

УДК 656.13.05

**КАПСКИЙ**  
**Денис Васильевич**

**МЕТОДОЛОГИЯ**  
**ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**  
**В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

по специальности 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

Минск, 2011

Работа выполнена в Белорусском национальном техническом университете

Официальные оппоненты:

**Альгин Владимир Борисович**, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе, ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»

**Головнич Александр Константинович**, доктор технических наук, доцент, директор научно-исследовательского института железнодорожного транспорта, УО «Белорусский государственный университет транспорта»

**Иванов Владимир Петрович**, доктор технических наук, профессор, кафедра «Технология конструкционных материалов», УО «Полоцкий государственный университет»

Оппонирующая организация:

Республиканское унитарное предприятие «Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «ТРАНСТЕХНИКА»

Защита состоится 30 июня 2011 года в 14 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.05.04 при Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220013, г. Минск, пр-т Независимости, 65, Белорусский национальный технический университет, корп. 1, ауд. 202, тел.: 292-83-85.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета

Автореферат разослан «26» мая 2011 г.

Ученый секретарь совета  
по защите диссертаций

Ч.И. Жданович

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В Республике Беларусь за последние 20 лет количество автомобилей увеличилось в 4 раза и превысило 3 млн. Этот рост вызвал ряд проблем автомобильного транспорта, связанных с увеличением нагрузки на улично-дорожную сеть, особенно в городах. Снизилась скорость сообщения, ухудшились режимы движения, появились перегрузки, возросло количество аварий. За последние 5 лет в стране произошло более 478 тыс. аварий, в которых погибли 7320 человек и получили ранения около 38,5 тыс. человек. В связи с этим резко возросла роль организации дорожного движения в повышении его качества, определяемого совокупностью основных свойств – безопасностью, экологичностью, экономичностью и социологичностью. Работы по повышению безопасности движения (его качества в целом) требуют дальнейшего совершенствования, чтобы сократить суммарные социально-экономические потери в дорожном движении, составляющие около 4 млрд долл./год. Основными составляющими потерь являются недостатки в организации дорожного движения (более 50 %, в том числе в крупных и крупнейших городах – до 75 %).

Диссертационная работа направлена на создание научно обоснованной *методологии повышения безопасности дорожного движения* в городских очагах аварийности, на долю которых приходится 50 % всех аварий в стране. Поскольку основной причиной аварий в этих очагах являются недостатки в организации дорожного движения, то повышение безопасности должно осуществляться ее методами. Эти методы эффективны, оперативны и некапиталоемки, и можно ожидать не только *значительных*, но и *быстрых* результатов. Однако это сдерживается отсутствием научно обоснованной методологии повышения безопасности движения в городских условиях, базирующейся на принципах сбалансированного учета основных свойств дорожного движения и минимизации потерь.

Для решения важнейшей социально-экономической проблемы – снижение аварийности и повышение качества дорожного движения – требуется разработать программно-методическое обеспечение, которое для всех типовых объектов улично-дорожной сети включало бы методику очагового анализа аварийности; новый метод прогнозирования аварийности по потенциальной опасности, адекватно учитывающий изменения условий дорожного движения; методику определения расчетной социально-экономической стоимости аварийных издержек; методику оперативной оценки эффективности мероприятий по критерию безопасности. Необходимо для регулируемых перекрестков и искусственных неровностей разработать комплекс методик прогнозирования аварийности по новому методу для каждого типа и вида конфликта, методики расчета аварийных, экономических и экологических потерь, компьютерные программы прогнозирования аварийности и расчета потерь для выбора и обоснования (по критерию минимизации аварийных, экономических и экологических потерь) принимаемых решений по повышению безопасности дорожного движения, что будет способствовать повышению производительности автомобильного транспорта. Социальная значимость диссертационной работы заключается в сохранении жизни, здоровья, трудоспособности и благосостояния граждан Республики Беларусь.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами**

Тема диссертации включена в научный план работы Белорусского национального технического университета и соответствует Государственной политике в области обеспечения безопасности дорожного движения.

Диссертационные исследования выполнены в соответствии с Концепцией обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь (п. 6.4), разработанной во исполнение Указа Президента Республики Беларусь № 551 от 28 ноября 2005 г. и утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 757 от 14 июня 2006 г.; Планом мероприятий по реализации Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь, выполнение которого контролируется Советом Министров Республики Беларусь в рамках приоритетного направления в области безопасности дорожного движения (№ 37/222-663 от 01 сентября 2006 г.); решением Постоянной комиссии по обеспечению безопасности дорожного движения при Совете Министров Республики Беларусь (№ 33/10 от 10 апреля 2008 г., п. 2.4).

Работа выполнена в рамках:

– комплексных научных исследований эффективности транспортной планировки городов, проводимых в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь № 332 от 28.06.2003 г. «Об утверждении генеральных планов городов» (п. 2.2) и Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 185 от 09.02.2006 г.;

– ГБ 06-202 «Повышение эффективности транспортной деятельности на основе совершенствования организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов» (2006–2010 гг.);

– ГБ 08-34 «Разработка методики снижения очаговой аварийности в населенных пунктах» (№ ГР 20083269, 2008–2009 гг.) (исследования выполнялись по отдельному заданию Министерства образования Республики Беларусь);

– Программы мероприятий, направленных на совершенствование организации, повышение безопасности дорожного движения и локализацию участков концентрации ДТП на автомобильных дорогах РУП «Минскавтодор-Центр»;

– НИОКР, финансируемых Департаментом «Белавтодор» (тема 09.432.2.2008 «Исследование эффективности применения технических средств организации дорожного движения (шумовые полосы, искусственные неровности и т.д.) и разработка методики обоснования эффективности их применения», № ГР 20080891, 2008–2009 гг.), ГУВД Мингорисполкома (тема «Разработка методики оценки (прогнозирования) издержек в дорожном движении при координированном регулировании на магистральной улице», № ГР 20091018, 2009 г.).

### **Цель и задачи исследования**

*Цель исследования* – разработка методологии повышения безопасности дорожного движения в городских условиях Республики Беларусь на основе учета аварийных, экономических и экологических потерь.

### *Задачи исследования:*

1) анализ существующего положения в области повышения безопасности дорожного движения в городских условиях;

2) разработка нового метода прогнозирования аварийности по потенциальной опасности, пригодного для получения прогноза на стадии принятия решений и разработки мероприятий по повышению безопасности дорожного движения, а также методик расчета аварийных потерь, включая прогнозирование аварийности по новому методу для различных видов конфликтов;

3) создание методики очагового анализа аварийности для всех типовых очагов аварийности, включая разработку статистического метода прогнозирования аварийности после установки искусственных неровностей с учетом городских условий Республики Беларусь;

4) разработка методики определения расчетной социально-экономической стоимости аварийных издержек в Республике Беларусь;

5) разработка методики оперативной оценки эффективности мероприятий по критерию безопасности на основе новой модели прогнозирования аварийности по методу конфликтных ситуаций для различных видов конфликтов;

6) разработка для объектов исследования комплекса методик расчета экономических и экологических потерь;

7) создание компьютерных программ прогнозирования аварийности и расчета потерь на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях для разработки и обоснования методов и технических средств организации движения, а также выбора принимаемых решений по повышению безопасности движения.

*Объекты исследования* – типовые городские очаги аварийности – регулируемые перекрестки и искусственные неровности.

*Предмет исследования* – безопасность дорожного движения в городских очагах аварийности.

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Теоретически обоснованная и практически апробированная **методология повышения безопасности дорожного движения в городских условиях**, основанная на *принципе* сбалансированного соотношения аварийных, экономических и экологических потерь, *включающая* методику очагового анализа аварийности, метод «Конфликтных зон» прогнозирования аварийности по потенциальной опасности и разработанные на его базе методики прогнозирования аварийности на типовых объектах, методику определения расчетной социально-экономической стоимости аварийных издержек в Республике Беларусь, методики расчета аварийных, экономических и экологических потерь, оперативную оценку эффективности мероприятий по критерию безопасности с использованием метода прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям, компьютерные программы прогнозирования аварийности и расчета потерь, *отличающаяся* оценкой качества дорожного движения по критерию минимизации экономических, экологических и аварийных потерь, что в совокупности *обеспе-*

чило разработку и внедрение высокоэффективных мероприятий по повышению безопасности дорожного движения с учетом аварийности, экономичности и экологичности еще на стадии их принятия.

2. **Метод «Конфликтных зон» прогнозирования аварийности по потенциальной опасности**, отличающийся учетом специфики формирования конфликтных зон и условий конфликтного взаимодействия транспортных и пешеходных потоков, влияющих на возникновение аварий, позволивший установить закономерные связи между аварийностью и потенциальной опасностью различных видов конфликтов, точность которого впервые позволяет на практике оптимизировать по критерию безопасности принимаемые решения на стадии разработки или их проектирования, **методики прогнозирования аварийности** по данному методу на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях, отличающиеся для каждого вида конфликта динамическим приведением аварий с различной тяжестью последствий, установленными закономерностями формирования конфликтных зон и определения потенциальной опасности в конфликтах «транспорт–транспорт» и «транспорт–пешеход», высокой (более чем в пять раз по сравнению с существующими методами) точностью прогноза, что позволило внедрить в практику организации дорожного движения новый метод прогнозирования и повысить путем разработки технических решений безопасность движения не менее чем на 15 %.

3. **Метод конфликтных ситуаций**, отличающийся новой математической моделью прогнозирования аварийности, учитывающей динамическое приведение конфликтных ситуаций разной степени опасности к легкой, порог чувствительности конфликта по конфликтным ситуациям, динамическое приведение аварий различной тяжести последствий и установленные нелинейные зависимости аварий от конфликтных ситуаций, что позволило повысить точность базового метода конфликтных ситуаций более чем в 4 раза и сделать адекватный прогноз не только количества аварий, но и тяжести их последствий на существующих объектах, оценить запроектированные технические решения по транспортной планировке объектов, схемы организации движения и режимы светофорного регулирования, реализованные на улично-дорожной сети городов Республики Беларусь.

4. **Методика определения расчетной стоимости аварийных издержек**, учитывающая экономическую и социальную составляющие стоимости, отличающаяся тем, что социальная составляющая стоимости зависит от удельной величины валового внутреннего продукта (ВВП) и дифференцированно учитывает степень тяжести последствий аварий, а экономическая составляющая дополнительно зависит от стоимости транспортных затруднений на месте аварий, расходов на сопровождение дел по авариям и от страховых выплат по авариям без пострадавших, позволившая оценить аварийные потери и тем самым обосновать мероприятия по повышению безопасности дорожного движения с учетом социально-экономического ущерба, наносимого аварийностью, а также сопоставить в стоимостном выражении аварийные, экономические и экологические потери.

5. **Методика очагового анализа аварийности в городских условиях**, основанная на комплексном подходе к выявлению очагов, в которой учитываются методы, методики и правила выполнения отдельных, осуществляемых поэтапно процедур, вклю-

чающих сбор и обработку исходных данных об условиях движения и аварийности с материальным ущербом и пострадавшими, предварительное установление причин аварий с использованием разработанного перечня типовых причин в городских очагах, методику натурного обследования очага с использованием разработанных бланков для типовых городских объектов, разработанный статистический метод прогнозирования аварийности после установки искусственных неровностей, учитывающий условия дорожного движения Республики Беларусь, заключительное установление причин аварий, отличающаяся предварительным выбором решений с использованием разработанного перечня типовых предложений, в котором указана их эффективность, позволяющая оценить капиталовложения и разработать мероприятия по повышению безопасности дорожного движения.

**6. Комплекс методик определения экономических и экологических потерь в дорожном движении**, включающий методику расчета экономических потерь в зоне искусственных неровностей, основанную на модели расчета потерь от остановок и задержек транспорта, отличающуюся учетом влияния находящегося в непосредственной близости нерегулируемого пешеходного перехода, позволяющую провести расчеты потерь как при нормальной транспортно-пешеходной нагрузке, так и при перегрузке, методику расчета экологических потерь на регулируемых перекрестках, отличающуюся учетом фактического времени движения каждого расчетного суммарного транспортного потока, что обеспечило снижение экологических потерь на 12–32 %, экономических – на 18–38 % за счет внедрения оптимальных режимов регулирования, технических решений по устройству объектов и размещению технических средств организации дорожного движения и впервые позволило обосновать решения по повышению безопасности дорожного движения по критерию минимизации суммарных потерь.

### **Личный вклад соискателя**

Соискатель самостоятельно получил основные результаты диссертационного исследования по созданию методологии, в том числе лично разработал:

- новый метод «Конфликтных зон» прогнозирования аварийности по потенциальной опасности и созданный на его основе комплекс методик прогнозирования аварийности на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях для различных видов конфликтов «транспорт–транспорт» и «транспорт–пешеход»;
- методику определения расчетной социально-экономической стоимости аварийных издержек в Республике Беларусь;
- методику очагового анализа аварийности в городских условиях;
- математическую модель прогнозирования аварийности по методу конфликтных ситуаций для различных типов и видов конфликтов;
- статистический метод прогнозирования аварийности, касающийся установки искусственных неровностей в городских условиях Республики Беларусь;
- методики и компьютерные программы расчета аварийных, экономических и экологических потерь на искусственных неровностях;

– методики расчета экономических и экологических потерь на регулируемых перекрестках (в постановке задач, обсуждении базовых методик и существующих подходов, а также результатов исследований участвовали кандидаты технических наук Ю.А. Врубель и Е.Н. Кот);

– компьютерные программы прогнозирования аварийности и расчета аварийных, экономических и экологических потерь на регулируемых перекрестках (совместно с кандидатом технических наук В.В. Мочаловым в части постановки задачи, разработки алгоритмов, отладки и тестирования программы, последующего внедрения);

– технические средства организации дорожного движения (при разработке некоторых средств в обсуждении практической целесообразности, исследовании конфликтного взаимодействия правоповоротных транспортных потоков и пешеходов принимал участие кандидат технических наук Е.Н. Кот, а в возможности технического изготовления промышленного образца и реализации режимов конфликтного взаимодействия – дополнительно кандидат технических наук В.Ю. Карпилович).

Соискатель организовал исследования и с участием студентов старших курсов специальности 1-44 01 02 «Организация дорожного движения» и магистрантов Белорусского национального технического университета получил исходную статистическую и экспериментальную информацию, необходимую для разработки методов и методик прогнозирования аварийности и определения потерь на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях. Исследования транспортного шума на регулируемых перекрестках выполнены совместно с кандидатом технических наук Б.М. Данилко и ассистентом А.А. Кустенко, которые участвовали в выполнении замеров уровня транспортного шума.

Постановка задач выполнения теоретических и экспериментальных исследований, основная часть работ, интерпретация полученных данных, их обобщение, оформление в виде научных публикаций выполнены лично соискателем.

Под руководством соискателя и при его участии разработаны нормативные правовые акты (в т.ч. технические) по вопросам организации дорожного движения и оценке его качества в городских условиях Республики Беларусь, что подтверждено соответствующими актами и справками внедрения.

Все положения и выводы, содержащиеся в диссертации и выносимые на защиту, разработаны лично соискателем, имеют научную новизну и практическую значимость, внедрены в реальный сектор экономики.

### **Апробация результатов диссертации**

Основные положения и результаты работы доложены и обсуждены на Международной научно-практической конференции по проблемам безопасности дорожного движения «Безопасная дорога» (г. Минск, 2003 г.); Международной научно-практической конференции «Реконструкция – Санкт-Петербург» (г. Санкт-Петербург, 2005 г.); Международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие городов. Современные технологии управления городским и региональным развитием» (г. Харьков, 2006 г.); Международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие городов. Управление проектами и программами городского и регионального



развития» (г. Харьков, 2010 г.); Международных научно-практических конференциях «Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния» (г. Екатеринбург, 2008–2011 гг.); Специализированной целевой конференции Федеральной целевой программы «Повышение БДД в 2006–2012 годах» «Системы организации и управления безопасностью дорожного движения» (г. Санкт-Петербург, 2008 г.); Международном Белорусско-Латвийском научно-инновационном форуме (г. Минск, 2007 г.); Международных научно-технических конференциях «Reliability and statistics in transportation and communication (RelStat)» (г. Рига, 2005–2010 гг.); Международных научно-технических конференциях «Наука – образованию, производству, экономике» Белорусского национального технического университета (г. Минск, 2005–2011 гг.); Международной научно-методической конференции «Вместе к эффективному дорожному движению» (г. Минск, 2008 г.); Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса» (г. Гомель, 2008 г.); Международной научно-практической конференции «Проблемы безопасности на транспорте» (г. Гомель, 2010 г.); Специализированной целевой конференции «Совершенствование системы сбора и анализа сведений об условиях совершения дорожно-транспортных происшествий» (Мероприятия плана реализации Федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2006–2012 годах») (г. Санкт-Петербург, 2009 г.); Международных научно-практических конференциях «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» (г. Санкт-Петербург, 2006 г. и 2010 г.); семинарах «Совершенствование безопасности перевозки грузов и пассажиров» в рамках второй и третьей Международных специализированных выставках «Человек и безопасность» (г. Минск, 2006 г. и 2008 г.); Міжнародної науково-практичної конференції «Сталий розвиток міст. Електричний транспорт – перспективи розвитку та кадрове забезпечення» (до 75-річчя кафедри електричного транспорту ХНАМГ) (г. Харьков, 2009 г.); Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем» (г. Челябинск, 2009 г.); Международной научно-практической конференции «Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов» (г. Минск, 2010 г.); LXVI наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету (Национальный транспортный университет, г. Киев, 2010 г.).

На протяжении 2004–2010 гг. разработанные технические средства организации дорожного движения и программные продукты экспонировались на Международных специализированных выставках «Транспорт и логистика» и «Человек и безопасность» с соответствующими докладами и презентациями технических разработок, например в рамках II Белорусского транспортного конгресса «Транспорт и логистика» (8–10 октября 2008 года), IV Белорусского транспортного конгресса (5–7 октября 2010 года) и др.

### **Опубликованность результатов диссертации**

По материалам диссертации опубликовано 72 печатных работы, в том числе 2 монографии (одна в соавторстве, 14,2 а.л.); 28 статей в научно-технических журналах,

включенных в перечень ВАК и удовлетворяющих ее требованиям (13,2 а.л.); 26 статей в сборниках научных трудов, докладов и материалов конференций (7,5 а.л.); 12 тезисов докладов на международных (в том числе за рубежом) конференциях (0,6 а.л.). Общее количество авторских листов опубликованных материалов – 41,4. Получены 4 патента Республики Беларусь, 5 свидетельств о регистрации компьютерных программ. По теме диссертации опубликовано 29 работ без соавторов.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, шести глав с краткими выводами по каждой из них, заключения, списка использованных источников (201 наименование), списка публикаций соискателя по теме диссертации (72 наименования), 8 приложений.

Объем диссертации – 198 страниц, полный объем диссертации составляет 398 страниц, в том числе 96 иллюстраций (58 страниц); 54 таблицы (39 страниц); библиографический список (25 страниц); 8 приложений (78 страниц).

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**В первой главе «Анализ существующего положения в области повышения безопасности дорожного движения»** проведены исследования существующей среды дорожного движения в Республике Беларусь, рассмотрена аварийность, как основная издержка дорожного движения, и выполнен анализ работ, приведенных в литературных источниках, по повышению безопасности движения методами организации дорожного движения.

Установлено, что в связи с резким ростом количества автомобилей в Республике Беларусь изменилась **среда дорожного движения**. Материальная составляющая среды дорожного движения (транспортные средства, дороги, обустройство, технические средства регулирования) соответствует возросшей транспортной нагрузке и изменившимся условиям движения. В то же время **социальная составляющая** (организация дорожного движения, обслуживание движения и др.) не адаптировалась к возросшей нагрузке и требует совершенствования. Организация дорожного движения должна соответствовать современному дорожному движению, чтобы исключить разбалансированное управление, при котором не учитываются такие основные свойства, как экономичность, экологичность и социологичность. Однако уровень организации движения в городских условиях страны отстает от достигнутого в городах Европы. Отставание объясняется отсутствием научной методологии и системного подхода к организации дорожного движения. Что касается аварийности, то аварии без пострадавших, составляющие свыше 90 % от общего количества всех аварий, не достаточно исследуются. При этом расчетная социально-экономическая стоимость аварийных издержек составляет по стране в целом около 85 % от стоимости аварийных издержек с пострадавшими, а по г. Минску превышает эту стоимость почти в 3,4 раза. В связи с этим не представляется возможным оптимизировать принимаемые решения по критерию минимизации аварийности.

Рассмотрена *аварийность*, как основная издержка дорожного движения (классификация дорожно-транспортных ситуаций, классификация аварий по видам и тяжести последствий, оценка опасности участка улично-дорожной сети и оценочные показатели, а также виды анализа аварийности). Отмечена важность очагового анализа аварийности, который позволяет получить точные и быстрые результаты по снижению аварийности в городских условиях. Кратко рассмотрены зависимости аварийности от четырех основных групп факторов – человек, транспортное средство, дорога и организация дорожного движения. Установлено, что влияние организации движения на аварийность является комплексным, многофакторным и значимым.

Приведен краткий обзор работ по повышению безопасности дорожного движения в системе дорожного транспорта. Вопросам повышения безопасности дорожного движения и его эффективности, в том числе выбора оценочных критериев, а также влияния различных факторов (в т.ч. качества подготовки водителей) на аварийность посвящен ряд работ А.И. Рябчинского, В.А. Аксенова, М.Б. Афанасьева, О.А. Дивочкина, Г.И. Клинковштейна, Ю.А. Кременца, В.И. Коноплянко, Г.Я. Волошина, В.К. Доли, А.Ю. Михайлова, И.Н. Пугачева, В.Г. Живоглядова, В.В. Зырянова, А.П. Юрова, В.В. Чванова, В.П. Полищука, И.В. Жука, Ю.А. Врубеля, В.В. Бульбенкова, Р. Смида, Ф. Хайта, Д. Дрю, Р. Олсопа, Х. Иносэ, Т. Хамада и др. Установлено, что в рассмотренных подсистемах «Дороги», «Транспортные средства» и «Подготовка кадров» положение соответствует современному международному развитию в направлении комплексного повышения безопасности. Рассмотрено положение в подсистеме «Организация дорожного движения», которая оказывает существенное влияние на безопасность дорожного движения. Установлено, что в дорожном движении Республики Беларусь еще недостаточно сформировалась система повышения безопасности дорожного движения методами организации движения. Что касается «успокоения» (принудительного ограничения скорости) движения, получившего широкое распространение в Республике Беларусь, то отмечается необходимость оценки эффективности таких мероприятий, поскольку снижение социально-экономической стоимости аварийных издержек на 1 долл. приводит к увеличению потерь на 20–120 долл. в экономическом и экологическом аспектах. Поэтому установка искусственных неровностей считается «последним инструментом из набора средств», предназначенных для повышения безопасности движения.

Отражена проблема выбора *оценочных критериев* качества дорожного движения. Используемые в отечественной и зарубежной практике частные критерии, оценивающие различные свойства дорожного движения (аварийности, экономичности, экологичности, социологичности), не позволяют оценить качество дорожного движения в целом. В настоящее время для этих целей могут применяться два комплексных оценочных критерия – «уровень обслуживания», дающий качественную оценку (отнесение к тому или иному «уровню»), и «потери в дорожном движении», дающие количественную (стоимостную) оценку, что позволяет сопоставлять их между собой, а также объективно и всесторонне оценивать качество дорожного движения на любом участке улично-дорожной сети. Однако для использования критерия потерь необходимы методики их расчета для различных условий дорожного движения.

Отдельно рассмотрены *методы прогнозирования аварийности*, определяющие методический уровень деятельности по повышению безопасности дорожного движения, и проведен обзор исследований в области *прогнозирования аварийности*, которым посвящен ряд работ Г. Раппопорта, В.Ф. Бабкова, О.А. Дивочкина, Д. Купера, Ю.А. Врубеля, С. Коллера, Х. Людвигсена, Р. Эльвика, П. Питзингера, К. Хайдена, Б. Цимолонга, С. Олдера, В.В. Шештокаса, Д.С. Самойлова и др. По результатам проведенных исследований предложена классификация методов и областей используемой ими информации. Установлено, что существующие методы непригодны для прогнозирования аварийности на городских объектах на стадии принятия решений. Исключение составляет лишь метод «*Конфликтных участков*», однако он характеризуется невысокой точностью прогноза, недостаточной для практических работ по организации дорожного движения.

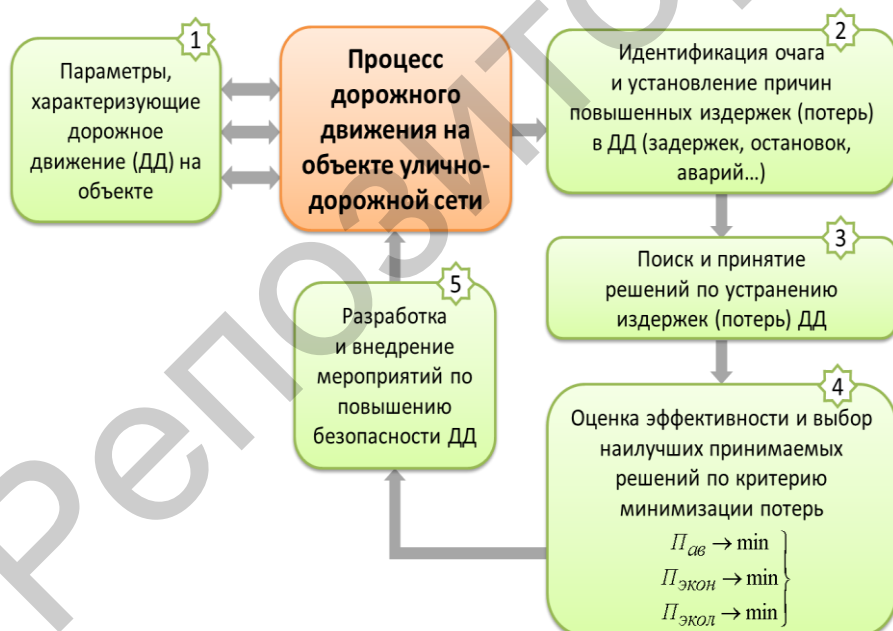
Выполнен обзор исследований по оценке расчетной *социально-экономической стоимости аварийных издержек*. Установлено, что эта стоимость зависит от удельной (на 1 чел./год) величины ВВП. Поскольку в Республике Беларусь социально-экономическая стоимость аварийных издержек для целей организации движения не установлена и ввиду этого не используется, принято решение в рамках диссертационных исследований разработать методику определения этой стоимости.

В качестве *объектов исследования* приняты наиболее опасные очаги аварийности в городских условиях – регулируемый перекресток и искусственная неровность. Сформулирована цель диссертационной работы и определены основные задачи исследования.

**Во второй главе «Разработка методологии повышения безопасности дорожного движения в городских условиях»** рассматриваются основные положения методологии, исходные данные

для выполнения исследований и методика очагового анализа аварийности.

Методологию повышения безопасности дорожного движения (рисунок 1) условно можно разделить на 5 этапов: 1) получение объективных исходных данных об условиях движения, параметрах транспортных и пешеходных потоков, аварийности, дорожных условиях и пр.; 2) выявление очагов аварийности или повышенного уровня экологических и (или) экономических потерь, установление причин ава-



**Рисунок 1 – Методология повышения безопасности движения**

рийности; 3) поиск и принятие решений по устранению потерь в дорожном движении; 4) оценка эффективности и выбор наилучших решений по критерию минимизации аварийных, экономических и экологических потерь в дорожном движении; 5) разработка и внедрение мероприятий по повышению движения.

Создана функциональная схема научно-методических исследований по повышению безопасности дорожного движения (рисунок 2).

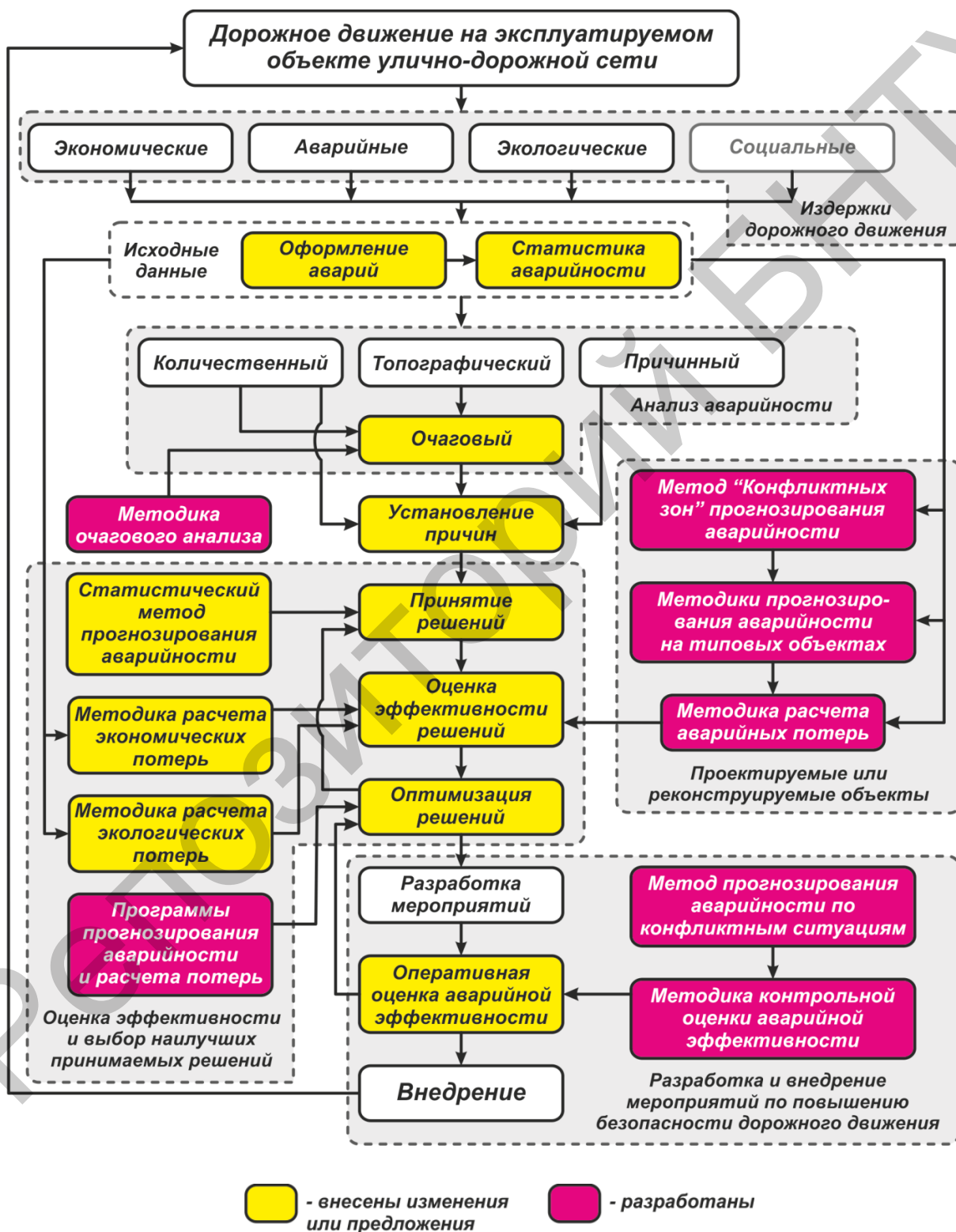


Рисунок 2 – Функциональная схема научно-методических исследований по повышению безопасности дорожного движения

Она учитывает *аварийные* издержки – аварии с пострадавшими и без пострадавших; *экономические* – задержки, остановки, перепробег транспорта и перерасход топлива, задержки и перепроход пешеходов; *экологические* – превышающие минимально возможный уровень выбросов вредных веществ в атмосферу и транспортного шума.

Для определения потерь, по которым проводится выбор принимаемых решений, необходимо прогнозировать издержки и располагать достоверными исходными данными. Установление причин аварийности и принятие решений по их устранению осуществляются по разработанной методике очагового анализа. Проводится оценка его эффективности, включающая определение экономических, экологических и аварийных потерь с помощью разработанных методик расчета.

**Исходные данные** для анализа и прогнозирования аварийности, расчета потерь и выбора решений можно разделить на 5 групп: статистика аварийности; геометрические характеристики; регулирование и обустройство; дорожные условия и транспортно-пешеходная нагрузка. Приведен перечень необходимых исходных данных, требования и способы получения некоторых из них, а также отдельные справочные данные. Корректность использования исходных данных основана на современных методах создания репрезентативных статистических выборок, включая оценку достоверности информационного материала.

Разработана **методика очагового анализа аварийности в городских условиях**, включающая выявление очагов (мест концентрации не менее 3 аварий в год), оценку суммарной тяжести последствий по модифицированной методике, предварительное установление причин с использованием разработанного перечня типовых причин, обязательное натурное обследование очага с использованием разработанных бланков обследования типовых объектов, заключительное установление причин после натурального обследования и поиск решений по устранению причин аварийности с использованием разработанного перечня типовых предложений, в которых приводится их предварительная эффективность.

Поскольку имеющаяся статистическая информация противоречива и коэффициенты снижения аварийности в разных международных источниках отличаются до 3 раз, то проведены исследования статистического метода прогнозирования аварийности в части, касающейся применения искусственных неровностей в городских условиях Республики Беларусь. Установлено, что устройство в зоне пешеходного перехода искусственной неровности снижает аварийность с пострадавшими на 50 %, что не противоречит европейским данным, но повышает на 10 % число аварий с материальным ущербом. Проведенные исследования причин аварийности позволили разработать рекомендации по совершенствованию некоторых положений существующих нормативов в дорожном движении, направленных на повышение безопасности и качества движения в целом, нашедших отражение в разработанных с участием автора ТНПА.

**В третьей главе «Разработка метода «Конфликтных зон» прогнозирования аварийности по потенциальной опасности»** описан и теоретически обоснован процесс создания принципиально нового авторского метода прогнозирования аварийно-

сти, способного адекватно реагировать на изменения различных факторов, влияющих на аварийность, и давать прогноз еще на стадии принятия решений.

Дорожное движение зависит от большого числа параметров (факторов), часть из которых носит детерминированный характер (конфигурация того или иного перекрестка, схема пофазного движения и т.п.), основная же часть параметров дорожного движения является случайными (рисунок 3). Они реализуются в виде комбинаций большого числа всевозможных дорожно-транспортных ситуаций, что позволяет говорить о создаваемой модели как о стохастической. Такие модели относятся к классу трудноформализуемых, поскольку возникающие в дорожном движении ситуации в большинстве случаев определяются человеческим фактором (в дорожном движении участвуют водители, пешеходы, велосипедисты и т.д., а также работники ГАИ, коммунальных служб и пр.). Поскольку модель дорожного движения характеризуется большим числом детерминированных и случайных факторов, учет всех их комбинаций не представляется возможным как с точки зрения их значимости, так и с точки зрения их количественного учета.

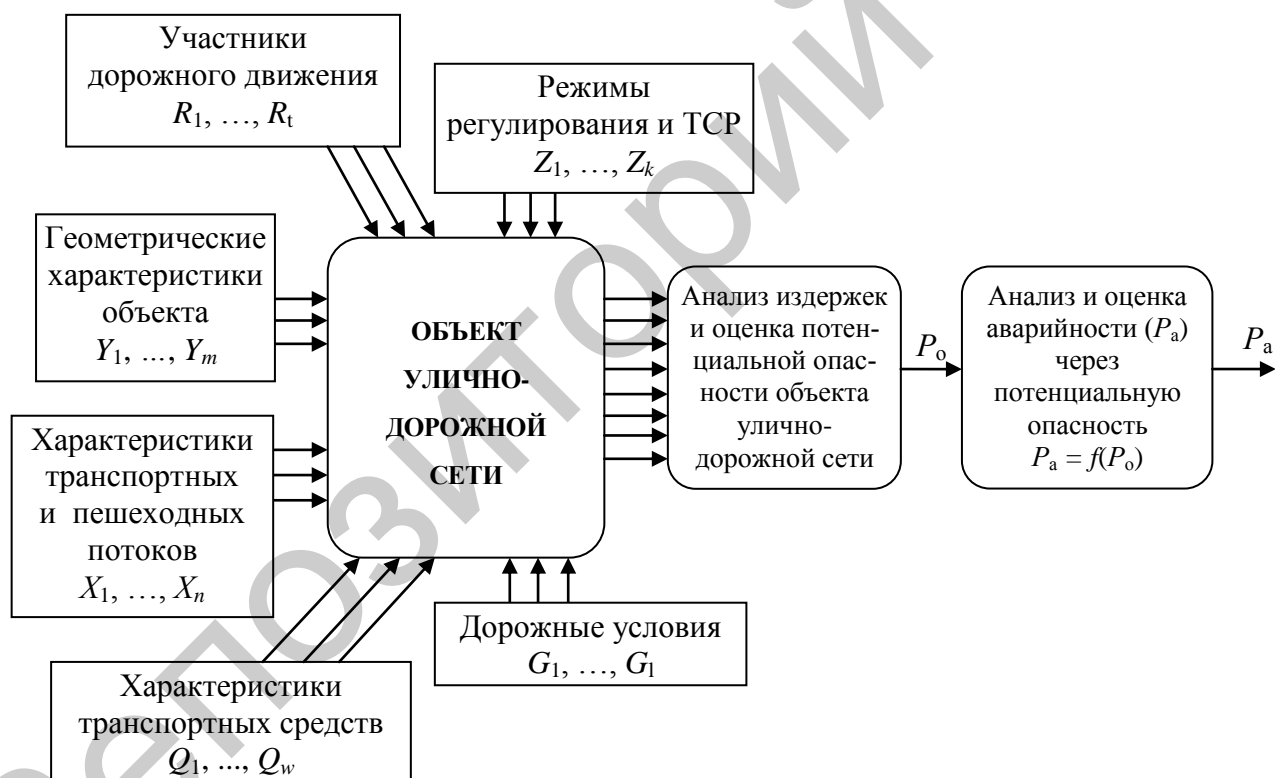


Рисунок 3 – Влияние факторов на дорожное движение и аварийность

Поэтому Ю.А. Врубелем (БНТУ) предложен агрегированный (укрупненный) параметр – «*потенциальная опасность*». Модель определения потенциальной опасности базового метода «Конфликтных участков» имеет следующий вид:

$$P_o = P_{он} K, \quad (1)$$

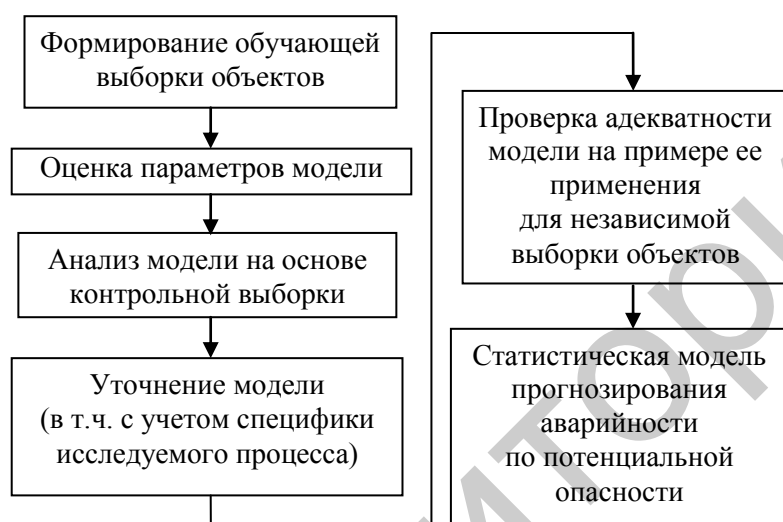


где  $P_{\text{он}}$  – начальная вероятность конфликта, являющаяся функцией расчетных интенсивностей конфликтующих потоков, т.е.  $P_{\text{он}} = f(q_1, q_2)$ ;

$K$  – весовой коэффициент, корректирующий значение начальной вероятности конфликта в зависимости от различных факторов, влияющих на аварийность, который представлен мультипликативной функцией из пяти частных коэффициентов  $K_i$ :

$$K = \prod K_i. \quad (2)$$

Выполнена проверка адекватности метода «Конфликтных участков» по репрезентативной статистической выборке из 36 перекрестков, включающей 2411 конфликтных точек и 908 аварий. Установлено наличие статистически значимой функциональной связи между потенциальной опасностью и аварийностью, однако точность прогноза оказалась низкой. Принято решение создать на базе данного метода новый и точный метод прогнозирования.



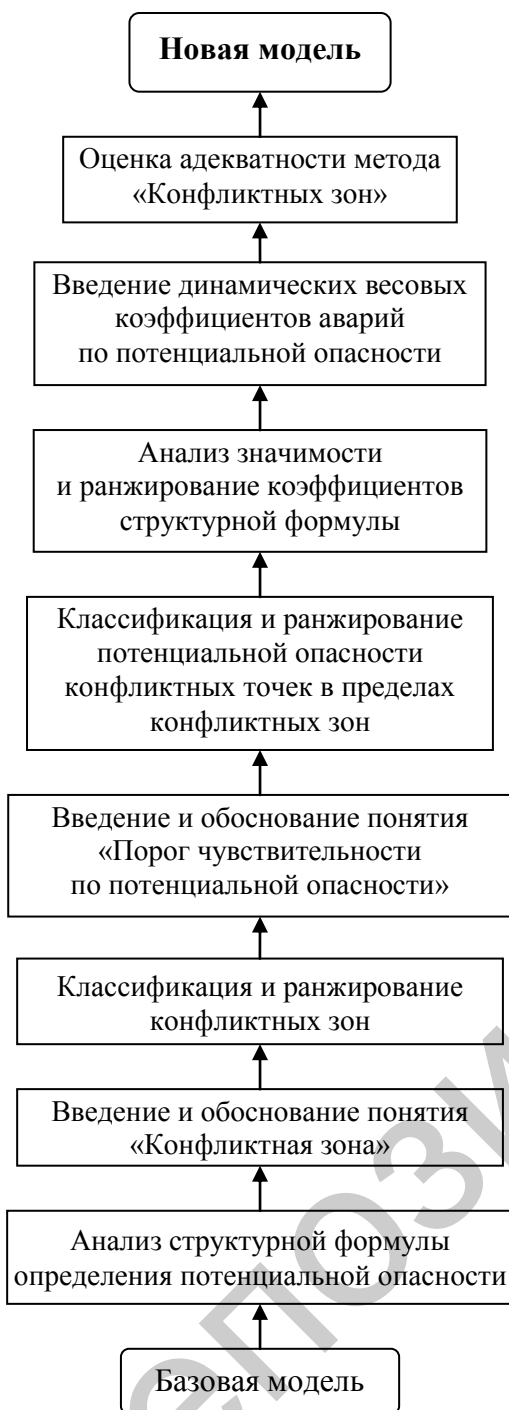
**Рисунок 4 – Схема проведения исследований по созданию нового метода прогнозирования аварийности**

**Разработка нового метода прогнозирования** аварийности проводилась в последовательности, представленной на рисунке 4. Для исследуемой выборки объектов были получены исходные данные, характеризующие параметры факторов, влияющих на аварийность. В расчетную модель определения потенциальной опасности, взятую из базового метода, последовательно вводились изменения, после чего находились и оценивались наилучшие зависимости аварийности от потенциальной опасности для измененной модели с помощью компьютерного поиска. Выборка увеличивалась на 4 перекрестка (40 перекрестков, 2679 конфликтных точек и 978 аварий) и по последней модели осуществлялся поиск наилучших зависимостей. Выполнено контрольное прогнозирование на трех перекрестках Минска, Гомеля и Гродно, которое показало адекватность разработанной модели и относительно высокую точность прогноза. Выборка была увеличена на эти три перекрестка (43 перекрестка, 2771 конфликтная точка и 1025 аварий) и выполнен поиск наилучших зависимостей.

Разработана математическая модель определения потенциальной опасности (рисунок 5). Изменена *структурная формула* (2) определения потенциальной опасности – введен коэффициент времени  $K_t$ , учитывающий время функционирования конфликтной точки:



$$P_o = P_{OH}^a \cdot K_v^{a_2} \cdot K_B^{a_3} \cdot K_\rho^{a_4} \cdot K_H^{a_5} \cdot K_y^{a_6} \cdot K_t, \text{ ед.}, \quad (3)$$



**Рисунок 5 – Этапы разработки новой модели определения потенциальной опасности**

где  $P_{OH}$  – начальная вероятность конфликта, являющаяся функцией расчетных интенсивностей конфликтующих потоков, ед.;

$K_v$  – коэффициент скоростей, являющийся функцией скоростей, квадрата скоростей и угла взаимодействия конфликтующих участников ( $K_v = f(v_1, v_2, \alpha \dots)$ );

$K_B$  – коэффициент вида конфликта, являющийся функцией габаритов, угла взаимодействия, видимости, способности к уклончивым действиям участников движения, ширины полосы движения и т.п. ( $K_B = f(l_{1(2)}, b_{1(2)}, \alpha, \dots)$ );

$K_\rho$  – коэффициент плотности, являющийся функцией интенсивности и состава потоков, характеристик светофорного цикла и др. ( $K_\rho = f(K_{пн1(2)}, \lambda_1, \dots)$ );

$K_H$  – коэффициент нарушений, являющийся функцией загрузки полосы движением, интенсивности движения, доли нарушений конфликтующими участниками и т.д. ( $K_H = f(X_{1(2)}, q_{1(2)}, \dots)$ );

$K_y$  – коэффициент условий, который характеризует условия конфликтного движения – разрешенную скорость движения, видимость, ширину полос движения, скользкость и ровность покрытия проезжей части и пр. ( $K_y = f(v_{p1(2)}, S_{б1(2)}, S_{к1(2)}, B, \beta, \varphi, \dots)$ );

$K_t$  – коэффициент времени, являющийся функцией режима работы светофорного объекта, структуры светофорного цикла, категории улицы, особенностей транспортно-пешеходной нагрузки и т.д. ( $K_t = f(\Phi_t, C, t_{12(21)}, \dots)$ ).

Введено понятие «конфликтная зона» – неразрывная группа компактно расположенных пространственных конфликтных точек, границы которых пересекаются (соприкасаются). При этом под *пространственной конфликтной точкой* понимается площадь на проезжей части, одновременный проезд через которую двух конфликтующих участников физически невозможен (для легковых автомобилей – около 22 м<sup>2</sup>).

При обосновании понятия «конфликтная зона» использована зависимость реальной опасности конфликта от соотношения «объективной» (т.е. несоответствие режима дви-

жения условиям движения) и «субъективной» опасностей (восприятие водителем объективной опасности, которое всегда субъективно). Если «субъективная» опасность выше «объективной» (переоценка), то реальная опасность невелика, потому что водитель предпримет необходимые действия; если же «субъективная» опасность меньше «объективной» (недооценка), то реальная опасность велика.

В конфликтной зоне второстепенный конфликтующий участник преодолевает несколько последовательно расположенных конфликтных точек, из которых одна, самая опасная является для него «главной», на нее он психологически настраивается и по ней он соизмеряет свои действия. Более «легкие» конфликтные точки, встречающиеся ему до или после «главной», преодолеваются им существенно легче. Вследствие этого значимость «легких» конфликтных точек снижается, а «тяжелых» из-за возможной недооценки опасности возрастает. Это обстоятельство учтено в математической модели путем ранжирования конфликтных точек при суммировании потенциальной опасности в пределах конфликтной зоны. Осуществлено *ранжирование конфликтных зон*, при котором значимость «больших» конфликтных зон увеличивалась, а меньших – снижалась. Введено понятие «*порог чувствительности конфликта по потенциальной опасности*». Система ВАДС (водитель–автомобиль–дорога–среда движения) способна самостоятельно разрешать конфликты малой опасности, до какого-то «*порога чувствительности*». Подтверждением этому служат многочисленные конфликтные точки и целые перекрестки, на которых много лет аварий не наблюдалось (опасность есть, а аварий нет). Установлены значения *порога чувствительности* для каждого вида конфликта и режима конфликтного движения, позволяющие оценить предел опасности, не вызывающий аварий при функционировании объекта.

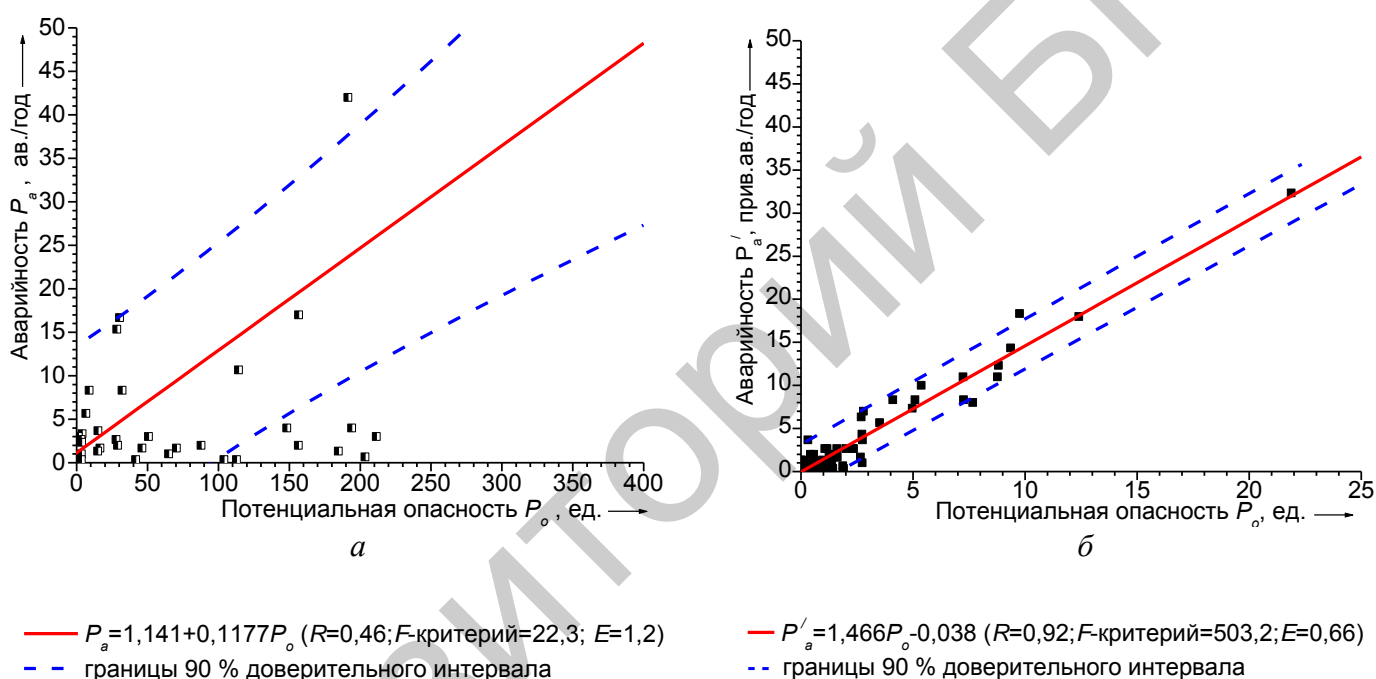
Проведено *ранжирование коэффициентов структурной формулы*, представляющих группы факторов, влияющих на аварийность. Структурная формула определения потенциальной опасности (формула (2)) представляет собой произведение коэффициентов. Группы факторов, входящих в структурную формулу в виде коэффициентов, не являются абсолютно независимыми, и неизвестно, насколько полно модели определения этих коэффициентов отображают истинные зависимости внутри самих групп факторов. В структурную формулу определения потенциальной опасности введены показатели степени  $a_1$ – $a_6$  (формула (3)). В результате компьютерного поиска найдены значения показателей степени для разных режимов движения – в пределах от 0,92 до 1,20.

Выполнено *динамическое приведение аварий* по потенциальной опасности к авариям без пострадавших. Аварии различной тяжести последствий сильно отличаются по величине социально-экономической стоимости издержек. Эти различия в стоимости (значимости) издержек аварий требуют от прогноза не только количества аварий, но и тяжести их последствий. Тяжесть последствий аварий зависит от энергии удара, которая является функцией массы автомобилей и квадрата скорости в момент столкновения. Скорость же в момент столкновения зависит от условий движения. Эти факторы учитываются в математической модели при расчете потенциальной опасности. Наличие в исследуемой выборке аварий с материальным ущербом, ранением и смертельным исходом позволило установить динамические коэффициенты приведения

аварий с ранением и смертельным исходом к авариям без пострадавших. В результате компьютерного поиска были определены коэффициенты для всех режимов конфликтного движения.

На рисунке 6, а показана зависимость аварийности от потенциальной опасности межфазного режима, полученная по методу «Конфликтных участков», а на рисунке 6, б – по авторскому методу «Конфликтных зон». Точность прогноза повысилась.

Выполнена оценка адекватности метода «Конфликтных зон» путем контрольного прогнозирования на перекрестках Минска, Гродно и Гомеля. Полученные результаты сопоставлялись со статистикой аварийности, представленной соответствующими Управлениями ГАИ. Суммарная (по режимам движения) точность прогноза для каждого перекрестка составила 17,6 и 42 %, средневзвешенная по всем перекресткам – 21 %. По сравнению с базовым методом точность прогноза повысилась более чем в пять раз.



**Рисунок 6 – Зависимость аварийности от потенциальной опасности межфазного режима движения для базового (а) и нового метода (б)**

В четвертой главе «Методика расчета аварийных потерь» разработаны индивидуальные методики, с помощью которых можно оценить аварийные потери на отдельном конфликтном объекте на стадии принятия решений по организации дорожного движения. Аварийные потери  $\Pi_a$  определяются по формуле

$$\Pi_a = n_a^c \cdot C_a^c + n_a^p \cdot C_a^p + n_a^m \cdot C_a^m, \text{ долл./год}, \quad (4)$$

где  $n_a^c$ ,  $n_a^p$ ,  $n_a^m$  – среднегодовое число аварий соответственно со смертельным исходом, ранением и материальным ущербом, ав./год;

$C_a^c$ ,  $C_a^p$ ,  $C_a^m$  – расчетная социально-экономическая стоимость аварийных издержек соответственно со смертельным исходом, ранением и материальным ущербом, долл./ав.

В настоящее время отсутствуют действенные методики прогнозирования числа аварий  $n_a^c$ ,  $n_a^p$ ,  $n_a^m$  на типовых конфликтных объектах и методики определения расчетной стоимости аварийных издержек  $C_a^c$ ,  $C_a^p$ ,  $C_a^m$ , что не позволяет оценить аварийные потери и сопоставить их в стоимостном выражении с экономическими и экологическими потерями, поэтому невозможно обосновать мероприятия по повышению безопасности дорожного движения с учетом социально-экономического ущерба, наносимого аварийностью в Республике Беларусь.

В разработанной *методике определения расчетной социально-экономической стоимости аварийных издержек* стоимость зависит от удельной (на одного человека) величины ВВП, стоимости лечения и реабилитации пострадавших и реальных выплат по обязательному страхованию. Она состоит из экономической составляющей, отражающей материальный ущерб, нанесенный государству и обществу, и социальной составляющей, отражающей «душевную боль» от гибели, ранения или подвержения смертельному риску своих сограждан.

Предложена формула определения стоимости издержек *аварии с материальным ущербом*  $C_a^m$ , в которой первый член оценивает экономическую составляющую, а второй – социальную:

$$C_a^m = C_{\text{стр}} (1 + \Delta_{\text{стл}}) (1 + \Delta C_{\text{соп}}) + C_{\text{ВВП}}^{\beta} \frac{n_{\text{рбт}} \cdot 10^{-3}}{D_{\text{п}}}, \text{ долл./ав.}, \quad (5)$$

где  $C_{\text{стр}}$  – средняя величина страховых выплат на одно транспортное средство при аварии с материальным ущербом. По состоянию на 2010 г.  $C_{\text{стр}} = 950$  долл./авт.;

$\Delta_{\text{стл}}$  – доля столкновений в общем числе аварий с материальным ущербом. Основываясь на результатах статистических исследований  $\Delta_{\text{стл}} = 0,7$ ;

$\Delta C_{\text{соп}}$  – доля сопутствующих расходов в общей стоимости экономической составляющей аварии с материальным ущербом. К сопутствующим расходам относятся стоимость оформления и сопровождения документации по аварии, стоимость возможных судебных издержек, стоимость транспортных затруднений на месте аварии. Основываясь на результатах исследований,  $\Delta C_{\text{соп}} = 0,08$  (около половины этой величины составляет стоимость транспортных затруднений на месте аварии);

$C_{\text{ВВП}}$  – удельная величина ВВП, долл./чел.год ( $C_{\text{ВВП}} = 5500$  долл./чел.год);

$\beta$  – показатель степени, условно характеризующий долю ВВП в государственных расходах на социально-гуманитарные потребности общества. В результате исследований принято  $\beta = 1,97$ ;

$n_{\text{рбт}}$  – количество дней реабилитации (без госпитализации) потерпевшего (в случае аварий без пострадавших это относится к водителю), для аварий с материальным ущербом  $n_{\text{рбт}} = 1$ ; легким ранением – 7; тяжелым ранением – 14;

$D_{\text{п}}$  – длительность календарного периода, дни.

Стоимость издержек *аварий с легким*  $C_a^{\text{рл}}$  *или* *тяжелым*  $C_a^{\text{рт}}$  *ранениями* предложено определять по формуле

$$C_a^{p(l, r)} = C_{\text{ВВП}} \frac{3n_{\text{гсп}} + n_{\text{рбт}}}{D_{\text{п}}} + C_{\text{ВВП}}^{\beta} \frac{n_{\text{гсп}} + n_{\text{рбт}}}{D_{\text{п}}} 10^{-3} + C_a^{\text{м}}, \text{ долл./ав.}, \quad (6)$$

где  $n_{\text{гсп}}$  – количество дней госпитализации пострадавшего. При легком ранении  $n_{\text{гсп}} = 7$  дней, при тяжелом – 30 дней.

В процессе исследований получена формула по определению расчетной стоимости издержек аварий со смертельным исходом  $C_a^{\text{с}}$ :

$$C_a^{\text{с}} = 20 C_{\text{ВВП}} + C_{\text{ВВП}}^{\beta} 10^{-3} + C_a^{\text{м}}, \text{ долл./ав.} \quad (7)$$

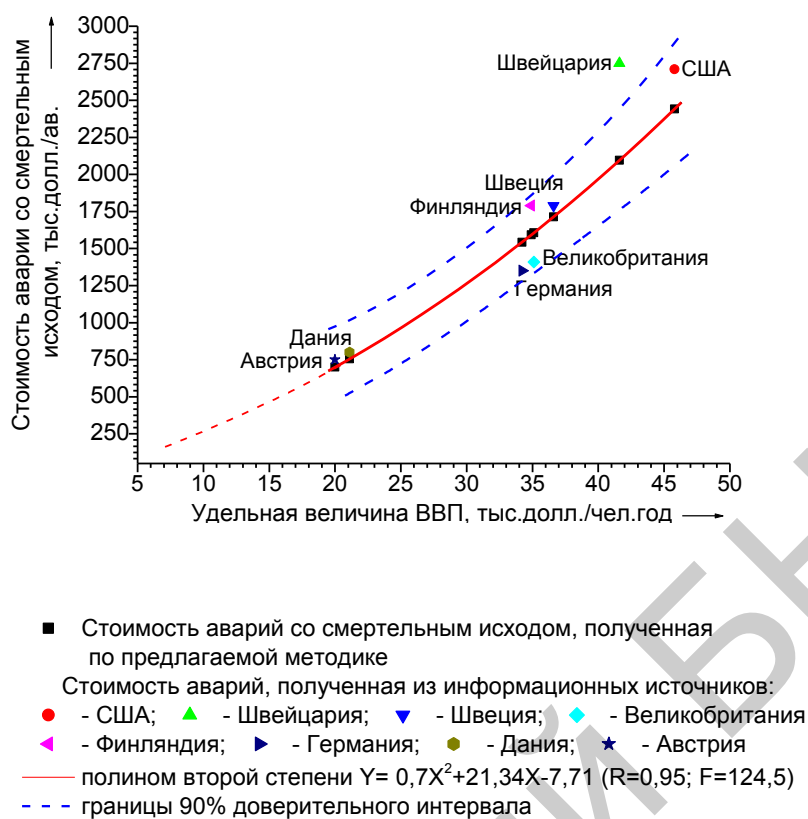
В таблице 1 приведены установленные значения расчетной стоимости аварийных издержек в Республике Беларусь в зависимости от величины ВВП, которые могут уточняться при изменении величин страхового возмещения и доли аварий различной тяжести последствий. Расчетная стоимость издержек аварий с ранением, повлекшим инвалидность, принята равной 1/3 от расчетной стоимости аварий со смертельным исходом. Стоимость издержек аварий с ранением без указания тяжести последствий определена как средневзвешенная расчетной стоимости аварий с ранениями. Расчетная стоимость издержек аварий без указания тяжести последствий определена как средневзвешенная стоимости с материальным ущербом, ранением и смертельным исходом.

Таблица 1 – Значения расчетной стоимости аварийных издержек в Республике Беларусь от удельной величины ВВП

Тяжесть последствий	ВВП по прогнозным годам, долл. /чел.год								
	4000	4500	5000	5500	6000	7000	8000	9000	10000
Материальный ущерб	1750	1770	1800	1800	1800	1900	1900	1900	2000
Ранение легкое	2600	2700	2900	3100	3300	3800	4400	5000	5600
Ранение тяжелое	4400	5000	5600	6200	6900	8300	10000	12000	14000
Ранение, повлекшее инвалидность	31000	36000	40000	45000	50000	60000	70000	81000	93000
Ранение без указания тяжести последствий	3400	3700	4000	4400	4800	5600	6500	7500	8500
Смертельный исход	95000	110000	120000	135000	150000	180000	210000	240000	280000
В среднем без указания тяжести последствий	3300	3500	3800	4000	4300	4800	5400	6000	6700

Для проверки адекватности разработанной модели были сопоставлены страховые оценки стоимости издержек аварий со смертельным исходом в развитых странах с результатами расчета по предложенной методике (рисунок 7).

Как видно из приведенного, сходимость полученных результатов расчета и имеющих международные данные по стоимости издержек аварий удовлетворительная (средняя погрешность не превышает 12 %).



**Рисунок 7 – Зависимость стоимости аварийных издержек со смертельным исходом от ВВП**

**Методика прогнозирования аварийности по методу «Конфликтных зон» на регулируемых перекрестках** состоит из девяти частных методик, относящихся к определенному конфликту или определенной группе конфликтов. Обобщенная блок-схема алгоритма прогнозирования аварийности по новому методу «Конфликтных зон» представлена на рисунке 8.

Для примера в кратком изложении будет рассмотрена методика прогнозирования аварийности в конфликте «транспорт–транспорт» (столкновения боковые, поворотные) в нерегулируемом режиме. Определяются конфликтные точки и конфликтные зоны. Для каждой конфликтной точки рассчитывают потенциальную опасность  $P_o$ . После расчета потенциальной опасности в каждой конфликтной точке осуществляется ее ранжированное суммирование с учетом порога чувствительности по потенциальной опасности  $P_{o\ min}$  в пределах каждой конфликтной зоны (рисунок 9).

Определяется потенциальная опасность конфликтных зон  $P_{oz}$ . Проводится ранжирование конфликтных зон ( $P'_{oz}$ ) и определяется вероятное число приведенных аварий  $P'_a$  в каждой конфликтной зоне, которое суммируется в пределах перекрестка. Используя полученное из специальной статистической выборки распределение аварий по тяжести последствий, определяется количество аварий  $P_a$  каждой тяжести последствий.

Аналогично, по отличающимся моделям, определяется вероятное число аварий и в других частных методиках прогнозирования аварийности в этом конфликте, отдельно – во внутрифазном и межфазном режимах конфликтного движения. Методики имеют общее построение и структурную формулу определения потенциальной опасности, но

различные установленные автором в процессе диссертационных исследований функциональные зависимости внутри некоторых групп факторов, влияющих на аварийность, пороги чувствительности, коэффициенты динамического приведения аварий, показатели степени коэффициентов структурной формулы.

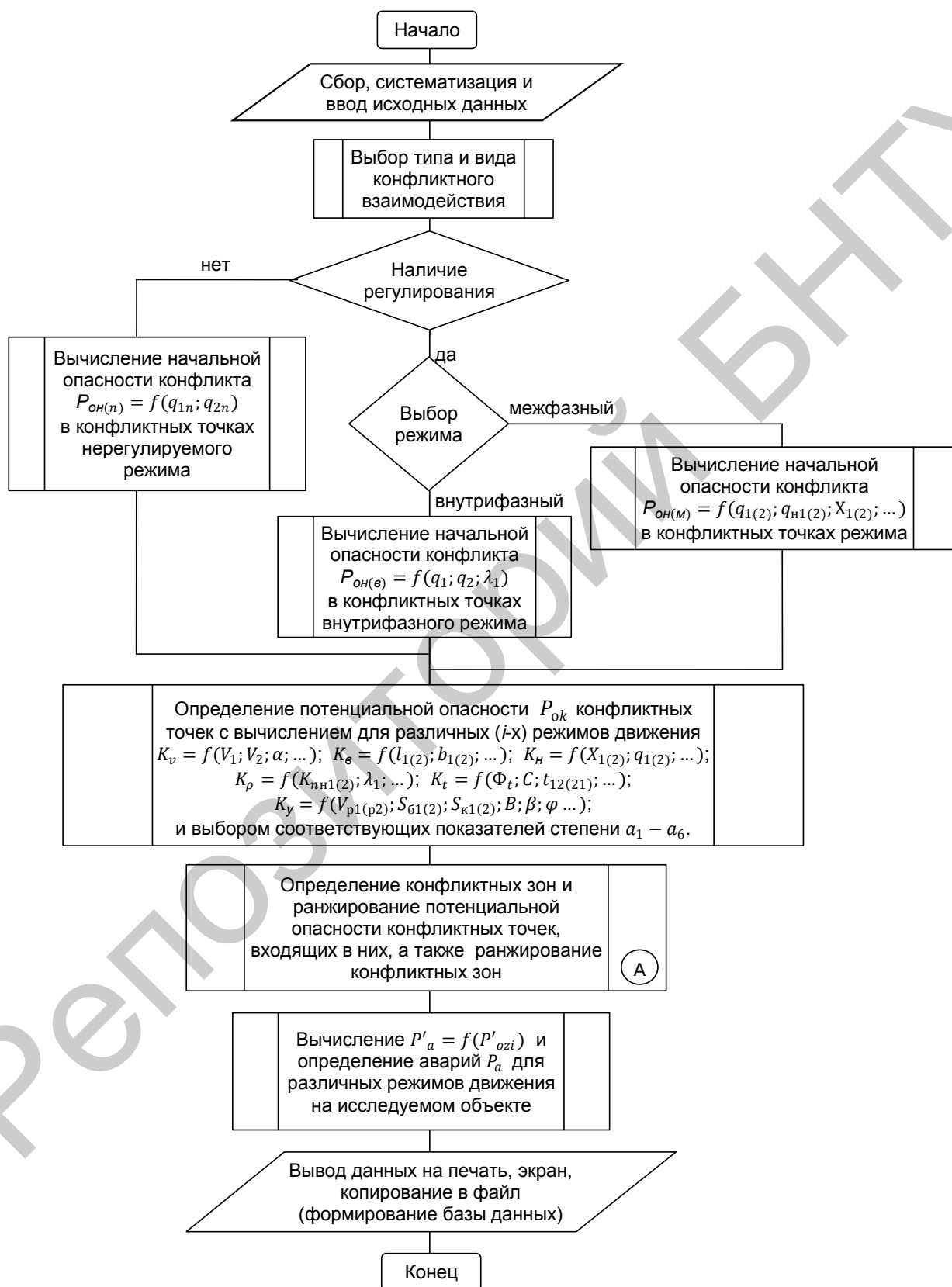
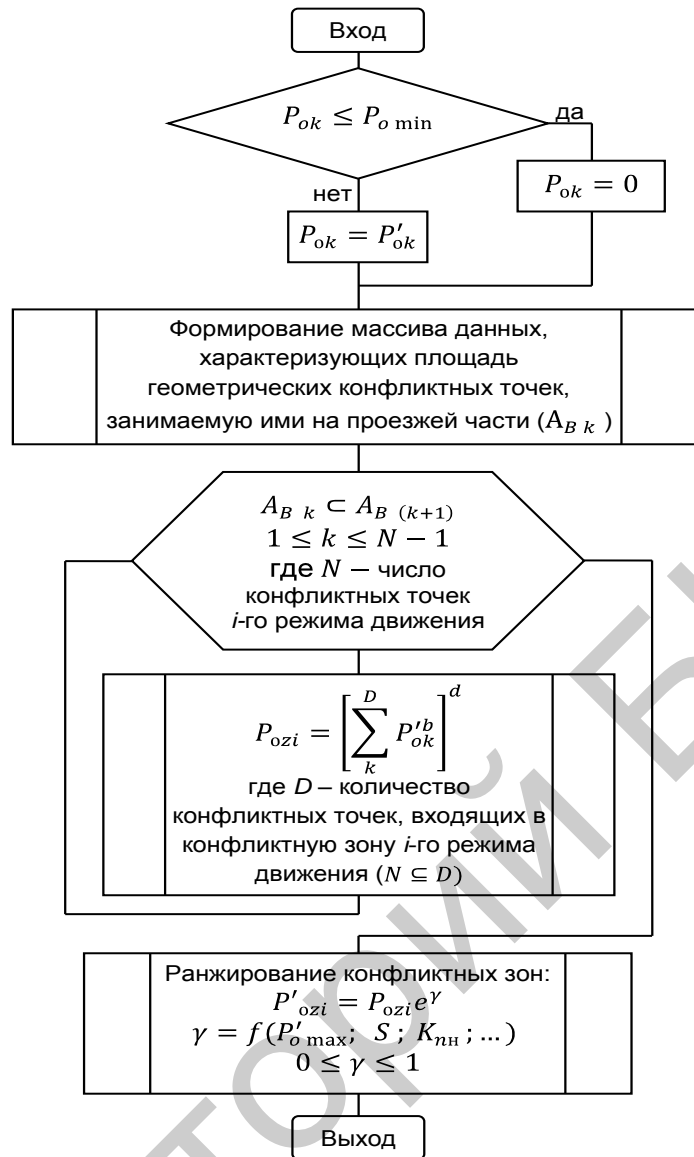


Рисунок 8 – Блок-схема алгоритма прогнозирования аварийности



**Рисунок 9 – Блок-схема алгоритма определения конфликтных зон и ранжирования соответствующих ее параметров**

*Методика прогнозирования аварийности по методу «Конфликтных зон» на искусственных неровностях* включает две методики: в конфликте «транспорт–транспорт» (столкновения попутные и с ударом сзади) и в конфликте «транзитный транспорт–пешеход». Разработана по репрезентативной статистической выборке 80 нерегулируемых пешеходных переходов в местах расположения искусственных неровностей и имеет точность прогноза, оцененную с помощью стандартных методов статистического анализа, пригодную для практических работ по организации движения.

Созданный комплекс методик позволил внедрить новый метод «Конфликтных зон» в практику организации дорожного движения, разработать и обосновать технические решения по повышению безопасности движения на конфликтных объектах, реализовать их на улично-дорожной сети Республики Беларусь.

**Пятая глава «Программно-методическое обеспечение методологии повышения безопасности дорожного движения в городских условиях»** посвящена разработке методик расчета экономических и экологических потерь на регулируемых перекрестках



и искусственных неровностях, а также компьютерных программ прогнозирования аварийности и расчета потерь для оптимизации принимаемых решений на этих объектах.

В методике расчета *экономических потерь на регулируемых перекрестках* определяются потери от издержек движения транспорта и пешеходов. Задержки и остановки транспорта рассчитываются для каждой полосы движения отдельного направления, а потери от них суммируются в пределах перекрестка. Перепробег транспорта и потери от него определяются в случае запрещения или отнесения поворотов. Задержки пешеходов определяются для каждого пешеходного перехода, а потери от них суммируются в пределах перекрестка. Перепроход пешеходов и потери от него определяются в случае закрытия пешеходного перехода или существенного отнесения его (более 6 м от линии тротуаров) от перекрестка.

Разработана методика расчета *экономических потерь на искусственных неровностях*. Поскольку проезд искусственной неровности близок к процессу остановки (без существенной задержки) автомобиля, то принято допущение, что основные издержки определяются как одна условная остановка автомобиля с разрешенной скорости движения. Установлено, что имеются еще дополнительные издержки, связанные с образованием небольших очередей при подъезде к искусственной неровности плотных пачек автомобилей или с наличием рядом с ней нерегулируемого пешеходного перехода. Образование этих очередей вызывает задержки транспорта и дополнительные остановки (со скорости около 20 км/ч) при «ступенчатом» перемещении автомобиля на первую позицию в очереди. Возможны случаи, когда в зоне искусственной неровности возникает транспортно-пешеходная перегрузка, вызывающая образование долго «не рассасывающихся» очередей (заторов). Все эти особенности учтены при расчете потерь по разработанной методике.

При расчете задержек и дополнительных остановок транспорта имеются трудности, связанные с неоднозначностью приоритета при переходе проезжей части на нерегулируемом пешеходном переходе. Действующие Правила дорожного движения предоставляют пешеходу приоритет в двух фазах перехода из трех, а именно в собственно переходе и окончании перехода (п. 9.9 и п. 16.2 ПДД). Начинать переход проезжей части пешеход может только в неприоритетном режиме – лишь тогда, когда он убедится в безопасности выхода (п. 17.2 ПДД), т.е. если он не вынудит водителя приближающегося автомобиля снизить скорость или остановиться. Применение существующих формул расчета задержек и остановок в нерегулируемом конфликте, когда один из участников имеет однозначный приоритет, не является корректным. Поэтому разработана модель расчета для псевдорегулируемого режима, позволяющая дополнительно рассчитывать задержки и остановки транспорта и при перегрузках.

Разработана модель расчета задержек и дополнительных остановок транспорта и построены графики для определения удельных задержек (рисунок 10) и удельных дополнительных остановок (рисунок 11) для любой транспортно-пешеходной нагрузки при наличии поблизости нерегулируемого пешеходного перехода.

В методику расчета *экологических потерь на регулируемых перекрестках* внесены предложения по дополнительному учету выбросов вредных веществ в атмо-

сферу при нерегулируемом режиме работы перекрестка, формированию транспортных потоков и суммированию экологического вреда от каждого такого потока, учитывающего реальное время его нахождения на перекрестке. При расчете потерь от транспортного шума оценивается экологический вред от приведенного к потребителям уровня шума.

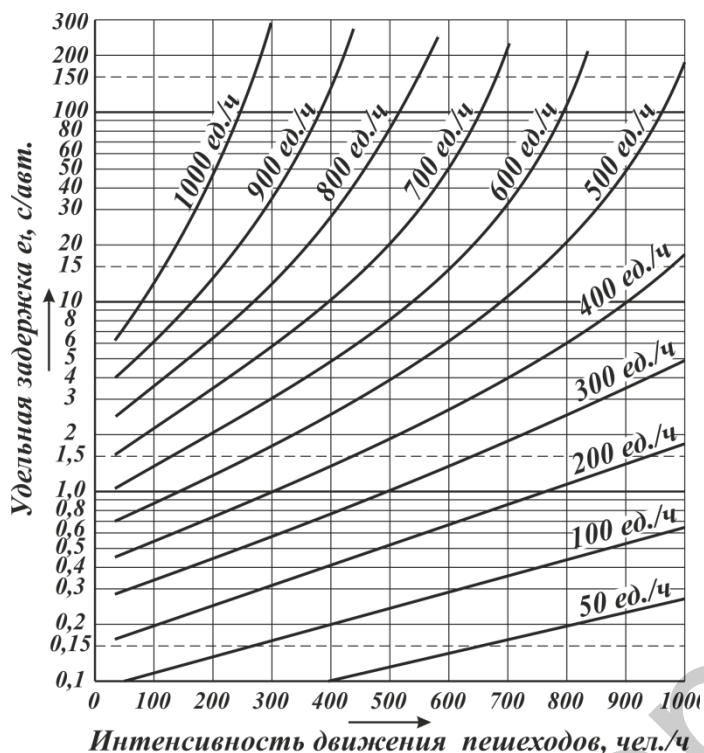


Рисунок 10 – График определения удельной задержки транспорта на искусственных неровностях

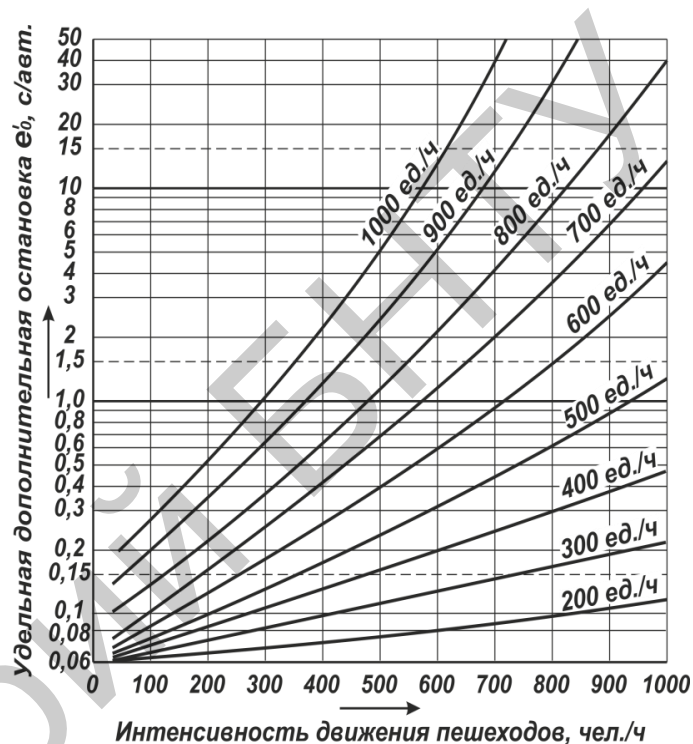


Рисунок 11 – График определения удельных дополнительных остановок транспорта на искусственных неровностях

Методика расчета экологических потерь на искусственных неровностях структурно не отличается от методики расчета потерь на регулируемых перекрестках. Имеются отличия по способу формирования расчетного суммарного транспортного потока и специфике получения отдельных исходных данных. Установлено, что в зоне искусственной неровности (150 м) выбросы в атмосферу увеличиваются в 6 раз, а экологические потери – от 5 (для дворовых территорий) до 500 тыс. долл. (для умеренно нагруженных улиц с плотной многоэтажной застройкой и интенсивным пешеходным движением).

Апробация методик проводилась при разработке проектных решений и последующей реализации объектов в дорожной отрасли республики, о чем имеются соответствующие акты (справки) внедрения.

На основе разработанных методик прогнозирования аварийности по методу «Конфликтных зон» и методик расчета аварийных, экономических и экологических потерь созданы компьютерные программы прогнозирования аварийности и расчета потерь для выбора и обоснования принимаемых решений по критерию минимизации потерь. Они являются оригинальными программными продуктами, зарегистрированы в Нацио-

нальном центре интеллектуальной собственности Республики Беларусь и реализованы с возможностью обмена данными для проведения соответствующих исследований.

Приведены практические рекомендации по выбору методов организации движения на перекрестках, пешеходных переходах, в зоне искусственных неровностей и иных конфликтных объектах (варианты применения различных режимов светофорного регулирования, планировочные решения транспортных объектов, технические средства регулирования (в т.ч. разработанные с участием автора) и др.). Установлены значения параметров транспортных потоков и условий движения, в зависимости от которых применяются искусственные неровности на ненагруженных жилых улицах и дворовых территориях. Рекомендации нашли отражение в технических нормативных правовых актах, Правилах дорожного движения, в проектах транспортных объектов и систем, реализованных на улично-дорожной сети Республики Беларусь.

**В шестой главе «Оперативная оценка эффективности внедряемых мероприятий»** приведены методика выполнения такой оценки и разработка математической модели прогнозирования аварийности по методу конфликтных ситуаций, на которой она базируется. **Методика оперативной оценки эффективности внедряемых мероприятий** основана на подсчете числа конфликтных ситуаций на объекте сразу же после внедрения мероприятий с последующим перерасчетом их в прогнозируемое число аварий. Это позволяет оперативно оценить эффективность внедряемого мероприятия на объекте и при необходимости немедленно внести соответствующие коррективы. Существующий метод прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям не обладает достаточной точностью прогноза, пригодной для практического применения. К тому же различные авторы дают отличающиеся коэффициенты приведения конфликтных ситуаций к авариям. Вследствие этого необходимо усовершенствовать существующий метод с целью повышения точности прогноза. *Существующая расчетная модель определения числа прогнозируемых аварий*

$$P_a = n_{\text{кфс}} \eta_{\text{кфс}}, \quad (8)$$

где  $P_a$  – прогнозируемое число аварий, ав./год;

$n_{\text{кфс}}$  – число конфликтных ситуаций, кфс/год;

$\eta_{\text{кфс}}$  – коэффициент приведения конфликтных ситуаций к авариям, отличающийся для каждого типового конфликта,

*была заменена моделью*

$$P'_a = f(n''_{\text{кфс}} 10^{-3}), \text{ прив.ав./год}, \quad (9)$$

где  $P'_a$  – прогнозируемое число приведенных аварий, прив.ав./год;

$f(n''_{\text{кфс}} 10^{-3})$  – функция пересчета числа расчетных приведенных конфликтных ситуаций в число приведенных аварий для каждого типового конфликта;

$n''_{\text{кфс}}$  – число расчетных приведенных конфликтных ситуаций. Предложено определять с учетом порога чувствительности по формуле

$$n''_{\text{кфс}} = n'_{\text{кфс}} - (k d_{\text{кфс}}) \Phi_t, \text{ прив.кфс/год}, \quad (10)$$

где  $n'_{\text{кфс}}$  – число приведенных конфликтных ситуаций, прив.кфс/год;

$k$  – число конфликтных точек данного вида конфликта на исследуемом конфликтном объекте, в которых происходили конфликтные ситуации;

$d_{\text{кфс}}$  – порог чувствительности конфликта по конфликтным ситуациям в данном виде конфликта, кфс/ч;

$\Phi_t$  – годовой фонд времени, ч/год.

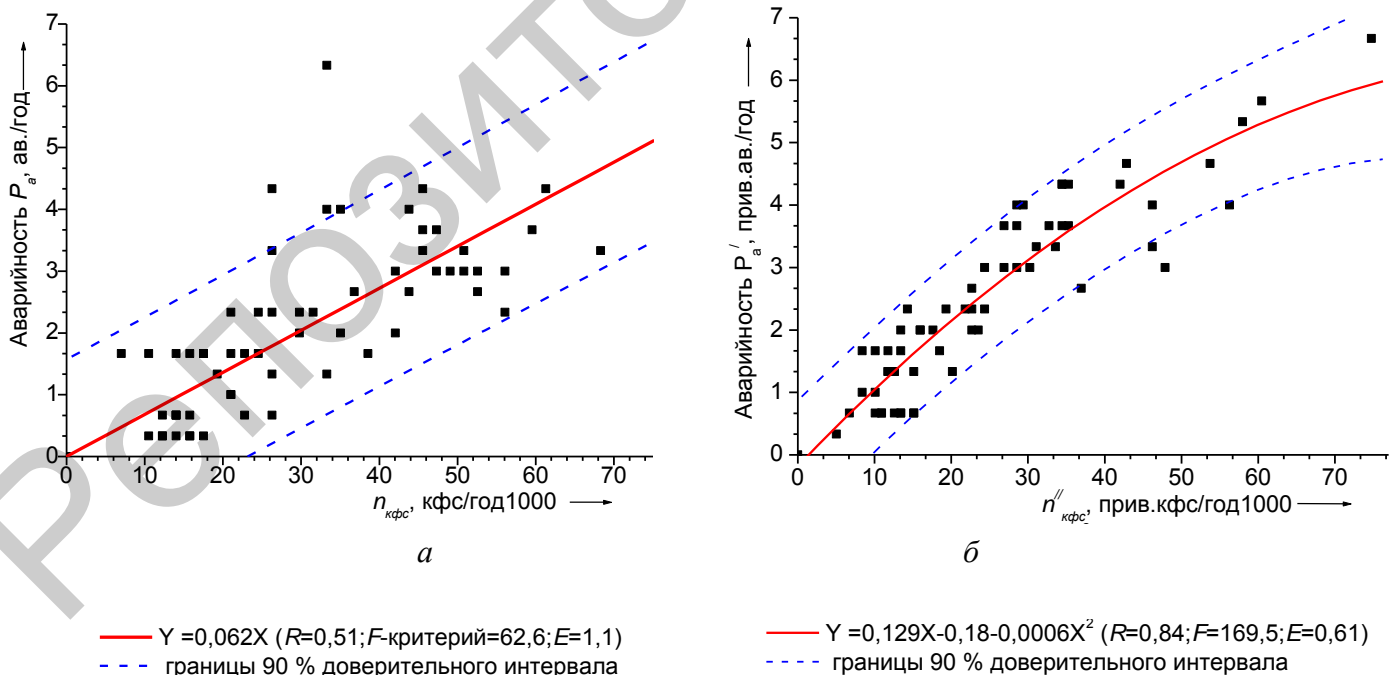
Число неприведенных аварий  $i$ -й тяжести последствий  $P_{ai}$  определяется как

$$P_{ai} = \frac{P'_a \delta_{ai}}{K_{\text{пак}}^{\Sigma}}, \text{ ав./год}, \quad (11)$$

где  $\delta_{ai}$  – доля аварий  $i$ -й тяжести последствий в исследуемом конфликте. Определяется из статистики аварийности для каждого вида конфликта;

$K_{\text{пак}}^{\Sigma}$  – суммарный динамический коэффициент приведения аварий по тяжести последствий.

Исследуемая выборка включала 180 объектов (100 регулируемых перекрестков и 80 искусственных неровностей); 3 360 аварий (2 946 с материальным ущербом, 395 с ранением и 19 со смертельным исходом); 19 995 конфликтных ситуаций (19 019 легких, 871 средних и 105 тяжелых). На рисунке 12 и в таблице 2 приведены некоторые результаты исследований по разработке новой модели прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям.



**Рисунок 12 – Зависимость аварийности от конфликтных ситуаций (конфликт № 1) для базовой (а) и новой (б) модели**

Оценка адекватности существующего и разработанного методов прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям была выполнена на пяти типовых объектах –

трех регулируемых перекрестках и двух нерегулируемых пешеходных переходах в зоне искусственных неровностей. Для каждого объекта проводилось измерение конфликтных ситуаций отдельно по каждому виду конфликта. Определялась прогнозируемая аварийность, которая сравнивалась с реальной по виду конфликта и по каждому объекту. Установлено, что усовершенствованный метод по сравнению с существующим обладает более высокой точностью прогноза как для каждого вида конфликта, так и для каждого исследуемого объекта – в среднем в 4 раза, является пригодным для практических работ по повышению безопасности движения.

Таблица 2 – Результаты исследований конфликтных ситуаций

№ конфликта	Схема конфликта	Динамические коэффициенты приведения				Порог чувствительности, кфс/ч	$K_{пак}^{\Sigma}$	Доля аварий $i$ -й тяжести			Расчетная функция для определения числа приведенных аварий $P'_a$ : $P'_a = f(n''_{кфс} 10^{-3})$ , прив.ав./год	$\eta_{кфс} 10^{-5}$ (автор)	Статистика			
		конфликтных ситуаций		аварий				$\delta_a^M$	$\delta_a^P$	$\delta_a^C$			$R$	$E$	$F$	
		$K_{пк}^P$	$K_{пк}^C$	$K_{пак}^P$	$K_{пак}^C$											
1		4	11	2	6	0,04	1,185	0,867	0,120	0,013	$P'_a = -0,0006(n''_{кфс} 10^{-3})^2 + 0,129 n''_{кфс} 10^{-3} - 0,18$	6,2	0,84	0,61	169,5	
2		9	25	3	10	0,08	1,213	0,904	0,093	0,003	$P'_a = 0,113 n''_{кфс} 10^{-3} - 0,52$	18,4	0,89	0,65	422,1	
3		7	36	7	16	0,30	1,132	0,981	0,017	0,002	$P'_a = 0,00027(n''_{кфс} 10^{-3})^2 + 0,04 n''_{кфс} 10^{-3} - 0,211$	6,0	0,89	0,61	301,0	
4		13	61	9	23	0,30	1,268	0,970	0,028	0,002	$P'_a = 0,073 n''_{кфс} 10^{-3}$	9,1	0,84	0,74	274,2	
5a		$V \leq 30$	32	72	10	18	0,08	8,736	0,118	0,862	0,020	$P'_a = 0,002(n''_{кфс} 10^{-3})^2 + 0,067 n''_{кфс} 10^{-3} - 0,369$	2,9	0,79	0,72	313,3
5б		$V > 30$	36	81	11	22	0,04	10,289	0,103	0,868	0,029	$P'_a = 0,00027(n''_{кфс} 10^{-3})^2 + 0,038 n''_{кфс} 10^{-3} - 0,435$	7,4	0,81	0,73	378,6
6		27	38	6	15	0,14	5,495	0,137	0,843	0,020	$P'_a = 0,067 n''_{кфс} 10^{-3} - 0,406$	2,7	0,82	0,68	373,7	

Примечание –  $K_{пк}^P$  и  $K_{пк}^C$  – динамические коэффициенты приведения соответственно средних и тяжелых конфликтных ситуаций к легкой;  $K_{пак}^P$  и  $K_{пак}^C$  – динамические коэффициенты приведения аварий соответственно с ранением и смертельным исходом к авариям с материальным ущербом;  $\delta_a^M$ ,  $\delta_a^P$ ,  $\delta_a^C$  – доля аварий соответственно с материальным ущербом, ранением и смертельным исходом.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

## Основные научные результаты диссертации

1. На основе комплексного анализа процесса дорожного движения в Республике Беларусь разработана методология повышения безопасности дорожного движения в городских условиях, *основанная на принципе* сбалансированного соотношения аварийных, экономических и экологических потерь, *включающая* методику очагового анализа аварийности, метод «Конфликтных зон» прогнозирования аварийности по потенциальной опасности и разработанные на его базе методики прогнозирования аварийности на типовых объектах, методику определения расчетной социально-экономической стоимости аварийных издержек в Республике Беларусь, методики расчета аварийных, экономических и экологических потерь, оперативную оценку эффективности мероприятий по критерию безопасности с использованием метода прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям, компьютерные программы прогнозирования аварийности и расчета потерь, *отличающаяся* оценкой качества дорожного движения по критерию минимизации экономических, экологических и аварийных потерь, что в совокупности *обеспечило* разработку и внедрение высокоэффективных мероприятий по повышению безопасности дорожного движения с учетом аварийности, экономичности и экологичности еще на стадии их принятия и *позволило* теоретически обосновать и практически апробировать пути решения важнейшей социально-экономической и научно-технической проблемы – снижение аварийности на автомобильном транспорте и повышение качества дорожного движения в Республике Беларусь [1–А, 2–А, 19–А, 21–А, 23–А, 24–А].

2. Предложен новый метод «Конфликтных зон» прогнозирования аварийности по потенциальной опасности, *отличающийся* учетом специфики формирования конфликтных зон и условий конфликтного взаимодействия транспортных и пешеходных потоков, влияющих на возникновение аварий, *позволивший* установить закономерные связи между аварийностью и потенциальной опасностью различных видов конфликтов, точность которого впервые позволяет на практике оптимизировать по критерию безопасности принимаемые решения на стадии разработки или их проектирования.

Проведенные экспериментальные и теоретические исследования позволили разработать на основе авторского метода «Конфликтных зон» комплекс методик прогнозирования аварийности на типовых городских объектах – регулируемых перекрестках и искусственных неровностях – для различных видов конфликтов и режимов конфликтного взаимодействия, *которые отличаются* динамическим приведением аварий с различной тяжестью последствий, установленными закономерностями формирования конфликтных зон и определения потенциальной опасности в конфликтах «транспорт–транспорт» и «транспорт–пешеход», высокой (более чем в пять раз по сравнению с существующими методами) точностью прогноза, что *позволило* внедрить в практику

организации дорожного движения новый метод прогнозирования и повысить путем разработки технических решений безопасность движения не менее чем на 15 % [1–А – 3–А, 5–А, 15–А, 16–А, 18–А].

3. Выполнены экспериментальные исследования конфликтных ситуаций в различных видах конфликтов, которые позволили установить закономерности конфликтного взаимодействия участников движения при проезде регулируемого перекрестка, а также искусственной неровности. Разработана новая математическая модель прогнозирования аварийности по методу конфликтных ситуаций, которая учитывает динамическое приведение конфликтных ситуаций разной степени опасности к легкой, порог чувствительности конфликта по конфликтным ситуациям, динамическое приведение аварий различной тяжести последствий и установленные нелинейные зависимости аварий от конфликтных ситуаций, что позволило повысить точность базового метода конфликтных ситуаций более чем в 4 раза и сделать адекватный прогноз не только количества аварий, но и тяжести их последствий на существующих объектах, оценить запроектированные технические решения по транспортной планировке объектов, схемы организации движения и режимы светофорного регулирования, реализованные на улично-дорожной сети Республики Беларусь [24–А].

4. Выполнены исследования по разработке методики определения расчетной стоимости аварийных издержек, *учитывающей* экономическую и социальную составляющие стоимости. Социальная составляющая стоимости зависит от удельной величины ВВП и дифференцированно учитывает степень тяжести последствий аварий, а экономическая составляющая дополнительно зависит от стоимости транспортных затруднений на месте аварий, расходов на сопровождение дел по авариям и от страховых выплат по авариям без пострадавших. Это *позволило* оценить аварийные потери, сопоставить в стоимостном выражении аварийные, экономические и экологические потери и обосновать мероприятия по повышению безопасности дорожного движения с учетом социально-экономического ущерба, наносимого аварийностью [2–А, 22–А, 28–А, 29–А].

5. Разработана методика очагового анализа аварийности в городских условиях. Она *основана* на комплексном подходе к выявлению очагов и *учитывает* методы, методики и правила выполнения отдельных, осуществляемых поэтапно процедур: сбор и обработку исходных данных об условиях движения и аварийности с материальным ущербом и пострадавшими, предварительное установление причин аварий с использованием разработанного перечня типовых причин в городских очагах, методику натурального обследования очага с использованием разработанных бланков для типовых городских объектов, разработанный статистический метод прогнозирования аварийности после установки искусственных неровностей, учитывающий условия дорожного движения Республики Беларусь, заключительное установление причин аварий. Отличительной особенностью методики является предварительный выбор решений с использованием разработанного перечня типовых предложений, в котором указана их эффективность, что позволяет оценить капиталовложения и разработать мероприятия по повышению безопасности дорожного движения [2–А, 25–А].



6. Создан комплекс методик определения экономических и экологических потерь в дорожном движении, что позволило обосновать решения по повышению безопасности дорожного движения на исследуемых конфликтных объектах по критерию минимизации потерь – аварийных, экономических и экологических, и *обеспечило* снижение экологических потерь на 12–32 %, экономических – на 18–38 % за счет внедрения оптимальных режимов регулирования, технических решений по устройству объектов и размещению технических средств организации дорожного движения. Методика расчета экономических потерь в зоне искусственных неровностей *основана* на модели расчета потерь от остановок и задержек транспорта, *отличается* учетом влияния находящегося в непосредственной близости нерегулируемого пешеходного перехода, что *позволяет* провести расчеты потерь как при нормальной транспортно-пешеходной нагрузке, так и при перегрузке, а методика расчета экологических потерь на регулируемых перекрестках *отличается* учетом фактического времени движения каждого расчетного суммарного транспортного потока [1–А, 11–А, 6–А, 30–А].

7. Разработанная методология повышения безопасности движения *позволила* предложить и обосновать методы (успокоения движения, разделения транспортных [70–А] и пешеходных потоков и пр.) и технические средства организации движения (дорожные транспортные светофоры [69–А, 71–А, 72–А]), давшие возможность с помощью компьютерных программ прогнозирования аварийности и расчета экологических, аварийных и экономических потерь *создать, оценить, спроектировать* и *внедрить* безопасные схемы организации движения на улично-дорожной сети городов Республики Беларусь, повышающие качество дорожного движения в целом не менее чем на 10 % [7–А – 10–А, 12–А, 14–А, 20–А].

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

Начиная с 2005 года происходит внедрение результатов исследований в деятельность, связанную с дорожным движением, о чем свидетельствуют полученные 4 патента Республики Беларусь [69–А – 72–А], 5 свидетельств о регистрации компьютерных программ в Национальном центре интеллектуальной собственности, 12 актов (справок) по работам в области организации дорожного движения и 7 актов (справок), в том числе от зарубежных организаций, о внедрении результатов исследования в нормативы, в научную и проектную деятельность, а также в учебный процесс.

Рекомендуется использовать программно-методическое обеспечение методологии при обосновании мероприятий, что обеспечит повышение качества дорожного движения (снижение экологических и экономических потерь) на объектах внедрения на 10–15 %, в том числе снижение аварийности (в конфликтах «транспорт-транспорт» и «транспорт-пешеход») на 15–45 %. Суммарный экономический эффект от внедрения отдельных работ составил 2 980 млн руб., в том числе только за счет снижения аварийности на 20 объектах – 1 380 млн руб. Результаты исследований внедрены



ГП «Белгипродор», УП «БелНИИПградостроительства», РУП «МинскАвтодор-Центр», УП «Минскинжпроект», УГАИ ГУВД Мингорисполкома, ОУПП «Институт Гродно-гражданпроект», ООО «АвтоДорожный Консалтинг» (г. Архангельск).

Получены также справки внедрения разработанного программно-методического обеспечения от следующих организаций:

– УГАИ МВД Республики Беларусь – акт об участии автора в составе рабочей группы по разработке Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь, в которую вошли концептуальные аспекты методологии повышения безопасности дорожного движения;

– УП «БелНИИПградостроительства» – акт об участии автора в разработке изменений в СНБ 3.03.02 «Улицы и дороги населенных пунктов», касающихся применения практических положений диссертационных исследований;

– ГП «БелдорНИИ» – справка об использовании применения программно-методического обеспечения разработанной методологии в ДМД 02191 «Методика оценки эффективности внедрения мероприятий по организации дорожного движения».

Исходя из результатов диссертационной работы представляется целесообразным продолжить исследования по данной тематике [17–А, 6–А, 27–А]. В частности, возможно совершенствование метода «Конфликтных зон» за счет большей детализации видов конфликтов и углубления исследований расчетных зависимостей внутри групп факторов с помощью разработанных компьютерных программ. Возможно дальнейшее совершенствование метода прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям за счет большей детализации видов конфликтов и введения в расчетную модель фактора скорости и конфликтных зон.

Созданные в рамках диссертационных исследований методики и компьютерные программы расчета потерь используются подведомственными Департаменту «БЕЛАВТОДОР» организациями. Они также могут использоваться работниками коммунальных служб, проектных организаций. В случае внедрения методологии аварийность в городских очагах может быть снижена не менее чем на 50 %, а ожидаемый экономический эффект составит около 90 млн долл./год.

Разработано и запатентовано техническое решение дорожного транспортного светофора с дополнительной секцией Т.1п(кж) [69–А], которое включено в нормативы (СТБ 1300-2007, Правила дорожного движения 2006, 2011 гг.). Транспортные светофоры массово устанавливаются на улично-дорожной сети городов Республики Беларусь для реализации безопасных схем движения транспортных и пешеходных потоков, что позволяет повысить качество дорожного движения. Предложенный принцип отображения бесконфликтного режима движения может реализовываться также в светофорах Т.1п (кж)л(к), Т.1л(к) и их модификациях для повышения безопасности и качества дорожного движения на перекрестках.

Благодаря созданному программно-методическому обеспечению разработаны технические решения и рекомендации по развитию транспортных систем и улично-дорожной сети, нашедшие применение при разработке комплексных транспортных схем и генпланов городов Могилев, Гомель, Гродно, Брест, Витебск, Мозырь, Боб-

руйск, Полоцк, Новополоцк, Барановичи, Пинск, Молодечно, комплексной схемы организации дорожного движения в центральной части города Минска, которые актуальны и применимы для других населенных пунктов нашей страны, направлены на снижение аварийности и повышение качества дорожного движения, а также производительности автомобильного транспорта страны.

По результатам реализованных проектов, разработанных с помощью созданного программно-методического обеспечения методологии повышения безопасности движения в городских условиях, решением Мингорисполкома (№ 643 от 11.03.2011 года) БНТУ определен генеральной проектной организацией без проведения подрядных торгов на исследования и разработку решений по устройству светофорных объектов, модернизации автоматизированной системы управления дорожным движением.

Результаты исследований внедрены в учебный процесс вузов Республики Беларусь, Российской Федерации и Украины.

# СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

## Монографии

1–А. Врубель, Ю.А. Определение потерь в дорожном движении : монография / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Е.Н. Кот. – Минск : БНТУ, 2006. – 240 с.

2–А. Капский, Д.В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении : монография / Д.В. Капский. – Минск : БНТУ, 2008. – 243 с. + вкл.

## Статьи в научных журналах и сборниках трудов, включенных в перечень ВАК

3–А. Капский, Д.В. Разработка методики прогнозирования аварийности в дорожном движении / Д.В. Капский // Вестн. БНТУ. – 2004. – № 5. – С. 41–43.

4–А. Капский, Д.В. Разработка мероприятий по повышению безопасности движения на регулируемых перекрестках / Д.В. Капский // Вестн. БНТУ. – 2005. – № 1. – С. 55–58.

5–А. Кот, Е.Н. Оценка аварийности в конфликте «поворотный транспорт–пешеход» на регулируемых перекрестках / Е.Н. Кот, Д.В. Капский // Вестн. БНТУ. – 2005. – № 4. – С. 39–41.

6–А. Капский, Д.В. Оценка экономических потерь в дорожном движении / Д.В. Капский, Г.М. Кухаренок // Вестн. Могилевского гос. техн. ун-та. Сер. «Транспортные и строительные машины». – 2005. – № 2. – С. 85–88.

7–А. Врубель, Ю.А. Повышение безопасности движения на пешеходных переходах / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Г.М. Кухаренок // Безпека дорожнього руху України. – 2005. – № 3-4. – С. 54–61.

8–А. Капский, Д.В. Совершенствование организации дорожного движения в г. Гродно / Д.В. Капский, Е.Н. Кот, А.Д. Лукьянчук // Безпека дорожнього руху України. – 2005. – № 3-4 (21). – С. 79–88.

9–А. Капский, Д.В. Совершенствование условий дорожного движения в г. Бресте / Д.В. Капский, Е.Н. Кот, А.Д. Лукьянчук // Безпека дорожнього руху України. – 2005. – № 3-4 (21). – С. 89–99.

10–А. Капский, Д.В. Разработка рекомендаций по совершенствованию дорожного движения в г. Могилеве / Д.В. Капский, Е.Н. Кот, В.Н. Кузьменко // Безпека дорожнього руху України. – 2006. – № 1-2. – С. 66–75.

11–А. Капский, Д.В. Разработка методики определения экологических потерь в дорожном движении / Д.В. Капский // Безпека дорожнього руху України. – 2006. – № 1-2. – С. 99–103.

12–А. Капский, Д.В. Совершенствование применения периферийных устройств при модернизации АСУ дорожным движением / Д.В. Капский, Д.В. Рожанский, Д.В. Навой // Безпека дорожнього руху України. – 2006. – № 1-2. – С. 112–120.

13–А. Капский, Д.В. Проведение исследований интенсивности движения транспортных потоков: теория и эксперимент / Д.В. Капский, Д.В. Рожанский, Д.В. Мозалевский // *Безпека дорожнього руху України*. – 2006. – № 3-4 (23). – С. 35–40.

14–А. Капский, Д.В. Совершенствование комплексной схемы организации движения в городе Гомель // Д.В. Капский, В.Н. Кузьменко, А.Д. Лукьянчук, Д.В. Мозалевский // *Безпека дорожнього руху України*. – 2006. – № 3-4 (23). – С. 41–52.

15–А. Капский, Д.В. Теоретические основы прогнозирования попутных столкновений на перекрестках по методу замедлений / Д.В. Капский, Ю.А. Врубель, Д.В. Мозалевский // *Безпека дорожнього руху України*. – 2006. – № 3-4 (23). – С. 53–59.

16–А. Кухаренок, Г.М. Повышение безопасности дорожного движения на основе оценки аварийности на конфликтных объектах / Д.В. Капский, Г.М. Кухаренок // *Вестн. Белорусско-Российского ун-та. Сер. «Транспорт, машиностроение, металлургия, электротехника»*. – 2006. – № 3 (12). – С. 33–38.

17–А. Капский, Д. Рекомендации по разработке режимов светофорного регулирования на пешеходных переходах / Д. Капский, Е. Кот // *Transport and telecommunication*. – 2006. – Vol. 7, № 3. – P. 496–503.

18–А. Kapski, D. Theoretical principles of forecasting accident rate in the conflict section of the cities by the method of potential danger / D. Kapski, I. Leonovich, K. Ratkevičiūtė // *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*. – 2007. – Vol. II, № 3. – P. 133–140.

19–А. Леонович, И.И. К вопросу оценки аварийности на государственном уровне / И.И. Леонович, Д.В. Капский // *Автомобильные дороги и мосты*. – 2008. – № 1. – С. 100–106.

20–А. Капский, Д.В. Выбор организационно-планировочного решения при реконструкции кольцевых пересечений в одном уровне / Д.В. Капский, В.Н. Кузьменко // *Вестн. БелГУТа. Сер. «Наука и транспорт»*. – 2008. – № 2 (17). – С. 49–54.

21–А. Леонович, И.И. Влияние транспортной инфраструктуры города Минска на аварийность в дорожном движении / И.И. Леонович, Д.В. Капский // *Архитектура и строительные науки*. – 2008. – № 1 (8). – С. 49–54.

22–А. Kapskij, D. Theoretical basis for an economic evaluation of road accident losses / D. Kapskij, T. Samoilovich // *Transport*. – 2009. – Vol. 24, № 3. – P. 200–204.

23–А. Kapskij, D. Development of the system of road traffic safety improvement in accident seats of urban areas / D. Kapskij // *Transport and Telecommunication*. – 2009. – Vol. 10, № 1. – P. 30–37.

24–А. Капский, Д.В. Разработка системы принципов и методов повышения безопасности дорожного движения в очагах аварийности населенных пунктов / Д.В. Капский // *Коммунальное хозяйство городов : науч.-техн. сб. Сер. «Технические науки и архитектура»*. – Киев : Техніка, 2010. – Вып. 95. – С. 193–198.

25–А. Капский, Д.В. Применение аудита безопасности дорожного движения на магистральных улицах городов / Д.В. Капский, Е.Н. Кот, С.В. Кабак // *Автомобильные дороги и мосты*. – 2010. – № 2 (6). – С. 127–137.

26–А. Капский, Д.В. Совершенствование дорожного движения в городе Барановичи / Д.В. Капский, В.Н. Кузьменко, Д.В. Мозалевский // *Безпека дорожнього руху України*. – 2010. – № 1–4. – С. 72–83.

27–А. Капский, Д.В. Исследования условий дорожного движения в городе Мозырь / Д.В. Капский, В.Н. Кузьменко, Д.В. Мозалевский // *Безпека дорожнього руху України*. – 2010. – № 1–4. – С. 84–93.

28–А. Капский, Д.В. Определение аварийных потерь в дорожном движении: подходы, методология, стоимость аварий / Д.В. Капский // *Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Сер. «Экономика»*. – 2010. – № 3 (63). – С. 49–52.

29–А. Капский, Д.В. Аварийность в дорожном движении. Исследование дорожно-транспортных происшествий с помощью страховой статистики / Д.В. Капский // *Вестн. БНТУ*. – 2011. – № 1. – С. 48–54.

30–А. Кухаренок, Г.М. Применение искусственных неровностей для повышения безопасности дорожного движения / Г.М. Кухаренок, Д.В. Капский, Б.У. Бусел // *Вестн. Белорус.-Рос. ун-та (машиностроение, электротехника, строительство)*. – 2011. – № 1 (30). – С. 39–50.

### **Статьи в сборниках научных трудов, статей и докладов**

31–А. Капский, Д.В. Повышение безопасности дорожного движения на основе прогнозирования аварийности по методу потенциальной опасности / Д.В. Капский // *Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах : сб. докл. седьмой междунар. конф., посвящ. 70-летию Гос. инспекции безопасности дорожного движения МВД России, Санкт-Петербург, 21-22 сент. 2006 г.* / СПбГАСУ. – СПб., 2006. – С. 401–405.

32–А. Капский, Д. Многофункциональные секции светофоров / Д. Капский, Е. Кот, Г. Кухаренок, В. Карпилович // *Reliability and Statistics in Transportation and Communication : Proceedings 6th International conference, Riga, Latvia, 25–28 october 2006* / Transport and Telecommunication Institute. – Riga, 2006. – P. 60–67.

33–А. Капский, Д. Применение методов сдерживания скорости в крупных городах / Д. Капский, А. Коржова // *Reliability and Statistics in Transportation and Communication : Proceedings 6<sup>th</sup> International Conference, Riga, Latvia, 25–28 october 2006* / Transport and Telecommunication Institute. – Riga, 2006. – P. 144–148.

34–А. Врубель, Ю.А. Исследование аварийности и конфликтного взаимодействия транспортных и пешеходных потоков в зоне искусственных неровностей на пешеходных переходах / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Е.Н. Кот, А.В. Коржова, В.Н. Кузьменко, Д.В. Мозалевский // *Системы организации и управления безопасностью дорожного движения: сб. докл. и ст. специализированной целевой конф. Федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2006–2012 годах»*, Санкт-Петербург, 22–24 сент. 2008 г. / СПбГАСУ. – СПб., 2008. – С. 35–48.

35–А. Мочалов, В.В. Влияние на безопасность движения автомобильных телематических систем / В.В. Мочалов, А.Я. Андреев, Д.В. Капский // *Вместе к эффек-*

тивному дорожному движению! : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 28–31 окт. 2008 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: А.С. Калиниченко [и др.]. – Минск, 2008. – С. 136–145.

36–А. Капский, Д.В. Методологические аспекты прогнозирования аварийности в дорожном движении / Д.В. Капский // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения : Междунар. сб. науч. тр. / Тихоокеанский гос. ун-т ; редкол.: А.И. Ярмолинский, И.Ю. Белуцкий, П.А. Пегин. – Хабаровск, 2008. – № 8. – С. 58–66.

37–А. Капский, Д.В. Разработка методики определения экономических потерь при координированном регулировании транспортно-пешеходных потоков / Д.В. Капский, Д.В. Навой // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения : Междунар. сб. науч. тр. / Тихоокеанский гос. ун-т ; редкол.: А.И. Ярмолинский, И.Ю. Белуцкий, П.А. Пегин. – Хабаровск, 2009. – № 9. – С. 12–31.

38–А. Капский, Д.В. Методика оценки транспортного шума на перекрестках / Д.В. Капский // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах : сб. докл. девятой междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 23-24 сент. 2010 г. / СПбГАСУ. – СПб., 2010. – С. 209–212.

39–А. Капский, Д.В. Разработка рекомендаций по изменению нормативных актов в дорожном движении / Д.В. Капский // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах : сб. докл. девятой междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 23-24 сент. 2010 г. / СПбГАСУ. – СПб., 2010. – С. 379–383.

40–А. Капский, Д.В. Очаговый анализ аварийности – основа аудита безопасности дорожного движения / Д.В. Капский // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах : сб. докл. девятой междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 23-24 сент. 2010 г. / СПбГАСУ. – СПб., 2010. – С. 498–503.

41–А. Kapski, D. The theory and practice of improving road traffic safety at accident sites through methods of road traffic organization / D. Kapski, V. Kuzmenko, A. Korzhova, A. Polhovskaya, K. Kostyukovich, D. Mozalevskiy, E. Kot // Reliability and Statistics in Transportation and Communication : Proceedings of the 10th International Conference (RelStat'10), 20–23 October 2010 / Transport and Telecommunication Institute. – Riga, 2010. – P. 84–96.

42–А. Мочалов, В.В. Разработка программы для расчета экономических потерь на регулируемых перекрестках / В.В. Мочалов, Ю.А. Врубель, Д.В. Капский // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–24 окт. 2009 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: А.С. Калиниченко [и др.]. – Минск, 2010. – С. 10–15.

43–А. Мозалевский, Д.В. Совершенствование пешеходного движения в г. Минске на нерегулируемых переходах / Д.В. Мозалевский, А.В. Коржова, А.С. Полховская, Е.Н. Костюкович, А.А. Кустенко, Д.В. Капский, В.Н. Кузьменко // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–24 окт. 2009 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: А.С. Калиниченко [и др.]. – Минск, 2010. – С. 179–182.

44–А. Мозалевский, Д.В. Повышение безопасности движения на регулируемых пешеходных переходах в центральной части г. Минска / Д.В. Мозалевский, А.В. Коржова, А.С. Полховская, Е.Н. Костюкович, А.А. Кустенко, Д.В. Капский, В.Н. Кузьменко, Е.Н. Кот // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–24 окт. 2009 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: А.С. Калиниченко [и др.]. – Минск, 2010. – С. 182–188.

### **Статьи в материалах конференций**

45–А. Седюкевич, В.Н. Повышение безопасности пешеходов / В.Н. Седюкевич, Е.Н. Кот, Д.В. Капский // Безопасная дорога : материалы Междунар. науч.-практ. конф. по проблемам безопасности дорожного движения, 23-24 окт. 2003 г. / МВД Республ. Беларусь, Управление Гос. автомобильной инспекции МВД Республ. Беларусь, Научно-исследовательский центр ГАИ ; редкол.: Н.Н. Дрозд [и др.] ; под общ. ред. А.С. Щурко. – Минск, 2004. – С. 78–80.

46–А. Капский, Д.В. Составляющие аварийных потерь / Д.В. Капский // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : науч. материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16-17 июня 2008 г. / Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург, 2008. – С. 162–167.

47–А. Капский, Д.В. Математическое моделирование процессов конфликтного взаимодействия при прогнозировании аварийности в дорожном движении / Д.В. Капский // Устойчивое развитие городов. Управление проектами и программами городского и регионального развития : материалы VI Междунар. науч.-практ. интернет-конф. / ХНАГХ. – Харьков, 2008. – С. 227–231.

48–А. Капский, Д.В. Повышение безопасности движения путем совершенствования его организации в населенных пунктах (методологические основы) / Д.В. Капский // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16-17 июня 2009 г. / Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург, 2009. – С. 143–147.

49–А. Врубель, Ю.А. Некоторые проблемы дорожного транспорта в Республике Беларусь / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16-17 июня 2009 г. / Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург, 2009. – С. 147–152.

50–А. Капский, Д.В. Методология оценки опасности и исследования аварийности в населенных пунктах / Д.В. Капский // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16-17 июня 2009 г. / Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург, 2009. – С. 152–157.

51–А. Врубель, Ю.А. Анализ правил дорожного движения и технических средств управления дорожным движением / Ю.А. Врубель, В.В. Мочалов, Д.В. Капский // Со-

циально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16-17 июня 2009 г. / Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург, 2009. – С. 157–161.

52–А. Врубель, Ю.А. Организация дорожного движения – организационно-методическое обеспечение дорожного движения / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский // Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Челябинск, 12-13 мая 2009 г. / Южно-Уральский гос. ун-т ; под ред. О.Н. Ларина, Ю.В. Рождественского. – Челябинск, 2009. – С. 151–153.

53–А. Капский, Д.В. Анализ аварийности в зоне трамвайного движения / Д.В. Капский, А.А. Кустенко // Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Челябинск, 12-13 мая 2009 г. / Южно-Уральский гос. ун-т ; под ред. О.Н. Ларина, Ю.В. Рождественского. – Челябинск, 2009. – С. 172–176.

54–А. Капский, Д.В. Совершенствование метода прогнозирования дорожной аварийности по конфликтным ситуациям / Д.В. Капский // Проблемы безопасности на транспорте : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. ж. д., Белорус. гос. ун-т транспорта ; под общ. ред. В.И. Сенько. – Гомель, 2010. – С. 38–40.

55–А. Капский, Д.В. Анализ исследований в области оценки стоимости ущерба от аварий в дорожном движении / Д.В. Капский // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16-17 июня 2010 г. / Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург, 2010. – С. 234–240.

56–А. Капский, Д.В. Анализ условий движения по ул. К. Цеткин в г. Минске / Д.В. Капский, В.Н. Кузьменко, А.В. Коржова, А.С. Полховская, К.Н. Костюкович, Д.В. Мозолевский, Е.Н. Кот // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16-17 июня 2010 г. / Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург, 2010. – С. 342–346.

57–А. Ваксман, С.А. Концепция парковочной политики в крупном городе / С.А. Ваксман, Ф.Г. Глик, Д.В. Капский // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16-17 июня 2011 г. / Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург, 2011. – С. 98–104.

### **Тезисы докладов**

58–А. Капский, Д.В. Разработка методологии прогнозирования аварийности в дорожном движении / Д.В. Капский // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Шестой междунар. науч.-техн. конф. : в 3 т. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2008. – Т. 2. – С. 186.



59–А. Врубель, Ю.А. Пути Реализации Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Шестой междунар. науч.-техн. конф. : в 3 т. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2008. – Т. 2. – С. 189.

60–А. Капский, Д.В. Особенности автоматизации проектирования в дорожном движении / Д.В. Капский, Д.В. Мозалевский // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. / Белорус. гос. ун-т транспорта ; под общ. ред. В.И. Сенько. – Гомель, 2008. – С. 57–58.

61–А. Капский, Д.В. Повышение эффективности дорожного движения путем координированного регулирования с учетом трамвайного движения / Д.В. Капский // Сталий розвиток міст. Електричний транспорт – перспективи розвитку та кадрові забезпечення : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвячується 75-річчю кафедри електричного транспорту ХНАМГ, Харків, 1–3 жовтня 2009 р. / Харківська національна академія міського господарства. – Харків, 2009. – С. 82-83.

62–А. Ваксман, С.А. Принципы разработки и содержание КСОД столичного города (на примере Минска) / С.А. Ваксман, Ф.Г. Глик, Д.В. Капский // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Седьмой междунар. науч.-техн. конф. : в 3 т. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2009. – Т. 2. – С. 267–268.

63–А. Коржова, А.В. Анализ аварийности в конфликте «транзитный транспорт–пешеход» в зоне пешеходного перехода / А.В. Коржова, Д.В. Капский // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Седьмой междунар. науч.-техн. конф. : в 3 т. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2009. – Т. 2. – С. 268-269.

64–А. Капский, Д.В. Разработка методики очагового анализа аварийности в населенных пунктах / Д.В. Капский // Совершенствование системы сбора и анализа сведений об условиях совершения ДТП : раздаточные материалы специализированной целевой конф. Федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2006–2012 годах», Санкт-Петербург, 27–29 апр. 2009 г. / Московский автомобильно-дорожный институт (гос. техн. ун-т) ; Ин-т безопасности дорожного движения СПбГАСУ. – СПб., 2009. – С. 51–53.

65–А. Капский, Д.В. Создание методологических основ повышения безопасности движения методами и средствами организации дорожного движения / Д.В. Капский // LXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету : тези доповідей / Національний транспортний університет ; редколегія: М.М. Дмитрієв, М.О. Білякович. – Київ, 2010. – С. 204.

66–А. Капский, Д.В. Разработка метода прогнозирования аварийности «Конфликтных зон» / Д.В. Капский // LXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету : тези доповідей / Національний транспортний університет ; редколегія: М.М. Дмитрієв, М.О. Білякович. – Київ, 2010. – С. 204.

67–А. Капский, Д.В. Повышение безопасности дорожного движения в городах / Д.В. Капский // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Восьмой междунар. науч.-техн. конф. : в 4 т. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2010. – Т. 3. – С. 89.

68–А. Врубель, Ю.А. Разработка программного комплекса по расчету потерь на локальном перекрестке со светофорным регулированием / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, В.В. Мочалов // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Восьмой междунар. науч.-техн. конф. : в 4 т. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2010. – Т. 3. – С. 90-91.

## Патенты

69–А. Дорожный светофор с дополнительной секцией : пат. 3681 Респ. Беларусь, МПК (2006) G 08G 1/01 / Е.Н. Кот, Д.В. Капский, В.Ю. Карпилович ; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № и 20060833 ; заявл. 07.12.2006 ; опубл. 30.06.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 3. – С. 230.

70–А. Пересечение дорог в одном уровне : пат. 9664 Респ. Беларусь, МПК (2006) E 01C 1/00 / Д.В. Капский ; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № а 20031042 ; заявл. 13.11.2003 ; опубл. 30.08.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 4. – С. 115–116.

71–А. Дорожный односекционный транспортный светофор : пат. 13322 Респ. Беларусь, МПК (2009) G 08G 1/095 / Д.В. Капский ; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № а 20080680 ; заявл. 28.05.2008 ; опубл. 30.06.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 3. – С. 113.

72–А. Дорожный односекционный пешеходный светофор : пат. 13325 Респ. Беларусь, МПК (2009) G 08G 1/095 / Д.В. Капский ; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № а 20080681 ; заявл. 28.05.2008 ; опубл. 30.06.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 3. – С. 113.

## РЭЗІЮМЭ

Капскі Дзяніс Васільевіч

### Метадалогія павышэння бяспекі дарожнага руху ў гарадскіх умовах Рэспублікі Беларусь

*Ключавыя словы:* арганізацыя дарожнага руху, бяспека дарожнага руху, урон у дарожным руху, ачаг аварыйнасці, прагназаванне аварыйнасці, выбар рашэнняў.

*Аб'екты даследавання:* тыповыя гарадскія очагі аварыйнасці – рэгулюемыя скрыжаванні і штучныя няроўнасці.

*Мэта даследаванняў:* распрацоўка метадалогіі павышэння бяспекі дарожнага руху ў гарадскіх умовах на аснове ўліку аварыйнага, эканамічнага і экалагічнага урона.

*Метады даследавання:* рэгрэсійны аналіз, метады матэматычнай статыстыкі, кампутарнага мадэлявання, дэдукцыі і індукцыі.

*Навуковая навізна атрыманых вынікаў:* распрацавана метадалогія павышэння бяспекі дарожнага руху ў гарадскіх умовах, на долю якіх прыходзіцца каля 50 % усіх аварый ў краіне, што базіруецца на прынцыпах мінімізацыі і збалансаваных суадносін аварыйнага, экалагічнага і эканамічнага урону ў дарожным руху. Створана праграма-метадычнае забеспячэнне метадалогіі, якое ўключае: аўтарскі метады «Канфліктных зон» прагназавання аварыйнасці па патэнцыйнай небяспекі і створаныя на базе даннага метаду індывідуальныя метадыкі прагназавання аварыйнасці ў канфліктах «транспарт–транспарт» і «транспарт–пешаход»; метады прагназавання аварыйнасці па канфліктных сітуацыях; новыя метадыкі ачаговага аналізу аварыйнасці, вызначэння разліковага сацыяльна-эканамічнага кошту аварый, апэратыўнай ацэнкі эфектыўнасці ажыццяўляемых мерапрыемстваў (па крытэры бяспекі). Распрацаваны для аб'ектаў даследавання комплекс метадык вызначэння аварыйнага, эканамічнага і экалагічнага ўрона і кампутарныя праграмы прагназавання аварыйнасці і разліку ўрона для абгрунтавання рашэнняў па павышэнню бяспекі дарожнага руху.

*Ступень выкарыстання:* вынікі дысертацыйных даследаванняў знайшлі шырокае прымяненне ў галінах дзейнасці, звязаных з дарожным рухам Рэспублікі Беларусь і іншых краін, у тым ліку ў нарматыўных прававых актах, практыцы работы навукова-даследчых, праектных устаноў і кантраліруючых структур па арганізацыі дарожнага руху, у ВНУ пры падрыхтоўцы спецыялістаў.

## РЕЗЮМЕ

**Капский Денис Васильевич**

### **Методология повышения безопасности дорожного движения в городских условиях Республики Беларусь**

*Ключевые слова:* организация дорожного движения, безопасность дорожного движения, потери в дорожном движении, очаг аварийности, прогнозирование аварийности, выбор решений.

*Объекты исследований:* типовые городские очаги аварийности – регулируемые перекрестки и искусственные неровности.

*Цель исследований:* разработка методологии повышения безопасности дорожного движения в городских условиях на основе учета аварийных, экономических и экологических потерь.

*Методы исследования:* регрессионный анализ, методы математической статистики, компьютерного моделирования, дедукции и индукции.

*Научная новизна полученных результатов:* разработана методология повышения безопасности дорожного движения в городских условиях, на долю которых приходится порядка 50 % всех аварий в стране, базирующаяся на принципах минимизации и сбалансированного соотношения аварийных, экологических и экономических потерь в дорожном движении. Создано программно-методическое обеспечение методологии, включающее: авторский метод «Конфликтных зон» прогнозирования аварийности по потенциальной опасности и созданные на базе данного метода методики прогнозирования аварийности по видам конфликтов «транспорт-транспорт» и «транспорт-пешеход», метод прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям, новые методики очагового анализа аварийности, определения расчетной социально-экономической стоимости аварийных издержек, оперативной оценки эффективности внедряемых мероприятий (по критерию безопасности). Разработан для объектов исследования комплекс методик определения аварийных, экономических и экологических потерь, и компьютерные программы прогнозирования аварийности и расчета потерь для выбора и обоснования решений по повышению безопасности дорожного движения.

*Степень использования:* результаты диссертационных исследований нашли широкое применение в областях деятельности, связанных с дорожным движением Республики Беларусь и других стран, в т.ч. в нормативных правовых актах, практике работы научно-исследовательских, проектных учреждений и контролирующих структур по организации дорожного движения, в вузах при подготовке специалистов.

## SUMMARY

**Kapsky Denis Vasiljevich**

### **Methodology of road safety improvement in urban areas of the Republic of Belarus**

*Keywords:* traffic management, road traffic safety, the loss in road traffic, accident spots, the accident prediction, selection of design solutions.

*Objects of researches:* typical urban accident spots – the intersections crossroads and speed humps.

*Purpose of research:* to develop a methodology of road traffic safety improvement in urban areas of the Republic of Belarus by taking into account accident, economic and ecological losses.

*Methodology of researches:* regression analysis, methods of mathematical statistics, computer simulation, deduction and induction.

*Scientific novelty of the results:* a methodology of road safety improvement, which almost 50 % of all accidents in the country happen, based upon the principles of minimization and balanced correlation of accident, economic and ecological losses in road traffic. Created methodical software methodologies, including: the author's method of «Conflict Zones» accident prediction of potential danger and created based on this method, individual methodic to predict accidents in conflict «transport–transport» and «transport–pedestrian»; the improved method of accident prediction in conflict situations. Developed new methods of accident spots analysis; methods defining estimated socio-economic costs of accidents; methods of efficient control evaluation of the introduced activities effectiveness (according to the safety criteria). Designed for complex objects of study methods of accident, economic and ecological losses determination and computer programs for accident prediction and loss estimation to justify adopted solutions in road traffic safety improvement.

*Application field:* the obtained results have found wide application in areas related to road traffic in the Republic of Belarus and other countries, including regulatory legal acts, work of research and development institutes and controlling organizations for road traffic management and for university students' training.

Научное издание

**КАПСКИЙ**  
**Денис Васильевич**

**МЕТОДОЛОГИЯ**  
**ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**  
**В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

по специальности 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

---

Подписано в печать 23.05.2011.

Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 2,00. Тираж 100. Заказ 505.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.