эксплуатация такого НП не рекомендуется.</p>

По аналогичным примерам, используя исходные данные о видах и численности конфликтных точек (КТ) проведен расчет диагностических оценок ($R_{Плmax}$) УТБД по формуле (2) таблицы 4. Исследования оценок ($R_{Плmax}$) для всего класса неуправляемых светофорами Х- и Т-образных разнополосных пересечений по их моделям СОД с КЗ проведены в Приложении 6 к диссертации.

На рисунке 16 представлена, разработанная обобщенная функциональная зависимость диагностических оценок уровней обеспечиваемой БД ($R_{Плmax}$) для всего класса разнополосных вариантов СОД с представлением уровней КЗ на Х- и Т-образных нерегулируемых пересечениях – от числа КТ (10–90 шт.).

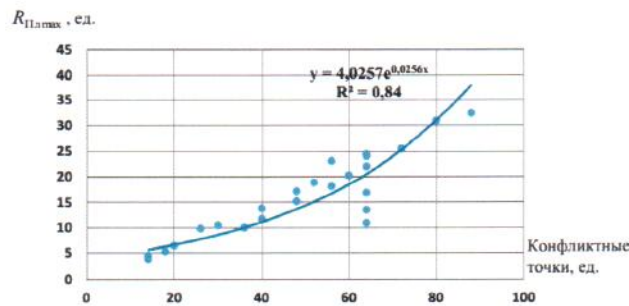
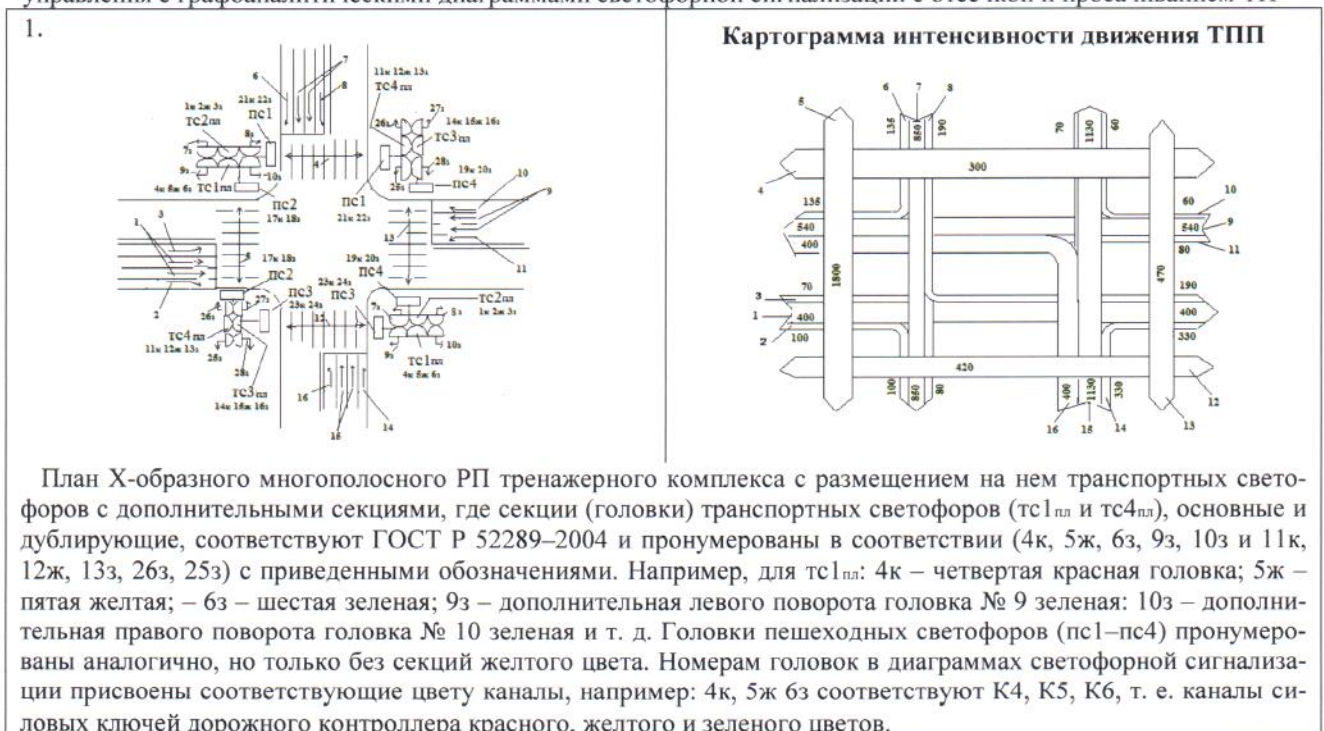


Рисунок 16 – Обобщенная функциональная зависимость диагностических оценок уровней обеспечиваемой безопасности движения ($R_{Плmax}$) для разнополосных вариантов СОД с представлением уровней КЗ на Х- и Т-образных нерегулируемых пересечениях от числа КТ (10–90 шт.)

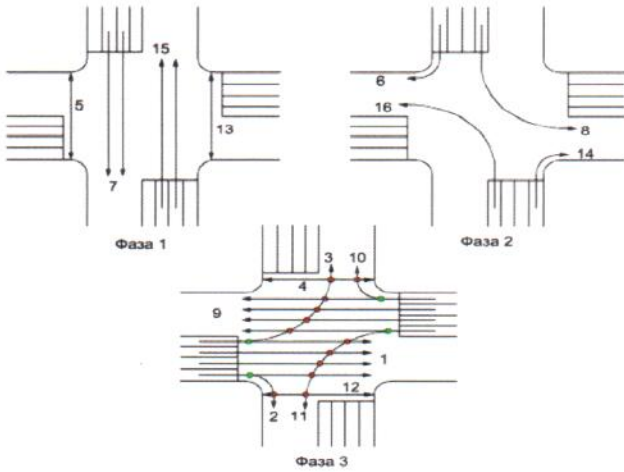
7. Методика имитационного моделирования задач оценки пропускной способности и безопасности движения различных СОД с КЗ для РП и полунатурный тренажерный комплекс регулируемого пересечения для моделирования

Таблица 14 – 1. План РП тренажерного комплекса с картограммой пиковой интенсивности движения ТПП, 2. Трехфазная СОД с КЗ в комбинированном III-м методе управления с графоаналитической диаграммой светофорной сигнализации с просачиванием ТП и 3. Квазичетырехфазная СОД с КЗ в комбинированном III-м методе управления с графоаналитическими диаграммами светофорной сигнализации с отсечкой и просачиванием ТП

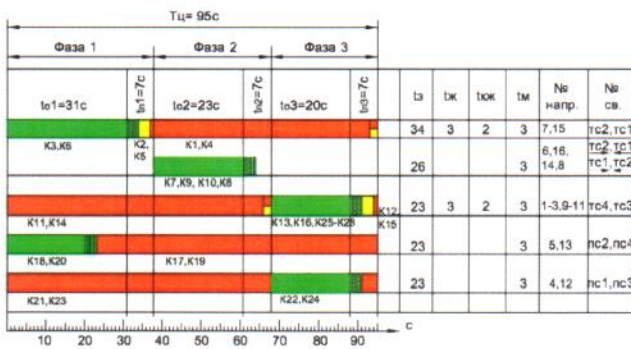


Окончание таблицы 14

2.

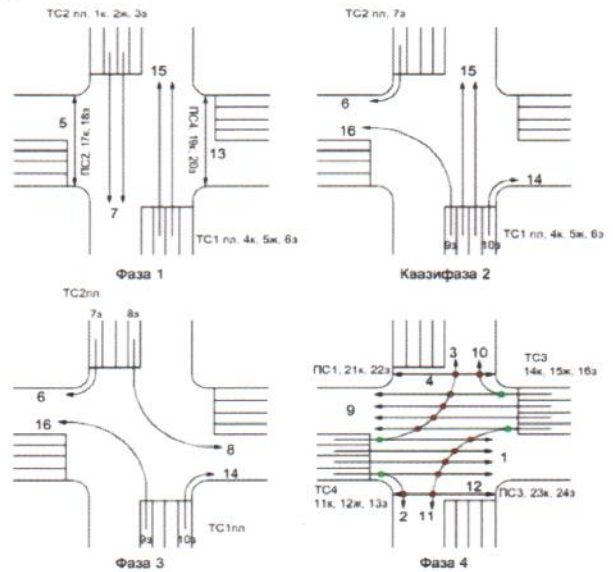


Трехфазная СОД с КЗ (тип а) на РП в комбинированном III-м методе управления движением на базе I-го метода с просачиванием, где конфликтные точки: ● – на пересечение (просачивание) – 12 шт., ● – на ответвление – 4 шт. – обеспечивают уровень безопасности движения (БД) – $R_{Тп} = 5,7 \text{ед}$ при длительности цикла $T_{ц} = 95 \text{с}$

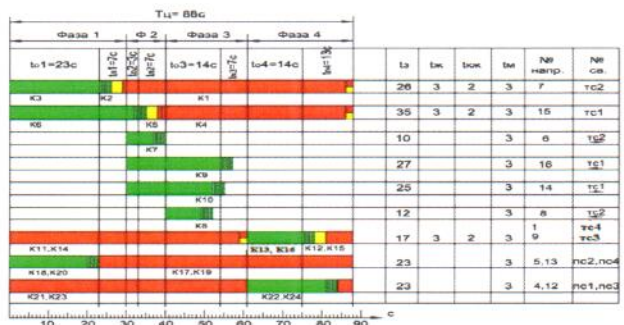


Графоаналитическая диаграмма комбинированного III-го метода светофорной сигнализации для трехфазной СОД с КЗ (тип а) с просачиванием транспорта через ТП и ПП в 3-й фазе, при оценке БД $R_{Тп} = 5,7 \text{ед}$ и $T_{ц} = 34 + 4 + 26 + 4 + 23 + 4 = 95 \text{с}$ - для задачи 12 по классификации (таблица 5).

3.



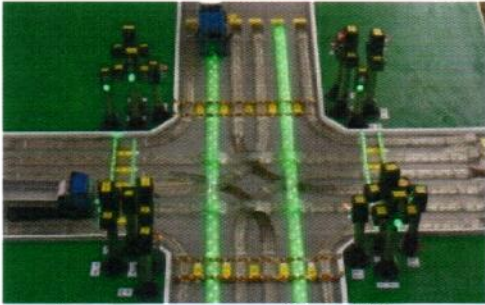



Квазичетырёхфазная СОД с КЗ (тип б) на РП в комбинированном III-м методе управления движением на базе II-го метода с отсечкой и просачиванием ТП, где конфликтные точки: ● – на пересечение («просачивание») – 12 шт., ● – на ответвление – 4 шт. – обеспечивают уровень БД – $R_{Тп} = 5,7 \text{ед}$ при $T_{ц} = 88 \text{с}$



Графоаналитическая диаграмма светофорной сигнализации квазичетырёхфазной СОД с КЗ (тип б) с комбинированным III-м методом управления на базе управления по отдельным направлениям с отсечкой и просачиванием ТП в 4-й фазе при оценке БД $R_{Тп} = 5,7 \text{ед}$ и $T_{ц} = 23 + 7 + 3 + 7 + 14 + 7 + 14 + 13 = 88 \text{с}$ - для задачи 15 по классификации (таблица 5).

Экспериментальные оценки эффективности функционирования СОД с КЗ на тренажерном комплексе

Таблица 15 – 1.- 4. Оценка длительности цикла светофорной сигнализации в разных фазах III-го комбинированного метода управления на тренажерном комплексе РП для трехфазной СОД с КЗ – (типа *a*) по задаче 12 и квазичетырехфазной СОД с КЗ (тип *b*) по задаче 15

<p>1.</p>  <p>Первая фаза для вариантов СОД с КЗ типов <i>a</i> и <i>b</i>, где конфликтных точек нет</p>	<p>2.</p>  <p>Квазифаза 2 для СОД с КЗ типа <i>b</i>, где конфликтных точек нет</p>
<p>3.</p>  <p>Вторая и третья фазы для вариантов СОД с КЗ в типах <i>a</i> и <i>b</i>, где нет конфликтных точек</p>	<p>4.</p>  <p>Третья и четвертая фазы для вариантов СОД с КЗ в типах <i>a</i> и <i>b</i>, где их уровень БД – $R_{ГП} = 5,7 \text{ед}$ равный, но разные длительности циклов в вариантах: в трехфазном - $T_{ц} = 95 \text{с}$, а в квазичетырехфазном - $T_{ц} = 88 \text{с}$</p>

Общие выводы

В диссертационной работе решена важная научно-техническая проблема – разработана методология обеспечения безопасности движения на регулируемых пересечениях улично-дорожных сетей мегаполисов, с новыми научно обоснованными техническими и технологическими решениями, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны (далее Методология).

Основные результаты работы заключаются в следующем:

1. Разработаны новый комбинированный метод повышения безопасности движения на регулируемых пересечениях и функциональные блок-схемы подсистем контроля и оценки интенсивности движения транспортных потоков их реализующие, которые предназначены для оснащения обратных связей действующих систем автоматического управления дорожным движением на регулируемых пересечениях. Такая технология реализует Методологию, чувствительную к колебаниям интенсивности движения транспортных потоков в конфликтных точках (КТ), а также к их видам и числу.

2. Разработан понятийный аппарат количественной оценки уровней требований к безопасности движения (УТБД) на регулируемых и нерегулируемых пересечениях, замещающих действующие нормативные диапазоны оценки опасностей пересечений, ликвидирующие в них разрывы и расширяющие совокупный диапазон оценок, а именно: - "недопустимый" – $НУТБД > 12$, "допустимый" – $12 \geq ДУТБД > 8$, "промежуточный" – $8 \geq ПрУТБД > 3$ и "повышенный" – $3 \geq ПУТБД > 0$. "Повышенный уровень" оценки соответствует уровню требований повсеместно внедряемой в развитых странах концепции "нулевой смертности" аналогичной норме ст. 2 Федерального закона "О БДД" (№196, декабрь 1995 г.), не реализованной до сих пор в российской практике.

3. Разработаны два метода количественной оценки уровней требований к безопасности движения на регулируемых пересечениях. Первый – малозатратный и быстрореализуемый ($R_{Пл\max}$), использует минимальный объем исходной информации о численности и видах конфликтных точек в конфликтной загрузке схем организации движения. Он служит для выявления особо аварийных регулируемых и нерегулируемых пересечений. Вторым методом уточненной оценки ($R_{Пл}$) используется дополнительную информацию о текущей интенсивности движения транспортно-пешеходных потоков в конфликтных точках относительно первого метода и создан для паспортизации уровней обеспечиваемой безопасности движения на регулируемых пересечениях.

4. Разработана классификация схем организации движения с конфликтной загрузкой для Х- и Т-образных РП по методам управления и уровням требований к безопасности движения для видов маневров транспортных средств, разрешенных ПДД РФ. Классификационное множество позволяет ограничить и обосновать размерность перечня разрабатываемых методов управления, удовлетворяющих уровням требований к безопасности движения и пропускной способности на регулируемых пересечениях улично-дорожных сетей мегаполисов.

5. Разработана методика исследования безопасности движения различных схем организации движения с конфликтными загрузками (СОД с КЗ) на распространенных в улично-дорожных сетях мегаполисов разнополосных Х- и Т-образных регулируемых пересечений для решения задач поиска компромисса между безопасностью движения и пропускной способностью.

6. Разработаны функциональные зависимости (номограммы) оценок уровней обеспечиваемой безопасности движения – известных- K_a , $R_{Шел}$ и новых-, $R_{Пл}$, $R_{Пл\max}$ – с эффективными циклами светофорной сигнализации $T_{Ц}$ в СОД с КЗ для транспортно-пешеходных потоков при различных методах управления на разнополосных Х- и Т-образных регулируемых пересечениях от числа конфликтных точек. Указанные зависимости имеют совмещенный формат и позволяют сравнивать их между собой в устанавливаемом диапазоне условий, обеспечивая наглядную эффективность новых методов оценки безопасности дорожного движения на регулируемых пересечениях относительно известных.

7. Разработана методика диагностической оценки уровней требований к безопасности движения $R_{Пл\max}$ и функциональная их зависимость от числа КТ для неуправляемых светофорами Х- и Т-образных разнополосных пересечений по их схемам организации движения с конфликтной загрузкой.

8. Разработана методика оценки транспортной эффективности по критериям – пропускной способности и уровню требований к безопасности движения, использующая графоаналитический расчет светофорного цикла в комбинированных методах управления, основанных на традиционных методах движения – пофазным управлением и управлением по отдельным направлениям при допустимых вариантах просачивания транспортных средств в конфликтных точках на регулируемых пересечениях (РП).

9. Разработана методика имитационного моделирования задач оценки пропускной способности и безопасности движения, по различным СОД с КЗ для РП на полунатурном тренажерном комплексе регулируемого пересечения. Тренажерный комплекс может служить ядром автоматизированной обучающей системы для подготовки специалистов по специальности «Организация и безопасность движения» и разработчиков транспортной инженерии.

III. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ:

1. **Плотников А.М.** Управление безопасностью дорожного движения на одноуровневых перекрестках (Теория и практика). Научное издание. [Текст]: монография / А.М. Плотников – СПб.: ООО "Экспертные решения", 2014. – 404 с (14,93 п.л.).

Публикации в рецензируемых научных изданиях, размещенных на официальном сайте ВАК и приравненные к ним:

2. **Плотников А.М.** О приложении концепции «нулевой смертности» на дорогах к задачам разработки схем организации движения на регулируемых перекрестках [Текст] / А.М. Плотников // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – №2(27). – С.26-29 (0,24 п.л.).

3. **Плотников А.М.** Алгоритмы и технические средства повышения безопасности движения на регулируемых перекрестках [Текст] / А.М. Плотников // Транспорт Российской Федерации. – 2011.– №5(36). – С.28-30 (0,18 п.л.).

4. **Плотников А.М.** Оценка ресурса безопасности дорожного движения на регулируемых перекрестках с надземными переходами [Текст] / А.М. Плотников, В.С. Григорьева, А.В. Андреев // Транспорт Российской Федерации. – 2012.– №1(38). – С.58–61 (0,24 п.л./0,15 п.л.).

5. **Плотников А.М.** Комбинированное управление движением на многополосных регулируемых перекрестках, минимизирующее уровень дорожной опасности [Текст] / А.М. Плотников, П.А. Кравченко // Вестник гражданских инженеров. – СПб., – 2012.– №6(35). – С.139-142 (0,24 п.л./0,15 п.л.).

6. **Плотников А.М.** Управление дорожным движением на регулируемых пересечениях в одном уровне [Текст] / А.М. Плотников // Наука и техника в дорожной отрасли.– 2013. – №1. – С.7–9 (0,18 п.л.).

7. **Плотников А.М.** Повышение эффективности управления дорожным движением на регулируемых перекрестках [Текст] / А.М. Плотников, В.С. Гри-

горьева // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2013. – №3. – С.5-8 (0,24 п.л./0,15 п.л.).

8. **Плотников А.М.** Малозатратные средства повышения дорожной безопасности на одноуровневых регулируемых перекрестках [Текст] / А.М. Плотников, В.С. Григорьева // Автотранспортное предприятие. – 2013. – №3. – С.19-23 (0,29 п.л./0,15 п.л.).

9. **Плотников А.М.** Система автоматического управления движением на регулируемых пересечениях в чрезвычайных ситуациях [Текст] / А.М. Плотников // Вестник гражданских инженеров. – СПб., – 2015.– №6(53). – С.195-198 (0,23 п.л.).

10. **Плотников А.М.** Методология оценки безопасности дорожного движения на регулируемых пересечениях [Текст] / А.М. Плотников // Вестник гражданских инженеров. – СПб., – 2016.– №3(56). – С.227-232 (0,3 п.л.).

11. Устройство для сигнализации замедления транспортного средства [Текст]: ПАТЕНТ на изобретение. №2260521. РФ. / авторы: **А.М. Плотников**, Е.П. Гусев. Зарег. и опубл. 20.09.2005г. – Бюл. №26 (0,29 п.л./0,2 п.л.).

12. Система управления движением на многополосных перекрестках [Текст]: ПАТЕНТ на полезную модель №111330. РФ. / авторы: **А.М. Плотников**, П.А. Кравченко, Р.М. Архестов, А.В.Андреев. Зарег. и опубл. 10.12.2011г. – Бюл. №34 (0,88 п.л./0,6 п.л.).

13. Система управления транспортными и пешеходными потоками через перекресток [Текст]: ПАТЕНТ на полезную модель №114203. РФ. / авторы: **А.М. Плотников**, П.А. Кравченко, Р.М. Архестов, В.С. Григорьева. Зарег. и опубл. 10.03.2012г. – Бюл. №7 (0,59 п.л./0,4 п.л.).

14. Система управления движением на многополосных перекрестках [Текст]: ПАТЕНТ на изобретение №2469410. РФ. / авторы: **А.М. Плотников**, П.А. Кравченко, Р.М. Архестов, А.В.Андреев. Зарег. и опубл. 10.12.2012г., – Бюл. №34 (0,88 п.л./0,6 п.л.).

15. Способ регулирования транспортных потоков на перекрестке [Текст]: ПАТЕНТ на изобретение №2486599 РФ. / авторы: А.М. Плотников, П.А. Кравченко, **М.А. Плотников**. Зарег. и опубл. 27.06.2013г., – Бюл. №18 (0,59 п.л./0,4 п.л.).

16. Система автоматического управления дорожным движением на одноуровневом регулируемом перекрестке [Текст]: ПАТЕНТ на полезную модель №159669. РФ. / автор **А.М. Плотников**. Зарег. и опубл. 20.02.2016г. С. 1-19, – Бюл. №5 (1,1 п.л.).

Публикации в других изданиях:

17. **Плотников А.М.** Модернизированный контроллер ДКЛ [Текст] / А.М. Плотников, М.Н. Казанцев // М.: Приборы и системы управления, 1984, №10. – С.31 (0,05 п.л./0,03 п.л.).

18. Магнитореологический амортизатор [Текст]: ПАТЕНТ на изобретение. №2232316. РФ. / авторы: **А.М. Плотников**, Е.П. Гусев, С.Ю. Воеводов. Зарег. и опубл. 10.07.2004г. – С.1-5, Бюл. №19 (0,29 п.л./0,15 п.л.).

19. Регулируемый одностру́бный газонаполненный амортизатор [Текст]: ПАТЕНТ на изобретение. №2232316. РФ. / авторы: **А.М. Плотников**, Е.П. Гусев, С.Ю. Воеводов. Зарег. и опубл. 27.04.2005г. – С.1-6, Бюл. №30 (0,35 п.л./0,25 п.л.).
20. Регулируемый амортизатор [Текст]: ПАТЕНТ на изобретение. №2232316. РФ. / авторы: **А.М. Плотников**, Е.П. Гусев, С.Ю. Воеводов. Зарег. и опубл. 10.06.2005г. – С.1-6, Бюл. №16 (0,35 п.л./0,25 п.л.).
21. Крыльчатый амортизатор [Текст]: ПАТЕНТ на изобретение. №2232316. РФ. / авторы: **А.М. Плотников**, Е.П. Гусев, С.Ю. Воеводов. Зарег. и опубл. 10.06.2005г. С.1-6, Бюл. №16 (0,35 п.л./0,25 п.л.).
22. **Плотников А.М.** К вопросу об эволюционной реконструкции систем управления дорожным движением в крупных городах. (на примере СПб и области) [Текст] / А.М. Плотников // Л.: Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах. Тезисы докладов международной научно-практической конференции, 24-25 мая 1995 года. – С.20-25 (0,35 п.л.).
23. **Плотников А.М.** Технические средства управления дорожным движением в Санкт-Петербурге: состояние и задачи модернизации [Текст] / А.М. Плотников // Л.: Проблемы развития автомобильно-дорожного комплекса России. Материалы международной научно-практической конференции, 24-27 сентября, 1997 часть 2. – С.49-53 (0,29 п.л.).
24. **Плотников А.М.** Дорожные перекрестки: база конструктивных параметров и моделей управления дорожным движением [Текст] / А.М. Плотников // Сборник докладов и статей целевой конф. «Технологии и эффективность систем управления обеспечением безопасности дорожного движения». 19 – 21 июня 2008 г. – СПб. гос. архитектур. - строит. ун-т, 2008. – С.94-102 (0,53 п.л.).
25. **Плотников А.М.** Тренажерный комплекс для моделирования, исследования и оптимизации схем организации дорожного движения на регулируемых перекрестках с изменяющейся (перенастраиваемой) конфигурацией [Текст] / А.М. Плотников // В сб. докл. 8-ой межд. научно-практич. конф. «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». 18 – 19 сент. 2008 г. – СПб.; СПбГАСУ, 2008. – С.324-325 (0,11 п.л.).
26. **Плотников А.М.** Системы управления движением транспортными потоками на основе Интернет технологий [Текст] / А.М. Плотников, Р.М. Архестов // В сб. докл. 8-ой межд. научно-практич. конф. «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». 18 – 19 сент. 2008 г. – СПб.; СПбГАСУ, 2008. – С.321-324 (0,24 п.л./0,12 п.л.).
27. **Плотников А.М.** Модели управления светофорной сигнализацией и тренажерные испытания в учебно-производственных процессах [Текст] / А.М. Плотников // Сборник докладов и статей целевой конф. «Системы организации и управления безопасностью движения». 22 – 24 сент. 2008 г. – С-Петербур. гос. архитектур. - строит. ун-т, 2008. – С.325-35 (0,65 п.л.).
28. **Плотников А.М.** О минимизации конфликтной загрузки светофорных перекрестков при разработке схем организации движения [Текст] / А.М. Плотников, Д.Е. Севрин, Д.В. Морозов // Сборник докладов и статей целевой конф. «Повышение безопасности дорожного движения в 2006– 2012 годах» 7 – 9 сент.

2009 г. – С–Петерб. гос. архитектур. - строит. ун-т, 2009. – С.49-59 (0,65 п.л./0,3 п.л.).

29. **Плотников А.М.** Разработка схем организации движения транспортных и пешеходных потоков на регулируемых перекрестках [Текст] / А.М. Плотников // Учебное пособие для студентов специальности "организация и безопасность движения". – СПб.: Принт салон, 2009. – 94 с (12,1 п.л.).

30. **Плотников А.М.** Разработка схем организации движения транспортных и пешеходных потоков на регулируемых перекрестках [Текст] / А.М. Плотников // С грифом УМО. – Учебное пособие для вузов. – СПб.: Нестор-История, 2010. – 110 с (13,75 п.л.).

31. **Плотников А.М.** Инновационная технология проектирования схем организации движения на регулируемых перекрестках [Текст] / А.М. Плотников // В сб. докл. 9-ой международной конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». 23 – 24 сент. 2010 г.– С–Петерб. гос. архитектур. - строит. ун-т, 2010. – С.203-208 (0,35 п.л.).

32. **Плотников А.М.** Методика повышения эффективности управления дорожным движением на одноуровневых перекрестках с «неуравновешенным» по интенсивности движением встречных транспортных потоков [Текст] / А.М. Плотников // С-Петербург гос. архитектур.-стр. ун-т.: Сборник докладов десятой межд. научно-практич. конф. «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах. Инновации: Ресурс и возможности». – 2012. – С.230-235 (0,35 п.л.).

33. **Плотников А.М.** Практическая реализация методики повышения эффективности управления дорожным движением на малополосных перекрестках с «неуравновешенным» по интенсивности движением встречных транспортных потоков [Текст] / А.М. Плотников, В.С. Григорьева // С-Петербург гос. архитектур.-стр. ун-т.: Сборник докладов десятой межд. научно-практич. конф. «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах. Инновации: Ресурс и возможности». – 2012. – С.236-242 (0,41 п.л./0,25 п.л.).

34. **Плотников А.М.** О неиспользуемом ресурсе модернизации технологий проектирования регулируемых перекрестков [Текст] / А.М. Плотников // Безопасность дорожного движения: Сборник научных трудов, выпуск 12. – ФКУ НИЦ БДД России. – 2012. – С.10-18 (0,53 п.л.).

35. **Плотников А.М.** Алгоритмы и технические средства повышения безопасности движения на регулируемых перекрестках [Текст] / А.М. Плотников // Транспортная безопасность и технологии. – 2012. –№4(31). – С.113-116 (0,23 п.л.).

36. **Плотников А.М.** Модели и методы управления безопасностью дорожного движения на одноуровневых регулируемых перекрестках [Текст] / А.М. Плотников // С-Петербург гос. архитектур.-стр. ун-т.: Сборник докладов одиннадцатой межд. научно-практич. конф. «Организация и безопасность дорож. движения в крупных городах. – 2014. – С.194-206 (0,76 п.л.).