



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
Белорусский национальный  
технический университет

---

**КАПСКИЙ**  
Денис Васильевич

**МЕТОДОЛОГИЯ  
ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА  
ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Минск  
БНТУ  
2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

КАПСКИЙ  
Денис Васильевич

МЕТОДОЛОГИЯ  
ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА  
ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Минск  
БНТУ  
2018

**Капский Д. В.** Методология повышения качества дорожного движения / Д. В. Капский. – Минск: БНТУ, 2018. – 372 с. – ISBN 978-985-583-184-7.

Монография посвящена анализу и поиску возможных путей повышения качества дорожного движения методами и средствами организации движения на основе оценки и прогнозирования аварийных, экономических, экологических и социальных потерь в дорожном движении в существующих методов прогнозирования аварийности, а также их использованию для оптимизации организации дорожного движения, что позволит существенно снизить аварийные потери и тем самым повысить качество дорожного движения. В ней излагаются теоретические и практические вопросы и системная методология повышения качества дорожного движения в городах.

Рекомендовано к изданию научно-техническим советом  
Белорусского национального технического университета  
(протокол № 9 от 30.10.2017 г.)

Рецензенты:

профессор кафедры «Логистика» ФГБОУВПО «Московский  
автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»,  
доктор технических наук, профессор *О. Н. Ларин*;  
профессор кафедры наземных транспортно-технологических машин  
Автомобильно-дорожного факультета ФГБОУВПО  
«Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»,  
доктор технических наук, профессор *П. А. Пегин*  
Заведующий кафедрой «Транспортные узлы»  
УО «Белорусский государственный университет транспорта»,  
доктор технических наук, профессор *А. К. Головнич*

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Дорожный транспорт, на долю которого приходится от 2/3 до 3/4 всего объема транспортного обслуживания [1], представляет собой большую и сложную социально-производственную систему, в которую на правах подсистем входят дороги, транспортные средства, организация движения, правоохрана, подготовка кадров, обслуживание движения и др. Поскольку транспортная услуга производится непосредственно в дорожном движении, то основной задачей является повышение его качества, определяемого совокупностью таких основных свойств, как безопасность, экологичность, экономичность и социологичность.

Качество дорожного движения можно количественно оценить по величине потерь, под которыми понимают социально-экономическую стоимость необязательных (невынужденных) издержек процесса дорожного движения [2, 3]. Потери в дорожном движении достигли таких масштабов, что стали представлять значимую угрозу для безопасности страны.

Суммарные потери в дорожном движении Республики Беларусь в 2015 году оценивались величиной порядка 6,5 млрд. долл./год, из них около половины происходит по причине неудовлетворительной организации движения [320].

Дорожное движение содержит аварийную, экологическую, экономическую и социальную угрозы [4]. Для участников движения из всех угроз наиважнейшей является аварийность, поскольку она непосредственно касается их жизни, здоровья и благополучия, поэтому борьба с аварийностью имеет большую социальную значимость и является делом государственной важности. Тем не менее, ежегодно в мире погибает более 1 млн. человек и около 50 млн человек получают ранения и травмы [5–7]. В Республике Беларусь за последние 5 лет произошло около 500 тыс. аварий, в которых погибли 3 942 человека и получили ранения более 23,8 тыс. человек, а аварийные потери составили около 1,6 млрд долл. [8–11].

За последние 20 лет количество автомобилей в нашей стране увеличилось в 4 раза и превысило 3 млн ед. [11]. В связи с этим резко возросла роль организации дорожного движения в повышении его качества. Однако работы в этом направлении по ряду причин ведутся несистемно и на низком методологическом уровне, что приводит, особенно в городах, к большим потерям.

В Республике Беларусь разработаны универсальный оценочный критерий качества – потери в дорожном движении [2], и высокоточный метод конфликтных зон прогнозирования аварийности [12], позволяющие объективно оценивать основные свойства дорожного движения и качество решений еще на стадии их принятия. Это создало хорошие предпосылки для создания современной методологии повышения качества дорожного движения.

Монография раскрывает вопросы повышения качества дорожного движения. Особое внимание уделено методологии повышения качества дорожного движения, которая особенно эффективна для городских условий, на долю которых приходится около половины всех аварий в стране. Поскольку основной причиной аварий в этих очагах являются недостатки в организации дорожного движения, то и повышение качества должно осуществляться в основном ее методами. Эти методы эффективны, оперативны и не требуют больших капиталовложений, поэтому можно ожидать не только значительных, но и быстрых результатов.

# РАЗДЕЛ 1

## ПРОБЛЕМЫ В ОБЛАСТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

### 1.1. Дорожное движение и правовые и организационно-технические аспекты его организации в Республике Беларусь

Дорожное движение осуществляется в сформировавшейся среде, сильно влияющей на его качество и отличающейся для каждого государства.

На государственном уровне придается большое внимание обеспечению через «транспортный фактор» национальной безопасности страны, общенационального экономического успеха. Транспорт – важная составная часть военно-экономического потенциала Республики Беларусь. Так, в транспортном комплексе республики работает более 6 % численности населения, занятого в экономике. Место и роль транспорта в экономике республики характеризуется такими показателями, как доля в валовом внутреннем продукте – порядка 7 %, почти половина (48 %) – в экспорте услуг, более 8 % в инвестициях в основной капитал. Транспортный комплекс является одним из основных источников поступления валюты в страну – более 90 % положительного сальдо внешней торговли услугами сформировано организациями транспорта. В абсолютном значении это 2 млрд. долларов США (на 15.02.15) [321].

Дорожное движение – это основной процесс оказания транспортной услуги – непосредственное перемещение по дорогам людей, машин и грузов. Это главная, целевая функция огромной социально-производственной системы, именуемой дорожным транспортом, являющимся одним из важнейших видов транспорта в транспортной отрасли – на его долю приходится от 2/3 до 3/4 всего объема транспортного обслуживания. Он представляет собой громадную систему, в которую входят несколько тоже очень больших и сложных подсистем, таких как дороги, транспортные средства, организация движения и т.д. По некоторым сведениям, в системе дорожного транспорта и на нее работает почти каждый 10-й работоспособный гражданин, и она в значительной мере определяет уровень жизни всего общества. Например, в Минске личный автомобиль все еще остается самым быстрым и самым дешевым транспортом для перемещения по улицам и на его долю приходится более половины всех пассажирских перевозок в городе [322].

Значимый вклад в решение многих проблем автомобилизации может и должна внести разумная организация дорожного движения. Повышение технической скорости, улучшение режимов движения, ликвидация необязательных остановок и перепробега, снижение до минимума аварийности, улучшение социальных отношений в дорожном движении и т.д. позволяет

существенно уменьшить все виды потерь и снизить стоимость транспортной услуги, сократить аварийность.

Например, каждый год составляется рейтинг социального развития стран. Он определяется на основе индекса социального развития, представляющий собой комбинированный показатель, измеряющий степень, в которой разные страны обеспечивают удовлетворение социальных и экологических потребностей своих граждан. В этом показателе, помимо всего прочего, учитывается и количество погибших в дорожно-транспортных авариях [323].

Организация процесса дорожного движения и управление им осуществляется в подсистеме «организация дорожного движения». Сегодня термин «организация дорожного движения» применяется в самых разных аспектах – как проектное решение объекта, как регулирование, как управление, средство повышения безопасности движения и т.п. На самом деле «*Организация дорожного движения* – системная деятельность по формированию оптимальных характеристик дорожного движения. Включает управление дорожным движением и его обеспечение, а также воздействие на среду движения». Это одно из основных направлений государственной политики, которое имеет основной целью обеспечение безопасности личности, общества и государства с сфере дорожного движения. Безопасность движения является составной частью общественной безопасности. Ведь защита прав и законных интересов личности – важная роль в становлении правового государства.

Как представляется, основной целью *управления* дорожным движением является минимизация его стоимости за счет уменьшения издержек в процессе движения, т.е. повышение качества дорожного движения *при существующих условиях*. В Приложении Л приведены некоторые термины, используемые в дорожном движении и поясняющие суть рассматриваемых процессов.

Конечно, все мы должны думать о перспективе, стремиться к улучшению качества транспортных средств, дорог, подготовки кадров и т.д., но это функциональная задача управления дорожным транспортом и структур более высокого уровня. Однако жить и работать, в том числе и оказывать транспортную услугу, нужно непрерывно, сегодня, сейчас, при этом именно в тех условиях, которые есть, какими бы они не были. Целью *организации дорожного движения*, кроме указанной выше, является повышение его качества путем улучшения обеспечения управления движением и доступного воздействия на среду движения. Но для этого, кроме прочего, нужна четкая организация структур управления дорожным транспортом и организацией дорожного движения, а также объективные и достоверные оценочные критерии качества. Сегодняшний фактический оценочный критерий качества дорожного движения – число аварий с пострадавшими – не является ни объективным, ни достоверным и практически ничего не оценивает. Отсюда и печальные результаты – экономические, экологические и аварийные (!) потери у нас никто не считает, а по уровню аварийности со смертельным ис-

ходом на единицу транспорта мы проигрываем развитым странам Западной Европы, Канады и Японии, примерно, в 2-3 раза [324, 326].

Необходимо как можно быстрее выправлять положение. Следует внедрить объективный и достоверный оценочный критерий качества дорожного движения – таковым, как представляется, могут стать *«потери»*. Следует сформировать полноценные структуры организации дорожного движения и управления дорожным транспортом и поставить их в такие условия, чтобы снижение стоимости транспортной услуги путем повышения качества дорожного движения было объективно выгодно не только нации в целом, но и указанным структурам и конкретным людям.

Основным нормативным правовым актом, регламентирующим основы транспортной безопасности государства и субъектов транспортного комплекса, является **Конституция Республики Беларусь**.

**Директивой Президента Республики Беларусь** от 11 марта 2004 г. № 1 «О мерах по укреплению общественной безопасности и дисциплины» обозначены основные проблемы в дорожном движении и определены новые подходы к обеспечению его безопасности.

Вопросы транспортной безопасности регулируют следующие нормативные акты.

**Концепция Национальной безопасности Республики Беларусь** (утверждена Указом Президента Республики Беларусь от 09.11.2010 г. № 575) предусматривает создание сил обеспечения национальной безопасности, в состав которых помимо силовых структур входят и различные подразделения (службы) иных государственных органов, обеспечивающие безопасное ведение работ, в том числе на транспорте.

**Концепция борьбы с терроризмом в Республике Беларусь** (утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25 июля 2013 г. № 658) направлена на повышение эффективности деятельности государственных органов и иных организаций, граждан Республики Беларусь в сфере борьбы с терроризмом. Определила в качестве критически важных объектов объекты транспортной инфраструктуры, нарушение функционирования которых в результате акта терроризма, может дестабилизировать общественный порядок и повлечь за собой человеческие жертвы, нарушение условий жизнедеятельности людей, причинение вреда их здоровью, ущерб окружающей среде.

В целях анализа информации об эффективности дорожного движения и его безопасности на территории страны постановлением Министерства внутренних дел Республики Беларусь от 28 мая 2003 г. № 129 установлены основные показатели в области дорожного движения и обеспечения его безопасности.

Указ Президента Республики Беларусь от 28 ноября 2005 г. № 551 «**О мерах по повышению безопасности дорожного движения**» направлен на совершенствование организации дорожного движения, снижение количества дорожно-транспортных происшествий и повышение культуры



участников дорожного движения. Этим указом утверждены Правила дорожного движения.

Создана **Постоянная комиссия по обеспечению безопасности дорожного движения при Совете Министров Республики Беларусь** (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 5 апреля 2007 г. № 437), с целью подготовки предложений по вопросам повышения безопасности дорожного движения в рамках совершенствования системы экономических, социальных, организационных, научно-технических, правовых и иных мер, направленных на предупреждение гибели и травмирования людей в дорожно-транспортных происшествиях, осуществления информационно-аналитической деятельности по вопросам, относящимся к сфере безопасности дорожного движения.

Закон Республики Беларусь от 5 января 2008 г. № 313-З «**О дорожном движении**» определяет правовые и организационные основы дорожного движения в Республике Беларусь, устанавливает основные системные требования по обеспечению безопасности дорожного движения, разработке в целях реализации государственной политики в области дорожного движения Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь, на основании которой могут разрабатываться соответствующие государственные, отраслевые и региональные программы, а также определяет основные полномочия министерств, ведомств и государственных организаций в сфере дорожного движения в целях охраны жизни и здоровья физических лиц, а также защиты прав и свобод, законных интересов и имущества физических и юридических лиц. Этот закон направлен на государственное регулирование, управление и контроль в области дорожного движения и устанавливает основополагающие правовые начала и принципы организации движения и его безопасности [325].

Именно в соответствии с этим законом безопасность на дорожном транспорте является только одним из направлений деятельности Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь. Государственный контроль в области дорожного движения осуществляется Министерством внутренних дел Республики Беларусь, Государственной автомобильной инспекцией, Министерством транспорта и коммуникаций Республики Беларусь и подчиненными ему организациями, Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь и подчиненными ему организациями, Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь и иными государственными органами в пределах их компетенции. Такой широкий перечень организаций и ведомств позволяет говорить о том, что ответственность «распылена» по отдельным составляющим и не позволяет выявить одного, единственного, главного учреждения, обладающего полным набором полномочий, ответственного за дорожное движение, в том числе и за его безопасность. Например, в Швеции, одной из ведущих стран в области организации, в том числе и безопасности дорожного движения, эти функции возложены Шведскую транспортную администрацию [327].

Необходимо отметить, что национальное законодательство, касающееся правил движения и технических средств регулирования, разрабатывается на основе важнейших международных нормативов – «Конвенции о дорожном движении» и «Конвенции о дорожных знаках и сигналах», принятых в 1968 году с последующими изменениями. Эти международные нормативы устанавливают, как правило, только общие положения, направления и подходы, а вся детализация дается в национальных нормативах. Именно здесь, на уровне национального законодательства, появляется основная масса недоработок и недостатков, порой весьма существенных. Разумеется, пересмотр национальных, и тем более, международных нормативов является делом чрезвычайно сложным и ответственным. Любые изменения, какими бы удачными они не казались, нельзя принимать с ходу, без надлежащего, весьма пристрастного и всестороннего анализа и проверки. Равно как их нельзя с ходу отбрасывать только потому, что в какой-то части они не соответствуют сегодняшним нормативам.

Например, в Законе много положений, относящихся к компетенции именно дорожного транспорта, например, вопросы получения и изъятия водительских удостоверений, техосмотра, обязанностей юридических лиц и т.д. В Законе много понятийной и терминологической путаницы, поскольку, к сожалению, нормативной терминологии в дорожном движении пока не существует. В Законе отсутствует даже упоминания о качестве дорожного движения.

**Концепция обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь** (утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 14 июня 2006 г. № 757) законодательно закрепила основные угрозы, которые содержит дорожное движение, охарактеризовала его как процесс повышенной опасности, определила основные направления повышения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь, меры по сокращению уровня дорожно-транспортной аварийности на дорогах, снижению тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий, минимизации загрязнения окружающей среды и влияния других негативных факторов, связанных с дорожным движением.

Что удивительно, ни Концепция обеспечения безопасности дорожного движения, ни Закон «О дорожном движении» не содержит термина «безопасность дорожного движения». Только в Правилах дорожного движения (п. 2.4) имеется данное понятие:

*«безопасность дорожного движения – состояние дорожного движения, обеспечивающее минимальную вероятность возникновения опасности для движения и дорожно-транспортного происшествия».*

Безопасность – это степень физической защищенности субъектов и объектов транспортировки и элементов транспортной инфраструктуры от криминальных посягательств, ненадлежащей транспортировки и дорожно-транспортных аварий. Аварийность определяется множеством различных факторов, связанных с качеством транспортных средств, дорог, подготовки

водителей, организации дорожного движения и социальных отношений в дорожном движении.

Имеется множество других, в том числе и терминологических, недостатков Правил дорожного движения, которые являются нормативом **прямого действия** и предназначены, в первую очередь, для участников движения. Детальный анализ Правил представляет собой специальное исследование, которое не входит в поставленные задачи. В данной работе лишь фрагментарно показано, что *отдельные положения действующих Правил несовершенны и нуждаются в коренном совершенствовании.*

Так, «Дорожное движение – движение пешеходов и (или) транспортных средств по дороге, в том числе стоянка и остановка в пределах дороги и связанные с ним общественные отношения». Представляется, что «стоянка...в пределах дороги» не относится к процессу движения («движение пешеходов и (или) транспортных средств»), она относится к дорожным условиям, т.е. к среде движения, а это разные понятия. Также к среде движения относятся «и связанные с ним общественные отношения». Здесь авторы путают понятия процесс движения и обстановки, в которой он происходит, или среды движения. Поскольку среда движения входит в систему дорожного транспорта, а такого понятия официально в Республике Беларусь нет (в Законе «О дорожном движении» есть неопределённое понятие «область дорожного движения» – раньше была «сфера»), а нормативной терминологии здесь тоже нет, то имеет место понятийная и терминологическая путаница, которая в нормативах недопустима.

Пункт 2.45 «Перекресток – место пересечения, примыкания или разветвления дорог на одном уровне. Граница перекрестка определяется воображаемыми линиями, соединяющими соответственно противоположные, наиболее удаленные от центра перекрестка начала закруглений проезжих частей дорог. Не являются перекрестками пересечения с велосипедными, пешеходными дорожками и дорожками для всадников». Это определение имеет 3 части – по числу предложений.

Первая часть определяет перекресток в общепринятом понимании этого термина – место пересечения...дорог. Поскольку каждая дорога со всеми своими элементами – тротуарами, обочинами, проезжей частью и т.д. (см. п. 2.78) – имеет четко ограниченные границы по ширине, то границы места их пересечения или перекрестка, определяются границами пересекающихся дорог. Это нормально, это понятно и такое «место пересечения дорог» есть реальный перекресток.

Однако вторая часть утверждает, что перекресток имеет какой-то неизвестный, другой смысл и совсем другие границы, близкие к границам пересекающихся...проезжих частей, т.е. не место пересечения дорог, а лишь их отдельных элементов с некими добавлениями. При этом определение этих искусственных границ сделано неаккуратно (воображаемые линии, даже не прямые, а просто воображаемые – это не технический правовой норматив, а сюрреализм) и некорректно (сначала определяются грани-

цы территории, а уже затем – ее центр, а здесь – наоборот). В результате, в рамках Правил с непонятными целями создан искусственный, виртуальный «перекресток», не являющийся перекрестком дорог, а скорее, с некоторыми допущениями, перекрестком проезжих частей, с «хвостиками», т.е. элементов этих дорог. Следовательно, вторая часть определения противоречит первой части.

Третья часть еще более непонятная, поскольку в ней не указано, пересечения чего (дороги или проезжей части) с велодорожками... не является перекрестком. Если исходить из определения велодорожки (п. 2.6), как элемента дороги, то в случае пересечения... дорог она не может не входить в состав «реального» перекрестка. Если исходит из определения велосипеда как транспортного средства п. 2.5), из определения проезжей части как элемента дороги, предназначенного для движения транспортных средств (п. 2.55), и определения дороги как «...полосы земли, предназначенной и используемой для движения... транспортных средств...» (п. 2.15), то велодорожка, имеющая проезжую часть, может рассматриваться и как элемент дороги, и как сама дорога. Следовательно, пересечение с велодорожкой, согласно части первой определения перекрестка как места пересечения... двух дорог, является перекрестком, и по сути части второй, как пересечение двух проезжих частей, поэтому часть третья определения перекрестка противоречит первой и второй частям.

Таким образом, определение перекрестка, данное в Правилах, является противоречивым, неудачным и требует доработки. Например, очень сложно определить границы «перекрестка» на Т-образном перекрестке, поскольку на «противоположной» стороне нет закруглений проезжих частей, следовательно, и нет их начала. Еще сложнее, если примыкание выполнено не под прямым углом – неизвестно, куда вести «воображаемую линию» к «противоположной стороне» – под прямым углом или параллельно примыканию, или одну так, а другую иначе. Очень сложно определиться с кольцевыми пересечениями, разрезными или неразрезными, с перекрестками, имеющими отделенный островком правоповоротный проезд, имеющими несколько проезжих частей и т.д.

Заметим, что в Правилах, в основном, используется понятие «реального» перекрестка, данное в первой части определения, например, пп. 17.2, 17.3, большинство пунктов главы 13 «Проезд перекрестков» и т.д.

Если посмотреть на других, то, например, американцы относят к перекрестку, кроме «места пересечения дорог», еще и «подходы и отходы, непосредственно влияющие на его работу». Иными словами, они присваивают статус опасной зоны, где требования к участникам и властям более жесткие, большей территории, чем само место пересечения дорог. Более того, они считают перекрестки опасными уже только из-за конфликта «транспорт – транспорт», и присутствие здесь еще и пешеходов весьма нежелательным. Поэтому они, по возможности, «выводят» оттуда пешеходов путем строительства над- или подземных переходов или некоторого отнесения назем-

ных переходов – безопасность, экология и экономика в обмен на некоторые неудобства пешехода – спуск, подъем или небольшой перепроход.

В этом смысле мы делаем строго наоборот – опасной зоной считаем минимально возможную территорию, а пешеходов (с неудобствами) загоняем (вернее, пытаемся загнать – они упорно не хотят этого делать) – с менее опасного перегона на более опасный перекресток (п. 17.2 и 17.3).

И последнее, п 2.56. Правил: «путепровод – инженерное сооружение над дорогой (железнодорожными путями), которая имеет съезды на другую дорогу, обеспечивающее движение на разных уровнях». Видимо, авторы Правил имели ввиду развязку в разных уровнях, которая имеет много съездов и может иметь несколько...путепроводов (например, развязка проспектов Дзержинского и Жукова в г. Минске). Такая свободная трактовка специальных, профессиональных терминов в нормативе такого уровня явно недопустима.

Правила дорожного движения направлены на урегулирование общественных отношений, возникающих, изменяющихся и прекращающихся между участниками дорожного движения, то есть он регулирует общественные отношения по поводу движения участников в пределах дороги. В свою очередь Закон «О дорожном движении» направлен на комплексное регулирование всех общественных отношений, связанных не только и не столько с дорожным движением, сколько в совокупности в системе дорожный транспорт, которая включает и организацию комплекса организационно-управленческих мероприятий, направленных на установление и реализацию государственной политики в сфере дорожного транспорта и дорожного движения. Многие специалисты считают, что не может большинство водителей нарушать Правила, это напрямую значит, что трактовка и сами правила неверные, тем более что требуют дополнительных комментариев и разъяснений [1, 110, 199, 328, 329 и др.].

В заключение описания некоторых недостатков Правил еще раз повторюсь, что Правила дорожного движения – это норматив особой важности и они требуют к себе несравнимо более ответственного, более уважительного, чем сейчас, отношения.

**Положение о порядке проведения Государственного технического осмотра транспортных средств и их допуска к участию в дорожном движении** (утверждено постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30 апреля 2008 г. № 630) определяет требования безопасности, контролируемые при проведении государственного технического осмотра транспортных средств и их допуске к участию в дорожном движении.

Закон Республики Беларусь от 2 декабря 1994 г. «**Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности**» № 3434-ХІІ направлен на улучшение эксплуатационных характеристик автомобильных дорог, обеспечения их сохранности, улучшения дорожного движения и повышения его безопасности, предусматривает разработку и реализацию в пределах своей компетенции мер по обеспечению безопасных условий перевозок грузов и пас-

сажиров по автомобильным дорогам, а также определяет обязанности владельцев автомобильных дорог по обеспечению безопасности дорожного движения.

Закон Республики Беларусь от 5 мая 1998 г. № 140-З **«Об основах транспортной деятельности»** определяет правовые, экономические и организационные основы транспортной деятельности и принципы ее осуществления, устанавливает основные права и обязанности субъектов транспортной деятельности, определяет безопасность в качестве одного из основных принципов осуществления транспортной деятельности, обязывает производителей транспортных работ и услуг обеспечивать соблюдение требований безопасности транспортной деятельности, в том числе экологической безопасности.

Закон Республики Беларусь от 14 августа 2007 г. № 278-З **«Об автомобильном транспорте и автомобильных перевозках»** регулирует отношения, возникающие при организации и выполнении автомобильных перевозок, а также при выполнении работ (оказании услуг), связанных с такими перевозками, за исключением внутриреспубликанских автомобильных перевозок для собственных нужд, автомобильных перевозок транспортными средствами специального назначения, воинских автомобильных перевозок, автомобильных перевозок, выполняемых физическими лицами исключительно для своих личных, бытовых, семейных и иных нужд, не связанных с осуществлением предпринимательской деятельности, с использованием транспортных средств, принадлежащих им на праве частной собственности или на иных законных основаниях.

Закон Республики Беларусь от 13 июня 2006 г. № 124-З **«О транспортно-экспедиционной деятельности»** устанавливает общие требования безопасности, а также условия для обеспечения технологической и экологической безопасности при осуществлении транспортно-экспедиционной деятельности.

**Программа «Дороги Беларуси на 2006–2015 годы»** (утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 6 апреля 2006 г. № 468) создана с целью развития национальной экономики, обеспечения безопасности и обороноспособности страны, реализации социальной политики государства и дальнейшего повышения деловой активности населения за счет улучшения транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог и дорожных сооружений.

**Постановление Совета Министров Республики Беларусь «Об утверждении правил автомобильных перевозок грузов»** от 30 июня 2008 г. № 970 устанавливает требования к автомобильному перевозчику по обеспечению безопасности автомобильной перевозки грузов, в том числе требования к безопасному размещению и креплению груза в кузове грузового транспортного средства.

Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 8 декабря 2010 г. № 61 **«Об утверждении правил по обес-**

**печению безопасной перевозки опасных грузов автомобильным транспортом в Республике Беларусь»** устанавливает требования по обеспечению безопасной перевозки различных опасных грузов автомобильным транспортом.

На основании **Типового положения о комиссии по обеспечению безопасности дорожного движения** (утверждено постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 октября 2011 г. № 1449) созданы Комиссии практически во всех областных и районных центрах и в г. Минске. Основными задачами комиссии являются осуществление информационно-аналитической деятельности по вопросам безопасности дорожного движения, подготовка предложений по вопросам повышения безопасности в рамках совершенствования системы экономических, социальных, организационных, научно-технических, правовых и иных мер по предупреждению гибели и травмирования людей в дорожно-транспортных происшествиях для последующего внесения этих предложений на рассмотрение в соответствующие местные исполнительные и распорядительные органы.

Закон Республики Беларусь от 6 января 1999 г. «**О железнодорожном транспорте**» № 237-З определяет правовые, экономические и организационные основы деятельности железнодорожного транспорта Республики Беларусь, регламентирует его взаимоотношения с республиканскими органами государственного управления, местными исполнительными и распорядительными органами, потребителями работ и услуг железнодорожного транспорта и другими видами транспорта, который призван во взаимодействии с другими видами транспорта обеспечивать потребности экономики и населения в перевозках и связанных с ними работах и услугах, безопасность движения транспортных средств, охрану окружающей среды, формирование рынка транспортных работ и услуг. В нем рассмотрены вопросы безопасности движения и эксплуатации железнодорожных транспортных средств, охраны грузов и объектов железнодорожного транспорта, а также предупреждения и тушения пожаров, обеспечения пожарной безопасности, организации работ в чрезвычайных ситуациях, охраны общественного порядка.

**Концепция антитеррористической деятельности на железнодорожном транспорте государств – участников СНГ** (утверждена Решением Совета глав правительств СНГ о Концепции антитеррористической деятельности на железнодорожном транспорте государств - участников СНГ от 31 мая 2013 года) представляет собой систему взглядов на основные направления и формы сотрудничества в области антитеррористической деятельности на железнодорожном транспорте и определяет цели и задачи взаимодействия по противодействию терроризму на железнодорожном транспорте.

**Уставом железнодорожного транспорта общего пользования** (утвержден постановлением Совета Министров Республики Беларусь 2 августа 1999 г. № 1196) регулируются отношения, возникающие между

Белорусской железной дорогой, ее организациями и грузоотправителями, грузополучателями, пассажирами, другими физическими и юридическими лицами при пользовании ими услугами железнодорожного транспорта общего пользования. Уставом определены также их права, обязанности и ответственность, а также порядок составления, заключения и выполнения договоров на железнодорожные перевозки, основные условия перевозок пассажиров, грузов и багажа, основные правила эксплуатации подъездных путей, а также отношения Белорусской железной дороги, ее организаций с организациями других видов транспорта, в том числе в целях обеспечения безопасности движения и эксплуатации транспортных средств (сохранности грузов, в т.ч. безопасности при транспортировании грузов, безопасности транспортных средств, безопасного движения пешеходов и городского пассажирского транспорта, а также экологической безопасности и др.).

Закон Республики Беларусь от 23 июня 2008 г. «**Об охране труда**» № 356-З регулирует общественные отношения в области охраны труда и направлен на реализацию установленного Конституцией нашей страны права граждан на здоровые и безопасные условия труда. В данном законе рассмотрены вопросы безопасности при осуществлении трудовой деятельности, затрагивающей, в т.ч. транспортную деятельность (например, рассмотрены вопросы прохождения медицинских осмотров и освидетельствования некоторых категорий работающих).

Решением Комиссии Таможенного Союза от 15 июля 2011 г. № 710 приняты следующие технические регламенты Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (ТР ТС 001/2011); «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта» (ТР ТС 002/2011); «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта» (ТР ТС 003/2011).

Закон Республики Беларусь от 6 июня 2001 г. «**О перевозке опасных грузов**» № 32-З регулирует отношения, возникающие при перевозке опасных грузов, осуществляемой на территории Республики Беларусь.

Закон Республики Беларусь от 15 июня 1993 г. «**О пожарной безопасности**» № 2403-ХІІ определяет правовую основу и принципы организации системы пожарной безопасности и государственного пожарного надзора в Республике Беларусь, действующих в целях защиты от пожаров жизни и здоровья людей, национального достояния, всех видов собственности и экономики Республики Беларусь.

**Модельный закон «О безопасности на воздушном транспорте»** (принят на двадцать девятом пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств – участников СНГ, постановление № 29-10 от 31 октября 2007 года) устанавливает правовые основы и принципы обеспечения безопасности на воздушном транспорте.

**Модельный закон «Об экологической безопасности»** (принят на двадцать втором пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи гос-



ударств – участников СНГ, постановление № 22-18 от 15 ноября 2003 года) касается отношений, возникающих в области экологической безопасности.

**Воздушный Кодекс Республики Беларусь** от 16 мая 2006 г. № 117-3 устанавливает правовые и организационные основы использования воздушного пространства Республики Беларусь и осуществления деятельности в области авиации в целях обеспечения потребностей граждан и экономики, обороны и безопасности государства.

Закон Республики Беларусь от 5 мая 2014 г. «**О городском электрическом транспорте и метрополитене**» № 141-3 регулирует отношения, возникающие при организации и выполнении перевозок пассажиров городским электрическим транспортом и метрополитеном, а также при организации, выполнении работ и оказании услуг, связанных с такими перевозками.

Отдельные вопросы транспортной безопасности рассмотрены в Кодексе внутреннего водного транспорта, Воздушном Кодексе Республики Беларусь, а также в транспортных уставах и иных нормативных правовых актах Республики Беларусь. Общепризнанные нормы принципы и нормы международного права являются составной частью законодательства, регулирующего транспортную безопасность Республики Беларусь, – участницы международных конвенций, договоров и соглашений, в том числе и с государствами-участниками Содружества Независимых Государств и касаются не только понятия аварийности, но и качества дорожного движения в целом.

Среда дорожного движения включает две основные составляющие – материальную и организационно-управленческую. Материальная составляющая, или основа дорожного движения, – это транспортные средства и дороги (улицы) с их обустройством и техническими средствами регулирования. Организационно-управленческая составляющая – это структуры и методы управления и формируемые в основном организацией движения отношения между государственными структурами и участниками движения, а также отношения между самими участниками дорожного движения. Рассмотрим составляющие существующей в Республике Беларусь среды дорожного движения.

**Материальная составляющая среды дорожного движения. Транспортные средства.** За последние 20 лет количество транспортных средств в Республике Беларусь увеличилось в 4 раза и на 01.01.2017 г. составило более 3,5 млн ед. [11]. Средний возраст эксплуатируемых автомобилей – около 12 лет.

Имеются определенные проблемы с техническим состоянием автомобилей, укомплектованием действенными средствами пожаротушения, проведением технического осмотра и т.д. В целом готовность транспортных средств к дорожному движению оценивается как *удовлетворительная*.

**Дороги.** В Республике Беларусь протяженность автомобильных дорог общего пользования составляет около 86,9 тыс. км, в том числе республиканских – 15,9 тыс. км и местных – более 70,9 тыс. км [11].

Эффективность транспортно-коммуникационных связей с регионами страны, городами, с частями территории населенных пунктов, а также уровень доступности к местам приложения труда, отдыха и обслуживания населения определяются развитием системы транспортной инфраструктуры, где одно из ведущих мест занимает дорожная сеть.

Беларусь имеет достаточно развитую сеть автомобильных дорог, которая за последние 10 лет возросла более чем в 1,06 раза. Протяженность дорог общего пользования превысила 86 749 км (автомобильные дороги республиканского значения – 15 754 км, местного – 70 995 км).

Статистическая информация о дорогах общего пользования по типам дорожного покрытия и в разрезе регионов представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Данные по автомобильным дорогам общего пользования (на 01.01.2015)

	Общая протяженность дорог, всего, км	В том числе:						
		с твердым покрытием	по типам покрытия					грунтовые
			цементобетонные	асфальтобетонные	черные гравийные и черное шоссе	мостовые	гравийные и щебеночные	
Протяженность, всего:	86749	75105	1221	45750	1147	205	26782	11644
республиканские	15754	15754	384	15026	163	9	172	–
местные	70995	59351	837	30724	984	196	26610	11644
Всего, %	–	86,6	1,4	52,7	1,3	0,2	30,9	13,4
Брестская обл., всего:	10920	10560	196	6303	350	50	3661	360
республиканские	2489	2489	115	2261	87	7	19	–
местные	8431	8071	81	4042	263	43	3642	360
Витебская обл., всего:	17878	14724	77	7733	85	5	6824	3154
республика-нские	2968	2968	–	2879	5	2	82	–
местные	14910	11756	77	4854	80	3	6742	3154
Гомельская обл., всего:	12382	10759	201	7985	311	1	2261	1623
республиканские	2285	2285	143	2068	64	–	10	–
местные	10097	8474	58	5917	247	1	2251	1623
Гродненская обл., всего:	12817	11786	91	6421	249	100	4925	1031
республиканские	2203	2203	–	2185	–	–	18	–
местные	10614	9583	91	4236	249	100	4907	1031
Минская обл., всего:	19400	17343	467	10799	36	46	5995	2057
республиканские	3276	3276	81	3193	–	–	2	–
местные	16124	14067	386	7606	36	46	5993	2057
Могилевская обл., всего:	13352	9933	189	6509	116	3	3116	3419
республиканские	2533	2533	45	2440	7	–	41	–
местные	10819	7400	144	4069	109	3	3075	3419

Источник: Данные официальных отчетов Минтранса Минск, 2015.

В таблице 1.2 представлены более детальные данные о протяженности дорог и мостовых сооружений в Беларуси по состоянию на январь 2015 года.

Таблица 1.2 – Распределение протяженности автомобильных дорог общего пользования и сооружений на них (на 01.01.2015)

Протяженность, км:	Область					
	Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилевская
общая, дорог, всего:	10920	17878	12382	12817	19400	13352
– в том числе дорог с твердым покрытием:	10560	14724	10759	11786	17343	9933
– мостов в шт./пог.м.	614/ 22344	1215/ 32940	715/ 29945	694/ 21395	1256/ 45228	775/ 29383
республиканских дорог, всего:	2489	2968	2285	2203	3276	2533
– в том числе дорог с твердым покрытием:	2489	2968	2285	2203	3276	2533
– мостов в шт./пог.м.	423/ 16221	356/ 13961	281/ 18696	262/ 10429	561/ 24279	355/ 18061
местных дорог, всего:	8431	14910	10097	10614	16124	10819
– в том числе дорог с твердым покрытием:	8071	11756	8474	9583	14067	7400
– мостов в шт./пог.м.	191/ 6123	859/ 18979	434/ 11249	432/ 10966	695/ 20949	420/ 11322

*Источник:* Данные официальных отчетов Минтранса Минск, 2015.

Плотность автомобильных дорог общего пользования составляет 417,9 км на 1000 км<sup>2</sup> территории и является самой высокой среди стран СНГ, а по уровню развития дорожной сети Беларусь занимает также одно из первых мест среди стран СНГ.

Важным показателем развития транспортной инфраструктуры является обеспеченность автомобильными дорогами с твердым покрытием. В республике они составляют более 75 тыс. км, что равно 86,6 % протяженности автомобильных дорог общего пользования.

На автомобильных дорогах общего пользования эксплуатируется около 5,3 тыс. мостов и путепроводов протяженностью более 181 тыс. погонных метров и 98 тыс. водопропускных труб длиной 1 419 тыс. погонных метров.

Вопрос о расширении современной сети автомобильных дорог остается для Беларуси одним из актуальных, особенно с учетом ориентации на повышение конкурентоспособности экономики страны и ее регионов, и интеграции в мировую экономику. Так, необходимо развивать и совершенствовать сеть автомобильных, особенно местных дорог, в том числе увеличивать протяженность дорог цементно- или асфальтобетонным покрытием.

Часть дорог Беларуси входит в международные транспортные коридоры, которые играют важную роль не только для реализации транзитного потенциала страны, но и выступают одним из факторов конкурентных преимуществ регионов, находящихся в зоне их влияния (два трансъевропейских транспортных коридора, определенных по международной классификации под номером IX «Хельсинки-Санкт-Петербург/Москва-Киев-Кишинев» (Север–Юг) с ответвлением IХВ «Калининград/Клайпеда-Вильнюс-Минск-Киев-Кишинев», а под номером II «Берлин-Варшава-Минск-Москва-Нижний Новгород» (Запад–Восток) с протяженностью по территории республики в 610 км).

На участках трансъевропейских транспортных коридоров имеется обустроенная сеть *объектов придорожного сервиса* (мотели, гостиницы, кемпинги, станции технического обслуживания, объекты торговли и общественного питания, мойки и т.д.), которые играют значимую роль в развитии регионов с точки зрения создания новых рабочих мест, активизации предпринимательской деятельности и др.

В соответствии с Генеральной схемой развития придорожного сервиса на республиканских автодорогах постоянно ведется работа по созданию инфраструктуры придорожного сервиса с приоритетом объектов с наиболее полным набором услуг. Этому способствует ряд льгот: освобождение от земельного налога на земельные участки, предоставляемые для строительства; предоставление кредитов организациям и индивидуальным предпринимателям для строительства и реконструкции объектов придорожного сервиса и инженерной инфраструктуры к ним на срок до пяти лет льготным ставкам и др.

За последний период увеличение протяженности республиканских дорог достигалось в основном за счет строительства обходов городов. Так, к настоящему времени практически завершено строительство обхода Верхнедвинска, Баранович, Витебска, Гродно и Слонима. Для Беларуси характерна активная автомобилизация населения.

Автомобильные дороги в соответствии с классификацией подразделяются на скоростные, обычные и низшие, для которых установлены соответствующие технические требования и нормативно определен скоростной режим. В соответствии с ними на дорожные организации возлагаются обязанности по поддержанию дорог на должном эксплуатационном уровне и по проведению работ по повышению их эксплуатационных качеств.

В настоящее время актуальной являются задачи дальнейшего улучшения структуры самой сети, повышения категорий важнейших республиканских и местных автомобильных дорог, усовершенствования их инженерного обустройства с повышенной интенсивностью движения и развития объектов придорожного сервиса по всем существующим и перспективным международным транспортным маршрутам, а также на магистральных дорогах страны.

В аспекте человеческого развития необходимо учитывать, что автомобильные дороги являются объектом повышенной опасности, где по разным причинам происходят дорожно-транспортные аварии, приводящие к гибели и ранениям людей, значительным материальным и социальным потерям (рисунок 1.1).

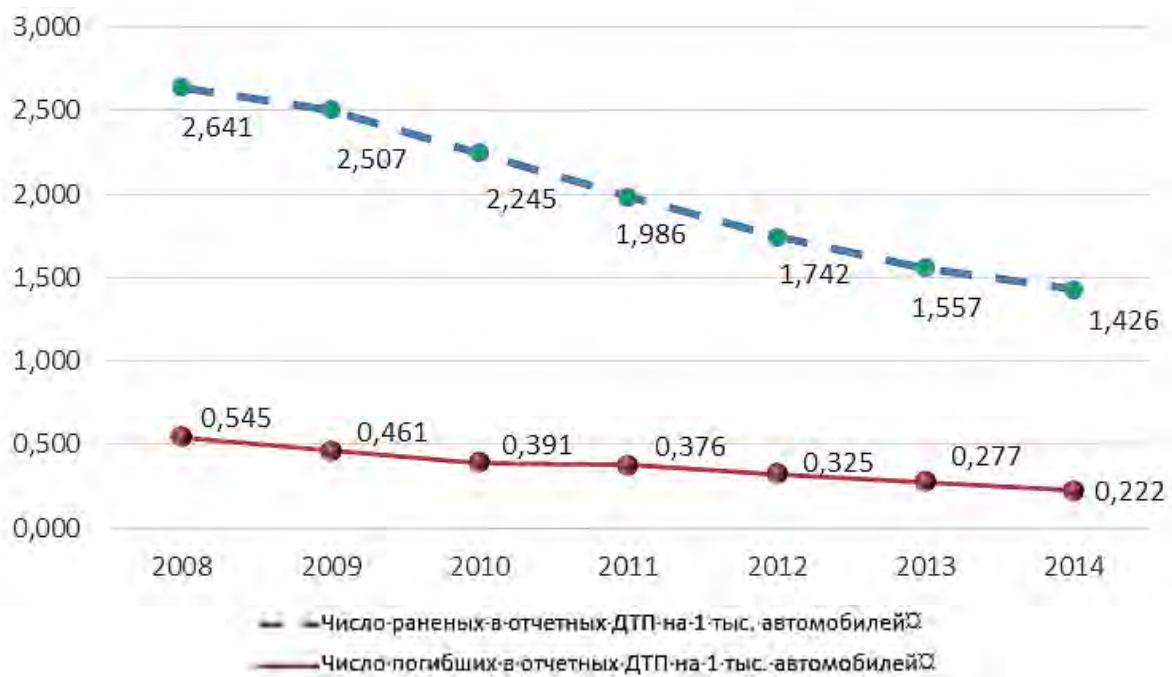


Рисунок 1.1 – Динамика относительных показателей аварийности в Беларуси (2008–2014 гг.): [8–11]

Для снижения числа аварий следует проводить системные мероприятия по повышению безопасности движения: повысить требования к квалификации экспертов, ответственных за прохождение государственной строительной экспертизы проектно-сметной документации по дорогам; внедрить в практику проектирования аудит безопасности дорожного движения; ориентация на минимизацию аварийных, экономических, экологических и социальных потерь. С июля 2012 года по февраль 2015 года введены в эксплуатацию и функционируют 200 датчиков контроля скорости (179 стационарных, 21 – мобильных) (инвестиционный договор между Беларусью и австрийской компанией «Avonside Holdings GmbH») [330].

Управление дорожной сетью в республике осуществляется по *территориально-отраслевому принципу*. В соответствии с Законом «Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности» функции управления республиканскими дорогами осуществляет Министерство транспорта и коммуникаций (Минтранс), в составе которого функционирует Главное управление автомобильных дорог (ГУАД). ГУАД организует и контролирует деятельность организаций государственного дорожного хозяйства, подчиненных Минтрансу. Республиканские автомобильные дороги закреплены на праве

хозяйственного ведения за 6 республиканскими унитарными предприятиями автомобильных дорог («автодорами»). Независимый технический надзор за работами на республиканской сети дорог осуществляет РУП «Белдорцентр».

На территориальном уровне ряд функций, связанных с развитием транспортной инфраструктуры, возложены на органы *местного управления и самоуправления*. В частности, *местные исполнительные и распорядительные органы*:

- осуществляют разработку и реализацию программ развития местных автомобильных дорог;

- распоряжаются в пределах своей компетенции средствами местных дорожных фондов и осуществляют контроль за их целевым использованием;

- руководят организациями государственного дорожного хозяйства, владеющими автомобильными дорогами и (или) иным имуществом, находящимися в коммунальной собственности;

- управляют дорожной деятельностью, связанной с автомобильными дорогами необщего пользования, выступают заказчиками научно-исследовательских и опытно-конструкторских, а также проектных и изыскательских работ, направленных на совершенствование и развитие транспортной инфраструктуры;

- утверждают схемы комплексной территориальной организации АТЕ (кроме областей); градостроительные проекты как специального планирования местного уровня, так и детального планирования. Это позволяет им напрямую влиять на развитие транспортной инфраструктуры, находящейся в их ведении;

- организуют общественное обсуждение на соответствующей территории вопросов планирования и застройки населенных пунктов, в том числе транспортной инфраструктуры.

*Территориальные подразделения архитектуры и градостроительства* являются структурными подразделениями местных исполнительных и распорядительных органов и:

- координируют работу научно-исследовательских, проектных, изыскательских и иных организаций по развитию транспортной инфраструктуры; рассматривают и согласовывают градостроительные, архитектурные и строительные проекты;

- организуют разработку схем комплексной территориальной организации АТЕ, генеральных планов городов и других населенных пунктов, градостроительных проектов специального планирования местного уровня и детального планирования и др.

Местные исполнительные и распорядительные органы могут принимать решения о проектировании и развитии (возведении, реконструкции) *местных дорог*. Кроме этого, на них наложены обязанности по содержанию и ремонту дорог в целях восстановления их эксплуатационных характеристик, обеспечения их сохранности, улучшения дорожного движения и повышения его безопасности. В ряде случаев, органы местной власти мо-

гут некоторые дороги, находящиеся в коммунальной собственности, закреплять за государственными предприятиями на праве хозяйственного ведения.

Такой подход к управлению в целом обеспечивает сочетание отраслевых и территориальных интересов. Наиболее уязвимыми местами в системе управления является, *во-первых, участие населения в принятии решений по размещению дорог, контролю за уровнем загрязнения окружающей среды от автомобильных выбросов; во-вторых, механизм финансирования дорожной инфраструктуры.*

Наиболее распространенным механизмом в мировой практике финансирования развития транспортной инфраструктуры является – механизм платы за пользование дорогами («Road pricing»).

Он основан на принципе «пользователь платит», что обеспечивает социально и экономически справедливый порядок распределения бремени расходов на дорожное хозяйство (транспортную инфраструктуру).

Зарубежный опыт демонстрирует несколько основных форм платы за пользование дорогами:

- плата, связанная с внешними полезными «эффектами» дорожной сети (принцип «интернализации позитивных экстерналий» дорожной сети);
- плата за непосредственное пользование дорогой (принцип «платит получающий преимущества»);
- дополнительные платежи на уровне локальных мероприятий по организации движения на городских и пригородных территориях, что выражается в организации на платной основе пропуска через искусственные сооружения и сдерживании доступа автомобилей в выделенные городские районы или рекреационные территории.

В зарубежных странах финансирование инфраструктуры происходит за счет общих доходов государственного бюджета, местных дорожных сборов, налогов, а также транспортных пошлин, взимаемых с проезжих дорожных транспортных средств транзитом. Дальнейшее развитие дорожной сети происходит по налогово-бюджетной схеме «Road Money» (за счет целевых дорожных налогов, заложенных в цену моторных топлив).

При организации зон платного доступа в центральную часть города обеспечивается снижение загрузки дорожной сети центра на 15–30%. Кроме того, средства за счет платного въезда (за вычетом расходов на эксплуатацию системы) направляются в бюджет города для улучшения работы маршрутного пассажирского транспорта.

В Беларуси базовым источником финансирования инфраструктуры является республиканский бюджет. Он включает следующие расходы:

- финансирование дорожного хозяйства (для реализации мероприятий Программы «Дороги Беларуси» на 2015–2019 [331]);
- погашение кредитов банков и выплата процентов по ним;

– оплата услуг по взиманию платы за проезд тяжеловесных и (или) крупногабаритных транспортных средств по автомобильным дорогам общего пользования;

– типовое проектирование, научная, научно-техническая и инновационная деятельность и расходы на финансирование ГУ «Белавтострада».

Некоторые объекты финансируются путем *кредитования (внешнего займа)*, обслуживание и погашение которых идет с привлечением республиканского бюджета.

В соответствии с Законом «О дорожных фондах в Республике Беларусь» формируется *республиканский дорожный фонд*, в который зачисляются следующие платежи:

– налоги на приобретение автотранспортных средств, подлежащих обязательной регистрации в ГАИ в размере 20 %, а по Минской области и г. Минску 30 % сумм отчислений;

– плата за проезд по автомобильным дорогам общего пользования Беларуси тяжеловесных и крупногабаритных транспортных средств;

– плата за проезд транспортных средств по платным дорогам и мостам;

– налог с продаж автомобильного топлива;

– капитальные безвозмездные поступления и прочие поступления (например, штрафы с нарушителей скоростного режима).

Республиканский бюджет, выделяемый на дорожное хозяйство, не учитывает средства *государственного целевого бюджетного фонда национального развития*, источниками которого являются часть прибыли отдельных высокорентабельных государственных предприятий, объединений и хозяйственных обществ с долей государственной собственности сверх части прибыли, перечисляемой в бюджет на общих основаниях, а также иные источники, не запрещенные законодательством.

Также в этот фонд поступает часть прибыли, полученной страховыми организациями от размещения страховых резервов и проведения обязательного страхования гражданской ответственности владельцев транспортных средств по договорам внутреннего и комплексного страхования, договорам страхования «Зеленая карта» (10 %) и по договорам пограничного страхования (30 %).

В настоящее время взят курс на диверсификацию и в качестве дополнительных источников финансирования может рассматриваться реализация следующих направлений.

1. Дальнейшая реализация *принципа платности дорог применительно к местной сети*. В Беларуси этот принцип применяется к дорогам международного значения.

2. Передача местных дорог *в ведение частных компаний*. Форма *государственного частного партнерства* позволяет распределить риски между государством и частной компанией. Использование ее в Беларуси позволило бы местным органам власти укрепить соответствующую финансо-



вую базу для формирования эффективной и устойчивой транспортной системы и качественной дорожной сети.

3. Привлечение средств *иностранных инвесторов* для реконструкции и строительства дорог. Известно, что в настоящее время используются открытые конкурсные торги. Поскольку крупные частные дорожно-строительные организации в республике отсутствуют, то между собой конкурируют, по сути, государственные предприятия (открытые акционерные общества, контрольный пакет акций которых принадлежит государству). Участие иностранных компаний в результате важно, в том числе в аспекте конкуренции.

4. Расширение местными властями *использования потенциала местных дорожных налогов и сборов*, размеры которых устанавливаются решениями Советов депутатов (оплата стоянок и взимание штрафов). В Минске и крупных городах Беларуси назрела необходимость введения «экологического» ограничения на въезд. В их числе следующие: чем ближе к центру города, тем более жесткие экологические требования к транспортным средствам; последовательное введение дифференцированной оплаты в зависимости от экологических требований; постоянное действие «экологических» ограничений; ужесточение требований к экологическому классу автомобиля.

Среди рекомендаций по совершенствованию развития дорожной сети в Беларуси на национальном и региональном уровнях можно предложить следующие:

1. *Совершенствование прогнозирования и стратегического планирования:*

– разработка «Дорожной карты» развития транспортной инфраструктуры и Программы «Дороги Беларуси» на долгосрочную перспективу (до 2020 и 2030 годов);

– разработка Законов «О транспортной безопасности Республики Беларусь» (до 2020 и 2030 годов) и «О дорожном транспорте»;

– включение в предлагаемые Стратегии устойчивого развития районов, регионов и городов блока «Дорожная (транспортная) инфраструктура».

2. *Инновационное и технологическое развитие транспортной инфраструктуры:*

– создание интеллектуальных систем на транспорте на базе автоматизированных систем управления дорожным движением и пассажирским транспортом;

– разработка комплекса мероприятий по интеграции в единую транспортную систему железнодорожного, автомобильного и воздушного транспорта на национальном и региональном уровнях;

– совершенствование подготовки профессиональных инженерных кадров в сфере проектирования, строительства и эксплуатации дорог;

– дальнейшее развитие сети местных автомобильных дорог;

– повышение технической вооруженности строительных и эксплуатационных дорожных организаций.

*3. Обеспечение экологических требований к развитию дорожной сети:*

– разработка комплекса мер по развитию велодвижения и организация сети велодорожек в рекреационных зонах городов и прилегающих к ним территориях, а также в населенных пунктах с различными удаленными объектами пользования;

– более широкое распространение практики ограничения въезда автомобилей в выделенные городские районы или рекреационные территории с целью уменьшения экологического загрязнения;

– использование мероприятий, упорядочивающих движение транспортных потоков в населенных пунктах для снижения экологической нагрузки.

*4. Повышение доступности и комфортности использования транспортной инфраструктуры для населения:*

– создание «безбарьерной среды» для людей с ограниченными возможностями;

– строительство подъездов с твердым покрытием ко всем сельским населенным пунктам;

– оптимизация размещения мест и режимов парковок, строительство перехватывающих стоянок в срединной и периферийной зонах города;

– обустройство и рациональное мест размещения остановочных пунктов маршрутных пассажирских транспортных средств;

– реорганизация радиальной структуры основных магистральных и местных дорог на подходах к городам в радиально-кольцевую;

– разработка мероприятий по совершенствованию совместного развития метро и городских (пригородных) железнодорожных линий.

*5. Совершенствование транспортного обслуживания населения регионов:*

– обслуживание сельского населения транспортом общего пользования при дальности пешеходных подходов к остановочным пунктам автобуса не более 2 километров или путем организации оперативных маршрутов микроавтобусов «по заказу»;

– оптимизация систем маршрутного пассажирского транспорта и организации движения;

– развитие и повышение привлекательности наземного маршрутного пассажирского транспорта;

– использование пригородного железнодорожного транспорта для внутригородских поездок населения в Минске и областных центрах республики;

*6. Обеспечение безопасности дорожного движения в населенных пунктах:*

– разработка КСОД (комплексной схемы организации движения) для г. Минска и других крупных городов страны;

- организация пешеходных зон и улиц в центрах поселений и в местах сосредоточения объектов массового (активного) тяготения населения;
- внедрение в практику проектирования аудита безопасности дорожного движения;
- улучшение условий видимости и организация искусственного освещения опасных участков дорог;
- внедрение новых методов контроля скоростного режима транспортных потоков, основанных на использовании современных средств телекоммуникации;
- совершенствование условий движения в местах конфликтного взаимодействия транспортных потоков между собой и транспортных и пешеходных потоков;

*7. Совершенствование механизма финансирования:*

- диверсификация источников финансирования дорожной инфраструктуры, включая средства иностранных и частных инвесторов на основе ГЧП;
- расширение практики платности дорог, в том числе применительно к местным дорогам;
- совершенствование дифференцированных подходов к применению налогов и сборов за пользование дорогами и транспортными средствами;
- регулирование местных дорожных налогов и сборов (оплата стоянок, взимание штрафов).

Существуют проблемы с конструктивной безопасностью и состоянием покрытия части дорог, особенно низших категорий. На республиканских дорогах в 2013 году имелось 335 мест концентрации аварий (очагов аварийности) общей протяженностью 307,493 км, а на местных – 56 очагов аварийности общей протяженностью 45,8 км. Наблюдается отставание в плановой ликвидации очагов аварийности, в строительстве обходов городов и населенных пунктов, уличных и внеуличных стоянок, пешеходных переходов и велодорожек [13–15].

Существуют недостатки в зимнем содержании улиц и дорог, особенно в оперативности и применении высокопроизводительной техники. Ремонтные работы часто проводятся недостаточно быстро, а при их планировании и проведении практически не учитываются потери в дорожном движении из-за временного ухудшения условий движения. Тем не менее, готовность дорог к дорожному движению сегодня оценивается как *удовлетворительная*.

**Технические средства регулирования** [16, 17]. *Дорожные знаки*. Из-за большого количества (свыше 300) и сложной классификации дорожных знаков возникает трудность с их восприятием. К проблемам можно отнести отсутствие одних знаков, например, «Координированное движение», «Предписываемая скорость», и избыток других знаков или неудачное использование цветового фона, например, номер дороги на красном фоне.

*Дорожная разметка*. Имеются проблемы, связанные с отсутствием разметки или ее быстрым изнашиванием. Практически не применяется

разметка со световозвращением, что особенно важно в темное время суток. Имеется необходимость в разработке новых видов разметки, например, «Координированное движение».

**Светофоры** также нуждаются в совершенствовании. Во-первых, ламповые светофоры должны быть заменены светодиодными, обладающими лучшими характеристиками. Во-вторых, есть проблема в обозначении переходного интервала для пешеходов [16], решение которой с помощью зеленого мигающего сигнала не совсем удачно, поскольку этот сигнал имеет два различающихся значения:

- предстоящее (за 3 с) окончание горения зеленого сигнала;
- пешеходный переходной интервал.

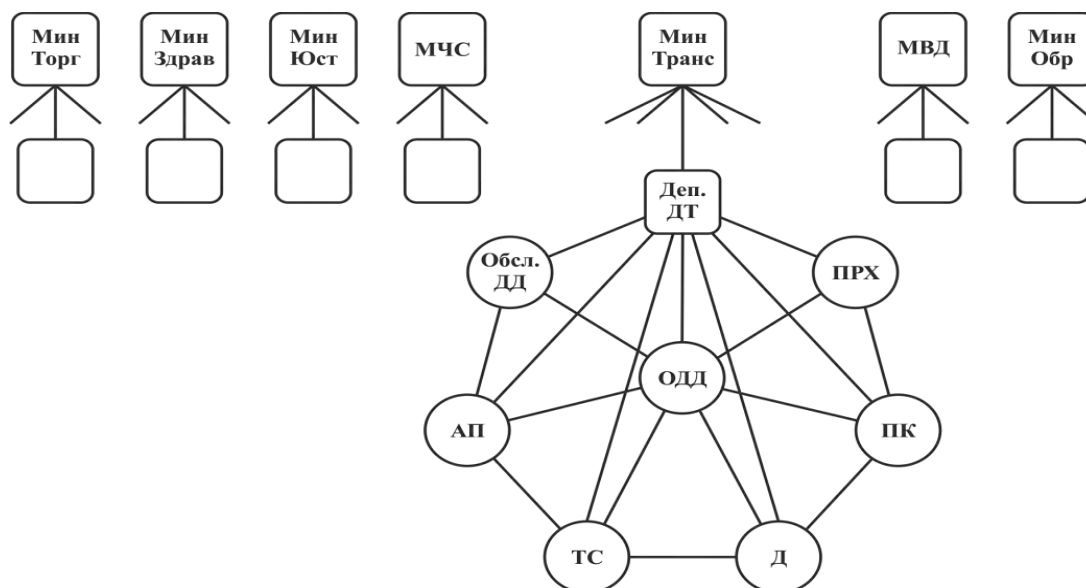
Необходимо информировать водителей о запрещении движения в направлении поворотной стрелки дополнительной секции светофора. Имеется потребность в предупреждении (за 3 с) водителей о включении зеленого сигнала на дополнительной секции светофора, в более раннем предупреждении о смене красного сигнала светофора при координации. Необходимо использовать различные формы сигнала, в том числе проблесковый и перемигивающий, а все многообразие сигналов и их комбинаций следует выстроить в жесткую и логичную систему, понятную всем участникам движения. Следует отметить, что при имеющихся недостатках готовность технических средств регулирования к дорожному движению сегодня оценивается как *удовлетворительная*.

Таким образом, материальная составляющая среды дорожного движения в Республике Беларусь оценивается сегодня как *удовлетворительная*.

**Организационно-управленческая составляющая среды дорожного движения. Управление системой дорожного транспорта.** В системе *дорожного транспорта*, оценочная стоимость которой превышает 100 млрд долл., а ежегодные потери только в дорожном движении – 6 млрд долл., отсутствуют собственные структуры управления. Часть управленческих функций выполняет Министерство транспорта и коммуникаций, часть – МВД, часть – другие ведомства и исполнительные органы. Необходимо создать собственные структуры управления системой дорожного транспорта. Один из возможных вариантов такой структуры показан на рисунке 1.2. В рамках Министерства транспорта и коммуникаций, наряду с департаментами других видов транспорта, создается департамент дорожного транспорта, которому переданы функции управления системой и взаимодействия с другими системами транспортной отрасли. В структуре этого департамента создается, среди прочих, управление организацией дорожного движения, в котором могут быть отделы регулирования, исследования, безопасности и др.

Передав департаменту дорожного транспорта необходимые полномочия и возложив на него соответствующую ответственность, можно ожидать положительных результатов, как в функционировании самой системы дорожного транспорта, так и во взаимодействии ее с другими системами, в

первую очередь внутри транспортной отрасли. В процессе становления структур желательна действенная помощь со стороны Комиссии по безопасности дорожного движения.



– субъекты управления; – объекты управления;

Деп. ДТ – департамент дорожного транспорта; Обсл. ДД – обслуживание дорожного движения; АП – автомобильные перевозки; ТС – транспортные средства; Д – дороги; ПК – подготовка кадров; ПРХ – правоохрана; ОДД – организация дорожного движения

Рисунок 1.2 – Схема предлагаемой структуры управления системой дорожного транспорта

Подсистема *организации дорожного движения* также не имеет своей структуры управления. Поэтому сегодня ее функции рассредоточены среди многих ведомств и организаций, которые не несут ответственность за качество дорожного движения и не имеют для этого ни материально-финансовых, ни научно-технических и кадровых возможностей.

К самым опасным для участников движения авариям в Республике Беларусь относятся столкновения транспортных средств и аварии с участием пешехода (наезды на пешехода) (более 73 % общего числа аварий с пострадавшими). На нерегулируемых пешеходных переходах происходит около 30 % аварий, на регулируемых перекрестках – 14 %. При этом доля погибших на этих объектах составляет, соответственно около 21 % и 7 %, раненных – 16 и 27 % от общего числа пострадавших в происшествиях.

Сегодня возникают трудности в информировании о предполагаемой тяжести последствий; в оперативности и согласованности прибытия на место аварии различных служб; в оперативности и качестве оформления первичных документов и в расследовании аварий; в готовности к оказанию первой медицинской (доврачебной) помощи пострадавшим в происшествии со стороны населения, водителей, персонала служб МВД и работников придо-

рожного сервиса. Практически отсутствуют консалтинговые организации для оказания участникам аварий консультативной помощи юридического и автотехнического характера. Недостаточна дорожно-транспортная подготовка судей, сотрудников следствия и прокуратуры, ведущих дела по авариям.

Отсутствуют структуры, призванные минимизировать экологическую, экономическую и социальную опасности (степень опасности их меньше, чем аварийности, но масштабы потерь от них на порядок превышают потери от аварийности). Оценки распределения потерь по видам таковы: экономические – 69 %, экологические – 23 %, аварийные – 8 %. Это распределение несколько отличается: в городе – 68 % : 25 % : 7 % и на загородных дорогах – 76 % : 12 % : 12 %.

В целом управление системой дорожного транспорта и подсистемой организации дорожного движения сегодня следует признать *неудовлетворительным*.

**Организация дорожного движения.** Организация дорожного движения – деятельность по формированию заданных характеристик дорожного движения, включающая управление движением и непосредственное воздействие на условия движения. *Роль организации дорожного движения* постоянно увеличивается по мере роста автомобилизации [2, 17–19]. Уже сегодня при достигнутом уровне насыщения автомобилями (более 320 авт. на 1000 жителей) недостатки в организации движения стали источником примерно половины всех потерь в дорожном движении (в том числе в городах – до 75 %). Даже незначительные недостатки из-за огромных масштабов движения приводят к большим потерям.

Дорожный транспорт представляет собой большую и сложную социально-производственную систему, которая включает дороги, транспортные средства, организацию и обслуживание дорожного движения, правоохрану, подготовку кадров, и др. В дорожном движении непосредственно производится очень необходимая, важная и выгодная – от порога до порога – транспортная услуга. Поскольку транспортная услуга предоставляется непосредственно в дорожном движении, то основной задачей является повышение его качественных показателей, определяемых совокупностью основных свойств, таких как безопасность, экологичность, экономичность и социологичность. Именно качество этой услуги в значительной мере зависит от качества дорожного движения, которое в заданных условиях является компетенцией организации дорожного движения и определяется совокупностью свойств, перечисленных в Приложении Л.

Все перечисленные свойства в той или иной степени определяют качество дорожного движения, однако принято считать «основными» свойствами первые четыре – экономичность, экологичность, аварийность (безопасность) и социологичность. Оказалось, что с помощью основных свойств можно с приемлемой точностью оценить качество остальных свойств, следовательно, и совокупное качество дорожного движения.

Сегодня имеется целый ряд принципиальных недостатков, которые требуют немедленного устранения.

**Несоответствующая идеология** управления. Целью управления дорожным движением, является безопасность участников движения, оцениваемая только количеством аварий с пострадавшими. Аварии без пострадавших (которых более 90 %), а также экономические, экологические и социальные аспекты, практически, не учитываются в управлении. Следовательно, цель управления дорожным движением – его качество, куда кроме безопасности входит еще экологичность, экономичность и социологичность, не может быть достигнута принципиально. Постановка ложных целей, не соответствующих назначению и закономерностям дорожного движения, приводит к несбалансированному управлению, которое является основным источником потерь.

**Несовершенная нормативная база дорожного движения.** Несоответствующая идеология и ряд других причин привели к тому, что в управлении дорожным движением сегодня отсутствует современная нормативная база. За рубежом для специалистов по организации движения имеется основополагающий норматив – «Руководство по регулированию дорожного движения», – которым они обязаны пользоваться в пределах всей страны. В Республике Беларусь имеются лишь технические нормативы, однако нет методических нормативов – какие цели преследовать, каким способом их добиваться, как принимать оптимальные решения, какими методиками руководствоваться и др.

К недостаткам в нормативной иерархии можно также отнести отсутствие закона о дорожном транспорте. Существующие нормативы [20, 21 и др.] часто ориентированы на неверные установки и нередко противоречат друг другу.

**Развитие прикладной науки** сделало возможным выявление ее основных подотраслей, таких как безопасность, экономика, экология и социология дорожного движения. Однако отсутствуют действенные методики прогнозирования издержек процесса движения, без которых невозможен выбор оптимальных решений по организации движения. Даже не установлены многие зависимости аварийности от различных факторов в условиях Республики Беларусь, что вынуждает пользоваться российскими, западноевропейскими, американскими или японскими данными, которые не учитывают особенности нашей страны.

**Контроль в дорожном движении** является важнейшей и неотъемлемой частью управления. Поскольку дорожное движение объединяет две области управления – технологическим процессом движения и деятельностью людей, то задачи контроля здесь сложные и специфические. Кроме выполнения главной задачи – контроль за режимом движения (и стоянки), необходим еще контроль за соблюдением нормативов; состоянием участников движения, транспортных средств, документации, технических средств регулирования, дорожных условий; работой АСУ дорожным дви-

жением, маршрутного пассажирского транспорта, обслуживающих организаций и т.д.

Основные функции контроля в дорожном движении выполняет *государственный орган – ГАИ МВД Республики Беларусь*, а некоторые функции – *ведомственные* контрольные службы.

Основная функция *ГАИ* – контроль за режимом движения и стоянки. Сегодняшний контроль за движением недостаточно эффективен по двум основным группам причин: 1) объективная – связанная со *спецификой дорожного движения* – чрезвычайная массовость объектов, их распределение по всей улично-дорожной сети страны и фактическая непрерывность движения; 2) субъективная – связанная с несовершенной нормативной базой процесса движения, ограничительно-запретительной направленностью управления, отсутствием соответствующих технических средств и автоматизированных систем контроля и т.д.

*Ведомственный контроль* имеет типовой недостаток – он в большей мере направлен на защиту интересов ведомства и поэтому не всегда объективен.

Сегодня в дорожном движении абсолютно не используется один из самых эффективных видов контроля – *общественный*. Участники движения заинтересованы в наведении порядка на улицах и дорогах, поэтому необходимо использовать этот огромный потенциал, как это делается во многих странах.

***Правила дорожного движения*** [22, 23]. Правила являются нормативом прямого действия и предназначены в первую очередь для участников движения. Поэтому над ними необходимо постоянно работать с привлечением самых компетентных специалистов и широкой общественности. Как результат, Правила должны быть стабильными, безупречными по сущности и юридически выверенными. Недостатками действующих Правил являются громоздкость и отсутствие четкой системы изложения, что требует больше заучивания, чем осмысления. Они безадресны, поэтому необходимо издание отдельных пособий для пешеходов, велосипедистов и водителей с включением необходимого материала об аварийности, помощи пострадавшим и ответственности. Что касается водителей, то кроме Правил необходимо по доступной цене издавать и сборник, включающий Правила, извлечения из интересующих технических и правовых нормативов, рекомендации по безопасности движения, оказанию первой медицинской помощи и т.д. [1].

В целом уровень организации дорожного движения сегодня оценивается как *неудовлетворительный*.

**Обслуживание дорожного движения.** Под термином «обслуживание» понимается «вспомогательная» деятельность, которая способствует успешному функционированию дорожного движения [1]. В эту деятельность входят мониторинг, страхование, специализированная медицинская и техническая помощь на месте аварии, оформление документов по аварии-



ям, экспертиза аварии, правовая и иная помощь участникам аварий, а также различные виды оперативного, технического, информационного, торгово-бытового и другого обслуживания участников движения непосредственно на дороге.

**Мониторинг в дорожном движении** на постоянной основе в Республике Беларусь не проводится.

**Страхование в дорожном движении** развивается быстрыми темпами [24–27]. Однако, уровень страховых взносов и страхового возмещения, особенно в случаях гибели участников или ранений, повлекших инвалидность, а также уровень и дифференциация страховых взносов явно недостаточны и не играют заметной роли в формировании мотивации участников движения. В мировой практике страховые компании являются одними из ведущих инициаторов и спонсоров научно-исследовательских, организационно-технических и других мероприятий, целью которых является повышение безопасности дорожного движения, что выгодно и компаниям, и обществу. К сожалению, отечественные страховые компании еще не вышли на такой уровень.

**Экспертиза аварий** выполняется только в одном ведомстве – Государственном комитете судебных экспертиз Республики Беларусь [28, 29]. Сегодня независимая экспертиза и независимый контроль за качеством отдельных экспертных заключений практически отсутствуют. Также не решены многие методические вопросы, например, момент возникновения опасности при пересекающей траекторию движения движущемуся препятствию, определение понятия «вынуждает» и др. Имеются вопросы с назначением или не назначением экспертизы, которое в значительной мере зависит от мнения следователя. Качество экспертизы часто страдает от неаккуратного оформления документов по авариям, недостатка исходных данных и т.д. Практически не проводятся научно-исследовательские и информационно-статистические работы по экспертной тематике, что приводит к постепенному отставанию от современных требований.

**Минимизация тяжести последствий** – это деятельность, направленная на снижение потерь от любых видов опасности, в первую очередь от аварийности. Сегодня возникают трудности в информировании о предполагаемой тяжести последствий; в оперативности и согласованности прибытия на место аварии служб МВД, МЧС и Министерства здравоохранения; в оперативности и качестве оформления первичных документов и в расследовании аварий; в готовности к оказанию первой медицинской (доврачебной) помощи пострадавшим в аварии со стороны населения, водителей, персонала служб МВД, МЧС и работников придорожного сервиса. Практически отсутствуют консалтинговые организации для оказания участникам аварий консультативной помощи юридического и автотехнического характера. Недостаточна дорожно-транспортная подготовка судей, сотрудников следствия и прокуратуры, ведущих дела по авариям. Отсутствуют структуры, призванные минимизировать экологическую, экономи-

ческую и социальную опасности (степень опасности их меньше, чем аварийности, но масштабы потерь от них на порядок превышают потери от аварийности (соотношение аварийных, экологических и экономических потерь, примерно, таково – 10:20:70 [2, с. 240])).

*Придорожный сервис* также развивается по мере роста автомобилизации.

Необходимо отметить, что сегодня обслуживание дорожного движения в Республике Беларусь находится еще на стадии становления и пока *не может быть оценено как удовлетворительное*.

Таким образом, при *удовлетворительной* материальной составляющей организационно-управленческая составляющая сегодняшней среды дорожного движения в Республике Беларусь в целом оценивается как *неудовлетворительная*.

## 1.2. Аварийность в дорожном движении

*Аварийность* – свойство дорожного движения, характеризующее наличие угрозы аварий. Это одна из самых трагичных издержек процесса дорожного движения. Существует несколько отличающихся определений аварии [2, 30–33]. В рассматриваемом контексте *авария* – это такое нарушение нормального процесса дорожного движения с участием движущегося механического транспортного средства, которое привело к физическим повреждениям транспортных средств, грузов, дороги, обустройства и технических средств регулирования, крупных животных или людей. В Республике Беларусь на смертность в результате дорожно-транспортной аварийности приходится 10–12 % от числа всех случаев смерти от внешних причин (травм, отравлений и других несчастных случаев) [332].

В советской и постсоветской литературе для обозначения аварии в дорожном движении широко применялся и применяется предложенный В. В. Лукьяновым термин «дорожно-транспортное происшествие» (ДТП) [34]. Общеизвестен термин «авария» – железнодорожная, морская, воздушная. В каждой из них участвует соответствующий вид транспорта. В зарубежной литературе используется термин «авария» – *accident*. В общем случае предлагается применять термин «*дорожная авария*», а в контексте дорожного движения – «авария» – именно этот термин все чаще применяется в специальной отечественной и зарубежной литературе [2, 35–37 и др.] и принят в работе.

Ирландская женщина-ученый Мэри Уорд погибла под колесами экспериментального парового автомобиля, построенного ее двоюродными братьями, 31 августа 1869 года. Считается, что это первая в истории жертва дорожно-транспортной аварии [333].

## Статистика ДТП, относительных показателей аварийности и уровня автомобилизации

Страна	Число жителей <sup>1</sup> (тыс. чел.)	ДТП	Погибло	Ранено	Тяжесть последствий <sup>2</sup>	Риск общего травматизма <sup>3</sup> в ДТП	Риск смертельного травматизма <sup>4</sup> в ДТП	Кол-во ДТП на 100 тысяч жителей	Кол-во погибших на 100 тысяч жителей	Кол-во пострадавших на 100 тысяч жителей	Число ДТП на 10 тысяч автомобилей <sup>5</sup>	Количество погибших на 10 тысяч автомобилей	Количество автомобилей на 1 тысячу жителей <sup>6</sup>
Австрия	8 430	38 502	455	48 044	0,9	126,0	1,2	456,7	5,4	575,3	76,9	0,9	594,3
Республика Беларусь	9 481	4 550	757	4 854	13,5	123,3	16,6	48,0	8,0	59,2	11,9	2,0	401,9
Великобритания	63 696	138 660	1 713	181 957	0,9	132,5	1,2	217,7	2,7	288,4	38,8	0,5	561,4
Германия	80 426	302 039	3 368	389 020	0,9	129,9	1,1	375,5	4,2	487,9	64,9	0,7	578,6
Латвия	2 034	3 728	212	4 603	4,4	129,2	5,7	183,3	10,4	236,7	53,3	3,0	343,7
Литва	2 988	3 325	265	3 889	6,4	124,9	8,0	111,3	8,9	139,0	17,5	1,4	637,6
Норвегия	5 019	6 154	187	6 842	2,7	114,2	3,0	122,6	3,7	140,0	20,5	0,6	598,5
Польша	38 536	34 970	3 202	42 545	7,0	130,8	9,2	90,7	8,3	118,7	15,8	1,4	575,4
Российская Федерация	143 178	199 720	26 963	251 785	9,7	139,6	13,5	139,5	18,8	194,7	44,0	5,9	317,0
США	313 874	1 572 000	35 200	3 800 000	0,9	244,0	2,2	500,8	11,2	1 221,9	62,5	1,4	801,3
Финляндия	5 414	5 334	258	6 681	3,7	130,1	4,8	98,5	4,8	128,2	15,0	0,7	658,8
Чешская Республика	10 511	20 600	581	20 504	2,8	102,4	2,8	196,0	5,5	200,6	38,1	1,1	514,2
Эстония	1 325	1 435	78	1 746	4,3	127,1	5,4	108,3	5,9	137,7	20,7	1,1	523,8

<sup>1</sup> За 2013 год, согласно данных статистики ДТП в Европе и США, по Республике Беларусь, Украине и Российской Федерации данные за 2014 год. <http://www.countrymeters.info.ru/> (население) на 01.01.2014 г.

<sup>2</sup> Тяжесть последствий – количество погибших в расчете на 100 пострадавших.

<sup>3</sup> Риск общего травматизма – количество пострадавших на 100 ДТП.

<sup>4</sup> Риск смертельного травматизма – количество пострадавших на 100 ДТП.

<sup>5, 6</sup> <http://www.autostat.ru/> исследования «Автостата», основаны на данных OICA, World Bank и собственной базе агентства.

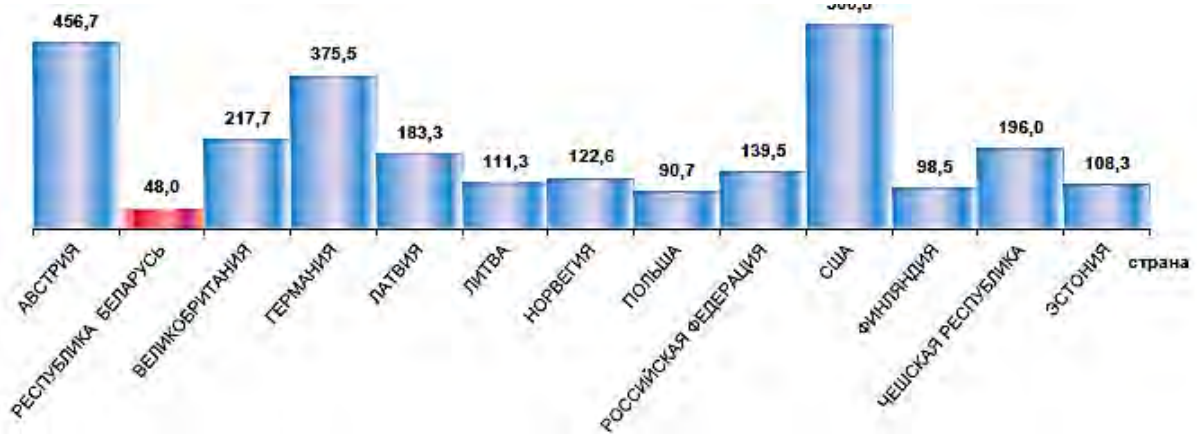


Рисунок 1.3 – Количество аварий с пострадавшими на 100 тыс. жителей



Рисунок 1.4 – Количество аварий с пострадавшими на 1 тыс. автомобилей

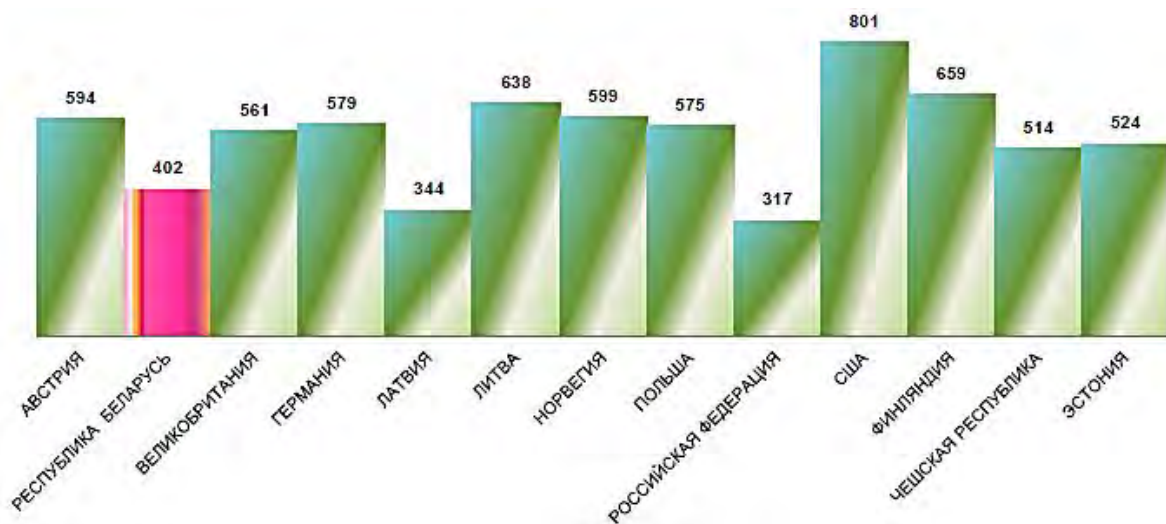


Рисунок 1.5 – Количество автомобилей на 1 тыс. жителей

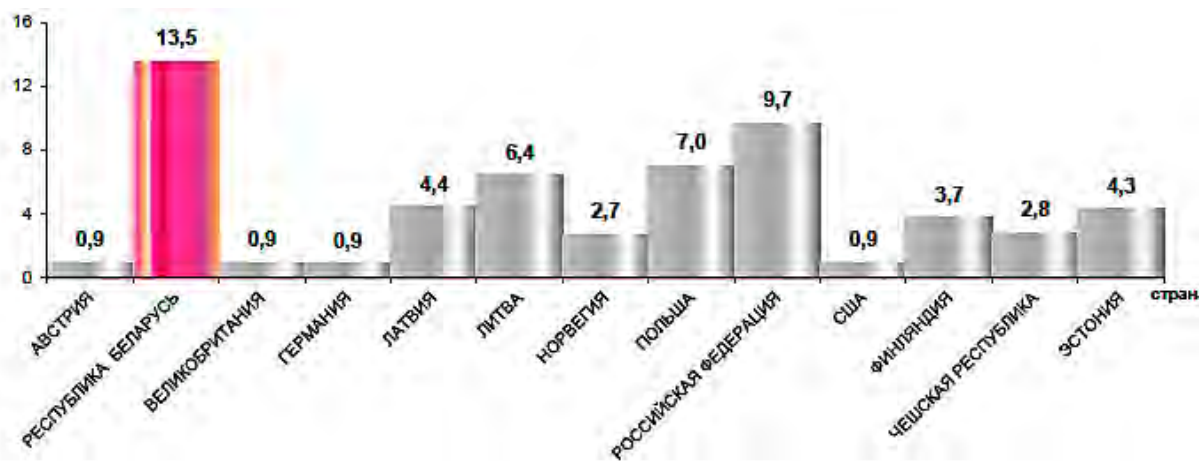


Рисунок 1.6 – Тяжесть последствий в «отчетных» авариях

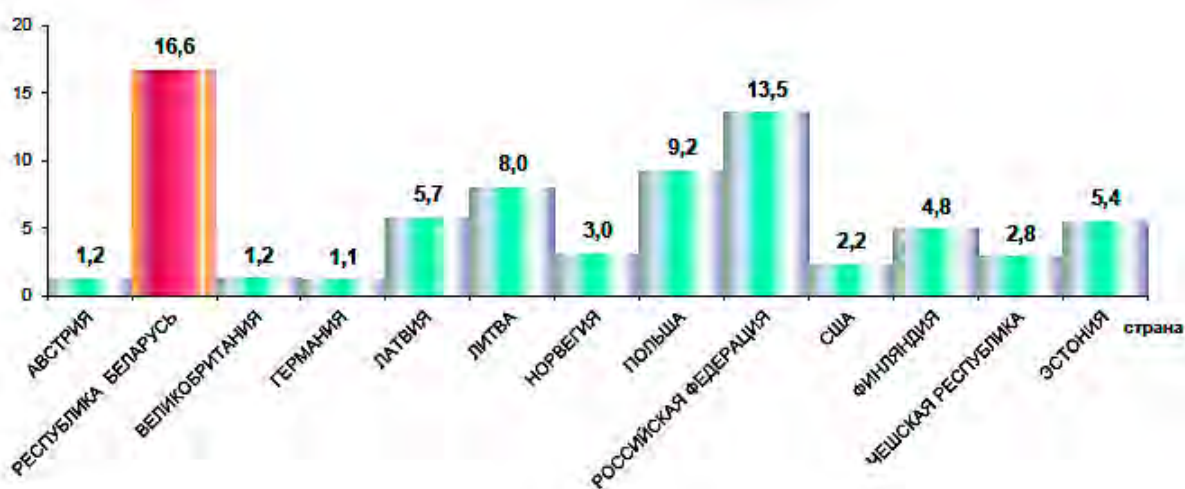


Рисунок 1.7 – Риск смертельного травматизма в «отчетных» авариях

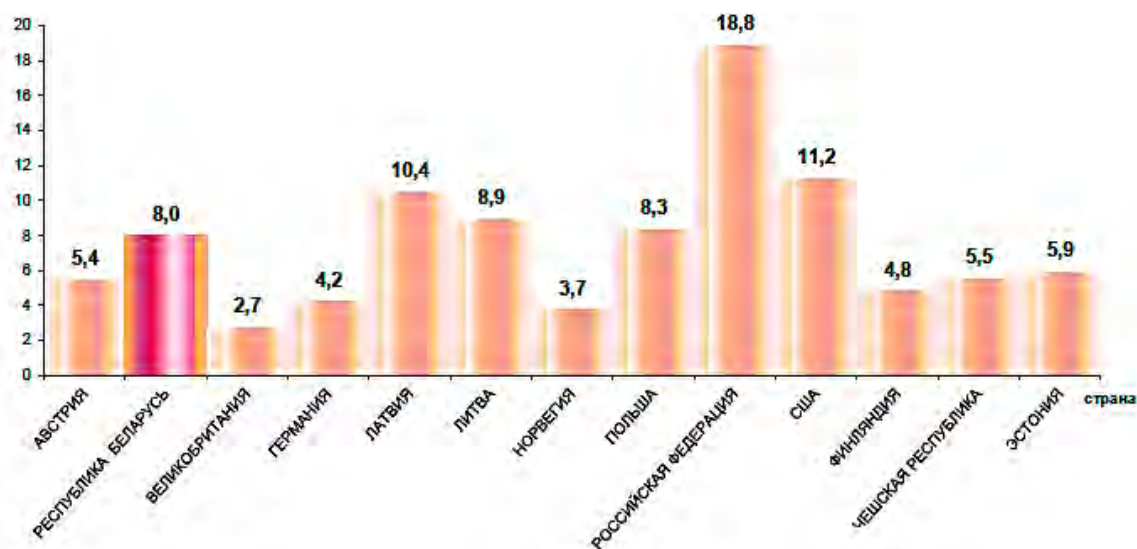


Рисунок 1.8 – Число погибших в авариях на 100 тыс. жителей

**В странах Евросоюза** растущая автомобилизация не стала основной причиной увеличения смертности. По данным Road Safety Observatory, количество дорожной смертности в странах IRTAD было в 2012 году на 1,9 % ниже, чем в 2011 (с учетом пробега автомобилей). Этому способствуют надежные стратегии безопасности дорожного движения с четко определенными и целенаправленными мерами. Контроль качества дорожного движения осуществляется по направлениям показателей скорости, использования ремней безопасности, трезвости с учетом требований главных программных документов, которыми являются Европейская система оценки качества дорог EuroRAP и программа EuroNCAP для автомобилей. Тем не менее, ежегодно в мире погибает более 1 млн. человек и около 50 млн человек получают ранения и травмы различной тяжести.

Мировой экономический ущерб от аварийности составляет более 520 млрд. долларов США. Совокупные аварийные потери оцениваются около 2 % от ВВП в странах с высоким уровнем доходов. Например, в США аварийные потери достигают около 230 млрд. долларов или 2,3 % объема ВВП, в странах Евросоюза – более 200 млрд. долларов, а в странах СНГ – около 10 млрд. долларов США.

Ежегодно развитые страны мира выделяют огромные средства на развитие и создание безопасных дорог и безопасности в целом. США ежегодно на эти цели инвестирует более 110 млрд. долларов, Япония – около 110 млрд. долларов, Германия – около 70 млрд. долларов, Россия – около 7 млрд. долларов, Беларусь – около 0,5 млрд. долларов США. Однако аспект аварийности не единственный. Так, доля транспортных издержек в стоимости продукции промышленного комплекса составляет не менее 12 %, строительства – 30 %, сельского хозяйства – 40 %, торговли – 50 %. В развитых странах мира эта доля значений находится в пределах 10 %, в нашей стране – 33–35 %, что в три раза выше среднеевропейской. Из-за некачественных, небезопасных дорог сроки службы автомобильного транспорта нашей страны на 15–20 % ниже, чем в США и странах Западной Европы, в то время как межремонтные сроки в 1,5–2 раза короче, расход горючесмазочных материалов в 1,5 раза больше, стоимость обслуживания автомобилей в 2–3 раза выше... [334].

Широкое распространение получили программы по созданию безопасных транспортных средств, безопасных («прощающей» человеческие ошибки дорожной инфраструктуры) дорог, безопасной перевозке грузов, подробных расследований аварий, применения «алкозамков», фото(видео)радаров, охраны труда, расширения сферы сотрудничества и др.

В развитие этих и других направлений по обеспечению транспортной безопасности в странах Евросоюза внесены соответствующие изменения в законодательство и намечен комплекс конкретных мер по их адаптации к новым формам и методам организации работы транспортного комплекса.

Страны Евросоюза динамично осуществляют специальные мероприятия по обеспечению защиты автомобильных дорог от актов незаконного вмешательства и терроризма посредством создания средств или технологий по их охране, что позволяет обеспечивать контроль за состоянием транспортной безопасности на всех действующих магистралях и инженерных сооружениях. При этом специальные технические средства не только соответствуют параметрам эффективности, но и способны адекватно сочетаться с элементами аварийно-спасательных служб и поведением участников движения.

Использование современных систем видеонаблюдения позволяет постоянно контролировать дорожное движение и при необходимости принимать своевременные меры по обеспечению безопасности, в автоматическом режиме идентифицировать и отслеживать поведение водителей и состояние транспортных средств, в случае возникновения нештатных или аварийных ситуаций оперативно принимать меры по их устранению.

Проблемы, связанные с возможными террористическими актами на объектах транспортной инфраструктуры, отнесены к компетенции полиции и специальных служб.

Как правило, контроль за реализацией положений транспортной безопасности со стороны полиции и других государственных органов носит предупредительный характер, направленный, в первую очередь, на устранение вероятности возникновения инцидентов на объектах транспортной инфраструктуры.

Масштабы мероприятий по повышению уровня транспортной безопасности определяются исходя из наличия финансовых средств, которые выделены и экономически оправданы. Поэтому в разработанных программах предусматривается максимально рациональное использование всех видов ресурсов и выбор наиболее эффективных мер по снижению уровня аварийности. При этом под «эффективностью» понимается либо отношение расходов к выгоде, которая представляет собой объем сэкономленных за счет предотвращения аварий средств, либо число спасенных людей или количество сокращенных аварий на единицу денежных расходов, выделенных на обеспечение транспортной безопасности.

Кроме того, в отраслях, прямо или косвенно занятых в системе транспортной безопасности, действуют стандарты безопасности дорожно-транспортной системы, определяющие нормы или критерии, в рамках которых осуществляется выпуск дорожных конструкций, изделий и строительство дорог в целом.

В **Германии** основой реализации процессов обеспечения транспортной безопасности является транспортная политика, которая определяется целым комплексом общегосударственных документов, включающих концепцию развития транспортной сферы, а также стратегические планы (до 10 лет), тактические (5 лет), оперативные (до 1 года) и национальные планы развития отдельных отраслей экономики и транспортной инфраструк-

туры. Некоторые положения плана развития транспортной инфраструктуры детализируются отдельными подпрограммами для разных видов транспортной деятельности. Каждые их содержание обновляется и детализируется в соответствии с происходящими радикальными изменениями в европейской транспортной политике, экологической сфере и требованиями к транспортно-логистическим системам.

В США основным документом, определяющим направления транспортной безопасности, является долгосрочная концепция развития, в которой сформулирована миссия Департамента транспорта США, аккумулирующая в своем содержании принцип «служить своей стране», включающий:

- обеспечение охраны здоровья, особенно в части отрицательного воздействия транспорта, как источника повреждений различной степени тяжести;
- формирование доступной, комфортной, надежной транспортной системы для перемещения людей, товаров, охватывающей все штаты,
- направленность действий которой обеспечивает безопасность, способствует экономическому росту США;
- защита окружающей среды в части уменьшения ущерба от воздействия транспорта.

С этой целью разработан стратегический план по обеспечению транспортной безопасности, который ежегодно уточняется.

В Японии действующая в настоящее время программа безопасности дорожного движения входит в общую Программу мероприятий по обеспечению безопасности транспорта.

В Российской Федерации вопросы безопасности регулируют:

Федеральный закон от 10.12.1995 № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения» определяет правовые основы обеспечения безопасности дорожного движения на территории Российской Федерации.

Федеральный Закон от 09 февраля 2007 года № ФЗ-16 «О транспортной безопасности» с изменениями, внесенными Федеральным законом от 3 февраля 2014 г. № 15-ФЗ регламентирует вопросы государственной политики в сфере транспортной безопасности в системе экономических отношений, направленных на обеспечение устойчивого и безопасного функционирования транспортного комплекса, защиту интересов личности, общества и государства в сфере транспортного комплекса от актов незаконного вмешательства.

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 31 марта 2010 г. № 403 «О создании комплексной системы обеспечения безопасности населения на транспорте» для управления безопасностью создана специальная структура – Дирекция федеральной целевой программы «Повышения безопасности дорожного движения».

Ведется работа по совершенствованию управления федеральной целевой программой «Повышения безопасности дорожного движения в 2013–2020 годах» (утверждена постановлением Правительства Российской



Федерации от 03.10.2013 № 864) в части разработки механизма по установлению индивидуальных целевых заданий для субъектов Российской Федерации по снижению уровня дорожно-транспортной аварийности на период до 2020 года и закреплению дополнительной ответственности федерального центра и субъектов Российской Федерации за достижение целей деятельности по обеспечению транспортной безопасности.

Проблема обеспечения безопасности дорожного движения носит глобальный характер и является общей для стран с различным уровнем экономического и социального развития. Национальные интересы безопасности дорожного движения в каждом государстве обеспечиваются институтами государственной власти, осуществляющими свою деятельность в тесном взаимодействии с общественными организациями, субъектами транспортной инфраструктуры и специализированными учреждениями и предприятиями.

По данным статистики, за последние 4 года в среднем в Республике Беларусь ежедневно происходит 308 аварий, из которых 9 – с пострадавшими (ранеными и/или погибшими) [335].

**Аварии классифицируются** по следующим признакам: тяжести последствий, виду, количеству участников и т.д. Классификация аварий по видам часто меняется [41–46] (иногда вводятся *категории и виды* [30, 38–40]).

**Учет аварий** ведется ГАИ, дорожными, страховыми и транспортными организациями, а также медицинскими учреждениями (аварии с пострадавшими).

**Оценка опасности участка** улично-дорожной сети [30, 47–51] проводится по *фактической* аварийности. Оценочные показатели делятся на абсолютные, удельные [30, 53–59], относительные [60–63] и сравнительные [52, 61].

К **абсолютным показателям** относится общее число аварий или их разновидностей, например, число аварий со смертельным исходом, число аварий с пострадавшими; число аварий по вине данной категории участников и т.д. В некоторых случаях вместо абсолютного числа аварий  $n_a$  может использоваться социально-экономически приведенное (по тяжести последствий – к авариям без пострадавших) число аварий  $n'_a$  [19, 30] (таблица 1.3):

$$n'_a = \sum (n_{ai} \cdot K_{п ai}), \quad (1.1)$$

где  $n_{ai}$  – число аварий данной тяжести последствий;

$K_{п ai}$  – коэффициент социально-экономического приведения аварий данной тяжести последствий к авариям без пострадавших, который учитывает и материальную и социальную составляющие аварийных потерь.

Следует отметить, что социально-экономическое приведение аварий по тяжести последствий является приблизительным и поэтому многие исследователи [30, 52] от него отказываются, особенно когда число аварий

незначительно. Вместе с тем нельзя полностью игнорировать такое приведение аварий, поэтому должен быть найден разумный компромисс.

Таблица 1.3 – Коэффициенты социально-экономического приведения аварий по тяжести последствий  $K_{па}$  [1, 2]

Вид аварии	Страна, год, автор							
	Германия, 1938, Рейнгольд	ФРГ, 1960, Битцль	ГДР, 1967, Фишер	СССР, 1968, Дивочкин	США, 1972	СССР, 1976, Норматив	Россия, 2003	Республика Беларусь, 2013 (автор)
Без пострадавших	1	1	1	3	1	1	1	1
Ранения: легкие	5	30	2		7	1,2	3,5	2,5
тяжелые				8,2			1,4	1,7
повлекшие инвалидность	70		8	118,2		28	7	3,4
Гибель: свыше 16 лет	130	100	40	140	170	81	70	25
до 16 лет						106	100	75

**Анализ аварийности** является составной частью работ по оценке качества дорожного движения и основой для разработки мер по повышению безопасности [30, 52]. Различают четыре вида анализа аварийности [1, 30, 61, 63–67]:

1. **Количественный анализ** отвечает на вопросы: «что?», «где?», «когда?», показывает динамику аварийности и т.д.

2. **Причинный анализ** отвечает на вопросы: «почему?», «по какой причине?» [2, 68].

3. **Топографический анализ** заключается в привязке мест совершения аварий на карте или схеме исследуемой территории. Он наглядно показывает возникновение и перемещение очагов аварийности.

4. **Очаговый анализ** заключается в выявлении причин конкретных аварий в очаге [30, 53, 55, 56, 63, 69–72].

**Факторы, влияющие на аварийность.** Аварийность зависит от четырех основных групп факторов: человек [30, 68, 73–82], транспортное средство [1, 30, 83], дорожные условия [52, 73, 75, 84, 85] и организация дорожного движения [1, 2, 17, 76]. Есть еще одна группа – погодные-климатические условия, но ее, как правило, относят к группе «дорожные условия». В таблице 1.4 приведены общие сведения об аварийности с пострадавшими.

Бурная автомобилизация породила ряд проблем: снизилась скорость сообщения, ухудшились режимы движения, появились перегрузки, увеличились выбросы в атмосферу и уровень транспортного шума, возросло количество аварий. Аварийность – очень существенная и эмоциональная проблема. Ежегодно в мире происходит более 70 млн аварий, в которых поги-

бают свыше 1,2 млн человек и 20–50 млн получают ранения различной степени тяжести. Общий социально-экономический ущерб от дорожно-транспортной аварийности оценивается цифрой порядка 700–800 млрд. долларов в год. В странах с низким и средним доходом ущерб от аварийности достигает 1–2 % ВВП. На долю аварий приходится более 2,1 % суммарной убыли населения мира. Аварийность постоянно входит в десятку главных причин смертности, уступая в фатальном рейтинге ВОЗ только наиболее массовым, тяжелым заболеваниям (инсульт, ВИЧ/СПИД, рак, ишемическая болезнь сердца, легочные заболевания) и значительно опережая такие факторы, как природные и техногенные катастрофы, самоубийства или криминальные проявления, а также вооруженные конфликты [336] (а к 2030 г. аварийность займет пятое место среди основных причин смертности [337]).

Таблица 1.4 – Статистика аварийности с пострадавшими в Республике Беларусь (за 2003–2013 гг.) [11, 15]

Показатели и индикаторы аварийности	Годы										
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Кол-во ДТП	7194	7218	7717	8283	7501	7238	6739	6363	5897	5187	4730
Кол-во погибло	1764	1688	1673	1726	1518	1564	1322	1190	1200	1039	894
Кол-во раненых	7361	7522	8047	8832	7990	7577	7198	6832	6334	5569	5033
Кол-во ДТП в н/с	722	755	822	867	855	1012	1022	893	894	702	577
Число ДТП на 100 тыс. жителей	73,0	73,7	79,1	85,3	77,5	74,8	71,1	67,1	62,3	54,8	50,0
Число ДТП на 10 тыс. автомобилей	35,1	34,2	34,0	34,4	29,3	26,8	23,5	20,9	18,5	16,2	14,6
Число погибших в ДТП на 10 тыс. автомобилей	8,6	8,4	7,4	7,2	5,9	5,8	4,6	3,9	3,8	3,3	2,8

В некоторых странах, в том числе благодаря серьезным и дорогостоящим усилиям, аварийность удерживается на относительно невысоком уровне. Но там, где усилия недостаточны или некомпетентны, наблюдается резкое (в разы) увеличение уровня аварийности. Как представляется, значимый вклад в решение многих проблем автомобилизации может и должна внести разумная организация дорожного движения. Именно разумная, рациональная организация движения позволит повысить техническую скорость, улучшить режимы движения, ликвидировать необязательные остановки и перепробег транспорта, снизить до минимума аварийности, улучшить социальные отношения в дорожном движении и т.д. Все это позволит существенно уменьшить все виды потерь и снизить стоимость транспортной услуги. Однако сегодня по уровню аварийности со смертельным исходом на единицу транспорта мы проигрываем развитым странам Западной Европы, Канады и Японии, примерно, в 2–3 раза...

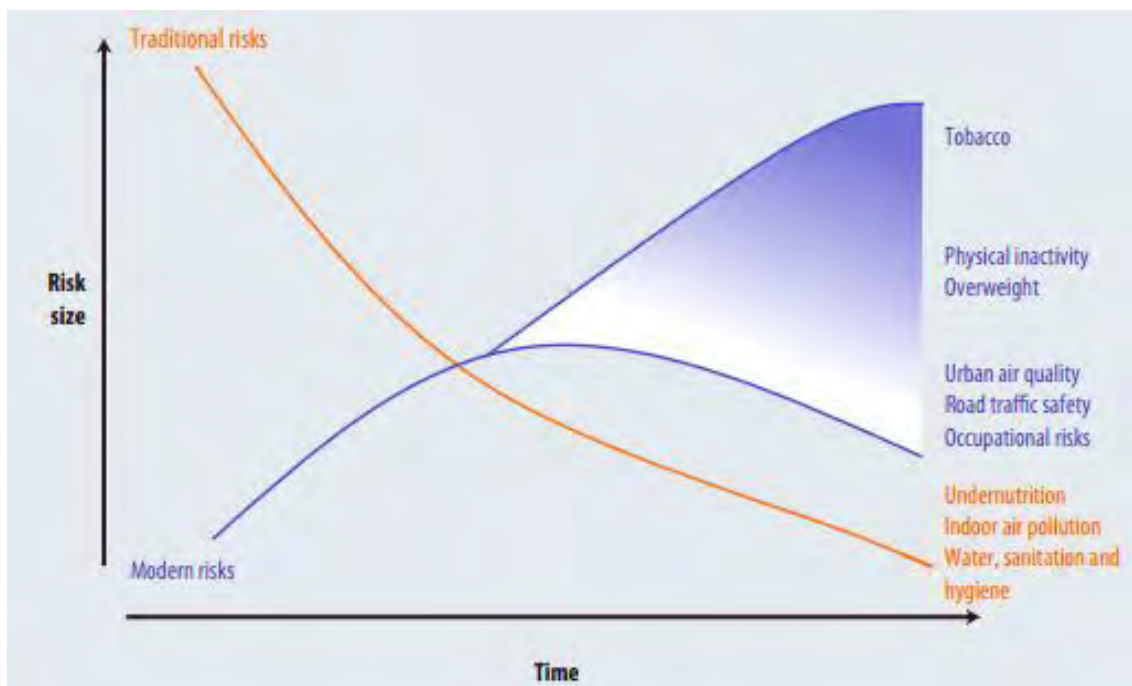


Рисунок 1.9 – Трансформация риска [337]

Первая авария произошла в г. Минске 20 августа 1906 г. [338]. У шестиместного такси марки «Mercedes» мещанина И.Г. Федорова отказали тормоза на спуске по улице Подгорной (сейчас ул. К. Маркса) и автомобиль врезался в столб. Пассажиров выбросило на проезжую часть, а один из них пострадал настолько сильно, что в городских газетах сообщалось: «...Надежд на выздоровление уже не было...». Что примечательно, Городская дума после этого события запретила автомобильные перевозки пассажиров и только через шесть лет после аварии они возобновились. 19 октября 1912 года специальная комиссия проверила «умение инженера Свентицкого управлять автомобилем и техническое состояние его машины». На следующий день было выдано разрешение на движение, а автомобилю присвоен почетный знак № 1. А в первый день 1913 года на минских улицах появился автомобиль под № 2. И только через семь лет после аварии И.Г. Федоров снова получил разрешение заниматься перевозками пассажиров (уже на восьмиместном автомобиле под № 6). Именно поэтому аварийность – одна из самых тяжелых и трагических издержек в дорожном движении, а аварийные потери – очень болезненны для участников движения. Если другие потери равномерно распределяются среди всех членов общества, то аварийные потери концентрируются на отдельных участниках. И если на чью-то долю выпадает несчастье, то эти люди, как правило, остаются один на один со своими проблемами без надлежащей помощи власти и общества.

Безопасность – степень физической защищенности субъектов и объектов транспортировки и элементов инфраструктуры от криминальных посягательств, ненадлежащей транспортировки и аварий. В монографии будут

рассматриваться только аварии, а вместо термина «безопасность» чаще будет применяться термин «аварийность» – наличие совокупности аварий. Аварийность определяется множеством различных факторов, связанных с качеством транспортных средств, дорог, подготовки водителей, организации дорожного движения и социальных отношений в дорожном движении.

Конечно, понятие, вкладываемое в данное определение, варьируется в зависимости от дисциплин, видов транспорта и организаций. Специалисты здравоохранения, работников государственных обслуживающих или контролирующих учреждений и организаций, проектировщики могут рассматривать безопасность по-разному.

Так, специалисты здравоохранения безопасность дорожного движения рассматривают как появление одного из многих событий, вызывающих повреждение или гибель человека в нашей повседневной жизни. Также они рассматривают опасность возникновения аварии с точки зрения риска, которую он представляет по отношению к другим основным рискам для здоровья населения, таких как рак, болезни сердца, инсульт, ожирение, самоубийств, убийств и т.д. В таких сравнениях подверженность риску становится попасть в аварию является важным показателем.

Проектировщиком безопасность может рассматриваться с точки зрения операций проектирования, и с этой точки зрения она определяется на основании соблюдения стандартов (технических нормативных правовых актов) (Manual of Uniform Traffic Control Devices (MUTCD) and the AASHTO «Green Book» и др.). Достаточно выполнить проект, соответствующий стандарту безопасности.

Для перевозчика безопасность рассматривает и сохранность груза, и пассажиров и самого водителя. Рассматривается аспект уязвимости и получения травм при пересадки с одного вида транспорта на другой.

А психолог или инженер, специализирующийся на учете т.н. «человеческого фактора», будут рассматривать безопасность с точки зрения взаимодействия участников дорожного движения, легкости распознавания дорожно-транспортной ситуации и взаимодействия в элементах системы «человек–дорога», «человек–автомобиль» и т.д., прозрачности принятия решений.

Поэтому борьба за безопасность дорожного движения носит комплексный, междисциплинарный характер.

Забота о своей безопасности должна быть главным мотивом каждого участника дорожного движения. Ведь в подавляющем большинстве аварий значительная доля вины лежит именно на самих участниках, так или иначе принявших неверное решение... Водители, чаще всего, ошибаются при выборе скорости, при выборе интервалов в процессе маневрирования и при оценке намерений конфликтующего участника. Пешеходы, чаще всего, ошибаются при выборе места перехода проезжей части и в оценке интервала до приближающегося транспорта. Почти во всех случаях имеет место или неправильная оценка ситуации или переоценка своих возможностей.

Почему так? Все очень просто. Раньше человек управлял одной лошадью. Лошадь и человек... Сейчас «лошадей» в автомобиле много, а человек, все равно, один... Причем не всегда, да простят меня водители, лучший. По свои «ТТХ» он не авиатор, не космонавт... Человека надо уберечь от ошибки, подготовив его к движению (как пилота самолета или космонавта), сделав как можно более безопасными дорогу и автомобиль, чтобы «простить» его возможную ошибку в принятии решений. И именно сейчас, увы, запоздало, мы подходим в научному осмыслению процесса автомобилизации и его последствий...

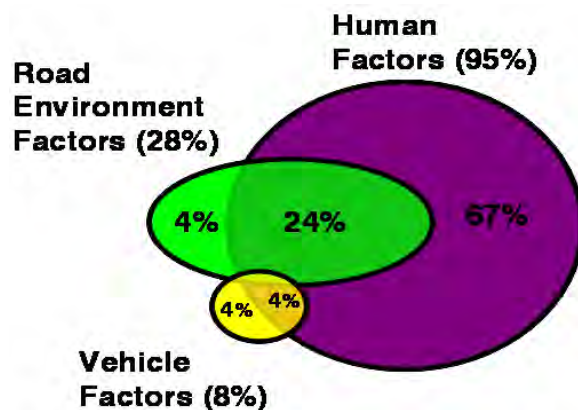


Рисунок 1.10 – Мультидисциплинарность факторов, влияющих на аварийность [339]

Существует несколько отличающихся определений аварии. В нашем контексте все они сходятся на том, что авария – это нарушение нормального процесса дорожного движения, что в нем участвовало движущееся транспортное средство и что это нарушение привело к физическим повреждениям машин, грузов, дороги, обустройства, крупных животных, людей.

В советской литературе для обозначения аварии в дорожном движении широко применялся и еще применяется предложенный в середине прошлого века В.В. Лукьяновым термин «дорожно-транспортное происшествие» – ДТП [34]. (Заметим, что первоначально в эту аббревиатуру автор вкладывал смысл дорожно-транспортного преступления). Однако, как представляется, он не является ни совершенным, ни окончательным. Известен и широко применяется термин «авария» – железнодорожная, морская, воздушная... В каждой из них также участвует соответствующий вид транспорта, однако никто не пытается их называть «железнодорожно-транспортное происшествие» или «морско-транспортное происшествие». Более того, понятие «аварийность», происходящее от слова «авария», никто не пытался заменить термином «дэтэпэшность» – от термина ДТП. И, наконец, в зарубежной литературе давно используется термин «авария» – «accident» – и никаких упоминаний о ДТП не встречается. В нашем случае правильным, как представляется, был бы термин «дорожная авария», а в

контексте дорожного движения – просто «авария» – именно этот термин и будет применяться в данной работе.

Последнее время в зарубежной литературе все чаще и чаще высказывается мнение, что термин «авария» означает, что результат непреднамеренным, как и результате «несчастного случая». Поэтому в некоторых англоязычных источниках используется термин «(a car) crash» – «авария, сбой..», что подразумевает нарушение нормального процесса движения и возможность путей предупреждения таких «сбоев» в дальнейшем. Но независимо от того, какой термин применяется, суть, переданная нами выше, не меняется, это такое событие, при котором возникло нарушение нормального процесса дорожного движения, в котором участвовало движущееся транспортное механическое средство, и это нарушение привело к физическим повреждениям машин, грузов, дороги, обустройства, крупных животных, людей (пешеходов, велосипедистов, мотоциклистов и других участников дорожного движения и пользователей дороги). Эти события изучаются специалистами по безопасности, чтобы узнать, какие меры профилактики более эффективны.

С точки зрения известного аналитика транспортных систем Эзры Хауэра (E. Hauer, «Observational Before-After Studies in Road Safety», Pergamon, 1997) «Безопасность движения – количество несчастных случаев (аварий) или последствий аварии, по виду и тяжести, которое ожидается на объекте (или для объекта) в течение определенного периода». («*Roadway Safety is the number of accidents (crashes), or accident consequences, by kind and severity, expected to occur on the entity during a specific period*»). Обратите внимание, что делается акцент на исход событий, то есть получение травм и материального ущерба.

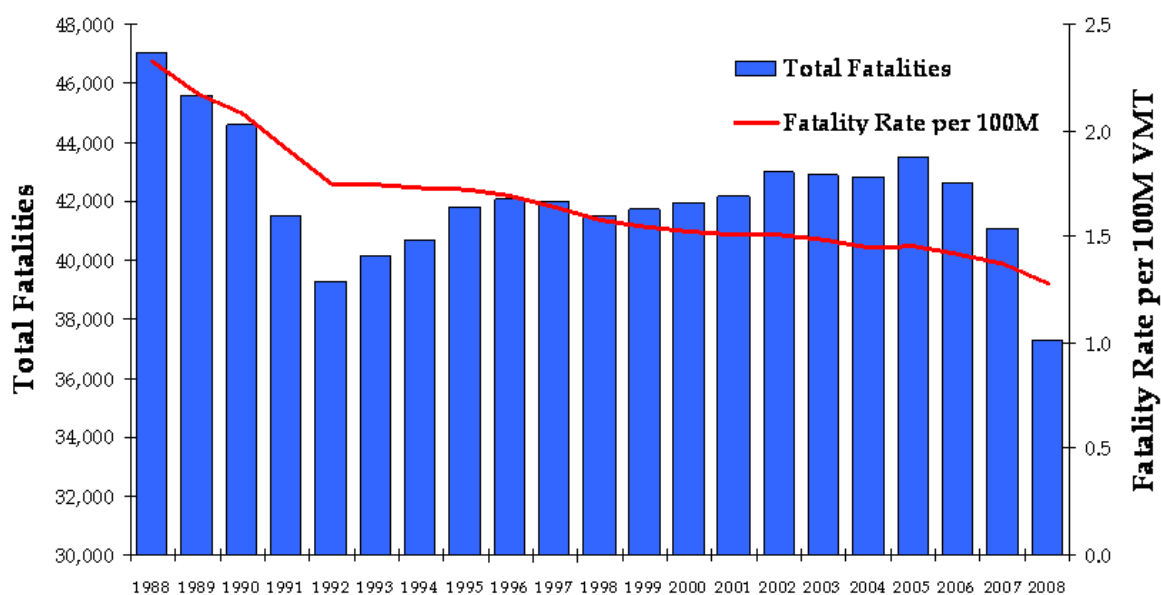


Рисунок 1.11 – Статистика с погибшими и относительные показатели на автомобильных дорогах Евросоюза с 1988 по 2008 гг.

Это должно быть использовано для количественной оценки безопасности, а также эффективности тех или иных мероприятий по организации движения. Объектом является специфический участок дороги (например, закругление, продолжительный спуск (подъем) и т.п.), перекресток, пешеходный переход и т.п., или группа водителей или транспортных средств.

При этом ожидаемая безопасность не обязательно отражает целостную картину наблюдаемой безопасности. Часто ожидаемая безопасность отличается от реальной, в то время как наблюдаемая безопасности подлежит случайным колебаниям. Например, по приведенному ниже рисунку 1.12 можно сказать, что уровень смертности (показан красным цветом) снизился, но фактическое число погибших оставался довольно стабильными в течение десяти лет, практически, до 2006 года. Это означает, что уровень автомобилизации увеличился более значимо, чем число аварий со смертельным исходом, поэтому наклон относительного показателя идет вниз, хотя реальное число аварий, возможно, не сильно изменилось. Поэтому многие исследователи утверждают, в наше время, что исходные цифровые всегда должны быть использованы в определении целей, разработке мер по повышению безопасности движения и для информирования общественности. Ведь иногда относительные показатели просто маскируют серьезность проблемы и, кроме того, как говорится в одном известном слогане «*one death is one too many*» («один человек погиб и это уже слишком много») (Iowa's tagline). (В 2007 и 2008 годам наблюдается снижение числа погибших и раненых. Это произошло, отчасти, из-за увеличения цен на топливо и экономического спада. Кроме того, снижение смертности на 9,1 % соответствует снижению на 3,6 % vehicle miles traveled (VMT) (с 2007 по 2008). Тем не менее, точный характер факторов, влияющих на последней снижение до сих пор не установлен. Также снижение числа аварий и тяжести их последствий можно объяснить резким увеличением использования ремней безопасности, широким внедрением подушек безопасности и применением других улучшений в конструкции транспортных средств, таких, как электронная система контроля устойчивости и т.д. Это может быть также связано с общесистемных улучшений в конструкции дорог и установкой дополнительных элементов, таких как установка отбойники и разделительные полосы, модернизированные ограждения и т.д.)).

Организации здравоохранения также считают, что аварии являются одним из многих событий, вызывающих повреждения людей в нашей повседневной жизни. Эксперты по здравоохранению оценивают опасность получения увечий в аварии с точки зрения риска, которую он представляет по отношению к другим основным рискам для здоровья населения, таким как рак, болезни сердца, инсульт, ожирение, суицид, убийства и т.д. Подверженность риску становится важным показателем в сравнительной оценке опасности. Воздействие, как правило, измеряется в зависимости от численности населения или населения той или иной категории (например, показатели заболеваемости раком часто рассматриваются в контексте слу-



чаев рака на душу населения, а уровень самоубийств – в виде числа попыток самоубийства по возрасту и полу отдельных категорий граждан).

Rank	Age Groups										
	<1	1-4	5-9	10-14	15-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65+	All Ages
1	Congenital Anomalies 5,819	Motor Vehicle 592	Motor Vehicle 578	Motor Vehicle 762	Motor Vehicle 11,098	Motor Vehicle 7,395	Malignant Neoplasms 13,917	Malignant Neoplasms 50,334	Malignant Neoplasms 101,454	Heart Disease 510,542	Heart Disease 631,636
2	Short Gestation 4,841	Congenital Anomalies 515	Malignant Neoplasms 459	Malignant Neoplasms 448	Homicide 5,717	Unintentional Poisoning 5,267	Heart Disease 12,339	Heart Disease 38,095	Heart Disease 66,477	Malignant Neoplasms 387,515	Malignant Neoplasms 559,888
3	SIDS 2,223	Unintentional Drowning 458	Congenital Anomalies 182	Homicide 241	Suicide 4,169	Suicide 4,965	Unintentional Poisoning 7,542	Unintentional Poisoning 8,234	Chronic Low Resp. Disease 12,375	Cerebrovascular 117,010	Cerebrovascular 127,119
4	Pregnancy Complications 1,832	Malignant Neoplasms 377	Homicide 149	Suicide 215	Unintentional Poisoning 2,825	Homicide 4,725	Motor Vehicle 8,708	Liver Disease 7,712	Diabetes Mellitus 11,432	Chronic Low Resp. Disease 106,845	Chronic Low Resp. Disease 124,663
5	Placenta Cord Membranes 1,140	Homicide 365	Unintentional Drowning 142	Heart Disease 163	Malignant Neoplasms 1,844	Malignant Neoplasms 3,656	Suicide 6,591	Suicide 7,425	Cerebrovascular 10,518	Alzheimer's Disease 71,660	Diabetes Mellitus 72,449
6	Unintentional Suffocation 843	Unintentional Fire/Burn 202	Unintentional Fire/Burn 118	Congenital Anomalies 162	Heart Disease 1,076	Heart Disease 3,307	HIV 4,010	Motor Vehicle 6,654	Liver Disease 7,217	Diabetes Mellitus 52,351	Alzheimer's Disease 72,432
7	Respiratory Distress 925	Heart Disease 161	Heart Disease 90	Unintentional Drowning 114	Unintentional Drowning 616	HIV 1,182	Homicide 3,020	Cerebrovascular 6,341	Suicide 4,583	Influenza & Pneumonia 49,346	Influenza & Pneumonia 56,326
8	Bacterial Sepsis 807	Unintentional Suffocation 137	Chronic Low Resp. Disease 52	Unintentional Fire/Burn 64	Congenital Anomalies 460	Diabetes Mellitus 673	Liver Disease 2,551	Diabetes Mellitus 5,692	Motor Vehicle 4,532	Nephritis 37,377	Motor Vehicle 45,405
9	Neonatal Hemorrhage 618	Influenza & Pneumonia 125	Unintentional Suffocation 50	Chronic Lower Resp. Disease 53	Undetermined Poisoning 389	Undetermined Poisoning 625	Cerebrovascular 2,221	HIV 4,377	Nephritis 4,368	Sepsicemia 26,201	Nephritis 45,344
10	Circulatory System Disease 543	Sepsicemia 88	Cerebrovascular 45	Unintentional Suffocation 58	Cerebrovascular 210	Cerebrovascular 527	Diabetes Mellitus 2,094	Chronic Low Resp. Disease 3,924	Sepsicemia 4,032	Hypertension 19,658	Sepsicemia 34,234

Рисунок 1.12 – Сравнительные данные о погибших по различным причинам жителей Евросоюза по возрастным категориям за 2006 г.

В этой таблице сравниваются погибшие в дорожных происшествиях с погибшими от других болезней по возрастным группам. Таблица показывает, в общем, что риск гибели для молодых людей за рулем очень высок. На самом деле это главная причина смерти для всех людей в возрасте от 1 до 34, однако, пожилые люди испытывают меньший риск. Почему вы думаете, что люди старше 65 лет менее подвержены риску быть вовлеченными в ДТП со смертельным исходом? Пожилые люди меньше ездят, поэтому они подвергаются меньшему риску. Они также более склонны к использованию ремней безопасности и, вероятно, выбору меньшей скорости движения и менее агрессивному вождению, чем более молодые водители. Однако если они участвуют в аварии, то возраст играет негативную роль, поскольку старение увеличивает хрупкость, что увеличивает вероятность их ранения или гибели. Другая причина снижения числа пожилых погибших от аварий заключается в том, что по мере старения населения рак и болезни сердца наносят больший ущерб, чем в молодых возрастных группах.

### 1.3. Повышение качества дорожного движения методами организации дорожного движения

Деятельность, направленная на повышение качества дорожного движения, обширна и многогранна. Условно она может быть разделена на несколько секторов, имеющих относительно самостоятельный статус:

– система государственного управления в области организации дорожного движения (структуры, стратегия, финансы и т.д.) [4, 97];

- транспортные средства, в основном автомобили (конструктивная и эксплуатационная безопасность) [83, 98–104];
- автомобильные дороги (конструктивная и эксплуатационная безопасность) [61, 85, 105–107];
- участники движения, в основном водители (профессиональная подготовка и ментальность) [68, 108–111];
- правоохрана (правовое обеспечение, контроль за движением, профилактика нарушений) [28, 54, 65, 112];
- организация движения (технические средства регулирования, режимы светофорного регулирования, методы организации движения и др.) [113–116].

В системе *дорожного транспорта* Республики Беларусь проводятся определенные практические работы по повышению качества дорожного движения [51, 70, 106, 107, 117 и др.].

В подсистеме *«Дороги»* ведется ведомственный учет аварийности, выполняется *анализ* аварийности, в основном по причинам, связанным с дорожными условиями. Проводится топографический анализ аварийности, хотя завершенная методика определения причин аварийности и выбора мероприятий по ее снижению на сегодняшний день отсутствует.

Проводится *прогнозирование* аварийности по методам *«Линейных графиков коэффициентов аварийности»* и *«Линейных графиков коэффициентов безопасности»* с помощью специальных компьютерных программ, что намного упрощает процесс прогнозирования и делает его доступным для широкого применения.

Что касается *оценки эффективности* мероприятий по повышению безопасности дорожного движения, то она, к сожалению, не учитывает экономические и экологические потери.

Безопасность дорожного движения – свойство дорожного движения, характеризующее отсутствие угрозы аварий, стихийных бедствий и криминальных действий. В контексте исследований в качестве источника угрозы рассматриваются только аварии.

Ведутся работы по повышению безопасности дорожного движения и в подсистеме *«Транспортные средства»* [83, 98, 100]. Здесь их можно разделить на две категории – повышение конструктивной безопасности транспортных средств, в основном автомобилей, на заводах-изготовителях и повышение безопасности дорожного движения в эксплуатирующих организациях.

Повышение *конструктивной безопасности транспортных средств* осуществляется на самом современном уровне крупнейшими производителями автомобильной техники, выдерживающими жесткую конкурентную борьбу на выживание, и результаты здесь очевидны.

При *эксплуатации автомобильной техники* на автотранспортных предприятиях проводится значительная работа по повышению безопасности дорожного движения, в том числе комплекс производственных и кон-

трольных мероприятий по поддержанию надлежащего технического состояния транспортных средств. В службах безопасности движения ведется учет аварийности с участием транспортных средств данного предприятия, в которую входят и аварии с материальным ущербом. Выполняется анализ аварийности, касающийся, как правило, неисправностей транспортных средств, подготовки и поведения водителей. На основании анализа разрабатываются и внедряются соответствующие мероприятия по контролю за состоянием транспортных средств и по работе с водителями.

Что касается технического состояния транспортных средств *индивидуальных владельцев*, а их подавляющее большинство, то оно контролируется, как правило, один раз в год – во время государственного технического осмотра. Естественно, это не может гарантировать исправность этих транспортных средств в течение всего года, и здесь есть серьезная проблема.

В подсистеме «*Подготовка кадров*» также ведутся работы по повышению безопасности дорожного движения [1, 108–111].

Следует отметить, что в последнее время (после 2006 г.) увеличена продолжительность практического вождения, стало обязательным повышение квалификации преподавателей и мастеров практического вождения и т.д., что должно положительно сказаться на качестве подготовки водителей.

Также ведется подготовка к дорожному движению дошкольников и школьников, пропаганда знаний о дорожном движении, направленная на адаптацию к участию в дорожном движении. Однако уровень этой деятельности, особенно пропаганды, весьма невысокий.

Подсистема «*Организация дорожного движения*» оказывает большое влияние на безопасность дорожного движения, особенно в городах, однако имеется ряд проблем.

*Анализ аварийности* выполняется только по авариям с пострадавшими, составляющим около 10 % от общего числа аварий, поэтому он не отражает истинного положения вещей и часто искажает картину аварийности на отдельных объектах [8–11, 53].

Проведение объективного причинного анализа аварийности по действующим «*карточкам учета ДТП*» затруднено, т.к. в них указаны только пункты нарушения Правил, но не указаны причины аварий. Топографический анализ проводится только для аварий с пострадавшими, что малопродуктивно.

Очаговый анализ, задачей которого является установление конкретных причин аварий на исследуемом объекте, выполняется не для всех очагов и не включает аварии с материальным ущербом, что не позволяет сформировать истинную картину аварийности в очагах.

*Принятие решений* по повышению безопасности движения осуществляется, как правило, на основе анализа аварийности. При некачественном анализе не могут приниматься эффективные решения. В связи с этим основным «решением» стало повсеместное ограничение скорости с использованием всевозможных технических средств, вплоть до установки искусственных неровностей.

*Прогнозирование* аварийности в городах для целей организации движения практически не проводится, в основном, из-за отсутствия надлежащих методов и методик прогнозирования.

*Оптимизация* принимаемых решений по повышению безопасности в городских очагах аварийности не осуществляется, несмотря на требование в «Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь» [4] о необходимости учета всех видов потерь в дорожном движении. Одной из основных причин этого является отсутствие соответствующих методик и специальных компьютерных программ.

На основании изложенного можно утверждать, что в дорожном движении Республики Беларусь еще недостаточно сформировалась система повышения безопасности методами организации движения, а практическая деятельность в этом направлении носит несистемный характер.

### ***1.3.1. Исследования в области «успокоения» движения***

Под термином «успокоение» движения на данном участке понимают принудительное снижение скорости движения автомобилей [118–128]. В Республике Беларусь «успокоение» движения в последние годы обеспечивается в основном принудительным (физическим) ограничением скорости движения транспортных средств путем установки искусственных неровностей.

Возникновение и применение искусственных неровностей связано со значительным ростом аварийности во второй половине прошлого столетия, ставшим в ряде стран национальной проблемой. Особенно это коснулось западноевропейских стран с высокой плотностью населения и особенностями планировки населенных пунктов с узкими улицами исторически сложившейся застройки. Поиски решения проблемы, которые часто делались по «горячим следам», привели к требованиям резкого снижения скорости движения автомобилей [129, 130]. Вначале были попытки реализовать это путем установки множества дорожных знаков ограничения скорости, однако особого эффекта это не дало, поскольку, чем больше устанавливалось ограничений и чем жестче они были, тем больше водителей их нарушало. В разных странах доля нарушителей была различной, однако порядок цифр оставался стабильным – 75–95 % водителей нарушали требования ограничения скорости.

Тогда стали искать и находить способы принудительного ограничения скорости. К первому способу, *психологического принуждения*, относятся различные устройства, создающие у водителя психологическую потребность снижения скорости, – эффект сужения или искривления полосы движения; эффект разрыва траектории движения, учащающееся мелькание разношаговой специальной разметки; «узкие ворота»; шумовые полосы с увеличивающейся частотой звукового воздействия и т.д. [118, 121, 129–131].

Ко второму способу, *физического принуждения*, относятся различного рода устройства, вызывающие физическую потребность снижения скорости под угрозой потери управляемости или поломки автомобиля с возможностью возникновения аварии: кольцевые перекрестки с малым диаметром центрального островка (либо различным дорожным покрытием); физическое сужение или искривление полосы движения; резкое физическое искривление дороги («зигзаг») путем устройства защищенных бортовым камнем выступов; приподнятые над проезжей частью пешеходные переходы через всю улицу; поперечные углубления (канавы) на поверхности проезжей части и выступающие препятствия (искусственные неровности) самых разнообразных конструкций и размеров. Последние оказались самыми дешевыми, эффективными, не требующими контроля и поэтому получили наибольшее распространение.

Разрабатывались все новые и новые модификации искусственных неровностей, исследовался процесс их взаимодействия с автомобилем, декларировалась их эффективность в деле повышения безопасности движения и т.д. [127, 132]. Однако вскоре было установлено, что применение искусственных неровностей, кроме положительного воздействия на безопасность движения имеет еще и ряд негативных воздействий в области экономики, экологии и социологии [133–136]. Применение искусственных неровностей вступает в противоречие с фундаментальными задачами дорожного транспорта – повышение качества и снижение себестоимости транспортной услуги, которые базируются на всех основных свойствах дорожного движения – безопасности, экономичности, экологичности и социологичности, а не только на безопасности. Не имея возможности численно оценить соотношение основных свойств, начали ограничивать применение искусственных неровностей в типовых ситуациях. В частности, во многих странах (с разными вариациями) установка искусственных неровностей запрещена на загородных дорогах, на городских улицах с интенсивным и умеренным движением, на дорогах с движением маршрутного пассажирского транспорта, на улицах с движением грузового транспорта и т.д. Постепенно область применения искусственных неровностей сужается и ограничивается улицами жилой застройки, дворовыми территориями, районами школ и т.п. [135–137]. Считается, что «искусственная неровность – последний инструмент из набора инструментов, предназначенных для повышения безопасности дорожного движения» [138]. Поэтому сегодня ищут другие способы повышения безопасности движения, включая снижение скорости в определенных местах, в требуемых пределах и в нужное время, например, с помощью гибкого светофорного регулирования с обязательным автоматическим видеоконтролем [135, 136, 139, 140].

В мировой практике разрабатываются и принимаются программы повышения безопасности дорожного движения в различных секторах деятельности, в т.ч. и связанных с успокоением движения. Среди этих программ широкое распространение получила шведская концепция «Видение

нуль» («Vision Zero»), декларирующая целью полное исключение аварий со смертельным исходом [141–144]. Конечно, в обозримом будущем это не представляется возможным, однако способствует концептуальному изменению подхода к пониманию проблемы «смерти на дороге» и повышению значимости проблем безопасности дорожного движения, а также стимулированию участия в работах по снижению аварийности различных государственных, частных и общественных организаций. Такие программы создают благоприятные предпосылки для активизации поиска путей повышения безопасности дорожного движения.

### 1.3.2. Исследования в области оценки качества дорожного движения

Оценка качества дорожного движения была и остается одной из самых неразрешенных проблем. Дело в том, что совокупное качество дорожного движения определяется несколькими свойствами, в первую очередь аварийностью, экологичностью, экономичностью и социологичностью, оценивает степень соответствия дорожного движения своему назначению.

Качество каждого из этих свойств определяется по своим «частным» критериям, сопоставить которые чрезвычайно трудно. В этом направлении постоянно проводятся исследования, целью которых является совершенствование «частных» оценочных критериев и поиск новых, комплексных критериев, позволяющих оценить качество дорожного движения в целом.

Для оценки *аварийности* используются абсолютные, относительные, удельные и сравнительные показатели. При этом сравнительный показатель, выражаемый через коэффициент аварийности  $K_{ав}$ , предложенный В. Ф. Бабковым [52], показывает, во сколько раз исследуемый участок опаснее эталонного и каково относительное число аварий на исследуемом участке.

В Республике Беларусь применяется так называемый «коэффициент тяжести» аварий  $K_{тяж}$  [8–11], являющийся разновидностью удельных показателей. Он представляет собой отношение числа погибших к общему числу пострадавших (погибших и раненых):

$$K_{тяж} = \frac{N_{погибших}}{N_{пострадавших}}. \quad (1.2)$$

Оценка *экологичности* дорожного движения осуществляется по двум факторам: приведенному (к СО) объему выбросов вредных веществ в атмосферу и уровню эквивалентного транспортного шума. При оценке выбросов используется удельный (кг (СО)/км) объем выбросов, произведенный транспортным потоком, и объем выбросов, приведенный непосредственно к потребителю – водителям, пассажирам, пешеходам и жителям (посетителям) близлежащих зданий [2, 145]. В работе [146] оценку выбро-

сов предлагается осуществлять отдельно по каждому (примерно 30) из веществ, что просто не позволяет ее выполнить из-за бесконечного множества возможных комбинаций. Оценка транспортного шума проводится, как правило, по его уровню, приведенному к потребителям [2, 147].

Оценка экономичности дорожного движения выполняется по нескольким критериям, важнейшими из которых являются удельная (на один автомобиль) задержка и удельная остановка [52, 48, 73]. Часто используются суммарные (для всего потока) значения этих показателей. В работе [148] уточнена формула для определения удельной задержки в условиях, близких к перегрузке, и предложено удельную задержку подразделять на две составляющие – вызванную регулированием и вызванную условиями движения. В работах [2, 30, 149] кроме удельной задержки и остановки транспорта используются удельная задержка пешеходов, перепроход пешеходов, перепробег транспорта и перерасход топлива. Имеются и другие работы [150–157], посвященные выбору и определению частных критериев оценки качества дорожного движения.

Ведется постоянный поиск комплексных критериев, которые бы позволили оценить и качество дорожного движения в целом, и качество его отдельных свойств, поскольку с помощью частных критериев этого сделать невозможно. В работе [158] исследовано наличие корреляции между частными критериями оценки качества отдельных свойств дорожного движения и показана возможность в некоторых случаях замены одних критериев другими, что упрощает задачу оценки качества.

Д. Дрю [156] предложил, пожалуй, самый универсальный на сегодняшний день оценочный критерий качества дорожного движения – «уровень обслуживания» (LOS – «Level of Service»). Под уровнем обслуживания понимают качественное состояние транспортного потока, при котором устанавливаются характерные условия движения. С уровнем обслуживания связаны такие факторы, как скорость движения, прерывание потока, свобода маневра, безопасность движения, комфорт и удобство вождения, затраты на поездку и т.д.

Предложена следующая классификация уровней обслуживания: *A* (свободный поток), *B*, *C* и *D* (устойчивый поток), *E* (неустойчивый поток) и *F* (напряженный поток). Разработаны классификации уровней обслуживания для загородных дорог, городских улиц и пешеходного движения. Уровни обслуживания и методики их применения вошли во все издания американского руководства по регулированию – Highway Capacity Manual (НСМ 1950, 1965, 1985, 2000 и др.), и постоянно совершенствуются. Критерий используется при планировании и проектировании объектов улично-дорожной сети, а также для оценки условий движения и качества дорожного движения на линейных и конфликтных объектах.

Одним из недостатков рассматриваемого критерия является его в целом качественная оценка и трудность, а иногда и невозможность количественной оценки эффективности отдельных решений.

В работе [157] предложен оценочный критерий – «уровень удобства движения», – зависящий от нескольких факторов и очень напоминающий «уровень обслуживания». Приведена классификация уровней удобства, согласно которой транспортные потоки делятся на свободные, частично связанные, связанные и плотные (насыщенные). К сожалению, приведенная классификация недостаточно проработана, что делает проблематичным ее практическое использование.

Ю.А. Врубель [2, 30] предложил новый универсальный оценочный критерий – «потери в дорожном движении», – под которыми понимается социально-экономическая стоимость *невынужденных* издержек процесса движения. Этот критерий применим для оценки качества как дорожного движения в целом, так и отдельных его свойств. Поскольку оценка качества производится в денежном выражении, то можно сопоставлять между собой не только качество отдельных свойств дорожного движения, но и затраты на его достижение. Это обстоятельство делает сопоставление очень наглядным и позволяет легко и быстро оптимизировать (по критерию минимизации *потерь*) принимаемые решения по организации дорожного движения.

Предложенный критерий постепенно внедряется в практику организации дорожного движения. Разработаны методики расчета экономических и экологических *потерь* для большинства типовых объектов и базовые (предварительные) методики расчета аварийных *потерь* для отдельных типовых объектов. В Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь *потери* признаны основным оценочным критерием качества дорожного движения и указано на необходимость совершенствования методик расчета *потерь* [4, п. 6.4].

В работе оценочным критерием качества дорожного движения и его основных свойств приняты *потери*.

За последние годы изменились взгляды на цели и методы проектирования транспортных систем городов. Главными проблемами кроме прочих признаны также чрезмерная зависимость населения некоторых регионов от индивидуального автомобиля, перегруженность автомобильным транспортом городов, особенно их центров [66, 159–162].

Характерна все большая интеграция организации дорожного движения с другими видами транспортного и градостроительного проектирования. Обязательным элементом транспортных проектов является оценка их влияния на городскую среду с точки зрения аварийности, а также экологичности и социологичности [2, 163–166].

### 1.3.3. Исследования в области прогнозирования аварийности

Прогнозирование аварийности осуществляется по следующим методам: статистическому [30, 32, 52, 53, 63, 70, 71, 73, 86, 90, 144, 162, 167–174], конфликтных ситуаций [2, 30–33, 87–91, 164, 175–186], экспертному



[52, 92] и потенциальной опасности [12, 48, 52, 61, 66, 75–77, 93–96, 114, 147, 152, 153, 156, 158, 187–190] (рисунок 1.13).



Рисунок 1.13 – Классификация методов прогнозирования аварийности

**Статистический метод.** Фрагмент статистического прогнозирования аварийности по данным Республики Беларусь и Российской Федерации приведен в Приложении А. Из-за невысокой точности прогноза метод применяется для предварительной оценки и выбора решений.

**Метод конфликтных ситуаций.** Основным недостатком моделирования конфликтных ситуаций – значимое несоответствие модели реальной действительности из-за множества допущений и упрощений при ее построении.

**Экспертный метод.** Основным недостатком метода является невысокая точность прогноза и отсутствие или нехватка экспертов.

**Метод потенциальной опасности.** Потенциальная опасность – сложная функция многих факторов и множества их комбинаций, оценивающая вероятность возникновения аварии и учитывающая характер взаимодействия конфликтующих участников дорожного движения в заданных условиях, накопленную кинетическую энергию конфликтующих транспортных средств, возможности управления ими и степень физической защищенности участников дорожного движения. Данный метод в свою очередь подразделяется на метод линейных графиков коэффициентов аварийности [52, 93, 61,

158, 187–190], метод линейных графиков коэффициентов безопасности [48, 66, 75–77, 114, 147, 152, 153, 156, 158], метод конфликтных точек [94–96], метод конфликтных участков [30] и метод конфликтных зон [12].

Существующие методы прогнозирования аварийности в дорожном движении отличаются невысокой точностью прогноза и некоторыми другими недостатками, ограничивающими их применение на разных стадиях разработки и внедрения мероприятий. Совершенствование этих методов является весьма актуальным, поэтому исследования в этом направлении ведутся довольно активно.

Метод конфликтных зон прогнозирования аварийности по потенциальной опасности был разработан ранее автором на базе метода конфликтных участков [12]. Разработаны модели прогнозирования аварийности в конфликте «транспорт – транспорт», столкновения боковые, поворотные для нерегулируемого, межфазного и внутрифазного режимов [12]. Под **конфликтной зоной** понимают неразрывную группу компактно расположенных и взаимодействующих между собой пространственных конфликтных точек, границы которых соприкасаются или пересекаются. [12].

Этот метод обладает точностью прогноза, достаточной для разработки и оптимизации этих решений, однако он требует усовершенствования. Для практической реализации метода необходимо создание специальных (частных) моделей прогнозирования аварийности в данном виде конфликта, на данном типовом объекте в данном режиме работы объекта, которые учитывали бы типовые особенности конфликта, объекта и режима его работы.

#### *1.3.4. Исследования в области оценки стоимости аварийных издержек*

Аварийные потери проявляются в самых разнообразных формах. На рисунке 1.14 показана структура потерь от аварии [2, 188].

Под аварийными потерями понимают стоимость аварий любых видов и любой тяжести последствий, включая судебные и иные издержки, связанные с авариями. В аварийных потерях, в отличие от экономических и экологических, ущерб наносится, в первую очередь, отдельным участникам движения – для них именно эти потери в тысячекрат важнее, чем другие виды потерь. В то же время, отношение общества к аварийным потерям легко определяется по уровню аварийности, т.е. по тому, что оно делает для снижения этих (и других) потерь.

По своему характеру ущерб, нанесенный при аварии, делится на две составляющие – материальную (или экономическую) и духовную (или социальную) [2, 188]. Экономическая составляющая делится на прямые и косвенные потери. Прямые потери – это потери от повреждения дороги и ее обустройства, транспортных средств и грузов; расходы на расследование аварии, пенсии, пособия, лечение пострадавших или похороны погибших. Косвенные потери – это потери части внутреннего валового продукта

(ВВП) от временного, частичного или полного исключения членов общества из производственной деятельности, потери из-за нарушения нормального процесса дорожного движения при аварии и т.д.

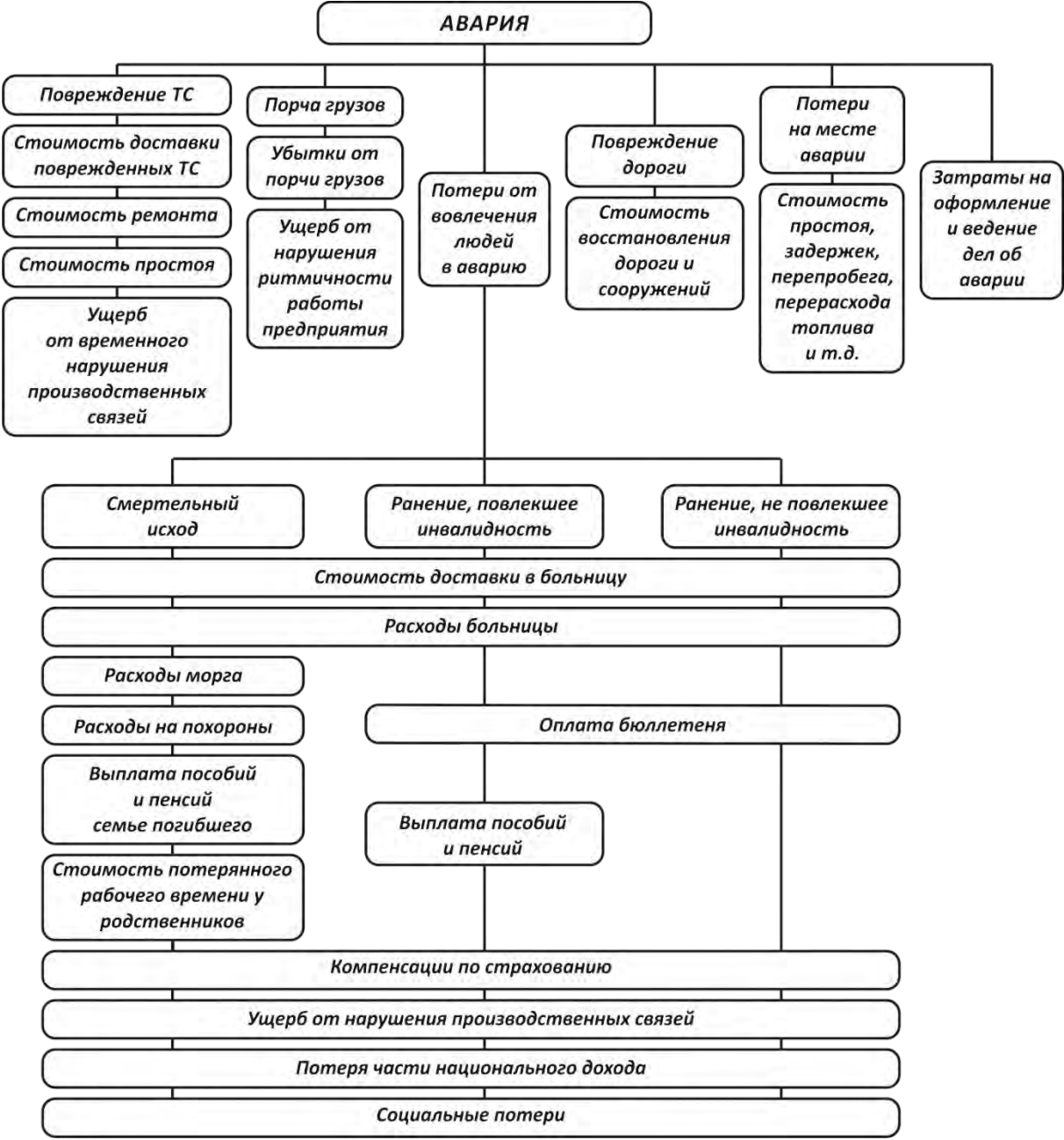


Рисунок 1.14 – Структура потерь от аварии [2, с.173, рисунок 2.40]

Социальная составляющая включает так называемую «душевную боль» от гибели или увечья людей – близких и знакомых. Включает потери от нарушения нормальной психики людей, подвергшихся смертельному риску, либо психики людей, подвергших смертельному риску своих близких; потери от крушения планов из-за аварии, от изменения (в худшую сторону) привычного уклада жизни семей. Наконец, она выражает общественную боль из-за бессмысленной потери своих граждан.

Найдено несколько способов оценки стоимости социальной составляющей – страхование; материальная компенсация морального ущерба через суд; нормативы, учитывающие социальную составляющую; моральные устои и т.д. В случае с аварийностью наибольшее распространение получило страхование. В развитых странах страховые оценки очень высоки – например, в США страховая оценка аварии с погибшим превышает 2,7 млн долл., в ФРГ – 1 млн евро, в Российской Федерации (предложено) – 90000 долл. (2200 000 российских руб. [71, 191]) и т.д. Именно эти суммы входят в полную оценочную стоимость аварий.

Наиболее распространенный метод определения ущерба от аварии – суммировать различные компоненты [192]. Некоторые из них являются индивидуальными и касаются владельца транспортного средства, а некоторые – всех членов общества. Издержки, которые не ложатся на пользователя транспортного средства, называются внешними факторами или экстерналиями (externalities) [149]. Оценки суммарных издержек, связанных с внешними факторами, колеблются в пределах от 0,6 до 2,5 % от ВВП [Европейская конференция министров транспорта, 1998].

В некоторых работах [193] рассматриваются внешние издержки от аварийности, включая влияние перегруженности дорог.

В работе [194] была выполнена оценка ущерба от аварий в различных видах дорожного транспорта. Самыми большими являются потери легкового транспорта – примерно 44 долл. (2002 г.) на 1 000 п-км. Потери в автобусном сообщении составили примерно 3,08 долл. (2002 г.) на 1 000 п-км; грузового транспорта – примерно 12,32 долл. (2002 г.) на каждую тысячу тонно-километров.

В работе [195] выполнены расчеты, которые позволяют оценить среднюю потерянную производительность семьи примерно в 30 % от средней потерянной производительности пострадавшего в аварии.

Аварии часто блокируют часть улицы и вызывают транспортные затруднения в месте совершения аварии или на участке приближения к нему. Особенно это важно в городских условиях, где одна незначительная авария способна вызвать многочасовую пробку.

В некоторых источниках [188, 196–204] оценивается денежный эквивалент этих затруднений, складывающийся из потерянного в заторе времени и потраченного топлива.

Имеются и другие виды косвенных издержек, возникающие на месте аварии, – негативное воздействие выхлопных газов на здоровье водителей, пассажиров и жителей близлежащих домов; амортизация транспорта; перепробег маршрутного пассажирского транспорта или отмена маршрутов их движения (например, при невозможности объезда места аварии троллейбусами и др.), а также возникновение еще нескольких аварий [например, 340], что в совокупности добавляет около 8 % стоимости к общей сумме ущерба от аварии. В США разработаны индексы потерь, по которым определяют стоимость аварии при различной тяжести последствий (таблица 1.5) [205].

Таблица 1.5 – Показатели потерь при аварии с пострадавшими [205]

Индекс тяжести	Степень тяжести, последствия	Стоимость потерь, долл.
AIS 6	Смертельный исход	2700000
AIS 5	Критическая, тяжкие телесные повреждения	1980000
AIS 4	Серьезная, телесные повреждения средней тяжести, возможное ухудшение здоровья	490000
AIS 3	Серьезная, телесные повреждения средней тяжести	150000
AIS 2	Умеренная, легкие телесные повреждения, дела частного обвинения	40000
AIS 1	Малая, легкие телесные повреждения, не включенные в госстатотчетность	5000

В таблице 1.6 приведены значения средней суммы выплаты страхового возмещения по одному страховому случаю в Республике Беларусь.

Таблица 1.6 – Средние суммы возмещения по одному страховому случаю по страхованию гражданской ответственности владельцев транспортных средств в Республике Беларусь [25–27]

Место жительства причинителя вреда	Средняя сумма страхового возмещения, тыс. бел. руб.									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Минск	1073,2	1208,7	1321,5	1776,1	2163,6	2789,8	2968,6	4299,6	7104,3	7656,4
Могилев	1049	1162,4	1351,3	1841,5	2133,6	2846,7	3059,8	4189,9	6609,4	7565,5
Гомель	763,6	1002,5	1168,6	1488,3	1842,6	3008,4	3273,6	4480,8	7631,8	8909,7
Брест	1266,5	1358,9	1335,8	1663,7	1852,3	2610,1	2619,7	4204,6	6660,4	7668,5
Гродно	847,6	1072	1302,7	1724,2	2216,4	2575,7	2604,3	3954,6	5993,5	6394,1
Витебск	830,4	1131	1073,1	1319,4	1452,8	2345,9	2355,8	3439,7	5777,7	6642,6
Бобруйск	1186,9	1264,6	1383,1	2192,7	2752,2	3554,9	3406,2	5496,0	8349,7	10100,9
Барановичи	1639,2	1659,6	1766,3	2166,8	2352,2	3362,8	3375,0	4597,9	6961,0	7699,2
Мозырь	1123,7	1240,5	1146	1901,8	2105,7	3331,9	3000,9	4073,9	7232,9	7641,1
Жодино	1103,3	1353,5	1196,6	1843,2	2140,5	3274,8	3342,5	4591,0	7904,8	8828,5
Молодечно	869,7	1030,2	1174,5	1425,5	1755,6	2727,4	2720,5	3734,7	6562,7	8357,5
Орша	1124,3	1085,7	1121	1681,6	1920,4	3348,7	3342,7	4076,1	7131,1	8579,6
Пинск	1126	1193,8	1437,6	1735,6	2076,1	2554,5	2565,3	4052,7	7015,8	7237,8
Лида	779,9	1224,4	1351,3	1681,2	2207,6	2924,2	3168,4	4599,6	6688,7	7714,3
Речица	844,2	928,7	1178,4	1544,3	1840	2744,9	3463,0	4624,7	9847,3	11016,5
Жлобин	1177,6	1264,2	1444,4	1742,7	1849,7	3220,5	3450,1	4366,5	7149,7	10473,6
Солигорск	842,6	968,7	1095,3	1707,9	1845,8	2688,9	2989,7	5075,0	8482,2	9067,9
Слоним	827,9	1109,1	1240,4	1632,4	2002,2	3566,3	3753,5	5141,3	6673,5	7199,9
Светлогорск	1343,2	868,6	1122,5	1333,3	2098,2	3325,1	2884,7	4305,9	8395,6	8884,3
Борисов	1112,6	938,9	1169,2	1658,4	2066,4	2689,4	2817,3	3791,6	6146,5	6344,9
Кобрин	1019,7	1375,7	1295,7	1654,6	1867,3	2545,9	3030,7	4677,4	7868,3	8934,3
Полоцк	1032,8	925,5	1025,2	1362	1582,9	2666,1	2263,1	3345,8	6058,5	6659,2
Слуцк	1031,7	1200	1265,3	1486,3	1868,1	2531,9	2899,9	4766,6	7929,5	7719,1
Новополоцк	1119,9	1123,9	1216,7	1689,5	1712,3	1762,8	2264,1	3146,8	5994,0	6956,0

## Окончание таблицы 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Др. населенные пункты	1131	1249,9	1426,7	1878,2	2172,2	3236,9	3470,7	5082,5	8054,9	8740,2
Средняя по Беларуси	1039,6	1170,7	1282,4	1711,3	2045,2	2890,0	3045,2	4441,5	7240,1	7927,3
Ср. курс, долл. США	2163	2161	2147	2147	2156	2792	2980	5001	8237	8722
Ср. сумма, долл. США	480	542	597	797	949	1035	1022	888	879	909

В таблице 1.7, для сравнения, приведены данные по стоимостям потерь от аварий в Великобритании.

Таблица 1.7 – Стоимость дорожных аварий в Великобритании за 2012 год [UK Government Injury Costing Approach] (в фунтах)

Тип аварии	Road Type			All Roads
	Built-up roads <sup>1</sup> Жилая дороги	Non Built-up roads <sup>2</sup>	Motorways <sup>3</sup>	
Fatal	1,914,229	1,920,372	1,924,341	1,917,766
Serious	218,109	220,524	229,358	219,043
Slight	22,773	24,559	27,857	23,336
All injury accidents	62,250	109,415	74,471	72,739
Damage only	1,935	2,830	2,720	2,048
<b>Все аварии</b>	5,160	14,942	11,063	6,409

*Примечание:* <sup>1</sup> – Дороги со скоростным ограничением до 40 миль/ч или менее, за исключением автомобильных дорог и дорог категории А (М); <sup>2</sup> – Дороги с ограничением скорости больше, чем 40 миль/ч, за исключением автомобильных дорог и дорог категории А (М); <sup>3</sup> – автомагистрали и дороги категории А (М).

Учитывая изложенное, можно сделать следующие выводы:

– правильное определение потерь от аварийности позволяет объективно оценить уровень опасности и масштаб инвестиций в организацию дорожного движения, а также сопоставить и обосновать предлагаемые мероприятия по повышению безопасности движения;

– расчеты экономической эффективности мероприятий по снижению аварийности, которые сегодня в Республике Беларусь оперируют цифрами только экономического ущерба, должны проводиться по полной стоимости, включающей и социальную составляющую;

– в число оцениваемых компонент экономической составляющей аварийных потерь следует внести ущерб от транспортных затруднений на месте аварии;

– для обеспечения возможности оптимизации принимаемых решений по организации дорожного движения необходимо разработать методику

определения расчетной социально-экономической стоимости аварий в Республике Беларусь.

#### **1.4. Пути повышения качества дорожного движения**

Повышению качества, в том числе и безопасности дорожного движения уделяется огромное внимание на государственном уровне. Борьба с аварийностью ведется по многим направлениям – совершенствование транспортных средств, дорожной инфраструктуры и организации дорожного движения и др., повышение эффективности управления и государственного контроля в области дорожного движения и обеспечения его безопасности, построение государственной идеологии управления дорожным движением, основанной на повышении безопасности дорожного движения и соблюдении прав и свобод граждан в этой сфере и др. [4]. Наиболее перспективным является повышение безопасности дорожного движения методами организации движения по следующим причинам.

Процесс автомобилизации в западных и постсоветских странах происходил в отличающихся условиях, поэтому и среда движения, особенно ее организационно-управленческая составляющая, также значительно отличаются. За рубежом автомобилизация происходила относительно медленно, в течение целого столетия. Например, в США компания Форд в конце второго десятилетия прошлого века выпускала 2 млн легковых автомобилей в год [206]. Для сравнения, сегодня Российская Федерация еще не достигла этого уровня [207].

За рубежом давно существуют свои структуры управления дорожным транспортом, структуры организации дорожного движения и научно-исследовательские центры. Там сформировались сильные инженерно-управленческие школы, которые рационально используют и приумножают накопленный десятилетиями опыт. Этот опыт собран во многих, в т.ч. и основополагающих, нормативах, которые постоянно совершенствуются с учетом постепенно меняющейся ситуации.

У них иные подходы к направленности управления движением – ограничений меньше, но почти каждое контролируется. Например, в Великобритании, территория которой больше нашей всего в 1,4 раза, на дорогах установлено более 4 млн видеокамер, и почти каждое нарушение автоматически приводит к наказанию, как правило, в виде штрафа [208] (для сравнения, у нас наказываются всего лишь около 1–2 % нарушителей). Это в сильнейшей степени формирует ментальность участников движения и его организаторов, несущих ответственность за качество дорожного движения.

Многие проблемы решаются дорожными и градостроительными методами, например, строительством развязок в разных уровнях или многоэтажных стоянок. В крупнейших городах построены скоростные дороги, снимающие практически всю транзитную нагрузку и значительную часть межрайонной нагрузки.

Что касается исследований, то они в большей мере направлены на решение проблем координации, въезда и съезда со скоростных магистралей, организации стоянок, борьбе с фоновой аварийностью и т.д. Проблема безопасности в городских очагах аварийности решается в основном на инженерном уровне с использованием накопленного десятилетиями богатейшего опыта.

В Республике Беларусь процесс автомобилизации проходил скачкообразно, бурно. Поэтому у нас нет достаточного опыта, и пока еще не сформировалась инженерно-управленческая школа, особенно в городском движении. Предстоит создавать такую школу, а для этого, кроме прочего, необходимо создать научно-методологическое обеспечение, которое должно быть эффективным и доступным. Именно эту цель преследует работа, являющаяся одной из первых в русле нового научного направления – *повышение качества дорожного движения методами организации движения*. Это направление, кроме очаговой аварийности, включает пешеходное движение, координированное регулирование, стоянки и другие проблемные вопросы, касающиеся основных свойств дорожного движения.

Очаговая аварийность – одна из насущных проблем в дорожном движении. Сегодня в очагах аварийности происходит около 70 % всех аварий, в т.ч. в городских очагах – около 50 % всех аварий в стране. При этом решение проблемы аварийности в городских очагах достигается относительно легко и быстро методами организации движения, которые являются некапиталоемкими и в то же время эффективными.

В Республике Беларусь методология повышения безопасности движения в городских очагах аварийности отсутствует, хотя для этого имеются хорошие предпосылки. В частности, в Белорусском национальном техническом университете (БНТУ), разработан и апробирован универсальный оценочный критерий – *потери в дорожном движении*, позволяющий на отдельных участках улично-дорожной сети количественно оценивать основные свойства дорожного движения.

В БНТУ, разработан и апробирован современный высокоточный метод конфликтных зон прогнозирования аварийности по потенциальной опасности, учитывающий большое количество (более 110 параметров) факторов, влияющих на аварийность, и позволяющий на конфликтных объектах делать прогноз еще на стадии принятия решений.

Учитывая изложенное, было решено в рамках исследований разработать действенную методологию повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности, доступную для использования в практических целях организации дорожного движения.

Городские очаги аварийности являются, пусть и важнейшей, но всего лишь составной частью городских условий. Городские условия применительно к дорожному движению отличаются от «негородских» тем, что здесь очень много конфликтного движения при высокой интенсивности движения и стесненных условиях, много маневрирования, мешающих



движению стоянок транспорта и пешеходов, много ограничений и плохая информативность.

Характер движения очень динамичный и быстротечный, а концентрация внимания водителей очень высокая, часто на пределе; очень много ошибок и нарушений, как со стороны водителей, так и со стороны пешеходов. Поэтому, кроме очаговых, в городе много фоновых аварий – около 30 %, с которыми очень трудно бороться, поскольку их причины связаны с такими «трудноуправляемыми» факторами, как закононепослушание, усталость, спешка, рассеянность (в основном пешеходов), особенности характера водителей, неисправность транспортных средств, стихия и т.д. Эти аварии не исследуются в работе.

**Регулируемые перекрестки.** Под термином «очаг аварийности» понимают место концентрации не менее трех аварий в год. К городским очагам аварийности относят зоны конфликтных объектов – перекрестков, пешеходных переходов, остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта, мест установки искусственных неровностей, развязок в разных уровнях и железнодорожных переездов.

Особое место среди городских очагов аварийности занимают *регулируемые перекрестки*, которые являются местом концентрации маневрирования *мощных* транспортных потоков. Кроме того, здесь же происходит взаимодействие (пересечение) транспортных и пешеходных потоков. И все это осуществляется на очень ограниченном пространстве и в сжатое время (поскольку все потоки «сжимаются» во времени, т.к. они движутся не в течение всего светофорного цикла, а только в выделенное для них время зеленого сигнала).

В результате регулируемые перекрестки стали основными очагами аварийных, экономических и экологических потерь. Как следствие, регулируемый перекресток – основной объект улично-дорожной сети, определяющий качество дорожного движения в городах.

Например, выбор параметров светофорного цикла на регулируемом перекрестке, особенно на нагруженном, является делом чрезвычайно сложным и «тонким», и почти полностью зависит от опыта и интуиции инженера, что малопродуктивно.

Поскольку сегодня отсутствуют работоспособные методики оценки качества организации дорожного движения и оптимизации принимаемых решений, то можно утверждать, что организация движения на регулируемых перекрестках не всегда оптимальна. Это обстоятельство является основной причиной неприемлемо высоких потерь всех видов, включая аварийные. Именно поэтому регулируемые перекрестки были выбраны в качестве первого, основного объекта исследования.

**Искусственные неровности.** *Искусственная неровность* – это специально устроенное на постоянной основе препятствие для движения в виде выступающего над проезжей частью возвышения сегментного или трапециевидного сечения (рисунок 1.15), изготовленного из асфальтобетона или

иных прочных материалов и установленного поперек дороги (улицы), как правило, без возможности объезда, вынуждающее водителей под угрозой потери управляемости или поломки автомобиля резко снизить скорость движения, независимо от дорожно-транспортной ситуации [209].

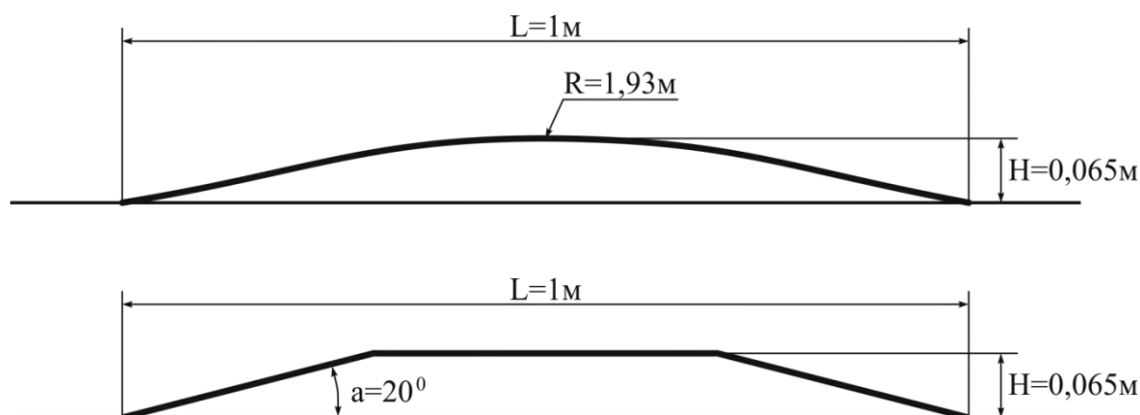


Рисунок 1.15 – Формы и размеры поперечных сечений искусственных неровностей [209, с. 6]

В Республике Беларусь первые искусственные неровности появились в начале нынешнего столетия.

Через несколько лет начался бурный рост числа искусственных неровностей (только в городе Минске до 2013 года было установлено более 890 неровностей) и соответствующим организациям были доведены плановые показатели по их установке, независимо от наличия потребности. Зарубежный, в основном западноевропейский, опыт применения искусственных неровностей необходимо изучать, анализировать, учитывая условия и особенности дорожного движения в стране.

Необходимо иметь действенную модель оценки эффективности применения искусственных неровностей, что позволит оценить целесообразность управленческих решений.

В «Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь» [4], разработанной согласно Указу Президента Республики Беларусь № 551 от 28 ноября 2005 года и утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 14 июня 2006 г. № 757, указано, что дорожное движение содержит не одну, а четыре **основные** угрозы – аварийную, экологическую, социальную и экономическую.

Повышение качества дорожного движения подразумевает снижение потерь во всех видах опасности, но никак не снижение потерь в одном виде за счет многократного их увеличения в других видах. Более того, установлено, что применение искусственных неровностей в исторических трендах снижения аварийности не обеспечило [163].

Из этих положений следует, что установка искусственной неровности, которая, как показали исследования, на 1 долл. снижения социально-экономических потерь от аварийности вызывает увеличение точно таких

же экологических и экономических потерь от 20 до 120 долл., является действительно «последним инструментом» и может применяться лишь в исключительных случаях, там, где бессильны «другие инструменты» (Приложение Б).

Учитывая изложенное, решено выбрать искусственную неровность в качестве второго объекта исследования и разработать комплексную модель оценки эффективности ее применения.

### 1.5. Выводы по разделу

1. Дорожное движение происходит в сформировавшейся среде, включающей материальную составляющую (автомобильные дороги и их обустройство, автотранспортные средства, технические средства регулирования) и организационно-управленческую составляющую (структуры, идеология и методы управления). Материальная составляющая среды движения в Республике Беларусь сегодня оценивается как удовлетворительная, а организационно-управленческая – как неудовлетворительная. Вследствие этого качество дорожного движения, в целом, также оценивается как неудовлетворительное. В результате в 2015 году потери в дорожном движении Республики Беларусь составили около 6,5 млрд. долларов, или около 8 % ВВП, что почти в два раза превышает аналогичные показатели в развитых странах. При этом около 50 % всех потерь (а в городах – до 75 %) происходит по причине неудовлетворительной организации дорожного движения.

2. Организация дорожного движения является важнейшей подсистемой в системе дорожного транспорта, который, в свою очередь, является важнейшей подотраслью транспортной отрасли. Основными причинами неудовлетворительной организации дорожного движения в Республике Беларусь является отсутствие собственных структур управления, как в системе дорожного транспорта, так и в подсистеме организации дорожного движения, а также отсутствие надлежащей методологии управления дорожным движением.

3. Надлежащая методология управления дорожным движением предполагает учет и минимизацию всех основных угроз – аварийной, экологической, экономической и социальной. Однако в Республике Беларусь из всех угроз учитывается в основном аварийность, при этом борьба с аварийностью методами организации дорожного движения ведется не системно.

4. В Республике Беларусь отсутствует методология повышения качества, в том числе и безопасности дорожного движения. Работы в этом направлении характеризуются несистемностью, почти полным игнорированием других угроз, кроме аварийности.

Практически отсутствует системное обеспечение деятельности по повышению безопасности дорожного движения. В частности, отсутствуют

методики очагового анализа аварийности; выбора и оптимизации решений; прогнозирования аварийности на типовых объектах; расчета экономических потерь на некоторых типовых объектах, например на искусственных неровностях; оперативной контрольной оценки эффективности внедряемых мероприятий и т.д.

5. В результате анализа литературных источников установлено:

– существуют проблемы совместимости оценочных критериев качества отдельных свойств дорожного движения, поскольку они не стыкуются между собой. Из комплексных оценочных критериев качества используются, в основном, лишь два: «уровень обслуживания» – для дорожно-транспортных систем и «потери в дорожном движении» – для объектов улично-дорожной сети;

– анализ существующих методов прогнозирования аварийности показал, что большинство из них принципиально непригодны для разработки и оптимизации решений по повышению безопасности движения в городских очагах аварийности. Метод конфликтных участков, который принципиально пригоден для решения этих задач, не обладает достаточной точностью прогноза. Только метод конфликтных зон, разработанный на базе метода конфликтных участков, обладает точностью прогноза, достаточной для разработки и оптимизации этих решений, однако он требует усовершенствования;

– расчетная социально-экономическая стоимость аварийных издержек, необходимая для расчета аварийных потерь при проведении работ по повышению качества дорожного движения, в разных странах существенно отличается. В Республике Беларусь расчетная стоимость аварийных издержек неизвестна, а страховые оценки не учитывают социальную составляющую аварийности и оперируют настолько малыми суммами, что они не могут быть приняты в качестве расчетных, особенно для аварий с пострадавшими.

Имеется потребность в разработке таких моделей, которые учитывали бы экономическую и социальную составляющие, объем ВВП и реальные страховые выплаты, а также стоимость затруднений на месте аварии и расходы по ведению дел по урегулированию ущерба от аварий;

– отношение к «успокоению» движения и его методам изменяется. В частности, уже прошло повальное увлечение принудительным ограничением скорости с помощью искусственных неровностей и они, в основном, остались лишь на отдельных малонагруженных улицах и дворовых территориях. Поэтому представляется целесообразным разработать комплексную модель оценки эффективности применения искусственной неровности.

Необходимо создать и апробировать действенную методологию повышения качества дорожного движения и соответствующее программно-методическое обеспечение для возможности ее практического использования в организации дорожного движения.

## РАЗДЕЛ 2

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Понятие «методология» имеет несколько отличающихся определений. В работе принято следующее определение: «Методология – система принципов и способов организации и построения теоретической и практической деятельности...» [210]. Как следует из определения, методология объединяет в систему и принципы, и способы (методы, методики, средства, приемы и т.д.) организации деятельности. Ниже, в кратком изложении рассмотрены основные методологические принципы и объединенные в научно-методологическую систему основные методы, а также некоторые особенности определения необходимых исходных данных.

#### 2.1. Основные методологические принципы повышения качества дорожного движения

Методология построена на шести основных теоретико-практических методологических принципах (рисунок 2.1).

Первый общеизвестный методологический принцип применяется при оценке существующего положения на исследуемом объекте, в результате которой должны быть получены техническая характеристика объекта и необходимые исходные данные для последующих расчетных исследований.

Этот принцип *гласит*: результаты оценки должны быть достоверными и достаточными.

Остальные методологические принципы являются специальными и связаны с повышением качества дорожного движения.

К этим принципам относятся:

- максимизация опасности при выборе объекта исследования;
- минимизация суммарных потерь при оценке качества и выборе решений по повышению безопасности дорожного движения;
- сбалансированный учет аварийных и экологических потерь при выборе решений по повышению безопасности движения в неясных ситуациях;
- минимизация суммарной стоимости функционирования объекта при выборе мероприятий по повышению безопасности дорожного движения;
- обязательная оперативная контрольная оценка аварийности на основе метода конфликтных ситуаций в процессе внедрения мероприятий по повышению безопасности дорожного движения.

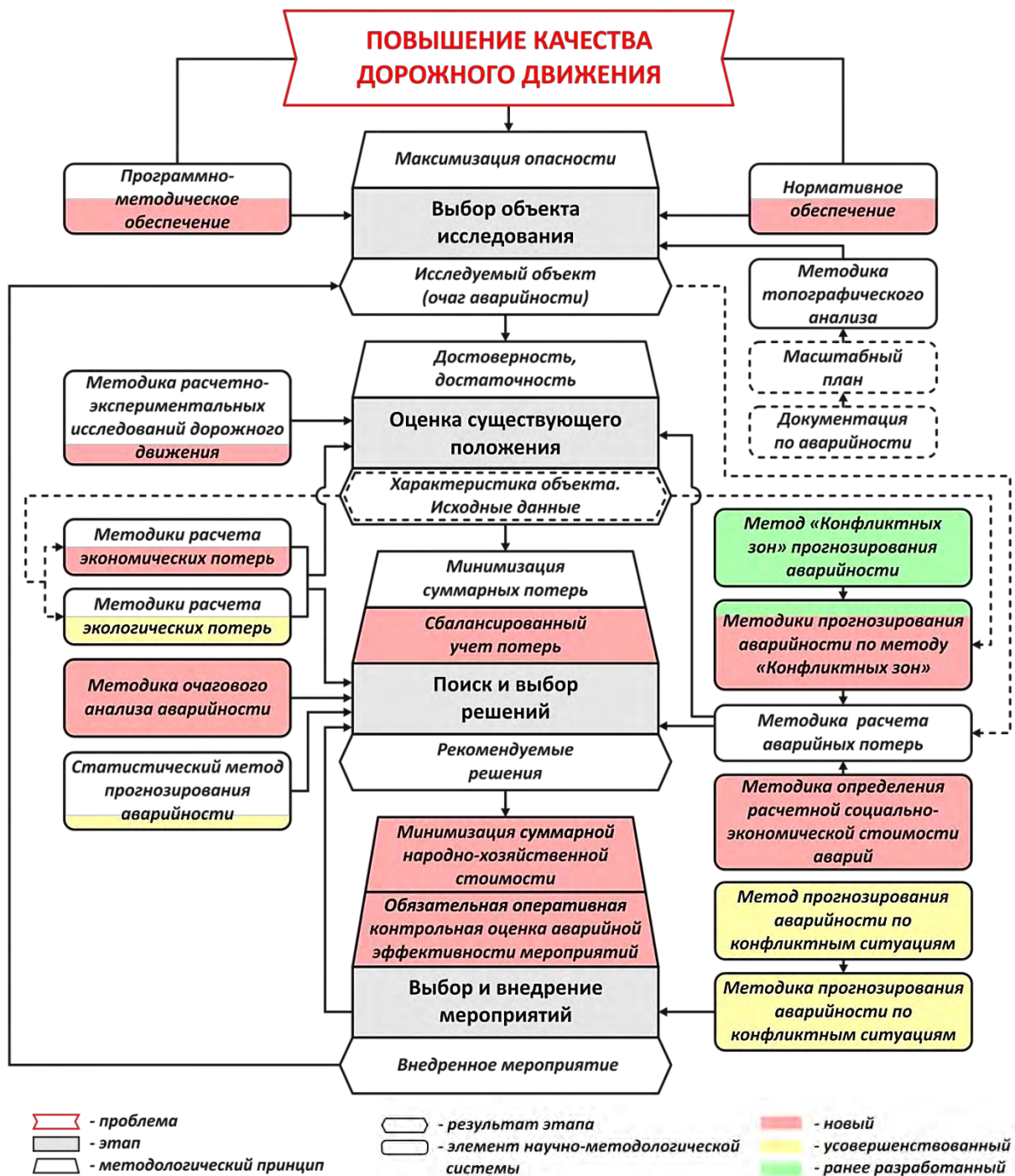


Рисунок 2.1 – Принципиальная структура методологии повышения качества движения

### 2.1.1. Принцип максимизации опасности при выборе объекта исследования

Этот принцип гласит: первоочередному исследованию с целью повышения безопасности дорожного движения подлежит очаг аварийности с наибольшей опасностью. Это вызвано тем, что в реальных условиях кадровые и иные возможности повышения безопасности дорожного движения весьма ограничены и прилагаемые усилия должны иметь наибольшую отдачу.

Опасность очага аварийности, как правило, определяется по абсолютному показателю (см. п. 1.2) – числу аварий. При этом может использоваться социально-экономически приведенное (по тяжести последствий) число аварий или модифицированное социально-экономически приведенное число аварий. Последнее уменьшает вероятность грубых ошибок при малом числе аварий в очаге, поскольку, например, одна, возможно случайная, авария со смертельным исходом при социально-экономическом приведении «перевешивает» 74 аварии с материальным ущербом.

Исследуемый методологический принцип допускает исключения. В частности, первоочередным исследуемым очагом может стать и не самый опасный, но при условии, что причины аварийности очевидны, а их устранение не требует ни значительного времени, ни значимых затрат.

### **2.1.2. Принцип минимизации суммарных потерь при оценке качества и выборе решений**

Этот принцип *гласит* – чем меньше суммарные потери, тем лучше решение.

*Потери* – это социально-экономическая стоимость невынужденных издержек процесса движения (аварии, задержки, остановки и перепробег транспорта, перерасход топлива, излишние выбросы вредных веществ и транспортный шум, нарушения законности и т.д.) [2]. Потери являются комплексным оценочным критерием качества дорожного движения. Решение по повышению безопасности дорожного движения – избранный способ действий, оформленный в виде описания, эскизного проекта или технического задания.

*Качество* дорожного движения определяется совокупностью его основных свойств – безопасности (аварийности), экологичности, экономичности и социологичности. Если не использовать критерий «потери», то качество каждого из этих свойств определяется отдельно по своим частным оценочным критериям, которые несовместимы для разных свойств, что сильно затрудняет оценку совокупного (по всем основным свойствам) качества дорожного движения.

Поскольку оценочный критерий «*потери*» выражен в денежном эквиваленте, то он позволяет сопоставлять качество всех основных свойств в любой комбинации. Кроме того, он позволяет сопоставлять качество дорожного движения с величиной затрат на достижение этого качества, поскольку и то и другое выражено в деньгах. Поэтому критерий «*потери*» очень удобен и нагляден при оценке сопоставляемых вариантов организации дорожного движения для небольших дорожно-транспортных систем и, особенно для отдельных объектов – чем меньше потери, тем лучше вариант.

Однако критерий «*потери*», несмотря на кажущуюся простоту, является довольно сложным и наукоемким. Существуют три основные проблемы, связанные с его применением. Во-первых, это сложность определения

фактических и тем более прогнозируемых общих издержек процесса движения, включая вынужденные и невынужденные. Для этого должны быть разработаны действенные методики экспериментального определения (измерения) и прогнозирования всех издержек во всех четырех основных свойствах дорожного движения. При этом серьезную проблему представляет сбор и первичная обработка исходных данных, что обусловлено особенностями процесса дорожного движения – массовостью, рассредоточенностью, неравномерностью, непрерывностью и т.д.

Во вторых, это выбор критериев, разделяющих фактические издержки на вынужденные и невынужденные. Например, в аварийности, казалось бы, все просто – любая авария является невынужденной издержкой, однако и здесь имеются вопросы, поскольку дорожное движение без аварий нереально. В экономичности ситуация несколько более сложная, поскольку, например, установленные законодательством ограничения скорости не всегда достаточно обоснованы. Что же касается неимоверного количества местных ограничений скорости, то они, по сути, являются противозаконными. В экологических потерях вопросов еще больше. Например, из чего исходить при определении потерь от выбросов вредных веществ в атмосферу, если минимальные выбросы имеют место при скорости потока порядка 60–70 км/ч, а разрешенная скорость на загородных дорогах составляет 90 км/ч и на автомагистралях – 120 км/ч.

В качестве критерия, разделяющего вынужденные и невынужденные издержки (т.е. определяющего эталонные условия дорожного движения), принято:

- для аварийных потерь – отсутствие аварий;
- для экономических и экологических потерь – издержки, соответствующие равномерному движению транспорта с разрешенной законодательством скоростью без учета местных ограничений (при этом скорость поворотных потоков определяется исходя из устойчивости автомобиля по траектории заданного радиуса).

В-третьих, имеются сложности с определением социально-экономической стоимости издержек, особенно имеющих значимую социальную составляющую. В первую очередь это относится к аварийным и экологическим потерям.

В результате из-за сложности и отсутствия надлежащих исследований в этой области сегодня точность определения потерь уступает желаемой. Исследования, проводимые в рамках работы, позволяют несколько повысить точность определения в основном аварийных потерь. В частности, необходимо разработать модели прогнозирования аварийности по ранее разработанному авторскому методу конфликтных зон, которые позволят повысить точность прогноза. Создать новые модели определения расчетной социально-экономической стоимости аварий, которые позволят определить эту стоимость в Республике Беларусь. Усовершенствовать метод прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям, что позволит повысить



точность прогноза. Разработать новую модель расчета экономических потерь на искусственных неровностях, что позволит относительно точно определить экономические потери на этих объектах. Усовершенствовать модель расчета экологических потерь на регулируемых перекрестках, т.к. проблема точности определения потерь существует и это частично учитывается следующим методологическим принципом.

### **2.1.3. Принцип сбалансированного учета аварийных и экологических потерь при выборе решений**

Этот принцип применяется только при выборе наилучших решений в случае равенства суммарных потерь и *гласит*:

- при равенстве суммарных и экологических потерь приоритет отдается решению с меньшими аварийными потерями;
- при равенстве суммарных и аварийных потерь приоритет отдается решению с меньшими экологическими потерями;
- при равенстве суммарных и неравенстве аварийных и экологических потерь дополнительно проводится ранжирование аварийных ( $K_{pa} = 1,25$ ) и экологических ( $K_{pe} = 1,05$ ) потерь и приоритет отдается решению с меньшими «ранжированными» суммарными потерями.

Несмотря на относительно невысокую точность определения потерь, в большинстве случаев этой точности все же достаточно для выбора лучших решений, поскольку их суммарные потери значимо отличаются. Однако в некоторых ситуациях суммарные потери отличаются незначительно, например, в пределах 5 %. В таких случаях выбор решений только по величине суммарных потерь содержит определенный риск ошибки. Особенно тогда, когда сопоставляемые решения, близкие по суммарным потерям, значимо отличаются по аварийным и экологическим потерям. В подобных ситуациях выполняется ранжирование аварийных и экологических потерь.

Необходимо отметить, что по данным ВОЗ 92% населения Земли живет в местности, загрязнение воздуха в которой превышает лимиты ВОЗ. Одним из основных источников загрязнения воздуха, по сведениям ВОЗ, является низкое качество дорожного движения и эффективность транспорта [<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/air-pollution-estimates/en/> 1]. При этом надо отметить, что наша страна находится на третьем месте в мире по относительной смертности от болезней, связанных с загрязнением воздуха.

Поэтому ранжирование проводится по доле социальной составляющей в общей социально-экономической стоимости издержек. Это объясняется тем, что величина социальной составляющей стоимости зависит от многих «неконкретных» факторов, таких как ментальность участников дорожного движения, идеологические установки, влияние экологического воздействия на человека и окружающую среду и т.д. – все это пока не исследовано надлежащим образом, особенно в количественном и стоимост-

ном выражении. Кроме того, явно недостаточно исследованы социальные потери, в которых, предположительно, социальная составляющая весьма значительна. Поэтому считается, что в потерях социальная составляющая определена менее точно, чем экономическая, которая зависит от более «конкретных» факторов. Исходя из этих соображений, потери равной величины в общем случае ранжируются в следующей последовательности: аварийные, экологические и экономические. Поэтому, если в сопоставляемых решениях суммарные и экологические потери примерно равны, то приоритет отдается решению с меньшими аварийными потерями. Если же примерно равны суммарные и аварийные потери, то приоритет отдается решению с меньшими экологическими потерями. Выбор решений осуществляется инженером либо самостоятельно, либо комиссионно.

Если же при сопоставлении решений с примерно равными суммарными потерями аварийные и экологические потери значительно различаются, то необходимо выполнить ранжирование аварийных и экологических потерь и выбор решений проводить уже по «ранжированным» суммарным потерям. Чтобы с достаточной точностью определить диапазон и коэффициенты ранжирования, необходимы специальные исследования. Поэтому здесь приняты предварительные, приближенные коэффициенты ранжирования. Детально этот вопрос будет рассмотрен ниже.

#### ***2.1.4. Принцип минимизации стоимости функционирования объекта при выборе мероприятий***

Этот принцип *гласит*: чем меньше стоимость функционирования объекта, тем лучше мероприятие. Мероприятие по повышению безопасности дорожного движения – рекомендованное к реализации в строительномонтажном комплексе решение по повышению безопасности дорожного движения, оформленное в виде рабочего или строительного проекта.

Суммарные потери на исследуемом объекте являются лишь частью стоимости его функционирования. Кроме суммарных потерь в эту стоимость входят приведенные капитальные вложения на реализацию выбранного мероприятия и расходы на эксплуатацию объекта. Поскольку на уже *существующих* объектах приведенная стоимость их строительства является величиной постоянной для любых вариантов мероприятий, то она не учитывается и в выборе мероприятий не участвует.

Стоимость капитальных вложений и расходов на эксплуатацию объекта зависит от многих производственных факторов у конкретных исполнителей и при выборе наилучших решений она неизвестна разработчику, поэтому функции выбора мероприятий в монографии не рассматриваются. Разработчик передает исполнителю набор наилучших решений, для каждого из которых известны суммарные потери и их составляющие, в том числе и по аварийности. Имея этот набор и учитывая свои возможности, исполнитель выбирает, разрабатывает и внедряет мероприятие.

### **2.1.5. Принцип обязательной оперативной контрольной оценки аварийности на основе метода конфликтных ситуаций при внедрении мероприятий**

Этот принцип *гласит*: любое внедряемое мероприятие не может быть принято к постоянной эксплуатации без оперативной оценки аварийности.

В мировой практике при производстве сложной продукции предусмотрен обязательный выходной контроль качества. Сегодня в организации дорожного движения такого контроля нет – существует либо контроль (экспертиза) проектной документации, либо контроль соответствия готовой продукции этой документации. Однако, в процессе выбора решений, выбора, разработки и внедрения мероприятий по разным причинам возможны ошибки или недоработки, в конечном счете, ухудшающие качество дорожного движения. Между тем имеется принципиальная возможность избежать внедрения мероприятий с ошибками и недоработками, касающимися в первую очередь аварийности. Такую возможность предоставляет современный метод конфликтных ситуаций прогнозирования аварийности, согласно которому на реально существующем объекте можно получить относительно точный прогноз аварийности всего за 5 часов его работы. Для этого достаточно сразу, например, после пробного запуска, тщательно фиксировать в течение 5 часов все конфликтные ситуации и пересчитать их в число аварий. Это позволит сопоставить между собой ожидаемые результаты, полученные по исходным данным при прогнозировании аварийности по статистическому методу или по методу конфликтных зон, с результатами прогнозирования по реальным условиям на реальном объекте по методу конфликтных ситуаций и в случае необходимости внести соответствующие коррективы, повышающие совокупное качество дорожного движения.

Именно поэтому методология предусматривает обязательную оперативную контрольную оценку аварийности при внедрении мероприятий. Для ее реализации разработана соответствующая модель, базирующаяся на усовершенствованном методе конфликтных ситуаций.

## **2.2. Научно-методологическая система повышения качества дорожного движения**

Под термином «система» здесь понимается «совокупность методов и способов осуществления чего-либо» [214]. В качестве элементов системы выступают методы, модели и обеспечение, а в качестве способов – этапы работ, представляющие объединенные целевые группы приемов. Разработанная система рассматривает не только теоретическую, но и практическую стороны деятельности по повышению безопасности движения в городских очагах аварийности.

В Республике Беларусь данные работы ведутся не системно. В результате при довольно высоких темпах автомобилизации происходит неуклон-

ный рост заторов, экологических и экономических издержек, очаговой аварийности. Чтобы изменить эту ситуацию, разработанная научно-методологическая система, базирующаяся на современных методах анализа и прогнозирования аварийности, расчета потерь и выбора принимаемых решений, может и должна стать основой действенной научно-практической системы повышения качества движения в городах. Для этого кроме научно-методологического обеспечения для двух типовых объектов необходимо создать такое же обеспечение для остальных типовых городских объектов и создать соответствующее организационно-правовое и нормативное обеспечение.

Организационно-методическую работу в пределах города или городского района (для крупных и крупнейших городов) должен выполнять инженер по организации движения, для которого это будет основной и единственной функциональной обязанностью. Для малых и средних городов, являющихся районными центрами, функциональные обязанности инженера могут быть дополнены повышением безопасности движения в целом на всей территории района. Нормативное обеспечение, кроме прочего, должно оговаривать и требования к ведению документации – на каждый очаг необходимо завести «Дело об очаге аварийности», содержащее необходимую информацию о его характеристиках, результатах исследований и внедренных мероприятиях.

Разработанная научно-методологическая система состоит из 20 элементов и включает четыре этапа работ: выбор объекта исследования, оценка существующего положения на объекте, поиск и выбор решений, выбор и внедрение мероприятий (см. рисунок 2.1).

### ***2.2.1. Элементы научно-методологической системы***

Исследуемая система состоит из 20 элементов, в том числе программно-методического и нормативного обеспечений, трех методов прогнозирования аварийности, метода расчета аварийных потерь, 17 различных моделей, 8 из которых объединены в комплекс моделей прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон, и две – в комплекс моделей расчета аварийных, экономических и экологических потерь на исследуемых объектах, одной методики.

**Метод конфликтных зон прогнозирования аварийности по потенциальной опасности**, разработанный ранее автором в процессе исследований [12]. Прогноз делается по условной величине потенциальной опасности, представляющей сложную функцию многих факторов (более 110 параметров), влияющих на аварийность. Обладает высокой точностью прогноза, пригодной для практических работ в области повышения безопасности движения в очагах аварийности. Метод применим для прогнозирования на любой стадии разработки и существования объекта – от выбора решений до его эксплуатации. Наряду с оценочным критерием «поте-

ри в дорожном движении», также разработанным в Белорусском национальном техническом университете (БНТУ) [2], этот метод является фундаментом созданной методологии. Применяется при оценке и выборе решений на любой стадии работ по повышению безопасности движения.

Метод нуждается в *усовершенствовании*. В дальнейшем необходимо разработать модели прогнозирования аварийности для регулируемых перекрестков и искусственных неровностей.

**Метод конфликтных ситуаций прогнозирования аварийности.** Данный метод *нуждается в усовершенствовании* для чего необходимо разработать *модель оперативной контрольной оценки аварийности*.

**Статистический метод прогнозирования аварийности, существующий** (см. п. 1.3). Метод необходимо *адаптировать* к условиям Республики Беларусь в части установки искусственных неровностей в городах.

**Модели определения расчетной социально-экономической стоимости аварий.** *Требуется разработать*.

**Метод расчета аварийных потерь, существующий.** Составной частью метода является определение фактического или прогнозируемого числа аварий различной степени тяжести и определение расчетной социально-экономической стоимости этих аварий. Применяется при оценке и выборе решений на любой стадии работ по повышению безопасности движения, в том числе и при оценке существующего положения на исследуемом объекте. Метод *необходимо усовершенствовать*.

**Модель расчета экономических потерь.** Имеется *существующая* модель расчета потерь на регулируемых перекрестках, разработанная ранее с участием автора. Необходимо разработать *новую* модель расчета экономических потерь на искусственных неровностях.

**Модель расчета экологических потерь на регулируемых перекрестках.** Модель *подлежит усовершенствованию*. В качестве базовой предлагается принять существующую модель расчета экологических потерь на регулируемых перекрестках [2], в которой определяются потери от выбросов вредных веществ в атмосферу и от транспортного шума. В модели традиционно совмещены одновременно три процедуры: определение (прогнозирование) экологических издержек – произведенный и приведенный непосредственно к человеку объем выбросов и приведенный к человеку уровень транспортного шума; определение удельной (на один автомобиль или на одного человека) стоимости издержек и собственно расчет потерь.

**Методика очагового анализа аварийности.** *Подлежит разработке*.

**Метод расчетно-экспериментальных исследований дорожного движения.** *Нуждается в усовершенствовании*. В качестве базового предлагается принять метод, применяемый в БНТУ [2, 30 и др.].

**Методика топографического анализа аварийности, существующая.** На карте города или отдельного района условными обозначениями наносятся все аварии, произошедшие в течение года или другого периода. В результате, четко проявляются места концентрации аварий, которые и

являются очагами аварийности. Исходными данными для топографического анализа являются карточки учета аварий (ДТП). Методика применяется для выявления исследуемого очага аварийности.

### 2.2.2. Этапы научно-практических работ

**1. Выбор объекта исследования.** *Очаг аварийности* – место концентрации не менее трех аварий в год. Очаги аварийности подразделяют на два типа – городские и загородные.

К *загородным* очагам аварийности относят опасные линейные участки дороги (повороты, уклоны и их комбинации, мосты, сужения дорог и т.д.), а также конфликтные объекты, расположенные на загородных дорогах. Здесь аварии в равной мере могут быть следствием неудовлетворительных дорожных условий или конфликтного маневрирования. Отличительной особенностью этих очагов являются относительно невысокая интенсивность и высокая скорость движения.

К *городским* очагам аварийности относят зоны конфликтных объектов – перекрестков, пешеходных переходов, остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта и других, – в которых аварии, как правило, являются следствием конфликтного маневрирования. Отличительной особенностью этих очагов являются относительно невысокая скорость и большая интенсивность движения.

Существуют также очаги аварийности в *небольших населенных пунктах*, через которые транзитом проходят загородные дороги. Этим очагам в определенной мере присущи признаки и городских, и загородных очагов. Однако, поскольку основным источником аварийности являются загородные дороги, то эти очаги условно относят к типу загородных.

**Выявление** очагов аварийности осуществляется на основе топографического анализа, при котором на карте города или его отдельного района условными обозначениями наносятся все, включая т.н. «неотчетные», аварии, происходящие, как правило, в течение года. При этом четко проявляются места концентрации аварий, которые и являются очагами аварийности.

Значение очага аварийности определяется в основном его транспортно-пешеходной нагрузкой – чем она выше, тем больше значимость очага.

По суммарной тяжести последствий аварий очаги аварийности можно разделить на три категории – легкие, средние и тяжелые. Основными признаками категории очага аварийности, кроме его значения на улично-дорожной сети города, являются общее число аварий  $n_a$ , социально-экономически приведенное число аварий  $n'_a$  и модифицированное социально-экономически приведенное число аварий  $n''_a$ . Социально-экономически приведенное число аварий  $n'_a$  определяется по формуле (1.1).

Модифицированное социально-экономически приведенное число аварий  $n''_a$  определяется по формуле:

$$n_a'' = \sum_{i=1}^N [(n_{ai} - 1) \cdot K_{\text{па}i}] + N, \text{ прив. ав./год.} \quad (2.1)$$

При оценке по модифицированному социально-экономически приведенному числу аварий  $n_a''$  классификация очагов аварийности по степени тяжести последствий выглядит следующим образом:

$3 \leq n_a'' < 8$  – легкий;

$8 \leq n_a'' < 40$  – средний;

$n_a'' \geq 40$  – тяжелый.

Модифицированное социально-экономически приведенное число аварий  $n_a''$  в значительной мере исключает элемент случайности при оценке опасности очага. Оно является наиболее объективным оценочным показателем и рекомендуется к использованию, особенно при небольшом числе аварий в очаге ( $n_a < 30$ ).

Все очаги аварийности подлежат исследованию в обязательном порядке. Однако, поскольку они неравнозначные, то «тяжелые» должны исследоваться в первую очередь. При определении очередности исследования очагов аварийности учитывают не только их категорию, но и четкость, и однозначность причин аварийности, предполагаемую стоимость мероприятий по повышению безопасности, возможности и сроки их реализации и т.д. В результате выбор первоочередных очагов во многом зависит от профессионализма и опыта инженера.

**Исходными данными для выбора объекта исследования** являются масштабный план исследуемого района (города) и карточки учета аварий (ДТП). Карточки учета аварий с пострадавшими оформляются удовлетворительно, а карточки учета аварий без пострадавших – неудовлетворительно. Это объясняется тем, что такие аварии входят в статистическую государственную отчетность только по общему количеству и не анализируются [215].

Исключение из анализа аварий без пострадавших, составляющих более 90 % от общего их количества, искажает истинную картину аварийности и приносит большой вред. Скажем, при существующей страховой оценке стоимости аварий, суммарные потери от аварий с материальным ущербом превышают потери от аварий с пострадавшими почти в 7 раз по г. Минску и почти в 2,8 раза по стране в целом. Если же рассматривать расчетную социально-экономическую стоимость аварий, как это предлагается, то суммарные потери от аварий с материальным ущербом превысят потери от аварий с пострадавшими по г. Минску почти в 3,4 раза, а для страны в целом они составят около 43 % всех аварийных потерь, превысив при этом потери от аварий с ранениями почти в пять раз.

Из приведенного следует, что игнорирование аварий с материальным ущербом в анализе аварийности для страны в целом является ошибкой, а для городов – недопустимо.

*Оформление аварий* должно осуществляться с использованием современных компьютерных технологий [216] специально подготовленными сотрудниками ГАИ, которым предоставляется специально оборудованный автомобиль для ограждения и освещения места происшествия, организации временного движения на месте аварии, оказания помощи при эвакуации пострадавших из поврежденного автомобиля, оказания первой медицинской помощи пострадавшим и расчистки проезжей части от поврежденных малотоннажных машин после окончания необходимых процедур.

Оформление схемы места происшествия должно проводиться с помощью масштабного фотографирования или видеосъемки с автоматическим переносом информации в карточку учета аварии. В результате авария будет оформляться быстро, качественно и исключается возможность ошибок.

Карточка учета аварии должна содержать сведения, необходимые всем специалистам – дорожникам, транспортникам, правоохранителям и организаторам дорожного движения. На сегодняшний день в этой карточке имеются данные о дорожных условиях, неисправностях транспортного средства, ошибках участников движения (нарушениях ПДД), но отсутствует информация о недостатках организации движения и действующих нормативов. Необходимо включить в учетную карточку хотя бы укрупненный перечень причин, напрямую связанных с организацией дорожного движения.

В таблице 2.1 приведен предварительный перечень причин аварийности, связанных с организацией дорожного движения.

Таблица 2.1 – Основные причины аварийности в городских очагах, связанные с организацией дорожного движения

Причина аварийности	Доля аварий, %
Видимость, состояние или отсутствие технических средств регулирования дорожного движения	27,5
Отсутствие заездного кармана на остановочном пункте маршрутного пассажирского транспорта	8,3
Затрудненное или неожиданное маневрирование	5,1
Несоответствующее условиям движения регулирование	21,8
Недостаточный (избыточный) переходной интервал	22,4
Перегрузка транспортного узла	17,6
Неожиданная смена сигналов	11,3
Сложный одновременный конфликт	6,7
Нелогичность регулирования	5,7
Затрудняющая движение стоянка или остановка транспортных средств	3,9

*Примечание:* поскольку были выявлены в среднем около двух с половиной причин одной аварии, то сумма процентных значений отличается от 100 %.



Важным источником информации об очаговой аварийности являются результаты *трассологических* (автотехнических) *экспертиз* отдельных аварий, которые должны быть соответствующим образом реферированы и размещены в специальном каталоге (сайте), доступном для исследователей. В реферате должны быть указаны точное место и дата аварии, номер учетной карточки, схема аварии с привязкой к местности, основные причины и сопутствующие обстоятельства, предварительная и окончательная виновность участников или других лиц. На сегодняшний день такой мощный и высокопрофессиональный источник информации об аварийности есть, но он совершенно не используется.

**2. Оценка существующего положения на объекте.** Она включает четыре процедуры – *натурное обследование*, *определение исходных данных*, *расчет потерь* при существующем положении и *прогнозирование аварийности* по методам конфликтных ситуаций и конфликтных зон.

***Натурное обследование*** проводится в процессе очагового анализа аварийности.

***Определение исходных данных*** – довольно сложная и трудоемкая процедура. Перечень необходимых исходных данных, насчитывающий более 90 наименований, приведен в Приложении В, а некоторые особенности их определения будут рассмотрены далее.

***Расчет потерь***. Оценка существующего положения на объекте осуществляется по отдельным видам потерь и суммарным потерям.

*Аварийные потери* рассчитываются по фактическому числу и степени тяжести последствий аварий, определенных при выборе объекта исследования, и расчетной стоимости аварий по модели определения расчетной социально-экономической стоимости аварий, которую следует разработать.

*Экономические потери* на искусственных неровностях и регулируемых перекрестках следует определять по моделям, подлежащим разработке.

*Экологические потери* на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях также следует определять по моделям, которые необходимо разработать.

***Прогнозирование аварийности*** по методу конфликтных ситуаций на исследуемом объекте проводится дважды – при оценке существующего положения и при оперативной оценке эффективности внедряемых мероприятий. Сопоставление полученного прогноза при существующем положении с реальной аварийностью позволяет оценить фактическую точность прогнозирования на данном конкретном объекте. Эта информация затем будет использована при анализе результатов оперативной оценки внедряемых мероприятий.

Прогнозирование аварийности по методу конфликтных зон на существующем объекте также позволит оценить точность прогноза на данном конкретном объекте. Эта информация затем будет использована при выборе наилучших решений.

По результатам расчетно-экспериментальных исследований существующего положения, дается краткая характеристика исследуемого объекта, помещаемая в «Деле об очаге аварийности». Она включает следующую информацию:

- масштабный план (1:500) объекта, включая подходы к нему и отходы от него на расстоянии до 50 м, с нанесением дислокации технических средств регулирования, обустройства, озеленения, близлежащих (до 50 м) зданий и сооружений, параметров светофорного регулирования и т.д.;

- характеристики транспортно-пешеходной нагрузки, включая интенсивность движения и состав транспортных потоков и их распределение по направлениям, полосам движения и времени суток, интенсивность движения пешеходов, скорость транспортных потоков при свободном движении на объекте и т.д.;

- характеристику дорожных условий, включая оценку видимости, состояния покрытия, наличия помех и т.д.;

- исходные данные, согласно перечню (Приложение В);

- статистику аварийности на объекте, включая распределение аварий по видам, тяжести последствий, времени совершения и т.д.;

- результаты прогнозирования аварийности и точность прогноза;

- результаты расчета потерь, включая распределение их по видам.

**3. Поиск и выбор решений.** Поиск состоит из нескольких этапов. Вначале проводится **очаговый анализ** аварийности, цель которого – установление конкретных причин повторяющихся аварий. Анализ включает оформление детальной дислокации аварий с указанием траектории движения конфликтующих участников, предварительное установление причин аварий с использованием разработанного перечня причин аварий (Приложение Г), натурное обследование очага аварийности с использованием разработанных бланков аудита (Приложение Д) и заключительное установление причин.

Затем проводится предварительный выбор решений с использованием специального перечня типовых решений (Приложение Е), а также предварительная оценка аварийной, экономической и экологической эффективности решений.

После предварительного выбора и оценки эффективности решений осуществляется заключительная оценка качества предлагаемых решений. Каждое из предварительно выбранных решений с учетом соответствующего изменения первоначальных исходных данных оценивается по величине потерь отдельных видов потерь и суммарных потерь.

Затем следует провести расчеты *экономических, экологических и аварийных* потерь по моделям, которые необходимо разработать.

Осуществляются оценка и выбор наилучших из сопоставляемых решений по величине суммарных потерь. При примерном равенстве суммарных потерь приоритет отдается аварийности, а затем – экологичности (п. 2.1.3).

Возможны ситуации, когда ни одно из предварительно выбранных решений полностью не удовлетворяет предъявляемым требованиям, особенно в части снижения аварийности. В этом случае необходимо вернуться к поиску и предварительному выбору решений, при этом цикл может повторяться.

**4. Выбор и внедрение мероприятий.** После выбора наилучших решений они передаются исполнителю, осуществляющему выбор наилучших мероприятий – оптимизация по критерию минимизации *стоимости* функционирования объекта, включающей *потери в дорожном движении*, приведенные капиталовложения и затраты на эксплуатацию. При этом учитываются финансовые, организационно-технические и иные возможности исполнителя и сроки внедрения.

В процессе внедрения мероприятия проводится оперативная контрольная оценка его эффективности по моделям, основанным на базе метода конфликтных ситуаций, который подлежит усовершенствованию. В случае выявления неудовлетворительной эффективности внедряемого мероприятия оно подлежит либо корректировке, либо замене, при этом цикл может повторяться.

### 2.3. Определение исходных данных

Определение исходных данных для расчета потерь и прогнозирования аварийности осуществляется в основном по методикам Белорусского национального технического университета [2, 30, 217, и др.]. Перечень исходных данных для прогнозирования аварийности и расчета потерь на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях приведен в Приложении В.

Исходными данными для выбора объекта исследования являются масштабный план исследуемого района (города) и первичная документация по аварийности – карточки учета аварий (ДТП). Некоторые особенности первичной документации по аварийности рассмотрены в п. 2.2.2.

Исходные данные, характеризующие объект исследования, можно разделить на четыре группы: 1) геометрические характеристики; 2) регулирование; 3) обустройство и дорожные условия; 4) транспортно-пешеходная нагрузка.

#### 2.3.1. Геометрические характеристики

Объект исследования должен быть представлен в виде масштабного плана (1:500), на котором показаны подходы к объекту и отходы от него на расстоянии до 50 м, технические средства регулирования, обустройство, здания и сооружения на расстоянии до 50 м от кромки проезжей части по обе стороны, озеленение и т.д. [1, 30, 47, 61, 63, 80, 84].

На рисунке 2.2 показаны некоторые геометрические характеристики исследуемого объекта – регулируемого перекрестка.

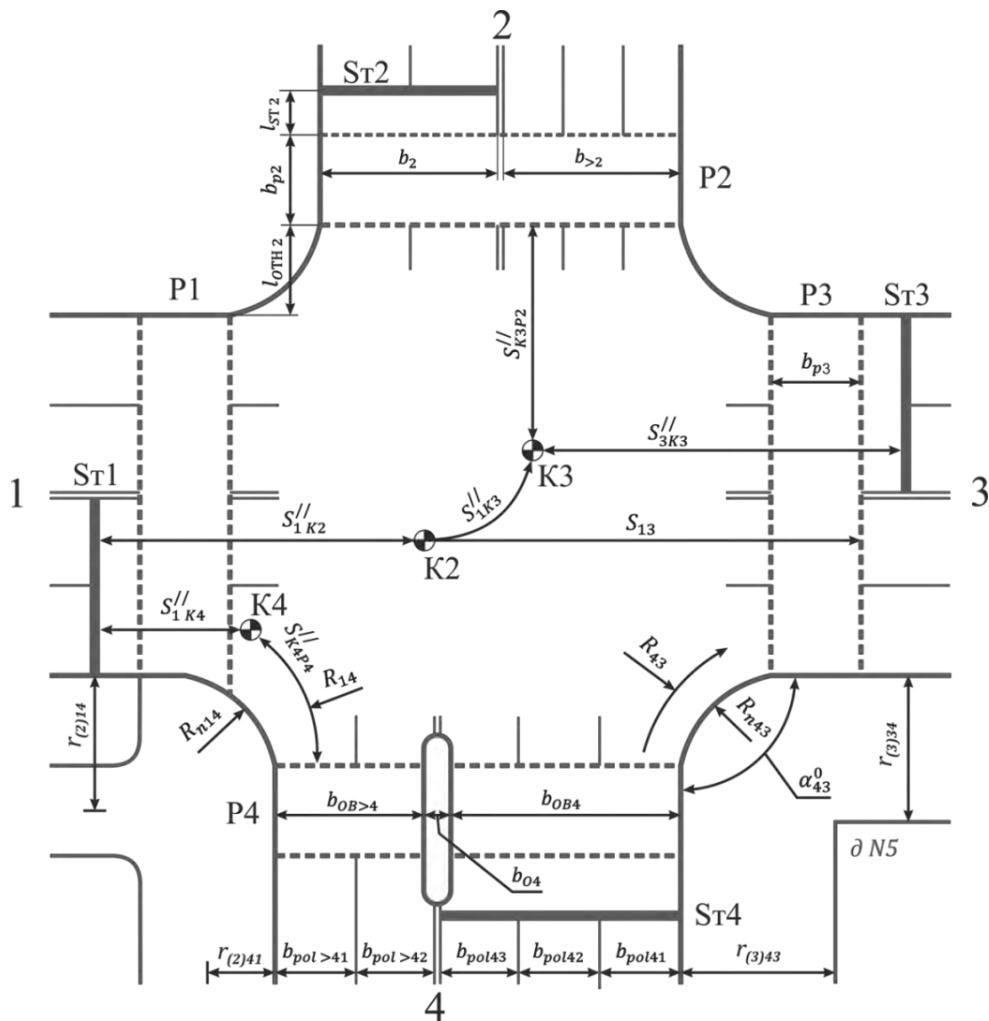


Рисунок 2.2 – Геометрические характеристики исследуемого объекта (фрагмент)

Приняты следующие обозначения:

1, 2, 3, 4 – номера входов;

$b_{pol > 41}$  – ширина 1-й полосы движения на выходе 4, м;

$b_{pol 41}$  – ширина 1-й полосы движения на входе 4, м;

$b_{OB > 4}$  – расстояние от кромки проезжей части на выходе 4 до островка безопасности, м;

$b_{OB4}$  – расстояние от кромки проезжей части на входе 4 до островка безопасности, м;

$b_{O4}$  – ширина островка безопасности на входе 4, м;

$b_{p3}$  – ширина пешеходного перехода на входе 3, м;

$l_{отн2}$  – отнесение пешеходного перехода 2 от кромки параллельной проезжей части, м;

$l_{ST2}$  – отнесение стоп-линии на входе 2 от пешеходного перехода 2, м;

$b_2$  – ширина проезжей части на входе 2, м;

$b_{>2}$  – ширина проезжей части на выходе 2, м;

St1 – стоп-линия на входе 1;

P1 – пешеходный переход на входе 1;

$S_{13}$  – расстояние от стоп-линии 1 до дальней границы пешеходного перехода 3, м;

$R_{m14}$  – радиус закругления кромки проезжей части 14, м;

$R_{14}$  – радиус закругления траектории движения транспортного потока 14, м;

$K4$  – конфликтная точка, образованная остановившимися транспортными средствами 14 и идущими с одной полосы с транспортными средствами 13;

$S''_{1K4}$  – расстояние от стоп-линии 1 до конфликтной точки 4, м;

$S''_{K4P4}$  – расстояние от конфликтной точки 4 до начала пешеходного перехода  $P4$ , м;

$S_{1P4}$  – расстояние от стоп-линии 1 до пешеходного перехода 4, м;

$K2$  – конфликтная точка, образованная остановившимися левоповоротными транспортными средствами 12, пропускающими главный конфликтующий поток 321, и транзитным транспортным потоком 123, идущим с одной полосы с левоповоротным;

$S''_{1K2}$  – расстояние от стоп-линии 1 до конфликтной точки  $K_2$ , м;

$K3$  – конфликтная точка, образованная левоповоротным транспортным потоком 12 и главным конфликтующим транспортным потоком 321;

$S''_{1K3}$  – расстояние от стоп-линии 1 до конфликтной точки 3, м;

$S''_{K3P2}$  – расстояние от конфликтной точки 3 до начала перехода 2, м;

$S''_{3K3}$  – расстояние от стоп-линии 3 до конфликтной точки 3, м;

$S_{1>P2}$  – расстояние от стоп-линии 1 до пешеходного перехода 2, м;

$B_2 = b_2 + b_{>2}$  – суммарная длина пешеходного перехода 2, м;

$B_4 = b_{OB>4} + b_{O4} + b_{OB4}$  – суммарная длина пешеходного перехода 4 с островком безопасности, м;

$\alpha_{43}^\circ$  – угол сопряжения сторон 4 и 3, градус;

$\Gamma_{(3)34}$  – расстояние от проезжей части выхода 3 до зданий, расположенных ближе к входу 4, м;

$\Gamma_{(3)43}$  – расстояние от проезжей части входа 4 до зданий, расположенных ближе к выходу 3, м;

$\Gamma_{(2)14}$  – расстояние от проезжей части входа 1 до середины тротуара, расположенного ближе к выходу 4, м;

$\Gamma_{(2)41}$  – расстояние от проезжей части выхода 4 до середины тротуара, расположенного ближе к входу 1, м.

### 2.3.2. Светофорное регулирование

На плане объекта должна быть нанесена дислокация технических средств регулирования, указаны имеющиеся запреты, ограничения, специ-

ализации полос движения и другие детальные особенности регулирования [20, 21, 30, 47].

Если исследуемый объект имеет светофорное регулирование, то указывают число программ регулирования и время их работы. Для каждой программы регулирования приводится диаграмма светофорного цикла с обязательным указанием численных значений продолжительности цикла  $C$ , зеленых сигналов  $t_z$ , зеленых мигающих сигналов  $t_{zm}$ , желтых сигналов  $t_j$ , красных сигналов  $t_k$ , переходных интервалов  $t_{пр}$ , сдвигов (как правило, по отношению к первому входу) включения и выключения зеленых сигналов.

Необходимо охарактеризовать состояние технических средств регулирования, их видимость и различимость участниками движения, возможные особенности и т.д. Источником информации о регулировании и его состоянии является техническая документация и результаты натурного обследования объекта.

### ***2.3.3. Обустройство очага аварийности и дорожные условия***

Характеристики обустройства нужны в основном для расчета экологических потерь. Необходимо иметь информацию о расстоянии от кромки проезжей части до середины тротуаров и до зданий (сооружений); средней этажности и плотности застройки, назначении зданий (жилые, административно-производственные, детские учреждения или учебные заведения); количестве и типе окон, выходящих на улицу (простые или специальные); числе рядов деревьев или кустарников, эффективно защищающих пешеходов и жителей (посетителей) прилегающих зданий от экологического воздействия транспортных потоков; наличии естественных или искусственных экранов, степени проветриваемости улицы; покрытию проезжей части и т.д.

Для прогнозирования аварийности необходима информация о видимости конфликтующих участников в направлении движения и боковой видимости. Информация о скользкости и ровности покрытия, а также угле подъема-спуска дороги на объекте и на подходах к нему, оцениваемая комплексным коэффициентом условий  $K_{ун}$  (таблица 2.2), определяется по результатам натурного обследования. При этом для стандартных расчетов значения коэффициента сцепления  $\phi$  можно брать из таблицы 2.3, высоту микронеровностей проезжей части  $h$  можно определять прикидочными замерами. Необходима также информация об особенностях объектов притяжения пешеходов (школы, магазины, зрелищные предприятия и т.п.), непосредственно примыкающих к исследуемому объекту и оказывающих влияние на безопасность движения.

Таблица 2.2 – Значения коэффициентов условий  $K_{ун} = K_{ун1} K_{ун2} K_{ун3}$  [217, с. 215, таблица 4.4]

Индекс	Оцениваемый параметр	Расчетное значение					
		$K_{ун1}$	Коэффициент сцепления $\phi$	$\phi$	0,1	0,2	0,3
		$K_{ун1}$	2,0	1,5	1,2	1,0	
$K_{ун2}$	Неровности на проезжей части $h$	$h$ , мм	10–20	20–50	50–100	>100	ТИП
		$K_{ун2}$	1,0	1,2	1,5	2,0	Одиночные
			1,05	1,3	1,6	2,1	Повторяющиеся
$K_{ун3}$	Продольный уклон $\alpha$	$K_{ун3} = 1 \pm 0,04\alpha^\circ$ , где $\alpha^\circ$ – угол наклона; (+) – подъем; (–) – спуск					

Таблица 2.3 – Ориентировочные значения коэффициентов сцепления  $\phi$  для различных покрытий [30, с. 239, табл. 2.16]

Тип покрытия	Состояние	Коэффициент сцепления $\phi$
Асфальтобетонное, цементобетонное	Сухое	0,70–0,80
	Мокрое чистое	0,50–0,60
	Мокрое грязное	0,25–0,45
	Обледенелое	0,06–0,10
Щебеночное, гравийное, брусчатка	Сухое	0,60–0,70
	Мокрое	0,30–0,50
Снег	Утрамбованный	0,20–0,30
	Обледенелый	0,10–0,15

### 2.3.4. Транспортно-пешеходная нагрузка

**Нумерация транспортно-пешеходных потоков.** Для стандартных расчетов на перекрестках принята трехзвенная нумерация **транспортных потоков**: вход – полоса – выход. Например, транспортный поток 123 означает: 1-й вход, 2-я полоса, 3-й выход (рисунок 2.3).

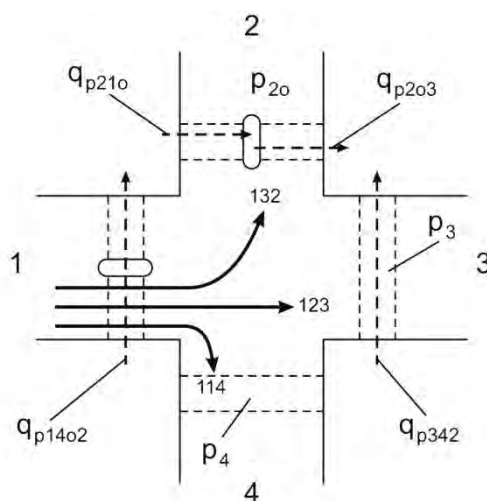


Рисунок 2.3 – Нумерация транспортных и пешеходных потоков

В сложных случаях допускается использование 4-го индекса – полоса на выходе. В то же время в случае, когда поворотное движение осуществляется исключительно с крайних полос, в обозначении (но не при программировании) допускается использование двухзвенной нумерации транспортных потоков, например  $q_{14}$  – интенсивность движения правоповоротного транспорта,  $q_{12}$  – интенсивность движения левоповоротного транспортного потока.

Нумерация **пешеходных потоков** без островка безопасности зависит от уровня детализации расчетов. В простейшем случае указывается индекс « $p$ » и номер стороны перекрестка, например,  $p_3$  – пешеходный переход на стороне 3. Если необходимо указать направление движения пешеходных потоков, то используются индексы сторон, откуда и куда направлено движение пешеходов:  $q_{p342}$  – интенсивность движения пешеходного потока на стороне 3, который движется от входа 4 к выходу 2. При наличии островка безопасности к указанной нумерации добавляется индекс « $o$ », например,  $p_{2o}$  – пешеходный переход на стороне 2 с островком безопасности;  $q_{p14o2}$  – интенсивность движения пешеходного потока на стороне 1 с островком безопасности от выхода 4 к входу 2;  $q_{p21o}$  – интенсивность движения пешеходного потока на стороне 2 от выхода 1 к островку безопасности;  $q_{p2o3}$  – интенсивность движения пешеходного потока на стороне 2 от островка безопасности к входу 3.

**Методология экспериментальных исследований.** При исследовании параметров транспортного потока необходимо проводить обработку экспериментальных данных в соответствии с требованиями математической статистики, которые освещены подробно в работах [19, 48, 56] и многих других. В них также рассмотрены исследования для каждого измеряемого фактора (интенсивности движения транспортных и пешеходных потоков, скорости движения автомобилей и т.д.), длительности каждого опыта с учетом обеспечения необходимой точности расчета, а также оценка погрешности. Известно, что точность результатов зависит от точности самих измерений (ошибки измерения) и от количества выполненных замеров (от объема статистической выборки) (ошибки репрезентативности). Установлены минимальные объемы выборки:

- при измерении мгновенной скорости движения транспортного потока –  $n \geq 50$ , протяженность участка  $\geq 56$ м;
- при измерении интенсивности движения и состава транспортного потока –  $n \geq 5$  при  $t \geq 10$ мин;
- количество конфликтных объектов –  $n \geq 30$ ;
- количество измерений конфликтных ситуаций –  $n \geq 760$ ;
- при измерении потока насыщения –  $n \geq 10$  при  $n_o \geq 6$ .

Например, в работе дается график продолжительности измерений интенсивности движения (разовых) в зависимости от допустимой точности, позволяющий определить число опытов и длительность каждого опыта с



учетом того, чтобы общая продолжительность замеров обеспечивала необходимую точность расчета.

Необходимо отметить, что при проведении исследований на улично-дорожной сети городов отсутствовала специальная техника (видеодетекторы или петлевые детекторы), позволяющая измерять параметры транспортных потоков по направлениям для каждой полосы движения. Существенным является и тот факт, что при измерении радиолокационными измерителями скорости (были предоставлены УГАИ ГУВД Мингорисполкома и УГАИ УВД Гродненского облисполкома) фактическая скорость единичных автомобилей снижалась на 15–22 %. Поэтому измерения проводились по методике БНТУ [30], которая позволяет измерить скорость движения с помощью секундомера в зависимости от проезда автомобилем участка улицы.

Суммарная погрешность измерений определялась по формуле [30]:

$$\delta \approx \sqrt{\delta_b^2 + \delta_n^2}, \quad (2.2)$$

где  $\delta_b$  – погрешность репрезентативности;

$\delta_n$  – инструментальная погрешность измерений. Учитывались две составляющие:

$$\delta_n = \sqrt{\delta_{nt}^2 + \delta_{nS}^2}, \quad (2.3)$$

где  $\delta_{nt}$  – погрешность при определении времени проезда автомобилем мерного участка  $t$  (состоит из погрешности секундомера, погрешности считывания показаний секундомера, погрешности пуска и остановки секундомера);

$\delta_{nS}$  – погрешность при определении расстояния  $S$  (состоит из погрешности считывания показаний рулетки, погрешности измерения расстояний и погрешности из-за отклонения автомобилей от прямолинейной траектории на полосе движения).

При измерении скорости движения более важным управляемым параметром является протяженность мерного участка улицы. Учитывая величину простой реакции наблюдателя (около 0,2 с [68]) и наибольшую допустимую относительную погрешность 10 %, минимальный временной интервал измерения определялся по следующей формуле:

$$t_{\min} = \frac{\sqrt{\delta_p^2 + \delta_c^2}}{\delta} \approx \frac{\sqrt{0,2^2 + 0,2^2}}{0,1} \approx 2,8, \text{ с.} \quad (2.4)$$

С учетом того, что в большинстве случаев разрешенная допустимая скорость движения в месте проведения замеров составляла 60 км/ч (16,7 м/с) (желаемая средняя скорость движения), зная приближенное значение  $\sigma_v$  (в каждом замере определялась конкретная величина, которая не превышала

3 км/ч), минимальную протяженность мерного участка (которая использовалась в дальнейшем)  $S_{\min}$  (при  $\gamma = 0,85$  [19, 52]) можно определить по формуле

$$S_{\min} = (\bar{v} + \sigma_v) t_{\min} = 55,2 \text{ м.} \quad (2.5)$$

*Категория улицы  $K_{\text{ТУ}}$ .* Она определяет годовой фонд времени и расчетную суточную продолжительность транспортной нагрузки. Рассматриваются категории городских улиц (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Классификация городских улиц и расчетная транспортная нагрузка

Если в процессе отнесения данной конкретной улицы к той или иной нагрузочной категории возникают затруднения, расчетчик сам принимает решение, основываясь на других, известных ему обстоятельствах. Учитывая возрастающую интенсивность движения, в подобных ситуациях отнесение улицы к более высокой нагрузочной категории предпочтительнее.

*Годовой фонд времени  $\Phi_t$*  представляет собой округленное значение произведения расчетного суточного периода транспортной нагрузки  $T_c$  на количество рабочих суток. Для перекрестков он определяется по более высокой категории пересекающихся улиц.

Продолжительность расчетного суточного периода транспортной нагрузки в основном относится к светофорному регулированию, где решающую роль играет интенсивность конфликтующих потоков. Нерегулируемый режим, вследствие относительно малых значений интенсивности

движения, в расчетах экономических и экологических потерь учитывается лишь опосредованно. В то же время при прогнозировании аварийности он учитывается непосредственно, поскольку нерегулируемые конфликты, даже при относительно небольшой интенсивности движения, представляют значимую опасность. Расчетные значения интенсивности движения нерегулируемого режима работы регулируемого перекрестка рекомендуется принимать из таблицы 2.4.

Таблица 2.4 – Значения годового фонда времени  $\Phi_t$

Уровень нагрузки	Суммарная интенсивность движения конфликтующих потоков (при соотношении главного и второстепенного потоков), авт./ч	Расчетный суточный период транспортной нагрузки $T_c$ , ч	Годовой фонд времени для регулируемых объектов		Годовой фонд времени для нерегулируемых объектов
			Регулируемый режим	Нерегулируемый режим	
			$\Phi_r$ , ч/год	$\Phi_{rn}$ , ч/год	$\Phi_n$ , ч/год
Слабый	менее 1000×500	10	3000	2100	3600
Средний	более 1000×500	12	3600	1800	4200
Сильный	более 2000×1000	14	4200	1500	4800

Что касается искусственных неровностей, то здесь экономические потери зависят в основном от числа проездов автомобилей через искусственную неровность, включая малонагруженное утреннее, вечернее и ночное время. Суммарная суточная интенсивность движения составляет приблизительно 12–16 среднечасовых интенсивностей расчетного суточного периода (в зависимости от уровня нагруженности).

Поэтому для расчета основных экономических потерь (от остановок транспорта) и общей величины произведенных выбросов введен поправочный коэффициент годового фонда времени  $K_{TF}$ . Принято:

$$K_{TF1} = \frac{14+2}{14} = 1,143 \text{ – для сильно нагруженных объектов;}$$

$$K_{TF2} = \frac{12+2}{12} = 1,167 \text{ – для средненагруженных объектов;}$$

$$K_{TF3} = \frac{10+2}{10} = 1,200 \text{ – для слабонагруженных или ненагруженных объ-}$$

ектов.

**Интенсивность движения и состав транспортного потока.** Интенсивность движения транспортных потоков определяется отдельно для каждого направления каждой полосы каждого входа. Таким же образом определяется и состав транспортного потока, характеризуемый двумя коэффициентами приведения к легковому автомобилю – динамическим  $K_{пн}$  и экономическим  $K_{пэ}$  (таблица 2.5).

Измерение интенсивности движения и состава транспортного потока рекомендуется проводить по методике БНТУ [30].

При измерении определяются следующие параметры:

- математическое ожидание распределения интенсивности движения  $\bar{q}$ , авт./с;
- среднеквадратическое отклонение распределения интенсивности движения  $\sigma_q$ , авт./с;
- коэффициенты приведения  $K_{пн}$  и  $K_{пэ}$ ;
- доля маршрутного пассажирского транспорта в транспортном потоке  $\Delta O$ ;
- доля электротранспорта  $\Delta эл$ ;
- динамический коэффициент приведения электротранспорта  $K_{пнэл}$ .

Таблица 2.5 – Коэффициенты приведения транспортных средств [117, с. 7, таблица 6]

Тип транспортных средств	Группа	Индекс	$K_{пн}$	$K_{пэ}$
Мотоциклы, мотороллеры, мопеды	Мотоциклы	М	0,7	0,4
Легковые, грузопассажирские, микроавтобусы	Легковые	Л	1,0	1,0
Грузовые, тракторы, сельскохозяйственные машины	Грузовые	Г	1,4	1,7
Автопоезда, тракторные поезда	Автопоезда	П	2,3	3,0
Маршрутный пассажирский транспорт (автобус)	Автобусы	О	2,0	8,0
Маршрутный пассажирский транспорт (автобус) сочлененный	Автобусы сочлененные	С	2,6	14
Маршрутный пассажирский транспорт (троллейбус)	Троллейбусы	Θ	2,0	8,0
Маршрутный пассажирский транспорт (троллейбус) сочлененный	Троллейбусы сочлененные	Е	2,6	14

**Интенсивность движения пешеходов  $q_p$ .** Параллельно измерению параметров транспортного потока проводится измерение интенсивности движения пешеходов, *переходящих проезжую часть* по пешеходному переходу. Интенсивность движения пешеходов по тротуару  $q_{pT}$  определяется на Т-образных перекрестках (со стороны, противоположной примыканию) и в районе установки искусственных неровностей.

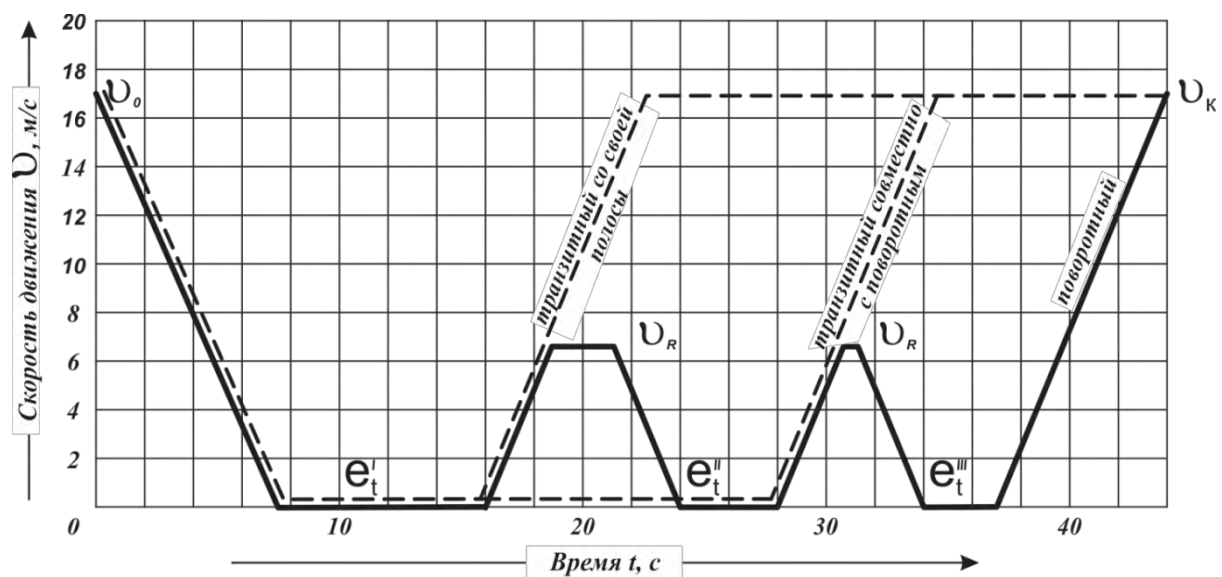
**Скорость движения.** Скорость движения *на входе* в регулируемый перекресток  $V_0$  изменяется в пределах от нуля (движение после остановки на красный сигнал) до разрешенной законодательно (без учета местных ограничений), т.е. 20, 60 и 90 км/ч. Если регулируемый перекресток расположен на улице с *повышенным* пределом скорости, то скорость на входе изменяется от нуля до *повышенного* предела.

В некоторых случаях, когда фактическая скорость движения на входе может существенно отличаться от «обычной», например, при наличии перед перекрестком препятствия, снижающего скорость движения, или, наоборот, на первом перекрестке при въезде в город, при наличии спуска или координированного регулирования, повышающих скорость движения, проводятся экспериментальные измерения скорости. При этом скорость замеряется только при свободном движении транспорта на зеленый сигнал

светофора, и определяются математическое ожидание  $\bar{v}$  и среднеквадратическое отклонение  $\sigma_v$  распределения скорости.

Скорость движения на *самом* регулируемом перекрестке определяется, как правило, расчетным путем по  $t-v$  диаграмме, построенной на основании расчета задержек и остановок транспорта на всех трех стоп-линиях (рисунок 2.5):

- 1-й – перед светофором;
- 2-й, условной – перед главным конфликтующим транспортным потоком или перед остановившимся поворотным транспортным средством, пропускающим транспорт или пешеходов и препятствующим движению транзитных транспортных средств;
- 3-й, условной – перед пешеходным потоком (только для поворотных транспортных потоков).



$v_0$  и  $v_k$  – начальная и конечная скорости;  $v_R$  – скорость движения поворотных потоков;  $e_t^I$  – удельная задержка на 1-й стоп-линии;  $e_t^{II}$  и  $e_t^{III}$  – удельная задержка на условных 2-й и 3-й стоп-линиях

Рисунок 2.5 – Обобщенная  $t-v$  диаграмма распределения скорости движения на регулируемом перекрестке

При обработке построенного таким образом распределения должны быть получены следующие результаты:

- математическое ожидание  $\bar{v}$ , м/с;
- среднее квадратическое отклонение  $\sigma_v$ , м/с;
- коэффициент вариации распределения скорости  $I_v$ ;
- среднее квадратическое отклонение распределения ускорений  $\sigma_a$ , м/с<sup>2</sup>;
- градиент скорости  $G_v$  [117, с. 10]:

$$G_v = \frac{\sigma_a}{\bar{v}}, 1/c; \quad (2.6)$$

– коэффициент изменения расхода топлива от неравномерности скорости  $K_{FG}$  [117, с. 10]:

$$K_{FG} = 1 + 0,3(20G_v + l_v). \quad (2.7)$$

Для стандартных расчетов, связанных с искусственными неровностями, значения математического ожидания  $\bar{V}$ , коэффициента вариации  $l_v$ , коэффициента изменения расхода топлива  $K_{FG}$  и протяженность участка  $S$  рассчитаны для трех типовых условий движения – жилая зона, улицы населенных пунктов и загородные дороги – и приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Параметры, характеризующие условия движения в зоне искусственных неровностей, принятые в стандартных расчетах [117, с. 30]

Место установки искусственной неровности	Условия	Параметр				
		$S$ , км	$V_p$ , км/ч	$\bar{V}$ , км/ч	$KmV$	$KFG$
Жилая зона	Расчетные	0,02	20	14	10	3,2
	Эталонные			20	8,5	1,0
Улицы населенных пунктов	Расчетные	0,15	60	32	5,6	2,4
	Эталонные			60	1,0	1,0
Загородные дороги	Расчетные	0,32	90	46	2,2	2,0
	Эталонные			90	2,0	1,0

## 2.4. Выводы по разделу

1. Предлагается новая методология повышения качества дорожного движения в городах, *базирующаяся* на комплексе новых методологических принципов и на новой научно-методологической системе, *включающая* оценку качества и оптимизацию принимаемых решений по критерию минимизации суммарных потерь, оценку качества и оптимизацию внедряемых мероприятий по критерию минимизации суммарной стоимости функционирования объекта и обязательную оперативную контрольную оценку аварийности при внедрении мероприятий, что в совокупности *обеспечивает* разработку и внедрение оптимальных (наилучших) мероприятий по повышению безопасности движения при одновременном снижении суммарных потерь и *позволяет* решить важнейшую социально-экономическую и научно-техническую проблему – повышение качества дорожного движения.

2. Применены известные методологические принципы: *максимизации опасности* (при выборе объекта исследования), *достоверности и достаточности* (при оценке существующего положения на объекте и определении исходных данных) и *минимизации суммарных потерь* (при оценке и выборе наилучших решений).

3. Разработан новый методологический принцип *сбалансированного учета аварийных и экологических потерь при выборе наилучших решений*, основанный на том, что в случае равенства суммарных потерь сопоставляемых решений проводится ранжирование (повышение значимости) аварийных и экологических потерь и выбор по «ранжированным» суммарным потерям, *позволяющий* повысить точность оценки и вероятность выбора оптимальных (наилучших) решений.

4. Разработан новый методологический принцип *минимизации суммарной стоимости функционирования объекта* (при выборе внедряемых мероприятий), основанный на учете одновременно капитальных вложений на внедрение мероприятий, затрат на эксплуатацию объекта и связанных с объектом суммарных потерь в дорожном движении, *позволяющий* выбрать наилучшее мероприятие.

5. Разработан новый методологический принцип *обязательной оперативной контрольной оценки аварийности*, основанный на проведении этой оценки на реальном объекте по усовершенствованному методу конфликтных ситуаций в процессе внедрения мероприятий, *позволяющий* оперативно обнаружить и устранить возможные недоработки или ошибки, допущенные в процессе выбора решений, и выбора, разработки или внедрения мероприятий.

6. Предлагается новая *научно-методологическая система качества дорожного движения*, состоящая из 20 элементов, в том числе из программно-методического и нормативного обеспечений, трех методов прогнозирования аварийности, метода расчета аварийных потерь, 17 различных моделей, 8 из которых объединены в комплекс моделей прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон, и две – в комплекс моделей расчета аварийных, экономических и экологических потерь на исследуемых объектах, одной методики. Система *включает* 4 этапа работ: выбор исследуемого объекта; анализ существующего положения; поиск и выбор наилучших решений; выбор и внедрение наилучших мероприятий, включая обязательную оперативную контрольную оценку аварийности; *отличается* системным подходом к повышению качества дорожного движения, заключающимся в учете взаимовлияния элементов в исследуемой системе; *позволяет* резко (1,5 раза и более) снизить аварийность, вплоть до ликвидации очага.

7. Необходимо усовершенствовать: метод конфликтных зон прогнозирования аварийности для чего следует разработать модели прогнозирования аварийности для регулируемых перекрестков и искусственных неровностей; метод конфликтных ситуаций для чего необходимо разработать модель оперативной контрольной оценки аварийности; метод расчета аварийных потерь; метод расчетно-экспериментальных исследований дорожного движения; модель расчета экологических потерь на регулируемых перекрестках.

## РАЗДЕЛ 3. ОЧАГОВЫЙ АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ

### 3.1. Исследования аварийности и установление причин аварий

Целью очагового анализа аварийности является установление конкретных причин конкретных аварий в очаге аварийности. **Очаг аварийности** – место концентрации не менее трех аварий в год. Выявление очагов аварийности и выбор объекта исследования приведены в п. 2.2.2.

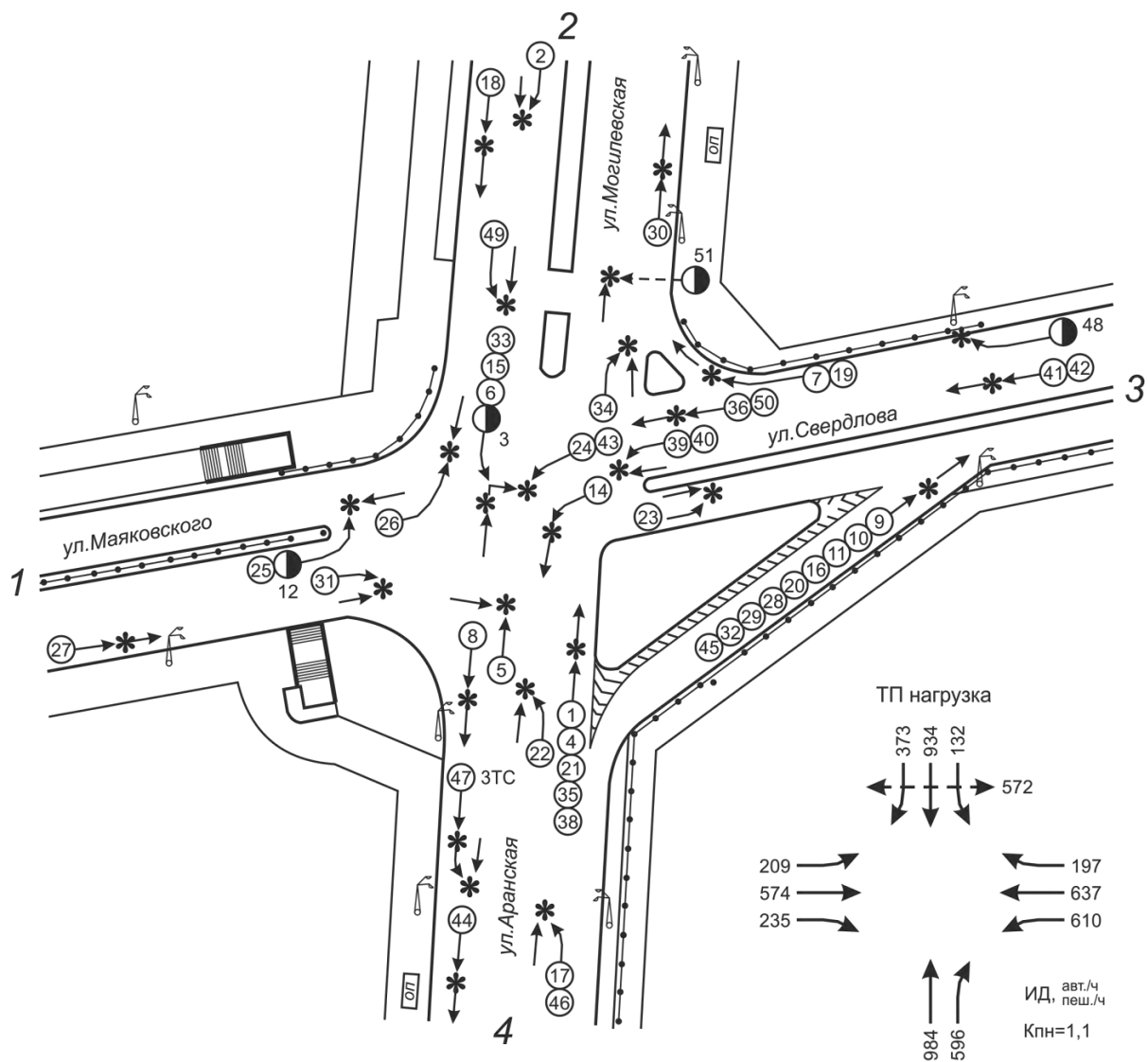
На масштабный план очага аварийности наносят дислокацию аварий по возможности с минимальным отклонением от реальной. Звездочкой отмечают ориентировочное место аварии, стрелками – траектории движения конфликтующих участников, при этом сплошной стрелкой – предполагаемую траекторию движения транспортных средств, а пунктирной стрелкой – пешеходов. В конце стрелки, принадлежащей, предположительно, *виновному* участнику, ставится кружок, в котором указывается номер аварии по спецификации, прилагаемой к дислокации аварий. Кружок одновременно указывает и тяжесть последствий аварии: полностью заштрихован (залит) или окрашен в красный цвет – смертельный исход; наполовину заштрихован (залит) или окрашен в синий цвет – ранение; не заштрихован – материальный ущерб. Если в аварии пострадало более одного человека, то кружок делается большего размера и над ним указывается число пострадавших, при этом число погибших выделяется большей по размеру и более жирной цифрой. При повторяющихся однотипных (или типовых) авариях к уже нанесенному кружку сзади по ходу движения добавляется следующий кружок и т.д. (рисунки 3.1, 3.2).

Если в аварии участвовало более двух транспортных средств или более одного пешехода, то над кружком ставятся соответствующие индексы, например, «3ТС» (три транспортных средства) или «2ПШ» (два пешехода). При этом следует стремиться к тому, чтобы дислокация аварий читалась легко и четко.

В спецификации для каждой аварии указываются дата и время ее совершения, тяжесть последствий, а также некоторая другая информация, представляющая интерес для определения причин, например, нетрезвый водитель (НВД), и т.д.

Если в аварии участвовало более двух транспортных средств или более одного пешехода, то над кружком ставятся соответствующие индексы, например, «3ТС» (три транспортных средства) или «2ПШ» (два пешехода). При этом следует стремиться к тому, чтобы дислокация аварий читалась легко и четко. В спецификации для каждой аварии указываются дата и время ее совершения, тяжесть последствий, а также некоторая другая информация, представляющая интерес для определения причин, например, нетрезвый водитель (НВД), и т.д.

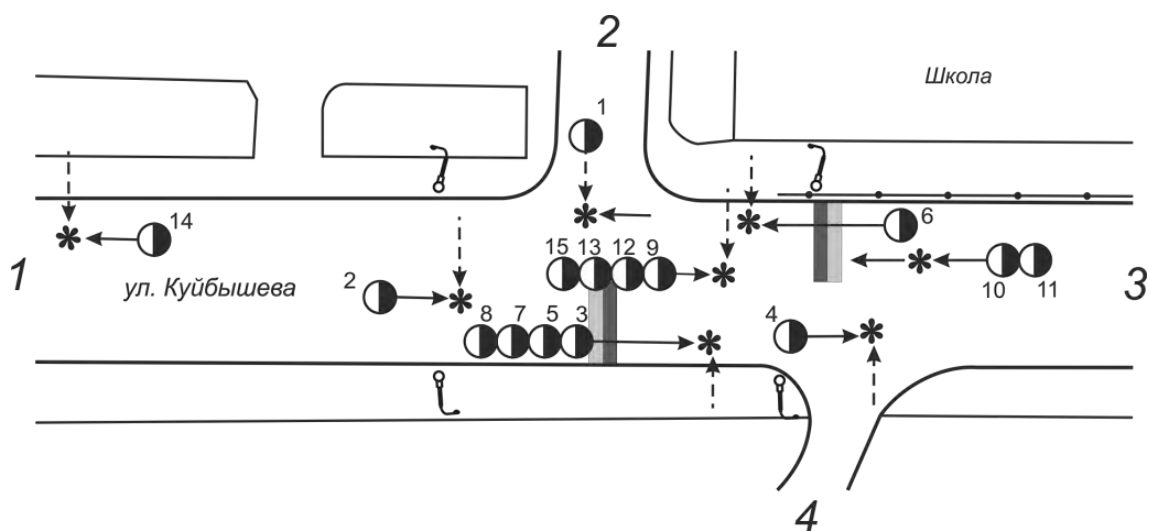




### Спецификация аварий

N п.п.	Дата	Время суток	N п.п.	Дата	Время суток	N п.п.	Дата	Время суток	N п.п.	Дата	Время суток
1	05.01.2007	17.10	14	28.05.2007	12.45	27	13.07.2007	08.50	40	06.10.2007	15.50
2	21.02.2007	08.45	15	22.05.2007	23.05	28	31.07.2007	14.40	41	05.10.2007	08.30
3	01.02.2007	21.10	16	22.05.2007	08.45	29	26.07.2007	14.50	42	02.10.2007	13.30
4	07.03.2007	22.40	17	12.06.2007	17.50	30	20.07.2007	17.40	43	31.10.2007	17.00
5	03.03.2007	19.00	18	07.06.2007	16.10	31	19.07.2007	17.40	44	26.10.2007	16.20
6	03.03.2007	22.45	19	04.06.2007	12.00	32	18.07.2007	17.30	45	16.10.2007	08.45
7	30.03.2007	17.30	20	27.06.2007	08.00	33	28.08.2007	07.30	46	15.11.2007	11.30
8	11.04.2007	21.15	21	26.06.2007	20.40	34	22.08.2007	08.00	47	05.11.2007	16.35
9	09.04.2007	08.30	22	25.06.2007	19.30	35	18.08.2007	21.35	48	02.12.2007	02.00
10	02.04.2007	15.00	23	23.06.2007	08.00	36	10.09.2007	20.30	49	14.12.2007	17.40
11	21.04.2007	12.45	24	22.06.2007	14.00	37	07.09.2007	11.50	50	12.12.2007	18.28
12	07.06.2007	10.05	25	16.06.2007	12.30	38	19.09.2007	08.40	51	12.12.2007	19.35
13	08.05.2007	16.00	26	15.07.2007	01.00	39	11.10.2007	12.20			

Рисунок 3.1 – Очаг аварийности на перекрестке улиц Маяковского–Могилевская–Свердлова–Аранская за 2007 г. (г. Минск)



**Спецификация аварий**

N	Дата	Время
1	01.12.1999	09.10
2	07.06.2003	21.00
3	17.10.2003	11.00
4	06.02.2004	16.10
5	30.07.2004	16.30
6	13.01.2005	08.10
7	13.04.2005	19.00
8	02.02.2006	12.40
9	04.10.2006	08.25
10	07.03.2007	17.20

N	Дата	Время
11	16.10.2008	17.00
12	22.10.2008	21.30
13	28.05.2009	12.20
14	12.10.2009	13.40
15	23.02.2010	17.50

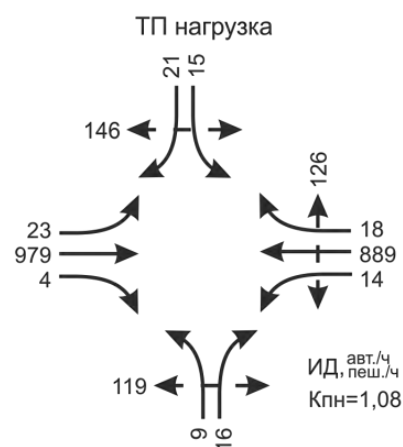


Рисунок 3.2 – Очаг аварийности на искусственной неровности в зоне нерегулируемого пешеходного перехода по ул. Куйбышева, д. 44 (г. Минск)

На каждый исследуемый очаг должно быть заведено «Дело об очаге аварийности», которое регистрируется и хранится в установленном порядке.

### 3.1.1. Предварительное установление причин аварий

После оформления дислокации аварий и детального ознакомления со спецификацией инженер приступает к предварительному установлению причин аварий.

Перечень типовых причин и сопутствующих обстоятельств, относящихся в основном к недостаткам организации дорожного движения, приведен в Приложении Г (табл. Г.1–Г.3).

Для удобства пользования причины аварий классифицированы по группам возможных недостатков в различных областях: организация дорожного движения – «О»; светофорное регулирование – «С»; дорога или улица – «Д»; участники движения – «У»; нормативы – «Н».

Причины аварий, приведенные для нерегулируемого режима, в полной мере могут относиться и к регулируемому режиму. Могут быть и дру-

гие причины, и сопутствующие обстоятельства, не указанные в таблицах. Тем не менее, рекомендуется детально ознакомиться с содержанием таблиц, особенно в той части, которая наиболее близко соответствует исследуемому конфликту. Анализируя траектории движения конфликтующих участников и учитывая по возможности реальные условия (нагрузка, видимость, скорость, скользкость и т.д.) конфликтного взаимодействия, определяют предварительную причину конкретных аварий. И так для всех аварий исследуемого очага.

При этом необходимо учитывать, что отдельные, единичные (фоновые) аварии могут быть вызваны причинами, не относящимися исключительно к исследуемому очагу. Например, нетрезвое состояние участников движения, неисправность транспортных средств и другие могут быть причинами аварий в любом месте на улично-дорожной сети, поэтому попытки их в данном конкретном очаге не имеют особого смысла – это совсем другая область деятельности. Однако если аварии повторяются, тем более многократно, значит, существуют какие-то причины или сопутствующие обстоятельства, присущие именно данному конфликту в данном конкретном очаге. Установление таких причин и сопутствующих обстоятельств является основной задачей очагового анализа аварийности.

### *3.1.2. Обследование очага аварийности*

После предварительного установления причин аварий обязательно следует провести натурное обследование очага, т.к. необходимо либо подтверждение, либо корректировка предварительно установленных причин. Кроме того, необходим поиск неустановленных предварительным исследованием причин аварий и сопутствующих обстоятельств. Установление, подтверждение или корректировка причин аварий стоят несоизмеримо меньше, чем аварии, которые могут произойти из-за возможных ошибок при предварительном исследовании.

Ознакомившись с результатами предварительных исследований, инженер выбывает на место и наносит на масштабный план дополнительную информацию, имеющую отношение к аварийности. Это могут быть неровности на проезжей части, скользкие места (например, из-за разлитого масла или выпотевания связующего компонента), посторонние объекты, которые могут отвлекать водителей, и т.д. Возможно, придется выполнить прикидочные измерения скорости движения, интенсивности и состава транспортного потока, длины очереди при перегрузках, зафиксировать возможные нарушения ПДД или отклонения от нормальных траекторий движения и т.д.

Желательно иметь результаты предыдущих обследований, если такие проводились. Сопоставляя их с фактическим состоянием в очаге аварийности, легко увидеть, оценить и зафиксировать возможные расхождения по всему спектру вопросов. Если же обследование проводится впервые, то

нужно придерживаться приведенных ниже перечней вопросов для основных типов исследуемых объектов, при этом они не ограничивают круг исследуемых характеристик. Поскольку эти перечни довольно обширны, то здесь, для примера, будут приведены отдельные фрагменты (Приложение Д).

**Пешеходные переходы.** Обследование проводится путем непосредственного наблюдения за переходом продолжительностью не менее одного часа (суммарно), желательно с обеих сторон и в разное время суток, чтобы оценить его работу при различной транспортно-пешеходной нагрузке. Наблюдатель не должен заметно выделяться среди пешеходов, поэтому ему удобнее располагаться на некотором удалении. При этом он должен несколько раз воспользоваться переходом, чтобы лучше оценить некоторые его особенности.

При обследовании *нерегулируемых пешеходных переходов* наблюдатель должен описать работу и характеристики перехода и ответить на вопросы (табл. Д.1 Приложения Д.): расположен ли пешеходный переход на траектории движения пешеходов, идут ли они рядом с переходом и почему; сколько таких пешеходов и каковы их траектории движения; достаточна ли видимость пешеходов и транспорта в районе перехода; каков треугольник боковой видимости с обеих сторон перехода; какова видимость внутри самого треугольника; что и насколько уменьшает видимость на переходе; как видны на переходе низкорослые пешеходы, особенно дети; не ухудшают ли видимость стоящие (припаркованные) автомобили, как часто они паркуются в районе перехода; хорошо ли заметен переход водителям транспортных средств, в какой точке примерно они узнают, что перед ними переход; каковы видимость, состояние, расположение и достаточность дорожных знаков, разметки и ограждений; играют ли пешеходные ограждения функциональную роль и т.д.

*Регулируемые пешеходные переходы* требуют ответа на ряд дополнительных вопросов, связанных с размещением транспортных и пешеходных светофоров, режимом светофорного регулирования, параметрами светофорного цикла, условиями конфликтного взаимодействия и другими (таблицы Д.2, Д.3 Приложения Д).

При обследовании *регулируемого пешеходного перехода с пешеходным вызывным устройством* (ПВУ) имеется ряд дополнительных вопросов, связанных с функционированием пешеходных вызывных устройств, их расположением и состоянием, информированием пешеходов о принятии вызова и другими (таблица Д.3 Приложения Д).

Если в зоне пешеходного перехода расположена *искусственная неровность*, то уделяют внимание конструктивному выполнению искусственной неровности; ее форме, виду, состоянию и др.

При обследовании *подземных (надземных) пешеходных переходов* дополнительно необходимо ответить на вопросы (таблица Д.4 Приложения Д), касающиеся удобства спуска или подъема, освещенности лестниц или пандусов и самого перехода и др.

Обследование *остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта* (ОП МПТ) включает вопросы, касающиеся параметров заездного кармана, условий движения транспорта при отсутствии заездного кармана, оборудования остановочного пункта, условий движения пешеходов по тротуару в зоне остановочного пункта, посадки-высадки пассажиров и т.д. (таблица Д.5 Приложения Д). Для *остановочного пункта трамвая* необходимо дополнительно ответить на вопросы, касающиеся: взаимодействия пешеходов (пассажиров трамвая) с приближающимся транспортом и условий их движения через проезжую часть; обустройства остановочных пунктов и состояния посадочной площадки; условий посадки-высадки пассажиров и др. (таблица Д.6 Приложения Д).

**Перекрестки.** Обследование проводится путем непосредственного наблюдения за перекрестком продолжительностью от одного до трех часов (в зависимости от сложности и нагруженности) с различных входов и в разное время суток. Наблюдатель описывает работу перекрестка и отвечает на следующую группу вопросов (таблица Д.7 Приложения Д): общая характеристика, обустройство, видимость, проезжая часть, помехи движению, транспортная нагрузка, пешеходная нагрузка; наличие, расположение и состояние технических средств регулирования; состояние и обустройство переходов и ОП МПТ и их влияние на работу перекрестка; работа светофоров, нарушения Правил дорожного движения участниками и т.д.

При обследовании *транспортной нагрузки* обращают внимание на интенсивность движения, состав транспортного потока, неравномерность движения; наличие и величину очереди автомобилей перед светофором; рассасывается ли очередь в каждом цикле или автомобили остаются на второй и последующие циклы; равномерно ли загружены все полосы, есть ли движение в разных направлениях с одной полосы; как происходит остановка транспорта, имеет ли место экстренное торможение, много ли маневров по перестроению; с какой скоростью прибывают к перекрестку автомобили, с какой скоростью они проходят перекресток транзитом или при поворотах; как происходит конфликт «транспорт – транспорт» при левом повороте и конфликт «транспорт – пешеход» при правом повороте; пропускают ли водители пешеходов или не всегда, и почему.

Особое значение имеет боковая видимость. Следует прикидочно определить треугольники боковой видимости со всех входов для конфликтов «транспорт – транспорт» и «транспорт – пешеход» и оценить видимость внутри этих треугольников. Определить объекты или основные причины, уменьшающие видимость, а также соответствие установленных дорожных знаков (например, 2.5) фактическому расстоянию видимости. Видимость в направлении движения имеет значение при наличии помех транзитному движению – пересекаемых трамвайных путей, недостатков на проезжей части, посторонних предметов. Следует проверить (отходя на установленное СТБ 1300 расстояние около 100 м) видимость сигналов светофоров, знаков приоритета, запрещающих и иных дорожных знаков. Про-

веряют, не закрывают ли кроны деревьев дорожные знаки и светофоры с какой-либо полосы на входе. Определяют видимость сигналов светофоров и запрещающих дорожных знаков в случаях, когда в составе транспортного потока находятся крупногабаритные транспортные средства, автобусы или троллейбусы. С этой целью следует использовать для наблюдения подвижную лабораторию, однако предварительно это можно установить и со стационарного поста.

При обследовании состояния проезжей части следует обращать внимание на ровность, скользкость, сопряжение поперечных профилей, сопряжение с трамвайными путями, а также на наличие застоев воды, наносов песка и грязи.

При обследовании пешеходной нагрузки обращают внимание на количество пешеходов, ожидающих зеленый сигнал; где и как они располагаются; идут ли пешеходы строго по переходу или рядом с ним, возможно, из-за тесноты; достаточно ли переходного интервала для пешеходов, есть ли случаи окончания движения пешеходов уже на красный сигнал, бегом или они остаются на островке безопасности.

Также исследуются различные режимы светофорного регулирования; имеет ли место координация, с какого направления и как она проявляется; отличаются ли некоординированные направления от координированных и в чем это выражается; как работает перекресток при выключении светофорного регулирования или переключении его на режим «желтое мигание»; своевременно ли происходит это выключение или переключение и др.

Следует отметить, что многие перекрестки имеют свои особенности, отличающие их от подобных. Поэтому при обследовании следует обращать на них особое внимание и давать им свою оценку. Такие особенности могут быть связаны с регулированием, например, по четырехфазному циклу, или с пропуском пешеходов в два этапа; со сложной геометрией из-за разных характеристик и большого числа входов или их смещения; из-за наличия трамвайных путей, подъема-спуска, мощных поворотных потоков; отсутствия информирования водителей о наличии одновременного конфликта с пешеходами при осуществлении поворота и т.д.

**Перегоны улиц.** В некоторых случаях причиной конфликтов и аварий в очагах является неудовлетворительное состояние подходов к ним и отходов от них. Поэтому имеется настоятельная потребность в обследовании перегонов улиц, примыкающих к конфликтным объектам. Обследование проводится путем пешего передвижения наблюдателя в направлении движения по тротуару или газону, как можно ближе к бортовому камню. Наблюдатель оценивает проезжую часть, обустройство, пешеходные переходы, стоянки у тротуара, видимость, помехи движению (таблица Д.8 Приложения Д).

На перегонах городских улиц часто встречаются многочисленные и разнообразные *помехи*, к числу которых относятся неровности на проезжей части: различные выбоины, просадки, выступающие или утопающие люки,

решетки и т.д.; посторонние предметы на проезжей части, застой воды или грязь у бортового камня, а в зимнее время – наледи или неубранный снег; несанкционированный выход пешеходов на проезжую часть из-за неправильного расположения перехода, тесноты движения на узких тротуарах, загрязнения тротуаров или несвоевременной их уборки, всевозможных помех на тротуарах – запаркованных автомобилей, ремонтных работ, скопления торговых точек и т.д.; неправильная или несанкционированная парковка автомобилей, особенно в зоне расположения пешеходных переходов и остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта; маневрирование транспорта, включая заезд и выезд со стоянки, повороты и развороты, заезды во дворы и выезды из них; световые помехи – яркие слепящие (низко расположенные) источники света, движущаяся световая реклама, наличие фантом-эффекта на светофоре.

**Железнодорожный переезд.** Следует ответить на вопросы, связанные с ровностью и состоянием настилов на железнодорожном переезде; состоянием проезжей части улицы на подъезде к переезду; оснащением переезда светофорной сигнализацией и иными техническими средствами; условиями видимости на переезде; спецификой пешеходного движения; характеристиками транспортного потока; наличием освещения; параметрами регулирования движения через переезд (таблица Д.9 Приложения Д).

Для *развязок в разных уровнях* следует дополнительно ответить на следующую группу вопросов: тип и характеристика развязки (в т.ч. удаленность съездов и въездов); четкость и своевременность информирования водителей о направлениях движения; достаточность и состояние переходно-скоростных полос; характер маневрирования; скорость движения, особенно при съезде с магистрали, и т.д. (таблица Д.10 Приложения Д).

### *3.1.3. Заключительное установление причин аварий*

Обычно причины аварий удастся обнаружить относительно легко и быстро. Если же их сразу не удастся определить, рекомендуется несколько раз посмотреть на объект с разных сторон. Следует проехать перекресток или иной объект на различных видах транспортных средств и побывать в роли пешехода, желающего перейти проезжую часть.

Необходимо исследовать объект в различных условиях видимости, где, кроме прочего, опасность в ясные дни представляет движение по направлению на низко расположенное солнце – утром и вечером, а также так называемый «фантом-эффект», когда все три сигнала светофора светятся одинаково из-за отраженного солнечного света и водитель не знает, какой сигнал ему включен в данный момент. Как правило, после таких исследований, а они могут продолжаться несколько дней, причины аварий все же находятся. Однако если и после этого причины не находятся, следует пригласить своих коллег и, возможно, специалистов другого профиля – дорожников, транспортников, психологов.

Следует учитывать то обстоятельство, что иногда ключ к разгадке причин аварий находится не в самом очаге, а за его пределами. Например, после продолжительного запрещения обгона, казалось бы, обыкновенные участки улично-дорожной сети становятся аварийными и никаких причин аварий отыскать на них невозможно. Дело в том, что длительное запрещение обгона перед исследуемым участком создает в потоке сильное психологическое напряжение и водители при первой же возможности буквально бросаются делать обгоны, часто в условиях повышенного или высокого риска. Или на пересечениях в разных уровнях, особенно на левоповоротных съездах, водители после движения на высокой скорости по магистрали еще не адаптировались к уже резко изменившимся условиям и по инерции продолжают двигаться с гораздо большей скоростью, чем это необходимо по условиям безопасности. То же самое можно сказать и о въезде в населенные (особенно малые) пункты, когда первые 200–300 м автомобили движутся с явно повышенной скоростью; о движении после хорошо скоординированной магистральной улицы; о движении на первом светофорном объекте после въезда в город и т.д. Иными словами, если причина аварий не находится в самом очаге, то ее следует искать на стыках элементарных участков или в самой системе улично-дорожной сети.

После проведения натурного обследования выполняют корректировку и заключительное установление причин аварийности в очаге. Затем обсуждают и согласовывают установленные причины аварийности, на основе которых будут приниматься соответствующие решения.

### **3.2. Предварительный выбор решений по повышению безопасности дорожного движения**

Основным требованием при выборе решений, наряду с повышением безопасности, является улучшение существующих показателей качества дорожного движения на исследуемом объекте. Уменьшая аварийные потери, нельзя повышать другие виды потерь, во всяком случае, настолько, чтобы прогнозируемые суммарные потери не превышали существующие. Поэтому необходимо искать такие решения, при которых безопасность дорожного движения не повышалась бы за счет снижения его качества. Следует стремиться к тому, чтобы предложения по повышению безопасности движения одновременно повышали и его качество в целом. При этом разрабатываемые на основе этих решений мероприятия должны быть относительно недорогими и быстро окупаться.

Из этого следует, что выбор решений по повышению безопасности дорожного движения является весьма ответственной и сложной задачей. Поэтому в помощь инженеру предлагается перечень типовых решений (мероприятий) по повышению безопасности движения (Приложение Е), в котором для каждого решения (мероприятия) указаны ориентировочное снижение аварийности  $\Delta A$  (отдельно по авариям с пострадавшими и с ма-



териальным ущербом), если оно известно, ожидаемые суммарные экономические и экологические потери  $P_{э}$  или необходимые капитальные вложения  $K_2$ .

Если же мероприятие (решение) направлено на выполнение требований действующих нормативов и, следовательно, является обязательным, то указаны только его аварийная эффективность (если она известна) и соответствующий норматив.

Проведенные исследования показали необходимость придания очагу аварийности надлежащего статуса и проведения постоянного мониторинга дорожного движения в очагах аварийности с целью достоверной оценки его качества. Следует устранить в нормативах ряд обнаруженных недостатков (Приложение Ж), что позволит повысить качество дорожного движения в городских очагах аварийности, о чем имеются соответствующие акты и справки внедрения, а также патенты и проектные решения, реализованные на улично-дорожной сети городов и населенных пунктов Республики Беларусь. Необходимо отметить, что в ТКП 45-3.03-227-2010 «Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования» уже внесено требование обязательного проведения очагового анализа аварийности при реконструкции транспортных объектов (п. 6.1.1 ТКП 45-3.03-227).

### **3.3. Исследование статистического метода прогнозирования аварийности на искусственных неровностях**

Для предварительной оценки аварийной эффективности решений или мероприятий по повышению безопасности дорожного движения используется статистический метод прогнозирования (см. п. 1.3). Сущность его заключается в том, что на основании многолетних наблюдений для каждого типового мероприятия устанавливается коэффициент снижения аварийности  $\Delta A$ , который несколько отличается для различных государств.

В специальных таблицах [12] приводятся типовые мероприятия, для каждого из которых даются значения коэффициента снижения числа аварий, при этом они могут относиться как к общему числу аварий, так и к авариям определенной степени тяжести. Что касается такого мероприятия, как установка искусственных неровностей в городе, то про их аварийную эффективность имеется довольно противоречивая зарубежная информация [120, 132, 136], при этом речь идет только об авариях с пострадавшими, а значения коэффициента  $\Delta A$  отличаются до трех раз. В Республике Беларусь какой-либо статистической информации об аварийной эффективности искусственных неровностей, применяемых в городских условиях, не обнаружено.

На основании изложенного, было признано целесообразным определить для Республики Беларусь численные значения показателей аварийной эффективности устанавливаемых в городах искусственных неровностей с обязательным их разделением по авариям различной степени тяжести последствий.

С этой целью были проведены статистические исследования аварийности на искусственных неровностях в различных городах Республики Беларусь. Основные трудности при исследованиях были связаны с недостаточной и некачественной информацией об авариях без пострадавших (т.е. с материальным ущербом), особенно произошедших до установки искусственных неровностей. Во многих случаях искусственные неровности устанавливались по заявкам руководства школ и других подобных учреждений в тех местах, где аварий не было зафиксировано вообще.

Исследования проводились поэтапно по увеличивающейся статистической выборке объектов, полученной в различных городах Республики Беларусь. Учитывались все известные аварии до и после установки искусственных неровностей. Сопоставлялись среднегодовые значения отдельно для суммарного числа аварий и аварий каждой степени тяжести последствий. Затем определялись четыре коэффициента,  $\Delta A$ . Результаты исследований приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты исследований аварийной эффективности искусственных неровностей в городах Республики Беларусь

Выборка	Исследуемый параметр	Характеристики аварийности			
		Общее число	Со смертельным исходом	С ранением	С материальным ущербом
20 искусственных неровностей, 168 аварий	Среднегодовое число <i>аварий</i> до внедрения	1,535	0,139	0,4915	0,9045
	Среднегодовое число <i>аварий</i> после внедрения	1,3615	0,100	0,3860	0,8755
	Выборочное значение коэффициента $\Delta A$	-0,1130	-0,281	-0,215	-0,032
50 искусственных неровностей, 313 аварий	Среднегодовое число <i>аварий</i> до внедрения	1,5521	0,1074	0,5752	0,8695
	Среднегодовое число <i>аварий</i> после внедрения	1,3206	0,0537	0,2967	0,9702
	Выборочное значение коэффициента $\Delta A$	-0,1491	-0,500	-0,484	+0,116
80 искусственных неровностей, 513 аварий	Среднегодовое число <i>аварий</i> «до» внедрения	1,6522	0,1150	0,6137	0,9235
	Среднегодовое число <i>аварий</i> «после» внедрения	1,3669	0,0569	0,3257	0,9843
	Выборочное значение коэффициента $\Delta A$	-0,1726	-0,505	-0,469	+0,066
Суммарное значение коэффициента $\Delta A$		-0,156	-0,473	-0,440	+0,695
<b>Расчетное значение коэффициента <math>\Delta A</math></b>		-0,15	-0,50	-0,50	+0,07

Как следует из таблицы, значения коэффициента  $\Delta A$  для небольших выборок колеблются в довольно широких пределах. Однако при увеличении статистической выборки эти значения постепенно стабилизируются.

Необходимо отметить, что аварийность в местах установки искусственных неровностей имеет не одну причину, а несколько и устранение одной из них (снижение скорости) не всегда дает желаемый результат. Поэтому, даже с точки зрения аварийной эффективности, искусственные неровности далеко не везде и не всегда являются совершенным «инструментом» повышения безопасности движения.

### 3.4. Методика очагового анализа аварийности

Разработана методика очагового анализа аварийности (утверждена УГАИ МВД Республики Беларусь и Министерством жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь). Она включает следующие этапы (рисунок 3.3):

1) предварительное установление причин, которое производится на основе анализа дислокации аварий с использованием разработанного перечня типовых причин и сопутствующих обстоятельств, относящихся, в основном, к организации дорожного движения;

2) обязательное натурное обследование очага, которое проводится по разработанным кратким инструкциям для всех типовых городских очагов аварийности с использованием разработанных специальных перечней вопросов (бланков аудита);

3) заключительное установление причин, которое проводится по результатам натурального обследования и согласования. В случае затруднений с установлением причин проводится повторное натурное обследование с участием работников дорожной и транспортной отраслей, психологов и других экспертов;

4) предварительный выбор решений по повышению безопасности движения, который проводится исходя из предварительного условия непревышения существующих суммарных потерь в очаге. Он выполняется с использованием разработанного специального перечня типовых решений, для каждого из которых указана предварительная аварийная, экологическая и экономическая эффективность.



Рисунок 3.3 – Алгоритм исследования очагов аварийности

### 3.5. Выводы по разделу

1. Разработана методика очагового анализа аварийности, *включающая* методы, методики и правила выполнения отдельных, осуществляемых поэтапно процедур, а именно: сбор и обработку исходных данных об условиях движения и аварийности с материальным ущербом и пострадавшими, предварительное установление причин аварий с использованием перечня типовых причин, натурное обследование очага с использованием разработанного перечня вопросов (бланков аудита), заключительное установление причин аварий, *отличающаяся* предварительным выбором решений с использованием разработанного специального перечня типовых решений, в

котором указана их эффективность, и относительно невысокими требованиями к специальной подготовке исполнителей, *позволяющая* с высокой вероятностью установить истинные причины аварий, оценить капиталовложения и предварительно выбрать решения по повышению безопасности движения.

2. Разработан специальный перечень типовых мероприятий (решений) по повышению безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности, *отличающийся* наличием для каждого мероприятия (решения) информации о предварительной аварийной, экономической и экологической эффективности либо указанием действующего норматива, требующего безусловного внедрения данного мероприятия, независимо от его эффективности, *позволяющий* повысить качество предварительного выбора решений.

3. Адаптирован к городским условиям Республики Беларусь метод статистического прогнозирования аварийности, касающийся применения искусственных неровностей, *учитывающий* условия дорожного движения, *позволивший* относительно точно установить аварийную эффективность установки искусственных неровностей в городах страны.

## РАЗДЕЛ 4. РАСЧЕТ АВАРИЙНЫХ ПОТЕРЬ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВАРИЙНОСТИ ПО МЕТОДУ КОНФЛИКТНЫХ ЗОН

Раздел посвящен комплексу моделей прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон и модели определения расчетной социально-экономической стоимости аварийных издержек, что в совокупности позволяет рассчитывать аварийные потери еще на стадии выбора решений и проектирования объекта. Изложенное в разделе систематизировано по результатам многих публикаций автора (например, в [253, 274, 318, 320 и др.]).

### 4.1. Расчет аварийных потерь

Для оценки и выбора решений по организации дорожного движения необходимо рассчитать аварийные потери на типовых объектах. Согласно работе [2], аварийные потери  $\Pi_a$  определяются как произведение числа аварий  $n_a$  на их расчетную стоимость  $C_a$ :

$$\Pi_a = n_a C_a, \text{ долл./год}, \quad (4.1)$$

С учетом разделения аварий по тяжести последствий формула приобретает следующий усовершенствованный вид:

$$\Pi_a = n_a^c C_a^c + n_a^p C_a^p + n_a^m C_a^m, \text{ долл./год}, \quad (4.2)$$

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

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

Под аварийными потерями понимают стоимость аварий любых видов и любой тяжести последствий, а также судебных и иных издержек, связанных с авариями. Проблема заключается в отсутствии действенных методов прогнозирования числа аварий  $n_a^c$ ,  $n_a^p$ ,  $n_a^m$  на типовых конфликтных объектах и в отсутствии методов определения расчетной стоимости издержек аварий  $C_a^c$ ,  $C_a^p$ ,  $C_a^m$ . Значения  $n_a$ , полученные в результате прогнозирования аварийности по статистическому методу, пригодны лишь для грубой предварительной оценки аварийной эффективности. Значения  $n_a$ , полученные в результате прогнозирования аварийности по методу конфликтных ситуаций, пригодны для оценки аварийной эффективности уже внедренных или

внедряемых мероприятий для существующих объектов. Значения  $\lambda_a$ , полученные в результате прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон, пригодны для оценки эффективности на любой стадии – от принятия решений до эксплуатации объекта. Однако необходимый комплекс моделей прогнозирования аварийности по данному методу на исследуемых типовых объектах отсутствует. Что касается расчетной стоимости аварийных издержек  $C_a$ , то официальная информация о ней отсутствует, и это не позволяет оценить даже существующие потери на реальных объектах при уже известной аварийности. Такое положение негативно влияет на качество принимаемых решений.

Необходимо к уже существующему методу прогнозирования аварийности на регулируемых перекрестках в конфликте «*транспорт – транспорт*» (столкновения боковые и поворотные) разработать модели прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон на регулируемых перекрестках в конфликтах «*транспорт – транспорт*» (столкновения с ударом сзади и попутные), «*транзитный транспорт – пешеход*» и «*поворотный транспорт – пешеход*», а также модели прогнозирования аварийности на искусственных неровностях в конфликтах «*транспорт – транспорт*» и «*транспорт – пешеход*». Кроме того, необходимо разработать модель определения расчетной стоимости аварийных издержек, являющуюся неотъемлемой частью метода определения аварийных потерь. Необходимо отметить, что при определении потенциальной опасности, а также расчете экологических и экономических потерь используются безразмерные величины.

Для практической реализации метода конфликтных зон необходимо разработать модели прогнозирования аварийности по каждому виду конфликта на данном типовом объекте. Они, как правило, отличаются численными значениями некоторых параметров при определении потенциальной опасности и функцией ее перевода в аварийность. Разработка этих моделей заключается в определении численных значений потенциальной опасности и в поиске наилучших зависимостей аварийности от потенциальной опасности с помощью математических пакетов.

#### **4.2. Определение социально-экономической стоимости аварийных издержек**

Социально-экономическая стоимость аварийных издержек процесса дорожного движения является сложной функцией многих факторов (см. п. 1.3.4) и для ее определения требуются значительные усилия. Во многих странах, включая и Республику Беларусь, точные данные о такой стоимости отсутствуют, что крайне затрудняет выбор и снижает качество принимаемых решений. Следовательно, создание моделей определения расчетной социально-экономической стоимости аварий является весьма актуальным и неотложным.

В предлагаемой модели расчетная социально-экономическая стоимость аварийных издержек зависит от величины внутреннего валового продукта (ВВП), стоимости лечения и реабилитации пострадавших и реальных выплат по обязательному страхованию гражданской ответственности владельцев транспортных средств. Расчетная стоимость издержек аварий состоит из двух основных составляющих – экономической и социальной.

Экономическая составляющая отображает материальный ущерб, который нанесен государству и обществу в результате аварии, и зависит от ВВП – чем он больше, тем выше стоимость автомобилей, потерянного времени, лечения и реабилитации пострадавших, транспортных затруднений на месте аварий и т.д.

Социальная составляющая отображает «душевную боль», которую испытывает общество и его отдельные члены от гибели или ранения людей либо от подвергания их смертельному риску в авариях без пострадавших. Она также включает потери от крушения планов из-за аварий, от изменения (всегда в худшую сторону) привычного уклада жизни семей и выражает общественную боль из-за бессмысленной потери своих граждан. Величина социальной составляющей расчетной стоимости аварий зависит от достигнутого уровня благосостояния и величины ВВП. Чем больше ВВП, тем больше денежных средств затрачивается на социально-гуманитарные потребности общества, тем выше социальная ценность человека.

**Расчетная стоимость аварии с материальным ущербом**  $C_a^M$  определяется по формуле, в которой первый член оценивает материальную составляющую, а второй – социальную:

$$C_a^M = C_{стр} (1 + \Delta_{стл}) (1 + \Delta C_{соп}) + K_{рзм} C_{ВВП}^{\beta} \frac{(1 + \Delta_{стл}) n_{рбг}}{365}, \text{ долл./ав.}, \quad (4.3)$$

где  $C_{стр}$  – средняя величина страховых выплат на одно транспортное средство при аварии с материальным ущербом. За период исследований она составила в среднем по Республике Беларусь около 950 долл./ав. [25–27] (см. таблицу 1.4);

$\Delta_{стл}$  – доля столкновений в общем числе аварий с материальным ущербом. По состоянию на 2016 г.:  $\Delta_{стл} = 0,7$ ;

$\Delta C_{соп}$  – 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 и стоимость транспортных затруднений на месте аварий. Основываясь на результатах исследований [91, 198], принимаем  $\Delta C_{соп} = 0,08$ , при этом около половины этой величины составляет стоимость транспортных затруднений на месте аварии;

$K_{рзм}$  – коэффициент размерностей ( $K_{рзм} = 0,001$ );



$C_{\text{ВВП}}$  – удельная (на одного человека) величина ВВП, долл./чел. год;

$\beta$  – показатель степени, условно характеризующий долю государственных расходов на социально-гуманитарные потребности общества. По результатам расчетно-поисковых исследований  $\beta = 1,97$ .

$n_{\text{рбт}}$  – количество дней реабилитации (без госпитализации) потерпевшего. В случае аварий без пострадавших это в основном относится к водителю. Принято [38, 39]:  $n_{\text{рбт}} = 1$  – для аварий с материальным ущербом;  $n_{\text{рбт}} = 7$  – для аварий с легким ранением;  $n_{\text{рбт}} = 14$  – для аварий с тяжелым ранением; 365 – расчетное число дней в году.  $C_a^M = 1853$  долл./ав. Принято:

$C_a^M = 1800$  долл./ав.

**Расчетная стоимость издержек аварии с легким (тяжелым) ранением**  $C_a^{\text{рл}}$  ( $C_a^{\text{рт}}$ ) определяется по формуле

$$C_a^{\text{рл}} (C_a^{\text{рт}}) = C_{\text{ВВП}} \frac{3n_{\text{гсп}} + n_{\text{рбт}}}{365} + K_{\text{рзм}} C_{\text{ВВП}}^{\beta} \frac{n_{\text{гсп}} + n_{\text{рбт}}}{365} + C_a^M, \text{ долл./авт.}, \quad (4.4)$$

где 3 – коэффициент, учитывающий отношение народно-хозяйственных расходов от одного дня лечения пострадавшего в больнице к удельной (на одного человека в день) величине ВВП, которая по состоянию на 2016 г. составляет примерно 15 долл./чел. день;

$n_{\text{гсп}}$  – расчетное число дней госпитализации пострадавшего. При легком ранении  $n_{\text{гсп}} = 7$  дней; при тяжелом – 30 дней. Принято по состоянию на 2016 г.: легкое ранение  $C_a^{\text{рл}} = 3100$  долл./ав. и тяжелое ранение  $C_a^{\text{рт}} = 6200$  долл./ав.

**Расчетная стоимость издержек аварии со смертельным исходом**  $C_a^c$  определяется по формуле

$$C_a^c = 20C_{\text{ВВП}} + K_{\text{рзм}} C_{\text{ВВП}}^{\beta} + C_a^M, \text{ долл./ав.}, \quad (4.5)$$

где 20 – условное (с учетом дисконтирования) число лет возможной трудовой деятельности погибшего. Определено как произведение полного числа лет возможной трудовой деятельности погибшего (25 лет) на условный коэффициент дисконтирования (0,8). Полное число лет возможной трудовой деятельности погибшего определено исходя из среднего возраста погибших в авариях – 33,5 года [8–11, 221], соотношения погибших мужчин и женщин – 80:20, и пенсионного возраста мужчин и женщин – 60 и 55 лет соответственно. Условный коэффициент дисконтирования – 0,8 – принят из допущения, что рост ВВП и обесценивание денег примерно сопоставимы;  $C_a^c = 135215$  долл./ав. Принято:  $C_a^c = 135000$  долл./ав.

**Расчетная стоимость издержек аварии с ранением, повлекшим инвалидность**,  $C_a^{ри}$  предложено определять по формуле

$$C_a^{ри} = \frac{C^c}{3} = 45\,072 \text{ долл./ав.} \quad (4.6)$$

Принято по состоянию на 2016 г.:  $C_a^{ри} = 45000$  долл./ав.

**Расчетная стоимость издержек аварии с ранением (в среднем) без указания его тяжести**  $C_a^p$  определяется как средневзвешенное расчетной стоимости аварий с легкими и тяжелыми ранениями и ранением, повлекшим инвалидность:

$$C_a^p = \frac{C_a^{рл} \Delta a^{рл} + C_a^{рт} \Delta a^{рт} + C_a^{ри} \Delta a^{ри}}{\sum \Delta a}, \text{ долл./ав.}, \quad (4.7)$$

где  $\Delta a^{рл}$ ,  $\Delta a^{рт}$ ,  $\Delta a^{ри}$  – нормированная (по авариям, повлекшим инвалидность) частота аварий с ранениями легкими, тяжелыми и повлекшими инвалидность соответственно. Определена на основании статистики аварийности [8–11]. Принято следующее соотношение:  $\Delta a^{ри} : \Delta a^{рт} : \Delta a^{рл} = 1:6:40$ .

Подставляя в формулу (4.7) принятые значения исходных данных, получим: ранение в среднем  $C_a^p = 4454$  долл./ав. Принято по состоянию на 2016 г.:  $C_a^p = 4400$  долл./ав.

**Расчетная стоимость издержек аварии без указания тяжести последствий**  $C_a$  определяется как средневзвешенное расчетной стоимости аварий со смертельным исходом, ранением и материальным ущербом по формуле

$$C_a = \frac{C_a^c \Delta a^c + C_a^p \Delta a^p + C_a^m \Delta a^m}{\sum \Delta a}, \text{ долл./ав.}, \quad (4.8)$$

где  $\Delta a^c$ ,  $\Delta a^p$ ,  $\Delta a^m$  – нормированная (по авариям со смертельным исходом) частота аварий со смертельным исходом, ранением и материальным ущербом соответственно. Определена на основании статистики аварийности [8–11]. Принято следующее соотношение:  $\Delta a^c : \Delta a^p : \Delta a^m = 1:6:60$ .

Подставляя в формулу (4.8) принятые значения исходных данных, получим: авария в среднем  $C_a = 4076$  долл./ав. Принято:  $C_a = 4000$  долл./ав.

В таблице 4.1 показаны значения полученной расчетной стоимости аварийных издержек в Республике Беларусь в зависимости от удельной (на человека в год) величины ВВП.

Таблица 4.1 – Значения расчетной стоимости аварийных издержек в Республике Беларусь

Тяжесть последствий	ВВП, 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
Авария в среднем без указания тяжести последствий	3300	3500	3800	4000	4300	4800	5400	6000	6700

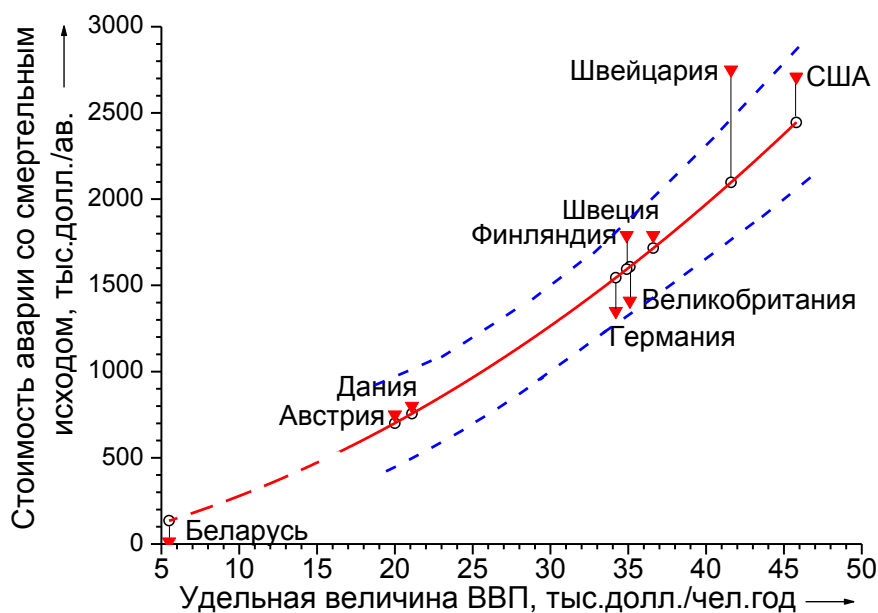
В таблице 4.2 и на рисунке 4.1 показано сопоставление расчетной и страховой стоимости издержек аварий со смертельным исходом в некоторых странах, полученные из литературных источников [199, 200, 203, 204, 222] и по предлагаемой автором модели.

Таблица 4.2 – Значения расчетной стоимости издержек аварий со смертельным исходом

Страна	Стоимость издержек аварий со смертельным исходом, тыс. долл./авт.		ВВП на душу населения, тыс. долл./чел. год	Погрешность $\delta$
	по данным источников	по предлагаемой модели		
США	2710	2445	45,8	0,10
Швейцария	2750	2097	41,6	0,24
Швеция	1790	1716	36,6	0,04
Великобритания	1410	1608	35,1	- 0,14
Финляндия	1790	1594	34,9	0,11
Германия	1350	1544	34,2	- 0,14
Дания	800	756	21,1	0,06
Австрия	750	700	20,0	0,07
Беларусь	13,5*	135	5,5	-

\*Примечание: страховая оценка.

Видно, что сходимость результатов расчета и статистических данных удовлетворительная.



B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
Polynomial Fit
Polynomial Fit
Polynomial Fit

стоимость аварий со смертельным исходом:  
 ○ полученная по предложенной модели;  
 ▼ страховая (из информационных источников)

— полином второй степени  $Y = 0,7X^2 + 21,34X - 7,71$  ( $R=0,95$ ;  $F=124,5$ )  
 - - - границы 90% доверительного интервала

Рисунок 4.1 – Зависимость стоимости издержек аварий со смертельным исходом от удельной величины ВВП

Разумеется, на социально-экономическую стоимость издержек аварии, особенно со смертельным исходом, влияют, кроме ВВП, еще исторические, национальные и другие факторы, не учитываемые в модели.

Тем не менее полученные результаты свидетельствуют о том, что предлагаемая модель вполне может быть использована при расчете аварийных потерь для целей организации дорожного движения.

На основании результатов исследования социально-экономической стоимости одной из самых трудно оцениваемых издержек – аварий со смертельным исходом определен диапазон ранжирования.

Анализируя рисунок 4.1 и данные таблицы 4.2, можно отметить, что относительная (по отношению к ВВП) стоимость аварий в разных странах находится в диапазоне погрешности  $\pm 0,12$  – именно эта величина принята в качестве диапазона ранжирования. Для предварительной оценки коэффициентов ранжирования определена доля социальной составляющей  $\Delta_c$  в аварийных и экологических потерях.

В результате, по полученным данным, установлены:

– доля социальной составляющей для аварий с легкими ранениями

$$\Delta_{ca}^{pl} = 0,68;$$

– доля социальной составляющей для аварий в целом без указания тяжести последствий (средневзвешенная по количеству и стоимости аварий различной степени тяжести последствий)  $\Delta_{ca} = 0,17$ .

Для определения доли социальной составляющей экологических потерь  $\Delta_{cэ}$  использованы следующие исходные данные:

– доля ущерба от экологического загрязнения, приходящаяся на здравоохранение, – 0,50 [2, с. 98, таблица 2.4];

– доля обращающихся к врачу с заболеваниями, связанными с экологическим загрязнением, – 0,35 [211];

– доля транспортного комплекса в экологическом загрязнении – 0,40 [2, с. 94, 212];

– доля дорожного движения в экологическом загрязнении транспортным комплексом – 0,84 [2, с. 94, таблица 2.1, 213];

– доля социальной составляющей в расходах на лечение заболеваний, связанных с экологическим загрязнением (по аналогии с аварией с легким ранением), – 0,68.

Расчетная доля социальной составляющей экологических потерь  $\Delta_{cэ} = 0,04$ .

Таким образом, социальная составляющая аварийных потерь примерно в 4,25 раза выше, чем экологических потерь, а диапазон ранжирования находится в пределах  $\pm 0,12$ . В результате округления получим предварительные приближенные значения коэффициентов ранжирования  $K_p$ :

– для аварийных потерь  $K_{pa} = 1,25$ ;

– для экологических потерь  $K_{pэ} = 1,05$ .

Такой подход, при котором оценка решений выполняется по величине суммарных потерь и только при их равенстве в случае затруднений при выборе лучших решений дополнительно проводится ранжирование аварийных и экологических потерь, получил название «сбалансированный учет потерь». Он в определенной мере позволяет компенсировать пока еще невысокую точность определения потерь и в «неясных» оценочных ситуациях уменьшает вероятность принятия неоптимальных решений по повышению безопасности дорожного движения.

#### **4.3. Прогнозирование аварийности по методу конфликтных зон на регулируемых перекрестках**

Прогнозирование аварийности по методу конфликтных зон проводится отдельно для каждого вида конфликта (или группы близких по своим характеристикам видов конфликтов) на каждом типовом объекте в каждом режиме его работы. Поэтому должна быть трехуровневая иерархия моделей прогнозирования – для типового объекта, вида конфликта и режима работы объекта. При этом тип конфликта – характеристика, указывающая участвующие в конфликте элементы системы ВАДС; вид конфликта – характеристика, указывающая траектории движения конфликтующих участников (например,

столкновение с ударом сзади, наезд «поворотный транспорт–пешеход»); конфликтующие участники – физические объекты (транспортные средства и пешеходы), в силу сложившихся обстоятельств, претендующие на одновременное занятие одной и той же конфликтной точки.

Однако в целях упрощения принята двухуровневая иерархия. Она включает *индивидуальные* модели прогнозирования аварийности на каждом *типовом объекте*, например на регулируемом перекрестке, и входящие в них *частные* модели прогнозирования в *отдельных видах конфликта*. Частные модели включают получившее рабочее название «модели определения приведенной аварийности» в данном режиме работы объекта.

Отдельные частные модели, например в конфликте «транспорт–транспорт», столкновения боковые, могут включать три модели режима движения: регулируемый внутрифазный, регулируемый межфазный и нерегулируемый (рисунок 4.2). Они отличаются численными значениями некоторых параметров при определении потенциальной опасности, в том числе при определении конфликтных зон (рисунок 4.3), и функцией ее перевода в аварийность.

Модели прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон разрабатывались по следующей схеме:

- поиск и выбор объектов исследования;
- подготовка исходных данных: транспортно-пешеходная нагрузка; условия движения; геометрические параметры; регулирование и статистика аварийности;
- анализ режимов и условий движения в каждом конфликте и подбор расчетных зависимостей – компьютерный поиск наилучших зависимостей аварийности от потенциальной опасности для данной выборки объектов (компьютерный подбор зависимостей расчетной величины потенциальной опасности от набора исходных данных, которые дают наилучшую сходимость между прогнозируемой и фактической аварийностью на исследуемом объекте);
- оценка адекватности полученных зависимостей на конкретных объектах, не входящих в исследуемую выборку;
- корректировка зависимостей по увеличенной выборке, полученной путем включения в исследуемую выборку объектов, на которых проводилась оценка адекватности;
- анализ результатов и принятие расчетных зависимостей.

При разработке моделей применялись методы теории вероятностей и математической статистики. Репрезентативность выборки объектов обеспечивается соблюдением принципа случайности отбора объектов совокупности в выборку. Методология исследований основывалась на сочетании теоретических и практических изысканий, сборе и обработке статистической информации. Проверка гипотез проводилась с применением критериев Фишера, Пирсона и др. [218–220].

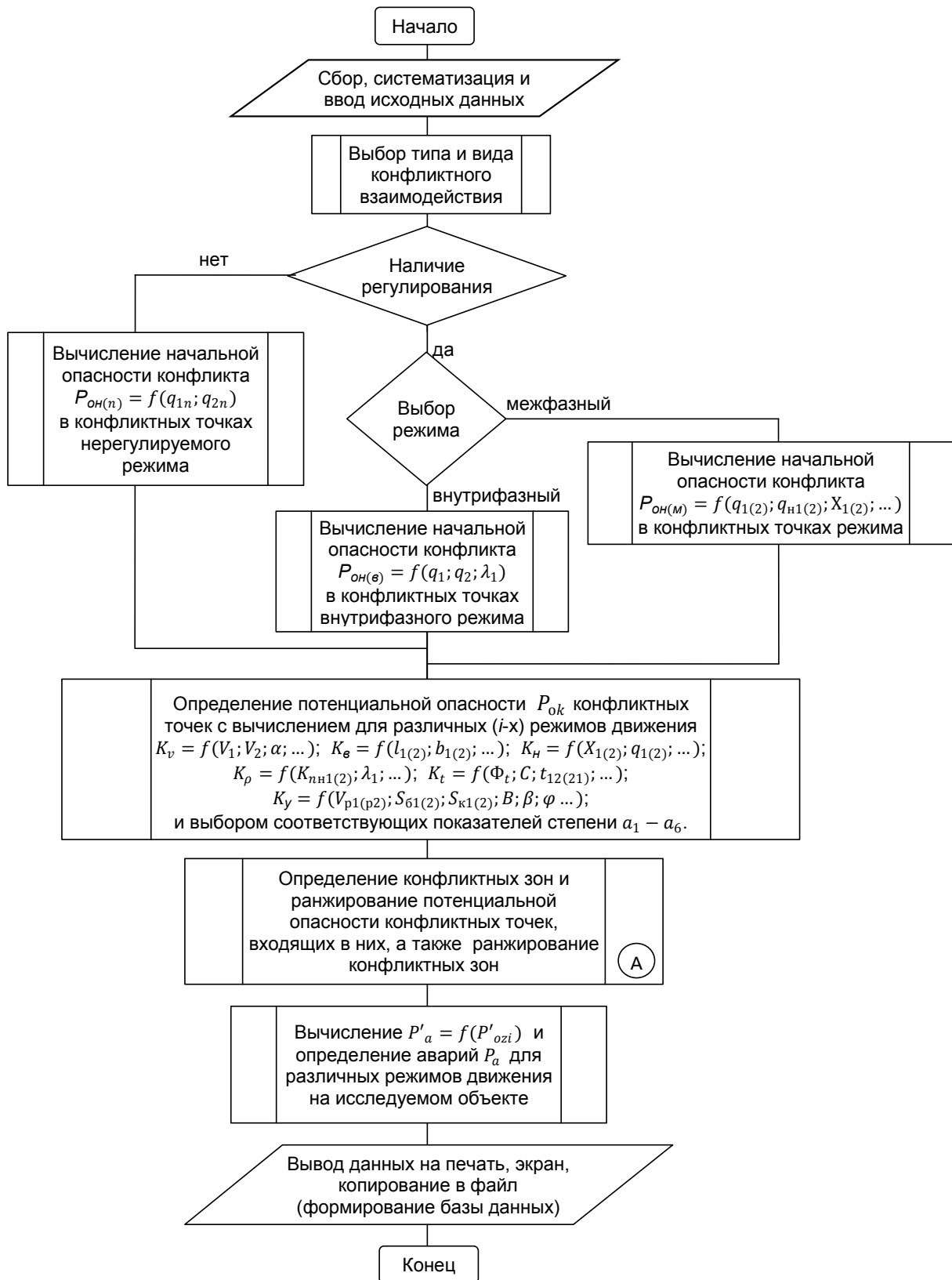


Рисунок 4.2 – Блок-схема алгоритма прогнозирования аварийности

Оценка адекватности полученных зависимостей и контрольное прогнозирование аварийности проводились на конкретных реальных объектах в городах и населенных пунктах Республики Беларусь в течение 10 лет.

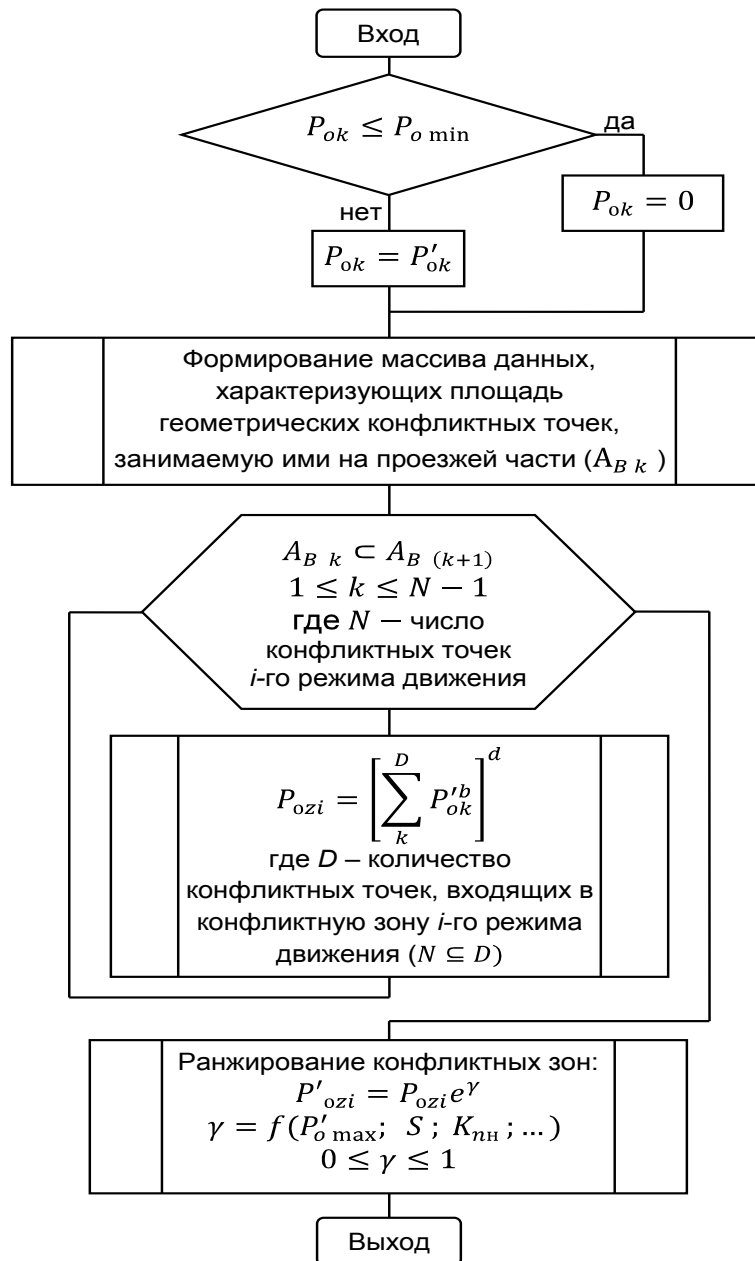


Рисунок 4.3 – Блок-схема алгоритма определения конфликтных зон и ранжирования соответствующих ее параметров

#### 4.3.1. Прогнозирование аварийности в конфликте «транспорт – транспорт», столкновения с ударом сзади и попутные

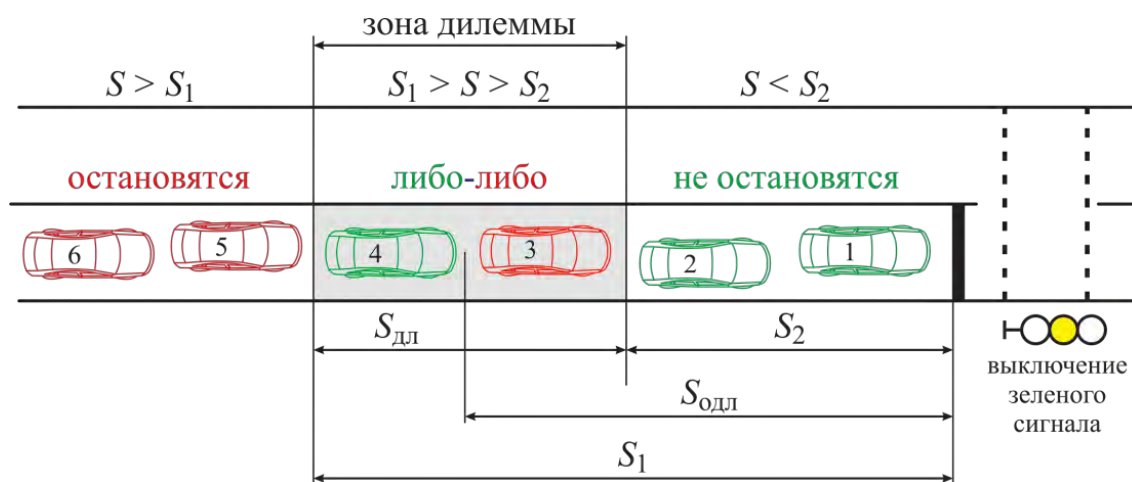
Столкновения с ударом сзади и связанные с ними попутные столкновения происходят в основном при экстренном торможении ( $a \geq 2\text{м/с}^2$ ) переднего автомобиля, вызванном недостаточным временем оповещения водителя о предстоящей резкой смене дорожно-транспортной ситуации, требующей, как правило, остановки. Экстренное торможение при подъезде к конфликтному объекту наиболее часто встречается тогда, когда водители попадают в так называемую «зону дилеммы», в которой с равной вероятностью возможно принятие двух противоположных решений: тормозить и



остановиться или же продолжить движение, возможно, с ускорением. Если в зону дилеммы попадают одновременно несколько водителей, то принимаемые ими решения могут быть противоположными. Однако, если первый, «лидирующий» водитель примет решение остановиться, то все остальные водители, независимо от ранее принятых ими решений, также вынуждены остановиться. При этом из-за необходимости принимать сложное решение (принимать и отменять ранее принятое и принимать новое, противоположное по содержанию), из-за малого временного интервала между автомобилями и из-за разных тормозных характеристик возникает вероятность столкновения с ударом сзади. Вместо принятия решения о торможении при дефиците времени водителем может быть принято решение о перестроении на другую полосу движения, которая может оказаться занятой, что повышает вероятность возникновения попутных столкновений.

Наиболее часто зона дилеммы возникает при выключении зеленого сигнала на регулируемых перекрестках или при маневре пересечения (слияния) транспортных потоков на нерегулируемом перекрестке. Эти ситуации рассмотрены в монографии.

Если включение желтого сигнала застанет водителя на расстоянии большем, чем  $S_1$  (рисунок 4.4), то для него дилеммы нет – он нормально затормозит и остановится у стоп-линии. Если сигнал застанет водителя на расстоянии меньшем, чем  $S_2$ , то дилеммы также не будет – водитель в любом случае не успеет остановиться у стоп-линии, поэтому он продолжит движение, пересекая стоп-линию спустя некоторое время после включения желтого сигнала.



$S_2$  – расстояние до стоп-линии при аварийном торможении автомобиля;  
 $S_1$  – расстояние до стоп-линии при служебном торможении;  $S_{дл}$  – протяженность зоны дилеммы;  $S_{одл}$  – расстояние от стоп-линии до центра зоны дилеммы. Показан момент выключения зеленого сигнала. Автомобили 1 и 2 проследуют через стоп-линию без остановки; автомобили 5 и 6 остановятся при служебном торможении. Автомобили 3 и 4, находящиеся в зоне дилеммы, либо применяют аварийное торможение и остановятся, либо проследуют через стоп-линию без остановки

Рисунок 4.4 – Параметры зоны дилеммы [30, с. 314, рис. 2.88]

Если же включение желтого сигнала застанет водителя на расстоянии от стоп-линии меньшем, чем  $S_1$ , но большем, чем  $S_2$ , то возникает зона дилеммы, в которой практически с равной вероятностью может быть принято любое из двух противоположных решений – тормозить или продолжить движение. Таким образом, столкновения с ударом сзади и попутные столкновения зависят не только от скорости движения, плотности потока и скользкости дороги, но и от времени оповещения водителей о предстоящей резкой смене дорожно-транспортной ситуации.

Исследуемая выборка составила 1085 аварий на 100 регулируемых перекрестках, в том числе 2 аварии со смертельным исходом, 34 аварии с ранением и 1 049 аварий с материальным ущербом. При этом в нерегулируемом режиме было совершено 275 аварий с материальным ущербом, 25 с ранением и одна со смертельным исходом.

**Модель прогнозирования аварийности внутрифазного регулируемого режима.** Пространственные конфликтные точки определяются размерами расчетного конфликтующего второстепенного автомобиля, расположенного в параллельном направлении так, что геометрический центр его площади проекции совпадает с серединой полосы движения перед конфликтным объектом.

При пересечении границ пространственных конфликтных точек, имеющих вид круга, проведенного через конфликтную точку, образуются соответствующие конфликтные зоны, которые, как правило, располагаются перед стоп-линией или непосредственно перед конфликтным объектом (пересечением проезжих частей, пешеходным переходом и т.д.). При этом конфликтная зона определяется протяженностью зоны дилеммы. Потенциальная опасность определяется на подходе к перекрестку.

Формула для определения потенциальной опасности конфликтной точки (число конфликтных точек равно числу полос движения) имеет следующий вид:

$$P_o = K_{OH}^{1,02} K_v^{0,98} K_B^{1,12} K_p^{1,1} K_H^{1,06} K_y^{1,04} K_l, \text{ ед.} \quad (4.9)$$

**Коэффициент начальной вероятности конфликта**  $K_{OH}$  с учетом вероятности попадания двух и более автомобилей в зону дилеммы определяется по формуле:

$$K_{OH} = P_{(o)} P_{2(q)} K_{адл}, \quad (4.10)$$

где  $P_{(o)}$  – вероятность случайной остановки автомобиля:

$$P_{(o)} = \frac{t}{C} \leq 1, \quad (4.11)$$

где  $C$  – длительность светофорного цикла, с;

$P_{2(qt)}$  – вероятность попадания двух автомобилей во временной интервал зоны дилеммы  $t_{\text{дл}}$ :

$$P_{2(qt)} = \frac{(q t_{\text{дл}})^2}{2} e^{-q t_{\text{дл}}} \leq 1, \quad (4.12)$$

где  $q$  – интенсивность движения конфликтующего потока, авт./с;

$t_{\text{дл}}$  – продолжительность существования зоны дилеммы, с. Определяется исходя из параметров замедлений и скоростей конфликтующих участников:

$$t_{\text{дл}} = \frac{v_2}{2} \cdot \frac{a_1 - a_2}{a_1 a_2}, \text{ с}, \quad (4.13)$$

где  $a_1$  и  $a_2$  – замедления «ведущего» («лидирующего») и «ведомого» автомобилей соответственно, м/с<sup>2</sup>;

$v_2$  – скорость движения «ведомого» автомобиля, м/с;

$K_{\text{адл}}$  – коэффициент замедления, учитывающий зависимость возникновения конфликтных ситуаций и перерастания их в коллизии от величины среднего замедления при случайном торможении. Определяется по формуле

$$K_{\text{адл}} = 1 + \Delta a_{\text{дл}}^2, \quad (4.14)$$

где  $\Delta a_{\text{дл}}$  – превышение среднего замедления относительно служебного:

$$\Delta a_{\text{дл}} = a_{\text{дл}} - 2 \geq 0, \quad (4.15)$$

где  $a_{\text{дл}}$  – среднее замедление в зоне дилеммы, м/с<sup>2</sup>:

$$a_{\text{дл}} = \frac{2 a_{21} a_{22}}{a_{21} + a_{22}}, \text{ м/с}^2, \quad (4.16)$$

где  $a_{21}$  – служебное замедление «ведомого» автомобиля, м/с<sup>2</sup>;

$a_{22}$  – экстренное замедление «ведомого» автомобиля, м/с<sup>2</sup>.

На рисунке 4.5 представлены значения замедлений, которые реализуются в зоне дилеммы в зависимости от времени оповещения о выключении разрешающего сигнала светофора либо иной информации, вынуждающей водителя принять меры к торможению.

Из рисунка 4.5 видно, что если водителю автомобиля подавать сигнал оповещения о смене разрешающего сигнала на запрещающий за 6 с, то он будет осуществлять торможение в служебном режиме, что позволит практи-

чески ликвидировать столкновения с ударом сзади. Время оповещения зависит не только от наличия таймеров, перемигивания или мигания сигналов, но и от других факторов, например видимости сигналов светофоров, величины и прозрачности треугольника боковой видимости и т.д. (таблица 4.3).

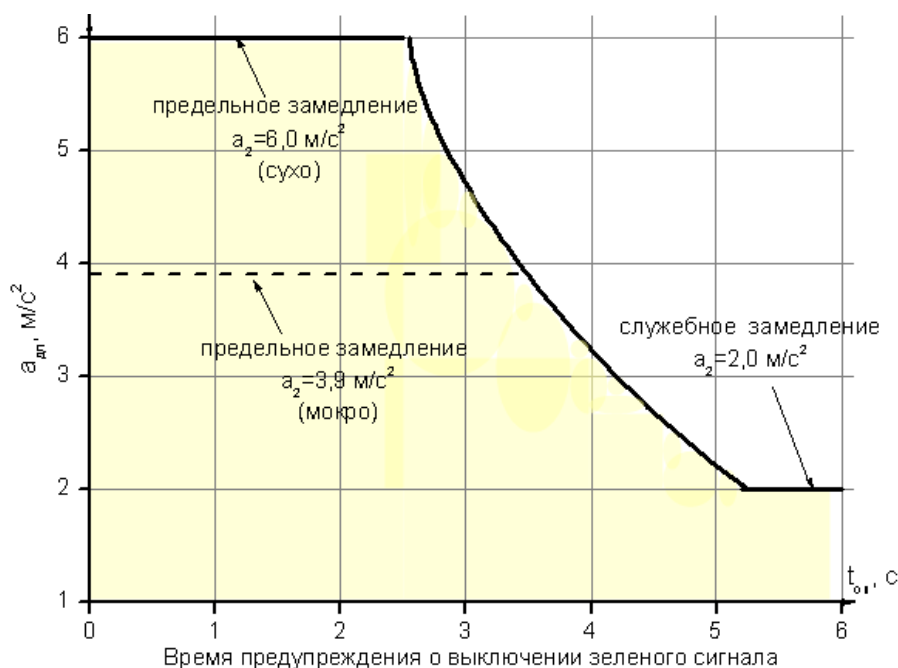


Рисунок 4.5 – Средние замедления при экстренном торможении с середины зоны дилеммы [30, с. 315, рисунок 2.89]

При определении потенциальной опасности конфликтных точек коэффициенты  $K_v$ ,  $K_b$ ,  $K_n$ ,  $K_y$  и  $K_t$  определяются по моделям прогнозирования аварийности на регулируемых перекрестках в конфликте «транспорт – транспорт» (столкновения боковые и поворотные) для внутрифазного режима движения, разработанным автором в [12]. Коэффициент  $K_{в1}$  для столкновений с ударом сзади и попутных столкновений определяется по формуле [30, с. 296]:

$$K_{в1} = \frac{b_1 + b_2}{B} = \frac{1,8 \left( \sqrt{K_{пн1}} + \sqrt{K_{пн2}} \right)}{B} \geq 1, \quad (4.17)$$

где  $B$  – ширина полосы движения, м.

**Потенциальная опасность конфликтной зоны для регулируемого режима** определяется по формуле

$$P_{оз} = \left[ \sum_1^K (P_o - P_{o0})_k^{1,25} \right]^{0,7}, \text{ ед.}, \quad (4.18)$$

где  $P_{o0}$  – порог чувствительности для регулируемого режима ( $P_{o0} = 3,79$  ед.).

Таблица 4.3 – Значения времени оповещения  $t_{оп}$  в зависимости от условий движения и способа информирования водителей о предстоящем изменении ситуации

Способ информирования и условия движения	Значение времени оповещения $t_{оп}$ , с
Стандартное мигание зеленого сигнала	3
Трехсекундное перемигивание зеленого сигнала (за 3 с до начала мигания)	6
Наличие таймера (индикатора) обратного отсчета времени	6
Мигание красного сигнала $t_{км}$	3
Недостаточная видимость сигналов светофора	$\frac{S}{v_p} - 0,6 \leq t_{зм}$
Неполное мигание зеленого сигнала	< 2,5
Раннее ( $\Delta t_{кр}$ ) наведение координированной пачки на зеленый сигнал	$t_{ж} - \Delta t_{кр} - 0,6$
Неправильное (раннее) отключение зеленого сигнала в координированном направлении еще при пересечении координированной пачкой стоп-линии	$t_{зм} - 0,6$
Наличие фантом-эффекта или иные иллюзионные ситуации	< 2,5
Недостаточная информированность о приоритете	$\frac{S}{v_p} - 0,6 \leq 3$
Недостаточная видимость самого перекрестка	$\frac{S}{v_p} - 1 \leq 3$
Недостаточная боковая видимость конфликтующих участников	$\frac{S}{v_p} - 0,6 \leq 3$
Недостаточная прозрачность треугольника боковой видимости в конфликте «транспорт – транспорт»	$\frac{S}{v_p} \cdot \frac{2,5}{\delta} - 0,6 \leq 3$
Недостаточная видимость искусственной неровности	$\frac{S}{v_p} - 1 \leq 0,3$

*Примечание:*  $S$  – фактическое расстояние видимости, м;  $v_p$  – разрешенная скорость движения на подходе к объекту, м/с;  $t_{ж}$  – время горения желтого сигнала, с;  $\Delta t_{кр}$  – время между моментом подачи информации водителю о смене запрещающего сигнала до момента загорания зеленого сигнала.

Вероятное число приведенных аварий  $P_a^i$  определяется по формуле

$$P_a^i = 0,04 - 0,002 P_{oz} + 0,05 P_{oz}^2, \text{ прив. ав./год.} \quad (4.19)$$

Вероятное число неприведенных аварий  $P_a$  определяется по формуле

$$P_a = \frac{P'_a}{K_{\text{пао}}^\Sigma} = 0,913 P'_a, \text{ ав./год}, \quad (4.20)$$

где  $K_{\text{пао}}^\Sigma$  – суммарный динамический коэффициент приведения аварий по тяжести последствий для столкновений с ударом сзади и попутных (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Доля аварий  $\delta_a$  и динамические коэффициенты приведения по потенциальной опасности  $K_{\text{пао}}$  в конфликте «транспорт – транспорт», столкновения с ударом сзади и попутные на регулируемых перекрестках

Авария	Режим движения			
	нерегулируемый		регулируемый	
	$K_{\text{пао}}$	$\delta_a$	$K_{\text{пао}}$	$\delta_a$
Со смертельным исходом ( $K^c, \delta^c$ )	4,5	0,0033	5,5	0,0013
С ранениями ( $K^p, \delta^p$ )	2,0	0,0831	3,0	0,0115
С материальным ущербом ( $K^m, \delta^m$ )	1,0	0,9136	1,0	0,9872
Суммарно ( $K^\Sigma$ )	1,095	1,000	1,029	1,000

Вероятное число аварий со смертельным исходом  $P_a^c$ :

$$P_a^c = 0,0013 P_a, \text{ ав./год}. \quad (4.21)$$

Вероятное число аварий с ранением  $P_a^p$ :

$$P_a^p = 0,0115 P_a, \text{ ав./год}. \quad (4.22)$$

Вероятное число аварий с материальным ущербом (неотчетных)  $P_a^m$ :

$$P_a^m = 0,9872 P_a, \text{ ав./год}. \quad (4.23)$$

На рисунке 4.6 представлена зависимость аварийности от потенциальной опасности регулируемого режима.

Видно, что зависимость статистически значима и имеет довольно высокую точность прогноза ( $E = 0,59$ ).

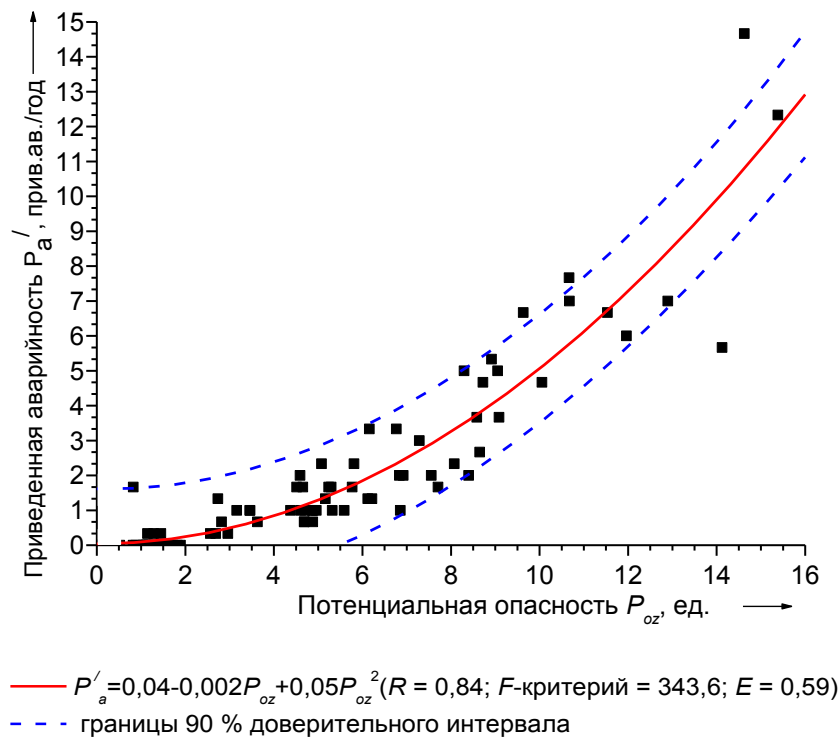


Рисунок 4.6 – Зависимость приведенной аварийности от потенциальной опасности регулируемого режима

**Модель прогнозирования приведенной аварийности *нерегулируемого режима*.** При проезде нерегулируемого перекрестка второстепенный конфликтующий участник должен найти достаточный интервал в пересекаемом главном транспортном потоке. Он должен проехать конфликтную точку не позднее, чем за 1 с до прибытия туда главного конфликтующего участника, и не ранее, чем через 1 с после проезда этого автомобиля через конфликтную точку. Поэтому водитель автомобиля второстепенного направления выбирает скорость своего движения в соответствии со складывающейся дорожно-транспортной ситуацией. При подъезде к конфликтной точке он либо ускоряется, проезжая перед автомобилем главного конфликтующего направления, либо замедляется (вплоть до остановки), пропуская автомобили главного транспортного потока, дожидаясь появления приемлемого интервала. Но если, по оценкам водителя второстепенного транспортного потока, оба автомобиля находятся на одинаковом удалении (примерно  $\pm 0,5$  с) от конфликтной точки и их прибытие в эту точку может случиться одновременно, то для этого водителя возникает дилемма: либо ускориться и пройти конфликтную точку перед автомобилем главного потока, либо затормозить и пропустить его. При определенных условиях возникает зона дилеммы, в которой может оказаться еще один или несколько автомобилей второстепенного транспортного потока. Параметры зоны дилеммы зависят не только от скорости движения, плотности потока, скользкости покрытия и угла подъема-спуска с второстепенного направления, но и от поведения водителя лидирующего автомобиля второстепенного транспортного потока.

При этом принятие решения для водителя следующего за ним «ведомого» второстепенного автомобиля не очевидно (он ориентируется не только на дорожно-транспортную ситуацию, но и на действия «лидера»). Зона дилеммы зависит от скорости и правильности прогнозирования дорожно-транспортной ситуации второстепенным конфликтующим участником и от времени его реакции, а также от допускаемого водителем верхнего предела замедления.

Формула для определения потенциальной опасности конфликтной точки имеет следующий вид:

$$P_o = K_{он}^{0,96} K_v^{0,94} K_b^{0,88} K_p^{1,11} K_n^{1,1} K_y^{1,12} K_t, \text{ ед.} \quad (4.24)$$

Коэффициент начальной вероятности конфликта  $K_{он}$  определяется по следующей формуле:

$$K_{он} = q_2 q_1 P_{2(qt)} K_{адл}, \quad (4.25)$$

где  $q_2$  – интенсивность движения второстепенного потока в нерегулируемом режиме, авт./с;

$q_1$  – интенсивность движения главного потока в нерегулируемом режиме, авт./с.

Величина  $P_{2(qt)}$  определяется по формулам (4.12) и (4.13), а  $K_{адл}$  – по формулам (4.15) и (4.16). Коэффициенты  $K_v$ ,  $K_p$ ,  $K_n$ ,  $K_b$ ,  $K_y$  и  $K_t$  определяются по моделям прогнозирования аварийности на регулируемых перекрестках в конфликте «транспорт – транспорт» (столкновения боковые и поворотные) для внутрифазного режима движения, разработанным автором в [12].

**Потенциальная опасность конфликтной зоны для нерегулируемого режима** определяется по формуле

$$P_{оз} = \left[ \sum_1^K (P_o - P_{о0})_k^{0,75} \right]^{0,8}, \text{ ед.}, \quad (4.26)$$

где  $P_{о0}$  – порог чувствительности для нерегулируемого режима ( $P_{о0} = 1,85$  ед.).

Вероятное число приведенных аварий  $P'_a$  определяется по формуле

$$P'_a = 0,103 - 0,072 P_{оз} + 0,02 P_{оз}^2, \text{ прив.ав./год.} \quad (4.27)$$

Вероятное число неприведенных аварий  $P_a$  определяется по формуле

$$P_a = \frac{P'_a}{K_{пао}^\Sigma} = 0,972 P'_a, \text{ ав./год.} \quad (4.28)$$



С учетом таблицы 4.4 вероятное число аварий *со смертельным исходом*  $P_a^c$  :

$$P_a^c = 0,0033 P_a, \text{ ав./год.} \quad (4.29)$$

Вероятное число аварий *с ранением*  $P_a^p$  :

$$P_a^p = 0,0831 P_a, \text{ ав./год.} \quad (4.30)$$

Вероятное число аварий *с материальным ущербом* (неотчетных)  $P_a^m$  :

$$P_a^m = 0,9136 P_a, \text{ ав./год.} \quad (4.31)$$

На рисунке 4.7 представлена зависимость аварийности от потенциальной опасности нерегулируемого режима, полученная по методу конфликтных зон.

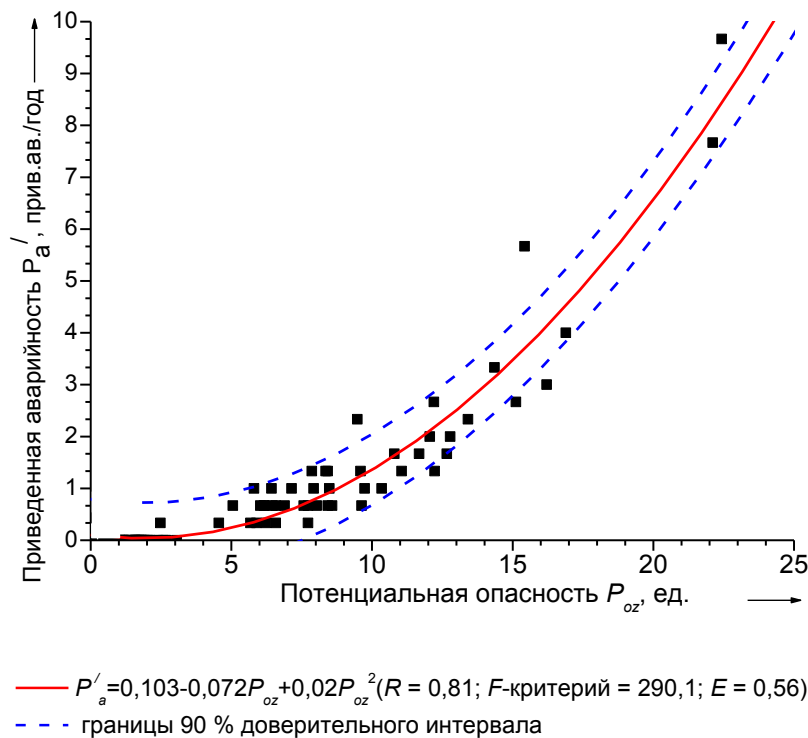


Рисунок 4.7 – Зависимость приведенной аварийности от потенциальной опасности нерегулируемого режима

Из рисунка 4.7 видно, что зависимость аварийности от потенциальной опасности статистически значима и имеет довольно высокую точность прогноза ( $E = 0,56$ ).

#### 4.3.2. Прогнозирование аварийности в конфликте «поворотный транспорт – пешеход»

**Общие положения.** Для исследуемого конфликта принято допущение, что пространственная *конфликтная точка* расположена посередине полосы движения на пешеходном переходе, а ее границами являются границы полосы и границы перехода (рисунок 4.8) [223, 224]. Следовательно, на исследуемой части пешеходного перехода число конфликтных точек равно числу полос движения на выходе перекрестка.

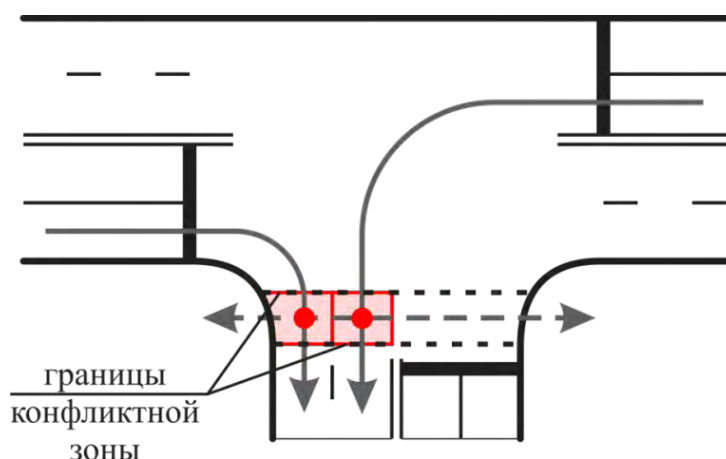


Рисунок 4.8 – Конфликтные точки и конфликтная зона

Часть пешеходного перехода, на которой происходит конфликтное взаимодействие пешеходных и поворотных транспортных потоков, представляет собой *конфликтную зону*, которая является единственной для исследуемого выхода. Поскольку в исследуемом конфликте с пешеходами взаимодействуют два транспортных потока – левоповоротный и правоповоротный, то потенциальная опасность определяется для каждого потока отдельно, а затем суммируется в пределах одной конфликтной зоны.

Исследуемая выборка аварий, совершенных в регулируемом режиме, составила 161 аварию на 137 пешеходных переходах, расположенных на регулируемых перекрестках, в том числе 5 аварий со смертельным исходом, 123 аварии с ранением и 33 аварии с материальным ущербом. Статистическая выборка аварий, совершенных в конфликте «поворотный транспорт–пешеход» в нерегулируемом режиме, составила 32 аварии, в том числе 1 авария со смертельным исходом, 26 аварий с ранением и 5 аварий с материальным ущербом.

**Модель прогнозирования аварийности регулируемого (внутрифазного) режима.** Структурная формула для расчета потенциальной опасности конфликтной точки имеет следующий вид:

$$P_0 = K_{OH}^{0,92} K_v^{0,84} K_B^{0,86} K_p^{1,06} K_H^{1,02} K_y^{1,02} K_t, \text{ ед.} \quad (4.32)$$

**Коэффициент начальной вероятности конфликта**  $K_{\text{он}}$  с учетом количества рядов пешеходов определяется по формуле

$$K_{\text{он}} = \frac{q_{\text{пов}}}{\lambda} \cdot \frac{2n_{\text{p1}}}{C}, \quad (4.33)$$

где  $q_{\text{пов}}$  – интенсивность движения поворотного потока, авт./с ( $q_{\text{пов}} = q_2$ );  
 $\lambda$  – доля зеленого сигнала в цикле для транспортного потока;  
 $n_{\text{p1}}$  – число рядов пешеходов первого направления в цикле:

$$n_{\text{p1}} = n_{\text{pk1}} + n_{\text{pz1}} \geq 1, \quad (4.34)$$

где  $n_{\text{pk1}}$  – расчетное число рядов пешеходов первого направления, собравшихся на красный и зеленый мигающий сигналы:

$$n_{\text{pk1}} = \frac{n'_{\text{pk1}} b_{\text{пеш}}}{n'_{\text{pk1}} + b_{\text{пеш}} - 1} \geq 1, \quad (4.35)$$

где  $n'_{\text{pk1}}$  – номинальное число рядов пешеходов первого направления, собравшихся на красный и зеленый мигающий сигналы:

$$n'_{\text{pk1}} = \frac{q_{\text{p1}} C(1 - \lambda_p)}{b_{\text{пеш}}} \geq 1, \quad (4.36)$$

где  $q_{\text{p1}}$  – интенсивность движения пешеходов первого направления, чел./с;  
 $\lambda_p$  – доля времени зеленого немигающего сигнала в цикле для пешеходов;  
 $b_{\text{пеш}}$  – ширина пешеходного перехода, м;  
 $n_{\text{pz1}}$  – расчетное число рядов пешеходов первого направления, подошедших к переходу во время горения зеленого немигающего сигнала:

$$n_{\text{pz1}} = \frac{q_{\text{p1}} C \lambda_p}{2}. \quad (4.37)$$

$C$  – длительность светофорного цикла, с.

**Коэффициент скоростей**  $K_v$  определяется по формуле

$$K_v = (1,4 + v_2) \sqrt{2 + v_2^2 + 2,8 v_2 \cos \alpha}, \quad (4.38)$$

где  $v_2$  – скорость движения поворотного потока ( $v_2 \approx 0,3 R \leq 11,1$  м/с,  $R$  – радиус поворота траектории движения поворотного потока, м);

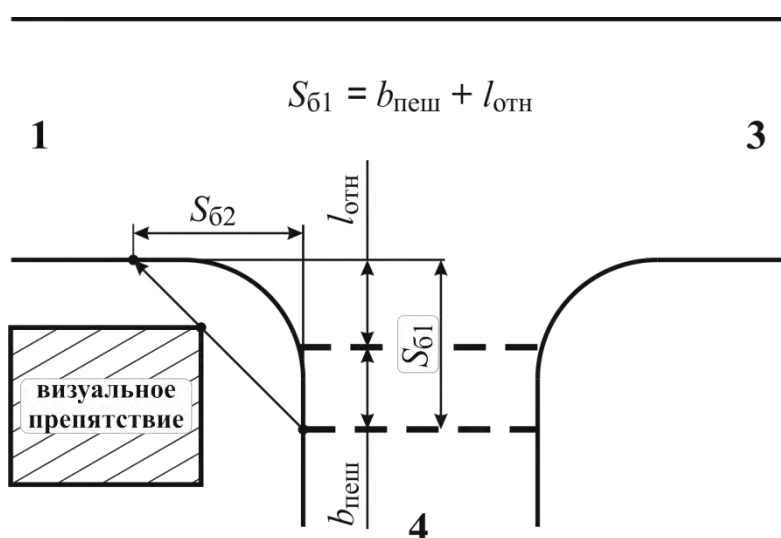
$\alpha$  – угол между траекториями движения пешеходов и автомобилей, градус.

**Коэффициент видимости**  $K_{y1}$  определяется по моделям прогнозирования аварийности на регулируемых перекрестках в конфликте «транспорт – транспорт» (столкновения боковые и поворотные) для внутрифазного режима движения, разработанным автором в [12].

$K_{y11}$  – коэффициент, учитывающий видимость главного потока (пешеходов) в направлении движения:

$$K_{y11} = \frac{0,84}{\sqrt{S_{61}}} \geq 1, \quad (4.39)$$

где  $S_{61}$  – главная сторона треугольника боковой видимости, м (рисунок 4.9).



$S_{61}$  – главная сторона треугольника боковой видимости, м;  $S_{62}$  – второстепенная сторона треугольника боковой видимости, м;  $l_{отн}$  – отнесение пешеходного перехода от кромки проезжей части, м;  $b_{пеш}$  – ширина пешеходного перехода, м

Рисунок 4.9 – Схема определения треугольника боковой видимости в конфликте «поворотный транспорт – пешеход»

$K_{y12}$  – коэффициент, учитывающий видимость второстепенного потока в направлении движения, т.е. различимость места пересечения с пешеходами. Определяется по формуле

$$K_{y12} = \frac{0,5 v_2}{\sqrt{S_{62} + l_{отн}}} \geq 1, \quad (4.40)$$

где  $S_{62}$  – второстепенная сторона треугольника боковой видимости, м (см. рисунок 4.9).

$K_{y13}$  – коэффициент, учитывающий боковую видимость со второстепенного входа. Определяется по формуле [30, с. 302]:

$$K_{y13} = \frac{1}{4} \left( \frac{4,2}{S_{61}} + \frac{2,1v_2}{S_{62}} \right)^2 \geq 1. \quad (4.41)$$

**Коэффициент проезжей части**  $K_{y2}$  определяются по моделям прогнозирования аварийности на регулируемых перекрестках в конфликте «транспорт – транспорт» (столкновения боковые и поворотные) для внутрифазного режима движения, разработанным автором в [12].

**Коэффициент вида конфликта**  $K_B$  определяется по формуле

$$K_B = \frac{v_2 (\sin \alpha + \cos \alpha + 1,8 \sqrt{K_{\text{пн}2}}) + 1,4(5K_{\text{пн}2} \sin \alpha + 1,8 \sqrt{K_{\text{пн}2}} \cos \alpha + 1)}{1,4v_2 \sin \alpha} K_{B2}. \quad (4.42)$$

При этом для конфликта «поворотный транспорт – попутный пешеход»  $K_{B2} = 1,6$ ; а для конфликта «поворотный транспорт – встречный пешеход»  $K_{B2} = 1,2$ .

**Коэффициент плотности**  $K_p$  определяется по формуле

$$K_p = 0,8 \frac{N_p^{-3}}{3} \cdot \sqrt{\frac{0,15q_p + K_{\text{пн}2} q_2}{q_p + q_2}}, \quad (4.43)$$

где  $N_p$  – число пешеходов в группе, идущей по пешеходному переходу, чел./цикл.

В общем случае необходимо иметь информацию о величине каждой из групп пешеходов, идущих с обеих сторон пешеходного перехода. Однако в подавляющем большинстве случаев усредненные величины групп пешеходов на подходах к переходу одинаковы, поэтому

$$N_p = \frac{1}{2} q_p (C - t_{zp}), \text{ чел./цикл}, \quad (4.44)$$

где  $q_p$  – интенсивность движения пешеходов, чел./с;

$t_{zp}$  – длительность зеленого немигающего сигнала для пешеходов, с.

**Коэффициент нарушений**  $K_H$  определяется по формуле:

$$K_H = 1 + 0,05(v_p^2 x_p q_p K_{\text{вн}p} + v_2^2 x_T q_2 K_{\text{вн}2}) K_{\text{ин}}, \quad (4.45)$$

где  $x_p$  – коэффициент загрузки перехода пешеходами:

$$X_p = \frac{t_p}{t_{zp} + t_{ппр}}, \quad (4.46)$$

где  $t_p$  – время, занятое пешеходами на полосе движения перехода, с;

$$t_p = t_{p1} + t_{p2} - t_{px}, \quad (4.47)$$

где  $t_{p1}$  – время, занятое пешеходами одного направления, с;

$t_{p2}$  – время, занятое пешеходами другого (встречного) направления, с;

$t_{px}$  – время перекрытия, когда оба потока одновременно находятся на одной и той же полосе, с.

$$t_{p1} = \frac{l_{p1} + b_{пол}}{1,4}, \quad (4.48)$$

где  $b_{пол}$  – ширина полосы движения, м;

$l_{p1}$  – протяженность (длина) пешеходной пачки:

$$l_{p1} = 2,4n_{p1} - 1,4, \text{ м}, \quad (4.49)$$

где  $n_{p1}$  – число рядов пешеходов первого направления, определяется по формулам (4.34)–(4.37).

Время, занятое пешеходами встречного направления,  $t_{p2}$  определяется аналогично времени  $t_{p1}$  по величине интенсивности движения пешеходов встречного направления  $q_{p2}$ . Для неспециальных расчетов можно принимать:

$$t_{p2} = t_{p1}, \text{ с}; \quad (4.50)$$

$$q_{p1} = q_{p2} = 0,5q_p, \text{ чел./с}. \quad (4.51)$$

Время перекрытия  $t_{px}$  определяется по формуле

$$t_{px} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{S_1'' + l_{p1} - S_2'}{1,4} \\ \frac{S_2'' + l_{p2} - S_1'}{1,4} \end{array} \right. \geq 0, \text{ с}, \quad (4.52)$$

где  $S_1'$  и  $S_2'$  – соответствующие расстояния от кромок тротуара с обеих сторон пешеходного перехода до «ближней» границы исследуемой полосы движения, м;

$S_1''$  и  $S_2''$  – соответствующие расстояния от кромок тротуара с обеих сторон пешеходного перехода до «дальней» границы исследуемой полосы движения, м;

$t_{\text{ппр}}$  – длительность переходного интервала от пешеходов к транспорту, с;

$v_2$  – скорость поворотного транспортного потока, м/с;

$\chi_T$  – условный коэффициент загрузки транспортом правой полосы перед пешеходным переходом:

$$\chi_T = \frac{q_{\text{пов}}}{q_{\text{нпов}} \lambda_T}, \quad (4.53)$$

где  $q_{\text{пов}}$  и  $q_{\text{нпов}}$  – интенсивность движения и поток насыщения правоповоротного транспортного потока, авт./с;

$\lambda_T$  – доля зеленого сигнала, условно принадлежащая транспорту:

$$\lambda_T = \frac{t_{z1} - t_p + 3}{C}, \quad (4.54)$$

где  $t_{z1}$  – продолжительность зеленого сигнала на правой полосе, с;

$K_{\text{внр}}$  – коэффициент влияния пешеходов на вероятность возникновения конфликта. Принято:  $K_{\text{внр}} = 0,2$ ;

$q_p$  – интенсивность движения пешеходов, чел./с;

$K_{\text{ин}}$  – коэффициент присутствия инспектора (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Коэффициенты присутствия инспектора  $K_{\text{ин}}$  [30, с. 298]

Присутствие инспектора ГАИ	Значение $K_{\text{ин}}$
Постоянное	0,75
Периодическое	1,00
Эпизодическое	1,25
Гарантированное отсутствие	1,50

**Коэффициент пешеходов**  $K_{y3}$  определяется по формуле:

$$K_{y3} = K_{y31} K'_{y32} K'_{y33} \dots K'_{y3i}, \quad (4.55)$$

где  $K_{y31}$  – первый по рангу частный коэффициент;

$K'_{y3i}$  – расчетный коэффициент  $i$ -го ранга:

$$K'_{y3i} = 1 + \frac{K_{y3i} - 1}{K'_{y3\Sigma(i-1)}}, \quad (4.56)$$

где  $K_{y3i}$  – частный коэффициент  $i$ -го ранга;

$K'_{y3\Sigma(i-1)}$  – суммарный частный коэффициент высшего на единицу ранга.

$K_{y31}$  – коэффициент боковой видимости:

$$K_{y31} = 1 + 0,5 \frac{v_2}{l_{\text{отн}} + 2}, \quad (4.57)$$

где  $v_2$  – скорость движения поворотного транспортного потока, м/с.

$K_{y32}$  – коэффициент прозрачности, учитывающий видимость в пределах треугольника боковой видимости (таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Коэффициенты прозрачности треугольника боковой видимости [30, с. 302]

Характеристика помех в треугольнике боковой видимости	Видимость	Значение $K_{y32}$
Практически отсутствуют	отличная	1,0
Имеются отдельные помехи, например: стойки дорожных знаков, опоры линии электропередач, отдельные нетолстые деревья	хорошая	1,2
Значительные помехи, включая отдельные припаркованные автомобили	удовлетворительная	1,5
Очень сильные помехи, в том числе деревья, припаркованные грузовые автомобили и автобусы; с трудом или перерывами различается главный конфликтующий участник	неудовлетворительная	до 2,5

$K_{y33}$  – коэффициент расположения переходов относительно пунктов тяготения (школ, магазинов, кинотеатров, проходных предприятий и т.д.). Когда они располагаются напротив школ, дверей магазинов, выходов из кинотеатров и т.д., где пешеходы из специфической среды обитания сразу же оказываются на пешеходном переходе, опасность увеличивается. Принято максимальное значение  $K_{y33} \leq 5$ .

$K_{y34}$  – коэффициент, учитывающий расположение остановочного пункта маршрутного пассажирского транспорта.  $K_{y34} \leq 1,5$  – остановочный пункт расположен перед пешеходным переходом с одной стороны улицы;  $K_{y34} \leq 2,0$  – остановочные пункты расположены перед пешеходным переходом сразу с обеих сторон улицы.

$K_{y35}$  – коэффициент ограждений, установленных в опасных местах на улично-дорожной сети с целью снизить аварийность в конфликте «транспорт – пешеход».  $0,5 \leq K_{y35} \leq 1,0$  – выбирается в зависимости от наличия и эффективности применения пешеходных ограждений.

$K_{y36}$  – коэффициент, учитывающий наличие конструктивно выделенных островков безопасности.  $0,8 \leq K_{y36} \leq 1,0$  – выбирается в зависимости от наличия конструктивно выделенных (в т.ч. расположенных на разделительной полосе) островков безопасности.



**Коэффициент времени**  $K_t$  определяется по формуле

$$K_t = 10^{-3} \Phi_{tp} \lambda_{pt}, \quad (4.58)$$

где  $\lambda_{pt}$  – доля времени зеленого сигнала в цикле, при которой происходит взаимодействие поворотного транспортного и пешеходного потоков. Определяется с учетом структуры сигналов транспортного и пешеходного светофоров:

$$\lambda_{pt} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{t_{zпов}}{C} \\ \frac{t_{zp} + t_{ппр}}{C} \end{array} \right. , \quad (4.59)$$

где  $t_{zпов}$  – длительность зеленого сигнала для поворотного транспорта, с.

**Потенциальная опасность конфликтной зоны** определяется по следующей формуле:

$$P_{oz} = \left[ \sum_{i=1}^K (P_{oi} - P_{o0})^{0,6} \right]^{0,8}, \text{ ед.}, \quad (4.60)$$

где  $P_{o0}$  – порог чувствительности для регулируемого режима ( $P_{o0} = 0,01$  ед.).

На рисунке 4.10 показана зависимость приведенной аварийности в конфликте «поворотный транспорт – пешеход» от потенциальной опасности регулируемого режима. Видно, что зависимость аварийности от потенциальной опасности статистически значима и имеет приемлемую точность прогноза ( $E = 0,74$ ).

**Вероятное число приведенных аварий**  $P'_a$  определяется по следующей формуле:

$$P'_a = 0,042 P_{oz} - 0,01, \text{ прив. ав./год.} \quad (4.61)$$

Используя исходные данные, определенные в результате расчетно-статистических исследований (таблица 4.7), определяется число *неприведенных аварий*  $P_a$ :

$$P_a = \frac{P'_a}{K_{\Sigma_{пао}}} = 0,37 P'_a, \text{ ав./год.} \quad (4.62)$$

Вероятное число аварий *со смертельным исходом*  $P_a^c$ :

$$P_a^c = 0,03 P_a, \text{ ав./год.} \quad (4.63)$$

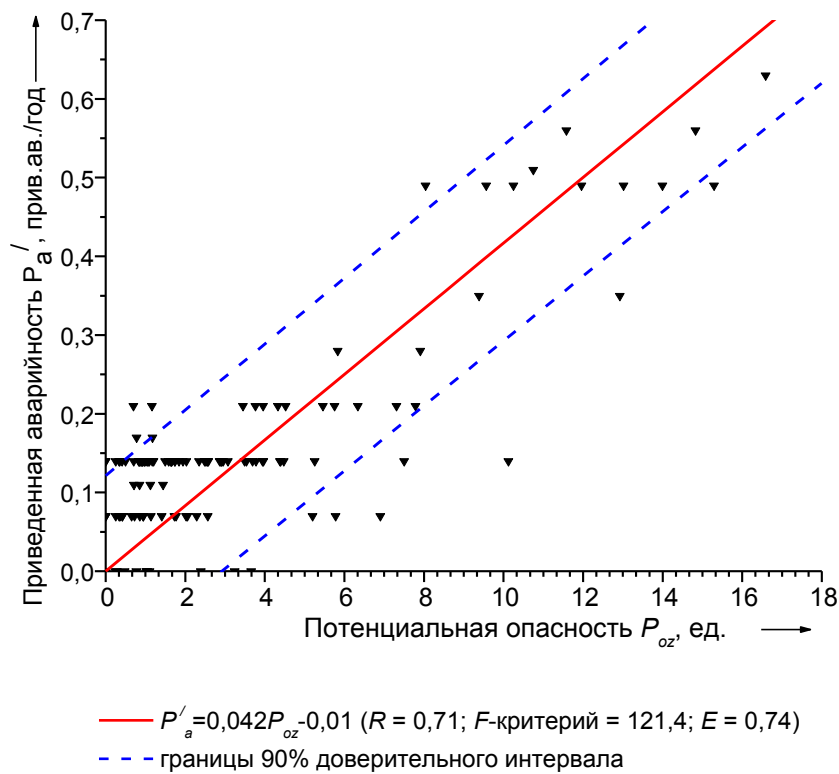


Рисунок 4.10 – Зависимость приведенной аварийности в конфликте «поворотный транспорт – пешеход» от потенциальной опасности регулируемого режима

Таблица 4.7 – Доля аварий  $\delta_a$  и динамические коэффициенты приведения  $K_{пао}$  в конфликте «поворотный транспорт – пешеход» на регулируемых перекрестках

Авария	Режим движения			
	нерегулируемый		регулируемый	
	$K_{пао}$	$\delta_a$	$K_{пао}$	$\delta_a$
Со смертельным исходом ( $K^c, \delta^c$ )	6	0,0313	7	0,030
С ранениями ( $K^p, \delta^p$ )	2	0,8125	3	0,760
С материальным ущербом ( $K^m, \delta^m$ )	1	0,1562	1	0,210
Суммарно ( $K^z$ )	1,969	1,000	2,7	1,000

Вероятное число аварий с ранением  $P_a^p$ :

$$P_a^p = 0,76 P_a, \text{ ав./год.} \quad (4.64)$$

Вероятное число аварий с материальным ущербом (неотчетных)  $P_a^m$ :

$$P_a^m = 0,21 P_a, \text{ ав./год.} \quad (4.65)$$

**Модель прогнозирования аварийности нерегулируемого режима.**  
Структурная формула для расчета потенциальной опасности конфликтной

точки в конфликте «поворотный транспорт – пешеход» в нерегулируемом режиме имеет следующий вид:

$$P_0 = K_{\text{OH}}^{1,14} K_v^{1,08} K_B^{0,86} K_p^{0,98} K_H^{1,02} K_y^{1,12} K_t, \text{ ед.} \quad (4.66)$$

При определении потенциальной опасности конфликтных точек коэффициенты  $K_v$ ,  $K_p$ ,  $K_H$ ,  $K_B$ ,  $K_y$  и  $K_t$  определяются так же, как и для регулируемого (внутрифазного) режима с учетом параметров и специфики, характерных для нерегулируемого режима.

**Коэффициент начальной вероятности конфликта**  $K_{\text{OH}}$  с учетом количества рядов пешеходов определяется по формуле

$$K_{\text{OH}} = q_{\text{пов}} q_p^* \quad (4.67)$$

где  $q_{\text{пов}}$  – интенсивность движения поворотного потока, авт./с ( $q_{\text{пов}} = q_2$ );

$q_p^*$  – интенсивность движения пешеходов в нерегулируемом режиме, авт./с. Определяется по формуле

$$q_p^* = q_p \left( 1 - \sum_{n=2}^{\infty} \left[ \frac{(q_p T)^n}{n!} \cdot e^{-q_p T} \right] \right), \text{ чел./с,} \quad (4.68)$$

где  $q_p$  – интенсивность движения пешеходов, физическая, чел./с;

$T$  – интервал в пешеходном потоке, в котором находящиеся пешеходы образуют неразрывный «ряд пешеходов», с. Принято:  $T = 2$  с [223];

$n$  – число пешеходов в ряду. Принято:  $n = 1, 2, 3, 4, 5$ .

**Коэффициент плотности**  $K_p$  определяется по формуле

$$K_p = 0,8 \frac{q_p^{-0,03}}{0,03} \sqrt{\frac{0,15 q_p + K_{\text{пн2}} q_2}{q_p + q_2}}, \text{ чел.} \quad (4.69)$$

**Коэффициент нарушений**  $K_H$  определяется по формуле (4.45), при этом коэффициент загрузки перехода пешеходами  $x_p$  определяется по формуле

$$x_p = \frac{q_p}{b_{\text{пеш}} 0,5}. \quad (4.70)$$

Условный коэффициент загрузки полосы движения транспортом перед пешеходным переходом определяется по формуле

$$\chi_T = \frac{q_{\text{ПОВ}}}{q_{\text{НПОВ}}}, \quad (4.71)$$

где  $q_{\text{ПОВ}}$  – интенсивность движения поворотного транспортного потока, авт./с;

$q_{\text{НПОВ}}$  – поток насыщения поворотного транспортного потока, авт./с.

**Потенциальная опасность конфликтной зоны** определяется по формуле

$$P_{\text{OZ}} = \left[ \sum_{k=1}^K (P_o - P_{o0})_k^{0,6} \right]^{0,75}, \text{ ед.}, \quad (4.72)$$

где  $P_{o0}$  – порог чувствительности для регулируемого режима ( $P_{o0} = 0,016$  ед.).

На рисунке 4.11 показана зависимость приведенной аварийности в конфликте «поворотный транспорт – пешеход» от потенциальной опасности нерегулируемого режима. Видно, что зависимость аварийности от потенциальной опасности статистически значима и имеет высокую точность прогноза ( $E = 0,52$ ).

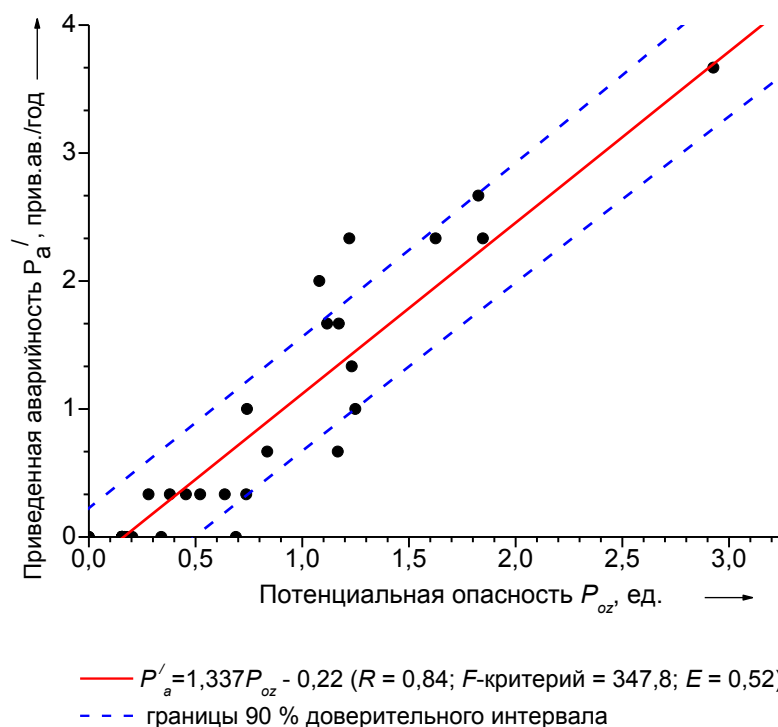


Рисунок 4.11 – Зависимость аварийности в конфликте «поворотный транспорт – пешеход» от потенциальной опасности нерегулируемого режима

**Вероятное число приведенных аварий  $P'_a$**  определяется по формуле

$$P'_a = 1,337 P_{oz} - 0,22, \text{ прив. ав./год.} \quad (4.73)$$

Вероятное число неприведенных аварий  $P_a$  определяется по формуле

$$P_a = \frac{P'_a}{K_{\text{пао}}^{\Sigma}} = 0,508 P'_a, \text{ ав./год}, \quad (4.74)$$

где  $K_{\text{пао}}^{\Sigma}$  – суммарный динамический коэффициент приведения аварий в нерегулируемом режиме конфликта «поворотный транспорт – пешеход» (см. таблицу 4.7).

С учетом данных таблицы 4.7 вероятное число аварий со смертельным исходом  $P_a^c$ :

$$P_a^c = 0,0313 P_a, \text{ ав./год}. \quad (4.75)$$

Вероятное число аварий с ранением  $P_a^p$ :

$$P_a^p = 0,8125 P_a, \text{ ав./год}. \quad (4.76)$$

Вероятное число аварий с материальным ущербом (неотчетных)  $P_a^m$ :

$$P_a^m = 0,1562 P_a, \text{ ав./год}. \quad (4.77)$$

#### 4.3.3. Прогнозирование аварийности в конфликте «транзитный транспорт – пешеход»

Для исследуемого конфликта пространственная конфликтная точка, также как и в конфликте «поворотный транспорт – пешеход», расположена посередине полосы движения на пешеходном переходе, а ее границами являются границы полосы и границы пешеходного перехода (рисунок 4.12). Таким образом, на пешеходном переходе число конфликтных точек равно числу полос движения на входе в перекресток и, если имеется транзитный выход, на выходе из него. Для каждого пешеходного перехода аварийность рассчитывается отдельно для входа в перекресток и отдельно для выхода из него и результаты суммируются.

Исследуемая выборка на 100 перекрестках составила 277 аварий, из которых в регулируемом режиме совершено 18 аварий с материальным ущербом, 151 авария с ранением и 5 аварий со смертельным исходом. При этом в нерегулируемом режиме совершено 4 аварии с материальным ущербом, 96 аварий с ранением и 3 аварии с погибшими.

Основные положения моделей и приведены в п. 4.3.2. Однако, исследуемый конфликт имеет некоторые особенности, связанные со спецификой взаимодействия транзитных транспортных и пешеходных потоков в межфазном и нерегулируемом режимах.

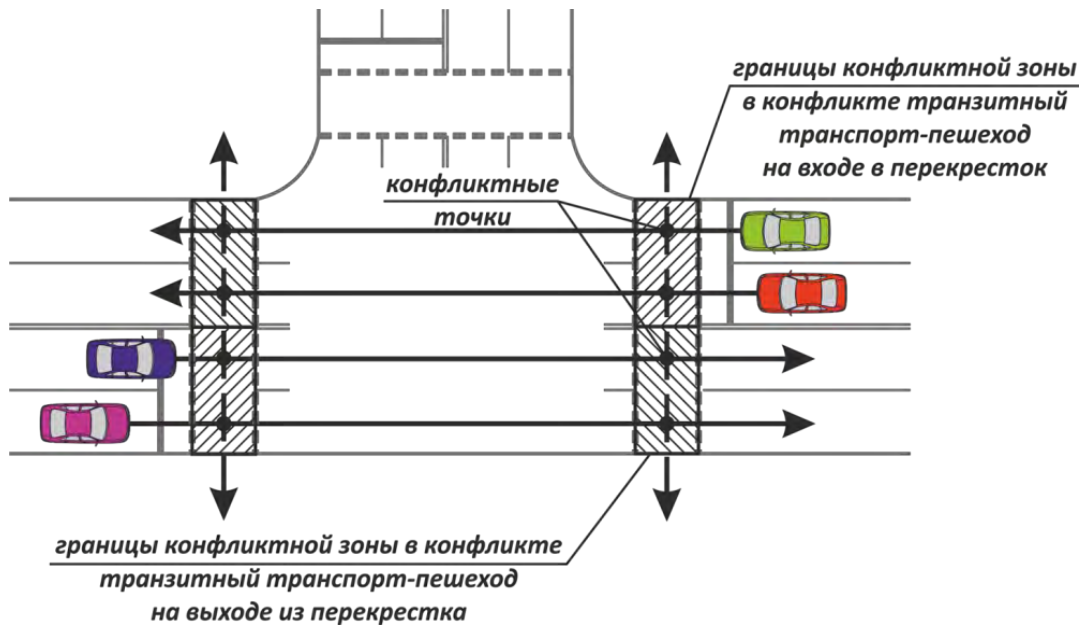


Рисунок 4.12 – Конфликтные точки и конфликтная зона

**Модель прогнозирования аварийности в регулируемом (межфазном) режиме.** Структурная формула для расчета потенциальной опасности конфликтной точки имеет следующий вид:

$$P_o = K_{OH}^{1,12} K_v^{1,1} K_B^{1,1} K_p^{0,94} K_H^{1,14} K_y^{1,08} K_l, \text{ ед.} \quad (4.78)$$

**Коэффициент начальной вероятности конфликта  $K_{OH}$**  с учетом количества рядов пешеходов определяется по формуле

$$K_{OH} = \frac{q_2^*}{t_{пр}} \cdot \frac{2n_{p1}}{C}, \quad (4.79)$$

где  $q_2^*$  – расчетная интенсивность движения транспортного потока, авт./с:

$$q_2^* = q_{H2} \frac{(1+x_2)}{2} + q_2 \frac{(1-x_2)}{2}. \quad (4.80)$$

$t_{пр}$  – переходной интервал для транспорта, с;

$n_{p1}$  – число рядов пешеходов первого направления в цикле (см. п. 4.3.2);

$C$  – длительность цикла светофорного регулирования, с.

Следует отметить, что рассматриваемые конфликты имеют место и при переходе от транспортной фазы к пешеходной, и при переходе от пешеходной фазы к транспортной. Поэтому потенциальная опасность конфликтной точки для двух переходных режимов суммируется.

Расчеты выполняются по подразделу 4.3.2, при этом в формулах вместо  $q_2$  используется значение расчетной (на полосе движения) интенсивности движения транзитного транспортного потока  $q_2^*$ . При расчете коэффициентов  $K_v, K_p, K_n, K_b, K_y$  и  $K_t$  используется скорость движения транзитного транспортного потока  $v_2$  и иные его параметры.

**Коэффициент боковой видимости  $K_{y31}$**  определяется по формуле [30, с. 304]:

$$K_{y31} = \frac{1}{4} \cdot \left( \frac{3v_p}{S_{61}} + \frac{8}{S_{62}} \right)^2 \geq 1, \quad (4.81)$$

где  $v_p$  – разрешенная скорость движения транспортных средств, м/с;

$S_{61}$  – главная (транспортная) сторона в треугольнике боковой видимости в конфликте «транзитный транспорт – пешеход», м ( $S_{61} \leq 3v_p$ );

$S_{62}$  – второстепенная (пешеходная) сторона в треугольнике боковой видимости в конфликте «транзитный транспорт – пешеход», м ( $S_{62} \leq 8$  м).

$K_{y37}$  – коэффициент, учитывающий способ реализации переходного интервала для пешеходов.  $0,7 \leq K_{y37} \leq 1,0$  – выбирается в зависимости от способа реализации и достаточности переходного интервала для пешеходов.

**Коэффициент времени  $K_t$**  определяется по формуле

$$K_t = 10^{-3} \Phi_{tp} t_{прт} / C, \quad (4.82)$$

где  $t_{прт}$  – переходной интервал для транспортного потока, с.

**Потенциальная опасность конфликтной зоны** определяется по формуле

$$P_{oz} = \left[ \sum_{k=1}^K (P_o - P_{o0})_k^{0,75} \right]^{0,9}, \text{ ед.}, \quad (4.83)$$

где  $P_{o0}$  – порог чувствительности для регулируемого режима ( $P_{o0} = 0,82$  ед.).

**Вероятное число приведенных аварий  $P'_a$**  определяется по формуле

$$P'_a = 0,014 P_{oz}^2 - 0,058 P_{oz} - 0,004, \text{ прив. ав./год.} \quad (4.84)$$

**Вероятное число неприведенных аварий  $P_a$**  определяется по формуле

$$P_a = \frac{P'_a}{K_{\text{пао}}^\Sigma} = 0,229 P'_a, \text{ ав./год}, \quad (4.85)$$

где  $K_{\text{пао}}^\Sigma$  – суммарный динамический коэффициент приведения аварий в нерегулируемом режиме конфликта «транзитный транспорт – пешеход» (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Доля аварий  $\delta_a$  и динамические коэффициенты приведения  $K_{\text{пао}}$  в конфликте «транзитный транспорт – пешеход» на регулируемых перекрестках

Авария	Режим движения			
	нерегулируемый		регулируемый	
	$K_{\text{пао}}$	$\delta_a$	$K_{\text{пао}}$	$\delta_a$
Со смертельным исходом ( $K^c, \delta^c$ )	8	0,0292	10,5	0,0282
С ранениями ( $K^p, \delta^p$ )	4	0,9320	5	0,7746
С материальным ущербом ( $K^m, \delta^m$ )	1	0,0388	1	0,1972
Суммарно ( $K^\Sigma$ )	4,0	1,000	4,366	1,000

С учетом данных таблицы 4.8 вероятное число аварий *со смертельным исходом*  $P_a^c$ :

$$P_a^c = 0,0282 P_a, \text{ ав./год}. \quad (4.86)$$

Вероятное число аварий *с ранением*  $P_a^p$ :

$$P_a^p = 0,7746 P_a, \text{ ав./год}. \quad (4.87)$$

Вероятное число аварий *с материальным ущербом* (неотчетных)  $P_a^m$ :

$$P_a^m = 0,1972 P_a, \text{ ав./год}. \quad (4.88)$$

На рисунке 4.13 показана зависимость аварийности в конфликте «*транзитный транспорт – пешеход*» регулируемого режима от потенциальной опасности. Видно, что зависимость аварийности от потенциальной опасности статистически значима и имеет высокую точность прогноза ( $E = 0,49$ ).

**Модель прогнозирования аварийности нерегулируемого режима.** Структурная формула для расчета потенциальной опасности конфликтной точки имеет следующий вид:



$$P_0^{нр} = K_{он}^{0,98} K_v^{1,16} K_B^{1,04} K_p^{0,96} K_H^{1,2} K_y^{1,1} K_l, \text{ ед.} \quad (4.89)$$

При определении потенциальной опасности конфликтных точек коэффициенты  $K_{он}$ ,  $K_v$ ,  $K_p$ ,  $K_H$ ,  $K_B$ ,  $K_y$  и  $K_l$  определяются аналогично подразделу 4.3.2, нерегулируемый режим.

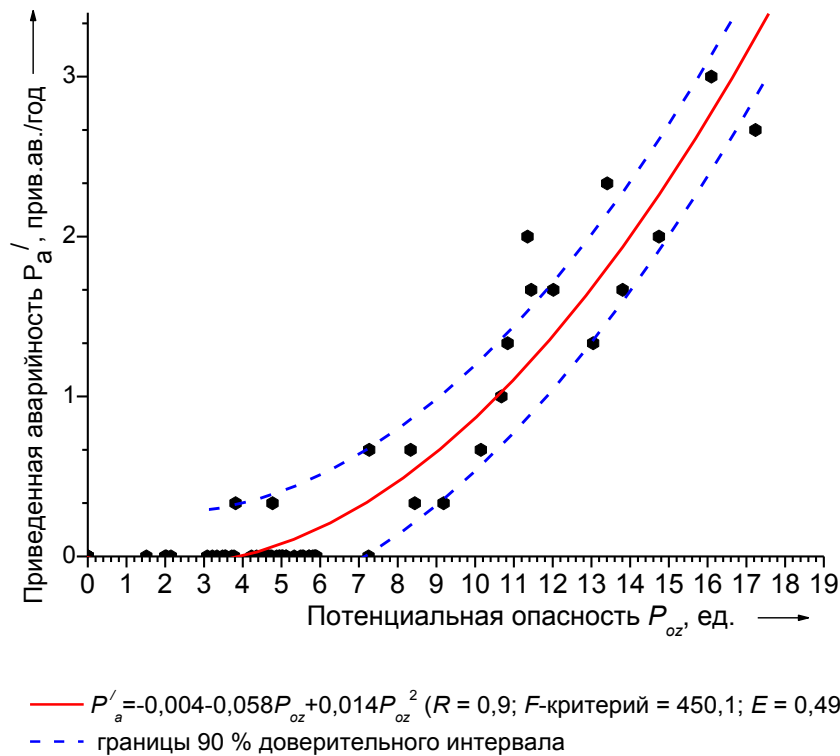


Рисунок 4.13 – Зависимость приведенной аварийности в конфликте «транзитный транспорт – пешеход» от потенциальной опасности регулируемого режима

**Потенциальная опасность конфликтной зоны** определяется по формуле

$$P_{oz} = \left[ \sum_{k=1}^K (P_o - P_{o0})^{0,7} \right]^{0,8}, \text{ ед.}, \quad (4.90)$$

где  $P_{o0}$  – порог чувствительности для нерегулируемого режима ( $P_{o0} = 0,63$  ед.).  
Вероятное число приведенных аварий определяется по формуле

$$P'_a = 0,267 P_{oz} - 0,364, \text{ прив. ав./год.} \quad (4.91)$$

Вероятное число неприведенных аварий  $P_a$  с учетом данных таблицы 4.8 определяется по формуле

$$P_a = \frac{P'_a}{K_{\Sigma \text{пао}}} = 0,25 P'_a, \text{ ав./год.} \quad (4.92)$$

Вероятное число аварий *со смертельным исходом*  $P_a^c$ :

$$P_a^c = 0,0292 P'_a, \text{ ав./год.} \quad (4.93)$$

Вероятное число аварий *с ранением*  $P_a^p$ :

$$P_a^p = 0,9320 P'_a, \text{ ав./год.} \quad (4.94)$$

Вероятное число аварий *с материальным ущербом* (неотчетных)  $P_a^m$ :

$$P_a^m = 0,0388 P'_a, \text{ ав./год.} \quad (4.95)$$

На рисунке 4.14 показана зависимость аварийности в конфликте «транзитный транспорт – пешеход» нерегулируемого режима от потенциальной опасности. Видно, что зависимость является статистически значимой и имеет высокую точность прогноза.

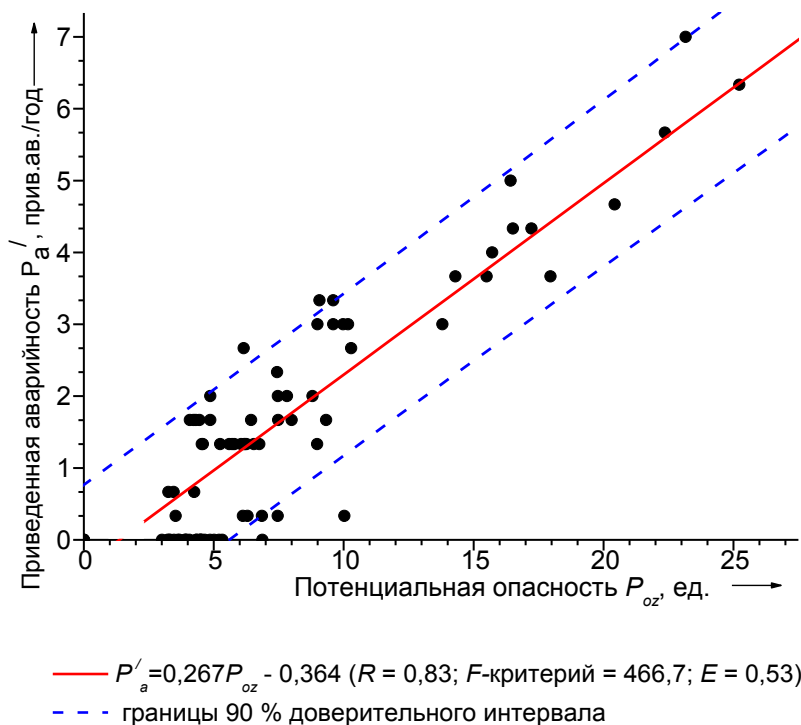


Рисунок 4.14 – Зависимость приведенной аварийности в конфликте «транзитный транспорт – пешеход» от потенциальной опасности нерегулируемого режима

#### 4.4. Прогнозирование аварийности по методу конфликтных зон на искусственных неровностях

В принципе, процесс возникновения аварии в конфликте «транспорт – транспорт», столкновения с ударом сзади и попутные, на регулируемых перекрестках в нерегулируемом режиме и на искусственных неровностях практически одинаков. Отличие заключается в особенностях восприятия водителем дорожной обстановки. На регулируемом перекрестке ситуация более предсказуемая, поведение участников более ожидаемое, также как и возможные последствия. На искусственных неровностях, которые очень часто плохо оборудованы техническими средствами регулирования, ситуация, особенно в темное время суток, менее предсказуема. Здесь гораздо большее рассеивание скоростей проезда искусственных неровностей (от 3–5 до 50 км/ч), большее рассеивание замедлений, хуже прогнозируется поведение пешеходов перед лидирующими автомобилями и возможная реакция водителей этих автомобилей на действия пешеходов.

Подобная ситуация сложилась и в конфликте «транзитный транспорт – пешеход», где поведение пешеходов на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях значительно отличается. Необходимо отметить, что имеются некоторые отличия в специфике взаимодействия транспорта и пешеходов на нерегулируемых пешеходных переходах при отсутствии и при наличии искусственной неровности. На искусственных неровностях из-за малых скоростей движения транспорта пешеходы чувствуют себя более защищенными, свободнее, безопаснее, что проявляется в принятии ими большего риска. Они переоценивают свою защищенность и принимают несколько больший риск. И хотя это вызывает гораздо большее число конфликтных ситуаций, однако число аварий с пострадавшими существенно меньше, поскольку конфликтные ситуации имеют меньшую опасность. Иными словами, здесь конфликтное движение менее опасное, но более «грязное», часто с необоснованными претензиями пешеходов на приоритет.

В то же время водители нередко одновременно участвуют в трех конфликтах: «*транспорт – транспорт*» (столкновения с ударом сзади), «*транспорт – дорога*» (искусственная неровность) и «*транспорт – пешеход*», что увеличивает вероятность ошибки. В свою очередь водитель испытывает опасность из-за внезапного снижения скорости ввиду наличия искусственной неровности и из-за появления пешехода на пешеходном переходе. Поэтому при идентичной модели определения потенциальной опасности некоторые зависимости, особенно значимость отдельных групп факторов, несколько отличаются.

В результате при идентичном процессе возникновения аварий отдельные параметры, особенно характер зависимости аварийности от потенциальной опасности, значительно отличаются. Это обстоятельство потребовало разработки собственных индивидуальных моделей прогнозирования аварийности на искусственных неровностях, включающих две частные моде-

ли в конфликте «транспорт – транспорт», столкновения с ударом сзади и попутные и в конфликте «транзитный транспорт – пешеход».

#### 4.4.1. *Прогнозирование аварийности в конфликте «транспорт – транспорт», столкновения с ударом сзади и попутные*

Исследуемая выборка составила 398 аварий на 80 нерегулируемых пешеходных переходах в местах расположения искусственных неровностей, в том числе 2 аварии со смертельным исходом, 7 аварий с ранением и 389 аварий с материальным ущербом.

**Модель прогнозирования аварийности.** Потенциальная опасность определялась на подходе к искусственной неровности, установленной в зоне расположения нерегулируемого пешеходного перехода.

Конфликтные точки образуются по аналогии с рассматриваемым конфликтом на перекрестке. При этом началом конфликтной зоны является ближняя по ходу движения автомобиля граница пешеходного перехода или искусственной неровности. Конфликтные зоны образуются перед пешеходным переходом или на подходе к искусственной неровности.

**Расчет потенциальной опасности** конфликтной точки проводится по следующей формуле:

$$P_o = K_{он}^{0,9} K_v^{0,98} K_B^{1,12} K_p^{0,92} K_H^{1,02} K_y^{1,20} K_t, \text{ ед.} \quad (4.96)$$

Коэффициенты  $K_{он}$ ,  $K_v$ ,  $K_p$ ,  $K_H$ ,  $K_B$ ,  $K_y$  определяются по подразделу 4.3.1 для модели нерегулируемого режима.

**Коэффициент времени**  $K_t$  определяется по формуле

$$K_t = 10^{-3} \Phi_{гн}, \quad (4.97)$$

где  $\Phi_{гн}$  – годовой фонд времени, ч/год (см. табл. 2.4).

**Потенциальная опасность конфликтной зоны** определяется по формуле

$$P_{оз} = \left[ \sum_1^K (P_o - P_{о0})_k^{0,5} \right]^{0,7}, \text{ ед.,} \quad (4.98)$$

где  $P_{о0}$  – порог чувствительности ( $P_{о0} = 0,27$  ед.).

**Вероятное число приведенных аварий**  $P'_a$  определяется по формуле

$$P'_a = 0,471 P_{оз} - 1,76, \text{ прив. ав./год.} \quad (4.99)$$

**Вероятное число неприведенных аварий**  $P_a$  с учетом данных табл. 4.9 определяется по формуле

$$P_a = \frac{P'_a}{K_{\Sigma}^{\text{пао}}} = 0,968 P'_a, \text{ ав./год.} \quad (4.100)$$

Вероятное число аварий со смертельным исходом  $P_a^c$ :

$$P_a^c = 0,005 P_a, \text{ ав./год.} \quad (4.101)$$

Вероятное число аварий с ранением  $P_a^p$ :

$$P_a^p = 0,018 P_a, \text{ ав./год.} \quad (4.102)$$

Вероятное число аварий с материальным ущербом (неотчетных)  $P_a^m$ :

$$P_a^m = 0,977 P_a, \text{ ав./год.} \quad (4.103)$$

Таблица 4.9 – Доля аварий  $\delta_a$  и динамические коэффициенты приведения  $K_{\text{пао}}$  в конфликтах «транспорт – транспорт» и «транспорт – пешеход» на искусственных неровностях

Авария	Конфликт			
	«транспорт – транспорт»		«транспорт – пешеход»	
	$K_{\text{пао}}$	$\delta_a$	$K_{\text{пао}}$	$\delta_a$
Со смертельным исходом ( $K^c, \delta^c$ )	4	0,005	9	0,02
С ранениями ( $K^p, \delta^p$ )	2	0,018	4	0,862
С материальным ущербом ( $K^m, \delta^m$ )	1	0,977	1	0,118
Суммарно ( $K^{\Sigma}$ )	1,033	1,000	3,746	1,000

На рисунке 4.15 показана зависимость приведенной аварийности от потенциальной опасности в конфликте столкновения с ударом сзади и попутные на искусственных неровностях. Видно, что зависимость является статистически значимой и имеет точность, достаточную для практических работ.

#### 4.4.2. Прогнозирование аварийности в конфликте «транзитный транспорт – пешеход»

Исследуемая выборка составила 51 аварию с участием пешеходов на 80 нерегулируемых пешеходных переходах в местах расположения искусственных неровностей. При этом произошла 1 авария со смертельным исходом, 44 аварии с ранением. Основные положения модели приведены в подразделе 4.3.3 (нерегулируемый режим).

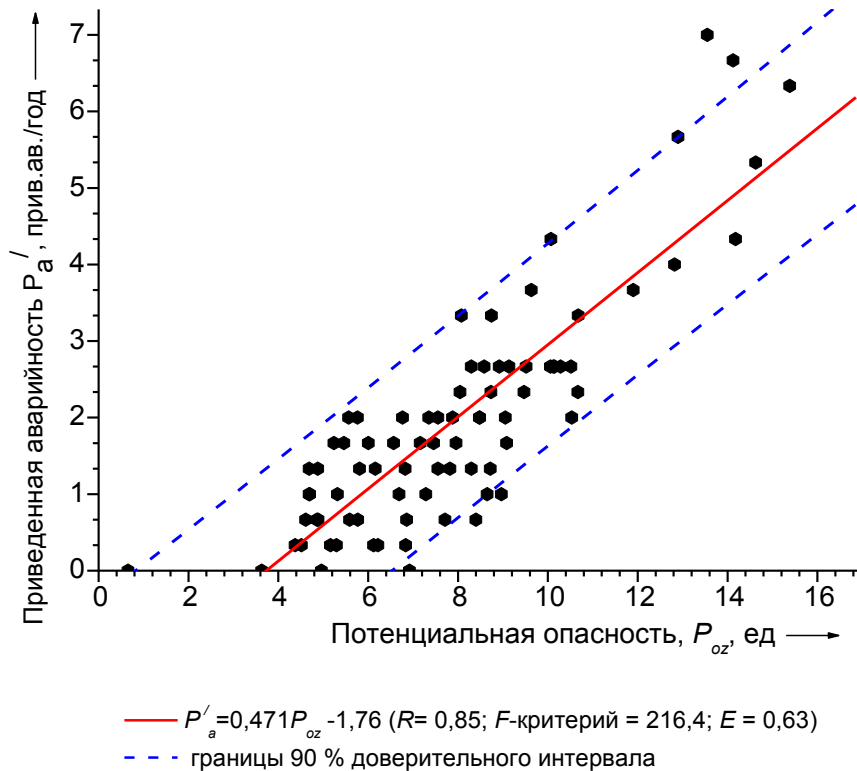


Рисунок 4.15 – Зависимость приведенной аварийности от потенциальной опасности в конфликте столкновения с ударом сзади и попутные

**Расчет потенциальной опасности** конфликтной точки проводится по следующей формуле:

$$P_o = K_{он}^{0,94} K_v^{0,98} K_v^{1,04} K_p^{0,90} K_n^{1,02} K_y^{1,2} K_t, \text{ ед.} \quad (4.104)$$

Коэффициенты  $K_v$ ,  $K_p$ ,  $K_n$ ,  $K_v$  и  $K_y$  определяются по аналогии с одноименным конфликтом на регулируемом перекрестке для модели нерегулируемого режима.

**Коэффициент начальной вероятности конфликта**  $K_{он}$  определяется по следующей формуле:

$$K_{он} = q_p^* q_2, \quad (4.105)$$

где  $q_2$  – интенсивность движения транспортного потока конфликтующего направления, авт./с.;

$q_p^*$  – расчетная интенсивность движения пешеходов, пеш./с (определяется по формуле (4.68)).

Коэффициент времени  $K_t$  определяется по формуле (4.97).

**Потенциальная опасность конфликтной зоны** определяется по формуле

$$P_{oz} = \left[ \sum_{k=1}^K (P_o - P_{o0})_k^{0,7} \right]^{0,8}, \text{ ед.}, \quad (4.106)$$

где  $P_{o0}$  – порог чувствительности ( $P_{o0} = 0,91$  ед.).

Вероятное число приведенных аварий  $P'_a$  определяется по формуле

$$P'_a = 1,438 - 0,364 P_{oz} + 0,023 P_{oz}^2, \text{ прив. ав./год.} \quad (4.107)$$

Вероятное число неприведенных аварий  $P_a$  с учетом таблицы 4.9 определяется по формуле

$$P_a = \frac{P'_a}{K_{\Sigma \text{ пао}}} = 0,267 P'_a, \text{ ав./год.} \quad (4.108)$$

Вероятное число аварий со смертельным исходом  $P_a^c$ :

$$P_a^c = 0,02 P'_a, \text{ ав./год.} \quad (4.109)$$

Вероятное число аварий с ранением  $P_a^p$ :

$$P_a^p = 0,862 P'_a, \text{ ав./год.} \quad (4.110)$$

Вероятное число аварий с материальным ущербом (неотчетных)  $P_a^m$ :

$$P_a^m = 0,118 P'_a, \text{ ав./год.} \quad (4.111)$$

Зависимость приведенной аварийности от потенциальной опасности в конфликте «транзитный транспорт – пешеход» на искусственных неровностях показана на рисунке 4.16. Видно, что зависимость статистически значима и имеет точность, достаточную для практических работ по прогнозированию аварийности.

Следует отметить, что полученные расчетные значения критерия Фишера больше табличных для пороговых объемов выборки и уровня значимости  $\gamma = 0,05$ . Следовательно, полученные математические модели для определения аварийности по потенциальной опасности адекватно отражают происходящие процессы на исследуемых конфликтных объектах.

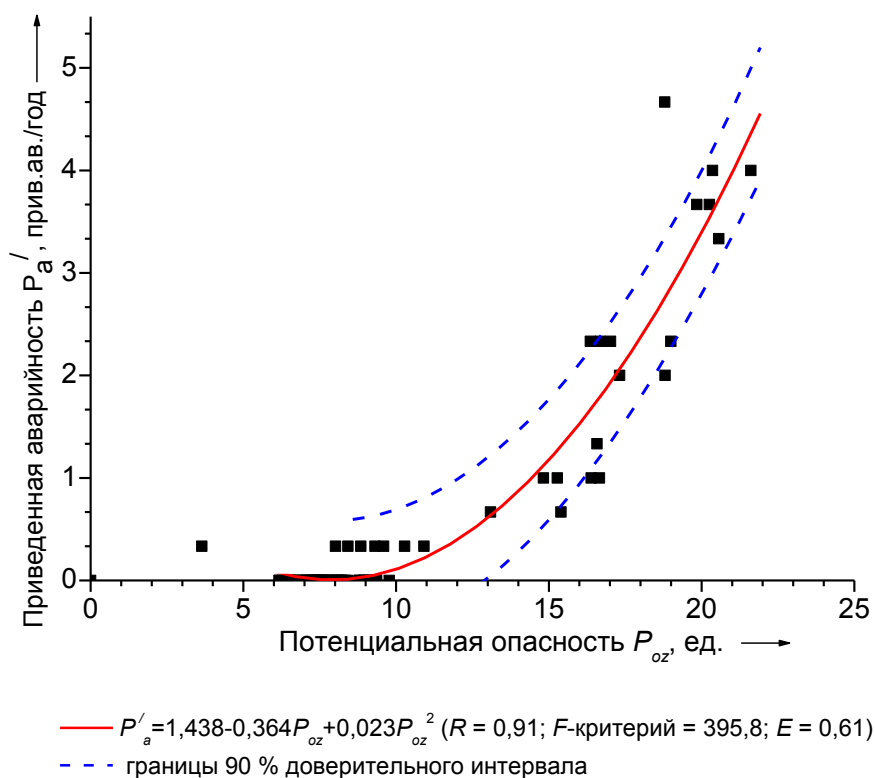


Рисунок 4.16 – Зависимость приведенной аварийности в конфликте «транзитный транспорт – пешеход» от потенциальной опасности

В таблице 4.10 приведены результаты исследований зависимости аварийности от потенциальной опасности в различных конфликтах на двух типовых объектах – регулируемых перекрестках и искусственных неровностях, расположенных в зоне нерегулируемых пешеходных переходов. Например, видно также, что в конфликте «транзитный транспорт – пешеход» при наличии искусственной неровности пороговое значение потенциальной опасности довольно высокое и значительно выше, чем для других видов конфликта. Это объясняется тем, что при наличии искусственной неровности пешеходы, очевидно, переоценивают свою защищенность и принимают несколько больший риск.

Полученные зависимости аварийности от потенциальной опасности являются статистически значимыми и имеют точность, достаточную для практических работ по повышению безопасности дорожного движения.



Таблица 4.10 – Результаты исследований зависимости аварийности от потенциальной опасности на двух типовых объектах – регулируемых перекрестках и искусственных неровностях в зоне нерегулируемых пешеходных переходов

Наименование типового объекта	Тип и вид конфликта		Режим движения	Вид зависимости	Статистика		
					R	F	E
Регулируемый перекресток	«Транспорт – транспорт»	Столкновения с ударом сзади, попутные	Нерегулируемый	$P'_a = 0,04 - 0,002P_{oz} + 0,05P_{oz}^2$	0,84	343,6	0,59
		«Поворотный транспорт – пешеход»	Регулируемый	$P'_a = 0,103 - 0,072P_{oz} + 0,02P_{oz}^2$	0,81	290,1	0,56
	«Транспорт – пешеход»	«Поворотный транспорт – пешеход»	Нерегулируемый	$P'_a = -0,01 + 0,042P_{oz}$	0,71	121,4	0,74
		«Транзитный транспорт – пешеход»	Внутрифазный	$P'_a = -0,22 + 1,337P_{oz}$	0,84	347,8	0,52
Искусственная неровность	«Транспорт – транспорт»	Столкновения с ударом сзади, попутные	Нерегулируемый	$P'_a = -0,004 - 0,058P_{oz} + 0,014P_{oz}^2$	0,90	450,1	0,49
		«Транзитный транспорт – пешеход»	Межфазный	$P'_a = -0,364 + 0,267P_{oz}$	0,83	466,7	0,53
	«Транспорт – пешеход»	Столкновения с ударом сзади, попутные	Нерегулируемый	$P'_a = -1,76 + 0,471P_{oz}$	0,85	216,4	0,63
		«Транзитный транспорт – пешеход»	Нерегулируемый	$P'_a = 1,438 - 0,364P_{oz} + 0,023P_{oz}^2$	0,91	395,8	0,61

#### 4.5. Выводы по разделу

1. Усовершенствован метод расчета аварийных потерь на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях, *включающий* прогнозирование аварийности и определение расчетной стоимости аварийных издержек, *позволяющий* еще на стадии принятия решений или разработки мероприятий по повышению безопасности движения оценить аварийные потери при любых изменениях регулирования, транспортной и пешеходной нагрузки и дорожных условий.

2. Разработаны новые модели определения расчетной социально-экономической стоимости аварийных издержек, *включающие* экономическую и социальную составляющие стоимости, *отличающиеся* тем, что социальная составляющая стоимости зависит от удельной величины ВВП и дифференцированно учитывает степень тяжести последствий аварий, а экономическая – дополнительно от стоимости транспортных затруднений на месте аварий, расходов на сопровождение дел по авариям и от страховых выплат по авариям без пострадавших, а также наличием корреляционной зависимости расчетной стоимости аварий от удельной величины ВВП, *позволяющие* впервые определить расчетную стоимость аварий различной тяжести последствий, а также оценить аварийные потери и тем самым обосновать и спланировать мероприятия с учетом социально-экономического ущерба, наносимого аварийностью, а также сопоставить в экономическом выражении аварийные, экономические и экологические потери и повысить качество принимаемых решений.

3. В результате проведенных исследований для каждого вида конфликта установлены закономерности формирования конфликтных зон, значения порога чувствительности по потенциальной опасности, значения коэффициентов динамического приведения аварий различной тяжести последствий, а также нелинейные зависимости аварий от потенциальной опасности, учитывающие физическую сущность рассматриваемых конфликтов. На основании полученных результатов разработан **комплекс новых моделей прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон**, *включающий* шесть моделей прогнозирования аварийности на регулируемых перекрестках в конфликтах «транспорт – транспорт» (столкновения с ударом сзади и попутные), «поворотный транспорт – пешеход», «транзитный транспорт – пешеход» и две модели прогнозирования аварийности на искусственных неровностях в конфликтах «транспорт – транспорт» (столкновения с ударом сзади и попутные) и «транзитный транспорт – пешеход», *отличающихся* учетом большого количества факторов (более 10), характеризующихся около 110 параметрами, влияющих на аварийность, и высокой точностью прогноза (более чем в пять раз по сравнению с самым современным известным методом) ( $F$ -критерий  $\geq 200$ ;  $R \geq 0,74$ ;  $E \leq 0,74$ ), *впервые позволяющий* получить точный прогноз аварийности на указанных объектах на стадиях выбора решений, проектирования, реконструкции или функционирования объекта и повысить безопасность на исследуемых конфликтных объектах не менее чем на 15 %.

## РАЗДЕЛ 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ДОРОЖНОМ ДВИЖЕНИИ

Повышение качества движения в городах средствами организации дорожного движения является одним из самых доступных, оперативных, некапиталоемких и в тоже время эффективных методов. Чтобы внедрить этот метод в рамках методологии для принятых в качестве объектов исследования регулируемых перекрестков и искусственных неровностей создано соответствующее программно-методическое обеспечение. Оно включает модели расчета аварийных, экономических и экологических потерь и соответствующие компьютерные программы прогнозирования аварийности и расчета потерь для выбора и обоснования решений.

### 5.1. Расчет экономических потерь на искусственных неровностях

Экономические потери связаны с необязательными задержками (снижением скорости в сравнении с нормативной), остановками и препробегом транспорта, задержками пассажиров и пешеходов, перерасходом топлива, износом или повреждением транспортных средств из-за некачественных условий движения и т.д. Сюда же относятся потери прибыли участниками движения и потери в смежных отраслях из-за невыполнения принятых обязательств, например, из-за опозданий или поломок в дороге и т.п.

Для выполнения расчетов необходимо иметь исходные данные по характеристикам улицы и параметрам транспортно-пешеходной нагрузки. В таблице 5.1 приведен перечень исходных данных, необходимых для проведения расчетов экономических и экологических потерь.

Таблица 5.1 – Исходные данные для расчета экономических и экологических потерь на искусственной неровности

Наименование	Исходные данные	Обозначение	Размерность
1	2	3	4
Улица	Категория улицы	$K_{ГУ}$	–
	Годовой фонд времени	$\Phi_t$	ч/год
	Расчетный суточный период нагрузки	$T_c$	ч/сут
	Ширина проезжей части	$B$	м
	Число полос движения	$i$	–
	Расстояние от проезжей части до середины тротуара	$r_2$	м
	Уклон улицы	$\alpha$	%
	Тип покрытия проезжей части	$T_{пок}$	–
	Протяженность участка	$S$	км

Окончание таблицы 5.1

1	2	3	4
Застройка	Суммарная высота зданий	$H$	м
	Число окон, выходящих на улицу	$N_{ок}$	ОКОН/КМ
	Тип окон	$T_{окн}$	–
	Расстояние от проезжей части до зданий (не далее 50 м)	$r_3$	м
	Наличие экранирования	$\mathcal{E}_{эк}$	–
	Число рядов посадок, защищающих пешеходов	$i_2$	–
	Число рядов посадок, защищающих жителей	$i_3$	–
Транспортно-пешеходная нагрузка	Средний возраст транспортных средств	$t$	лет
	Продолжительность измерительного периода	$T_{изм}$	ч
	Интенсивность движения на $i$ -й полосе $k$ -го замера	$Q_{ik}$	авт./ч
	Коэффициент приведения динамический на $i$ -й полосе $k$ -го замера	$K_{пн/ik}$	–
	Коэффициент приведения экономический на $i$ -й полосе $k$ -го замера	$K_{пэ/ik}$	–
	Доля маршрутного пассажирского транспорта на $i$ -й полосе $k$ -го замера	$\Delta O_{ik}$	–
	Доля электротранспорта на $i$ -й полосе $k$ -го замера	$\Delta эл_{ik}$	–
	Коэффициент приведения динамический электротранспорта на $i$ -й полосе $k$ -го замера	$K_{пн эл/ik}$	–
	Интенсивность движения пешеходов на переходе $k$ -го замера	$Q_{pk}$	чел./ч
	Интенсивность движения пешеходов на тротуаре	$Q_{pTk}$	чел./ч
	Распределение скорости движения	$f(v)$	–

**5.1.1. Исследование процесса дорожного движения в зоне размещения искусственных неровностей**

Проезд искусственной неровности по своему характеру очень близок к остановке (без существенной задержки) транспортного средства – то же торможение, тот же, как правило, интенсивный разгон (рисунок 5.1).

Отличие заключается в том, что при «остановке» скорость на очень короткое время падает до нуля, а при проезде искусственной неровности она (тоже на короткое время) находится на уровне порядка 10–20 км/ч.

Однако это отличие компенсируется непосредственным проездом через искусственную неровность, при котором значительно увеличиваются нагрузки на подвеску, несущие конструкции и трансмиссию транспортного средства, ускоряющие его износ, а также нагрузка на водителя и пассажиров, вызывающие психологическое неприятие искусственной неровности.

Проведенное имитационное моделирование показало, что темп накопления усталостных повреждений при проезде на скорости 12 км/ч через единичную искусственную неровность составляет  $206,4 \times 10^6$ , в связи с чем, коэффициент форсирования по выработке ресурса по сравнению с движением по дороге без искусственной неровности равен 6 (рисунок 5.2).

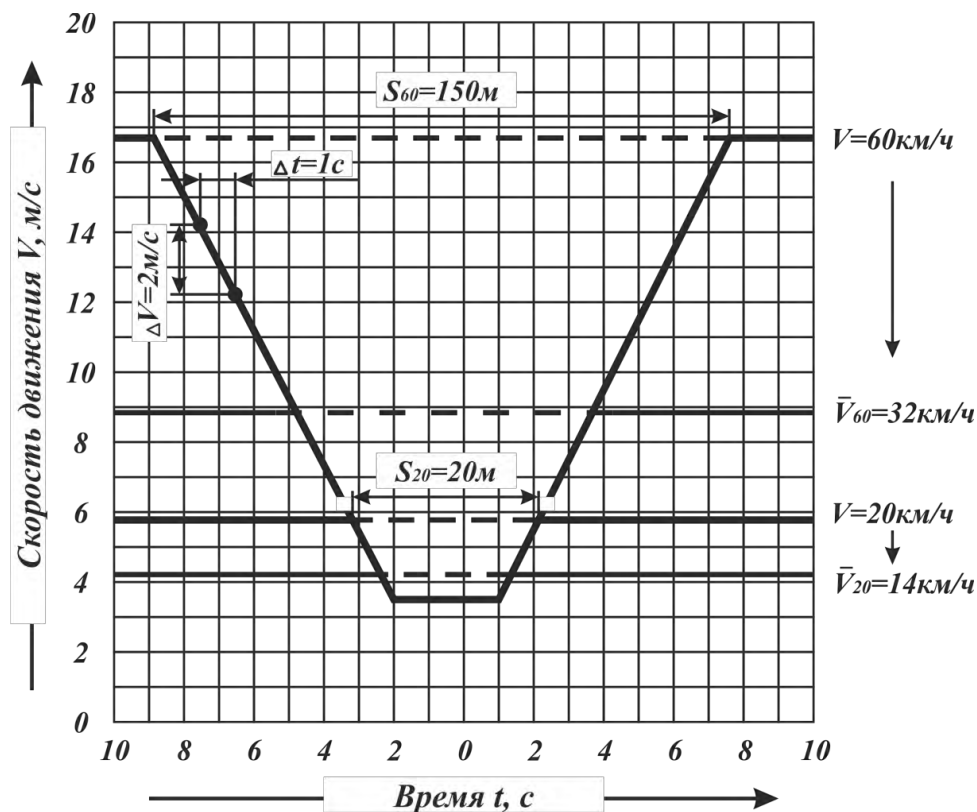


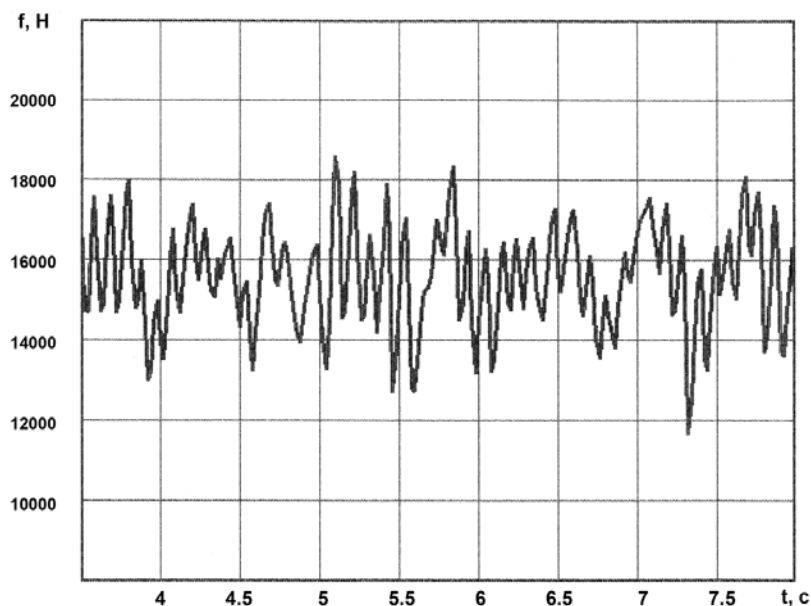
Рисунок 5.1 – Усредненные значения скорости движения в зоне установки искусственной неровности

На основании изложенного следует, что основные издержки при проезде искусственной неровности определяются как *одна остановка транспортного средства* с разрешенной скорости движения:

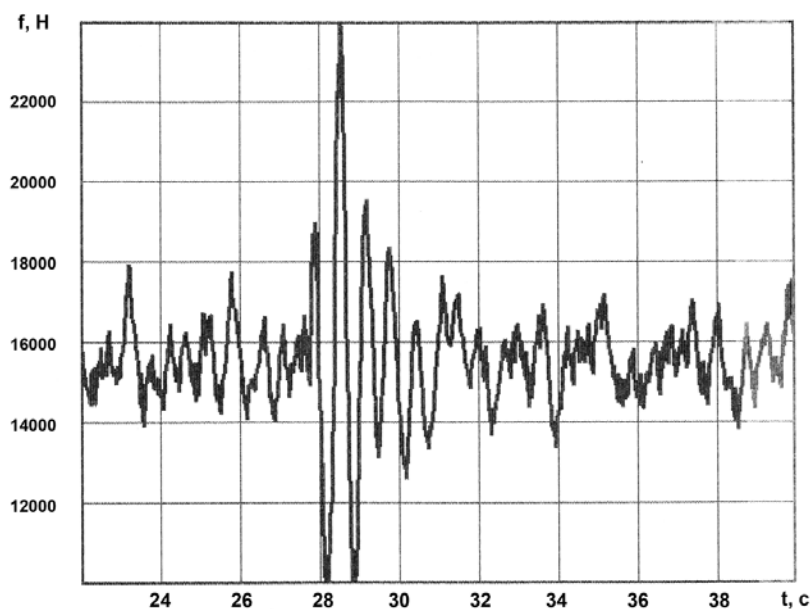
- 20 км/ч – в жилых зонах и на приравненных к ним дворовых территориях;
- 60 км/ч – на улицах населенных пунктов, независимо от наличия местных ограничений;
- 90 км/ч – вне населенных пунктов, независимо от наличия местных ограничений.

Кроме того, имеются еще дополнительные издержки, связанные с образованием и рассасыванием небольших очередей при подходе к искусственной неровности относительно плотных пачек автомобилей или при наличии нерегулируемого пешеходного перехода, расположенного в непосредственной близости (до 30 м) от искусственной неровности. Это связано с тем, что поток насыщения (наибольшая средняя интенсивность отъезда автомобилей из очереди) на искусственной неровности значительно меньше, чем на ровном покрытии, – соответственно 0,33 и 0,55 авт./с. Именно поэтому при проезде через искусственную неровность плотных пачек автомобилей, интервал прибытия которых близок к 2 с, а интервал отъезда равен 3 с (т.е. отъезд происходит медленнее, чем прибытие), начинают формироваться и вскоре рассасываться небольшие очереди. А при наличии нерегулируемого пешеходного перехода вблизи искусственной

неровности по той же причине очереди образуются и растут заметно быстрее, а рассасываются заметно медленнее. Образование очередей вызывает задержки транспорта и дополнительные остановки (со скорости порядка 20 км/ч) при ступенчатом перемещении автомобилей на первую позицию в очереди. Эти особенности учитываются при расчете потерь, как правило, на каждой искусственной неровности (кроме мало нагруженных улиц, расположенных в жилых зонах и дворовых территориях).



*а)*



*б)*

Рисунок 5.2 – Результаты моделирования действующих нагрузок при движении автомобиля по дороге без искусственной неровности (а) и с искусственной неровностью (б)

Наконец, возможны случаи, когда на искусственной неровности возникает транспортно-пешеходная перегрузка, вызывающая образование долго не рассасывающихся (от 10–15 минут до нескольких часов) очередей автомобилей. Это происходит из-за резкого средне- или долгосрочного увеличения пешеходной либо транспортной нагрузки или и той, и другой одновременно, что нередко случается в так называемые «часы пик». Эта ситуация также учитывается в расчетах. В результате **суммарные экономические потери** на искусственной неровности  $P_{\text{эkn}}$  определяются как сумма потерь от остановок, задержек и дополнительных остановок транспорта по формуле

$$P_{\text{эkn}} = P_0 + P'_0 + P_t, \text{ долл./год}, \quad (5.1)$$

где  $P_0$  – потери от (условных) остановок транспорта, долл./год;

$P'_0$  – потери от дополнительных остановок транспорта, долл./год;

$P_t$  – потери от задержек транспорта, долл./год.

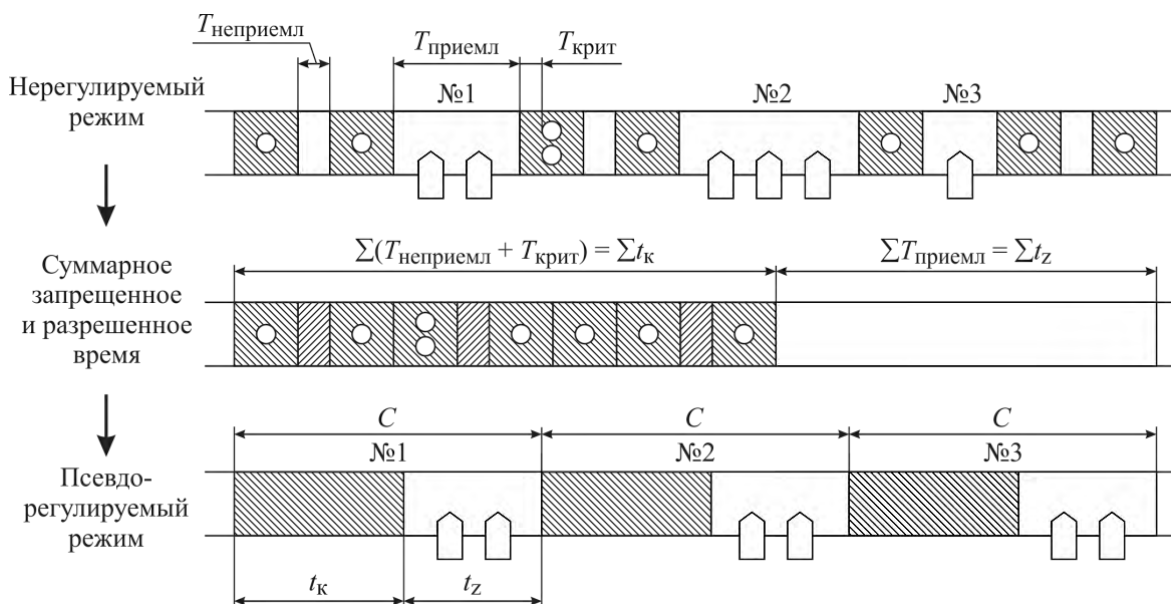
При расчете удельных задержек и дополнительных остановок транспорта возникли определенные трудности, связанные с отсутствием однозначного приоритета пешеходов при переходе проезжей части по нерегулируемому пешеходному переходу. Известно [22], что переход проезжей части по пешеходному переходу в нерегулируемом режиме состоит из трех частей (фаз) – выход на проезжую часть, собственно переход и окончание перехода. Действующие Правила дорожного движения дают пешеходу преимущество в двух фазах из трех, а именно в собственно переходе и в окончании перехода [22, п. 16.2]. В то же время начинать переход проезжей части пешеход может лишь тогда, когда он убедится в безопасности выхода [22, п. 17.2], т.е. если он не вынудит водителя приближающегося автомобиля снизить скорость движения или остановиться. В результате применение известных формул расчета удельных задержек и остановок транспорта (и пешеходов) в нерегулируемом конфликте, когда один из конфликтующих участников имеет однозначный приоритет [30, 73, 156], является не совсем корректным. Поэтому было признано возможным и целесообразным заменить модель расчета задержек и дополнительных остановок для *нерегулируемого* режима моделью расчета для *псевдорегулируемого* режима.

Возможность такой замены объясняется самой структурой маневра пересечения в нерегулируемом режиме. Известно [30], что второстепенный участник может выполнить маневр пересечения только тогда, когда в главном конфликтующем потоке имеется достаточный (приемлемый) интервал. Поэтому время, занятое интервалами, меньшими минимального приемлемого, является запрещенным для движения второстепенного участника. Известно также [156], что в каждом приемлемом интервале имеются так называемые «критические интервалы», расположенные по обе стороны от крайних габаритных точек главного конфликтующего участника (в данном случае – пешехода) и равные примерно по 1,5 с, въезд в кото-

рые второстепенному участнику запрещен. Следовательно, зная величину минимального приемлемого интервала, закон распределения интервалов и интенсивность движения главного конфликтующего потока, можно определить, скажем, в течение одного часа число приемлемых интервалов и суммарное время, запрещенное и разрешенное для движения второстепенных участников. В результате, разделив общее время на число приемлемых интервалов, получим продолжительность условного светофорного цикла, в котором соотношение продолжительности красного и зеленого сигналов равно соотношению суммарного запрещенного и разрешенного времени для движения второстепенных участников.

При определении интенсивности движения главного конфликтующего (пешеходного) потока следует учитывать то обстоятельство, что через пешеходный переход пешеходы идут как поодиночке, так и рядами из двух, трех и более человек. Следовательно, расчетная интенсивность движения пешеходного потока несколько меньше фактической и определяется не количеством пешеходов, а количеством рядов пешеходов. Зная закон распределения пешеходного движения, ширину пешеходного перехода и интенсивность движения пешеходов, можно определить интенсивность движения рядов пешеходов, т.е. расчетную интенсивность главного конфликтующего потока.

На рисунке 5.3 показана схема перехода от модели расчета удельных задержек и дополнительных остановок транспорта для нерегулируемого режима к модели расчета для псевдорегулируемого режима.



$T_{\text{приемл}}$  – достаточный (приемлемый) интервал;  $T_{\text{неприемл}}$  – интервал, меньший минимального приемлемого;  $T_{\text{крит}}$  – критический интервал

Рисунок 5.3 – Схема перехода от модели расчета задержек и остановок транспорта для нерегулируемого режима к модели расчета для псевдорегулируемого режима



Определив, таким образом, параметры условного светофорного цикла, можно рассчитать удельные задержки и дополнительные остановки транспорта для любых соотношений интенсивности движения конфликтующих потоков. По результатам расчетов были построены зависимости удельной задержки и удельной дополнительной остановки автомобилей от соотношения интенсивности движения пешеходов в пределах от 50 до 1000 чел./ч и приведенной (по динамическому коэффициенту приведения  $K_{пн}$ ) интенсивности движения транспорта в пределах от 50 до 1000 ед./ч (рисунок 5.4).

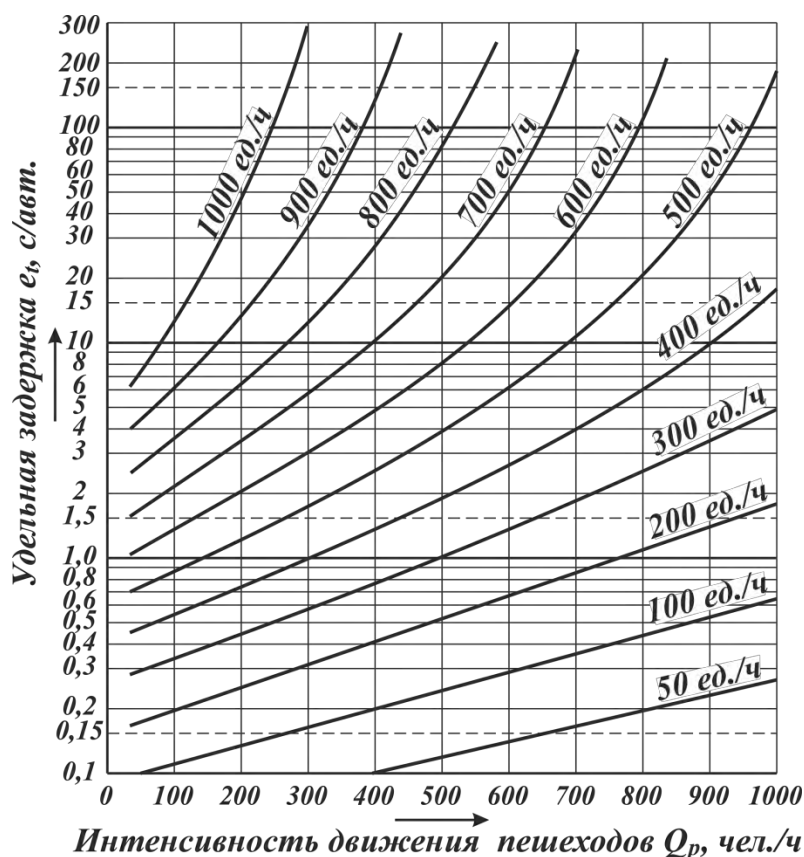


Рисунок 5.4 – График удельной задержки транспорта при наличии пешеходного перехода

При определении параметров условного светофорного цикла и построении графиков использовались расчетные зависимости из работ [30, 73, 156, 217, 225].

Минимальный приемлемый интервал в пешеходном потоке  $T_p$  определяется по формуле:

$$T_p = 1,15 b_{\text{пеш}} K_{\text{ун}} \sqrt{K_{\text{пн2}}} 1,05^{0,1(V_2 - 60)}, \text{ с}, \quad (5.2)$$

где  $K_{\text{ун}}$  – коэффициент условий (см. п. 2.3.3);

$K_{\text{пн2}}$  – динамический коэффициент приведения транспортного потока;

$V_2$  – скорость движения транспортного потока при подходе к пешеходному переходу, км/ч;

$b_{\text{пеш}}$  – ширина пешеходного перехода, м.

Установлено, что *распределение интервалов*  $T_p$  в пешеходном потоке подчиняется экспоненциальному закону [73, с. 55]:

$$P_{(T_p)} = e^{-q^* T_p}, \quad (5.3)$$

где  $q^*$  – расчетная интенсивность движения пешеходов, равная интенсивности движения условных рядов пешеходов, чел./с;

$T_p$  – исследуемый интервал движения, с.

При *определении расчетной интенсивности*  $q^*$  использовался Пуассоновский закон распределения пешеходов в пешеходном потоке [73, с. 156] в условном интервале 2 с (один ряд пешеходов) по всей ширине пешеходного перехода, принятой равной 5 м, т.е. до 5 пешеходов в ряд ( $N = 5$ ) (см. формулу (4.68)).

*Расчет удельных задержек* транспорта  $e_t$  проводился для отдельной полосы по упрощенной формуле Вебстера [73, с. 160]:

$$e_t = 0,45 \left[ \frac{C(1-\lambda)^2}{1-\lambda x} + \frac{x^2}{q(1-x)} \right], \text{ с/авт.}, \quad (5.4)$$

где  $C$  – продолжительность условного цикла регулирования, с;

$\lambda$  – доля зеленого сигнала в цикле;

$x$  – коэффициент загрузки полосы движением;

$q$  – интенсивность движения транспорта на полосе, авт./с.

В случаях перегрузки, когда  $x > 0,93$ , расчет удельных задержек проводился по формуле Брилона и Ву [217, с. 232]:

$$e_t = \frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{N_o}{q_H \lambda}, \text{ с/авт.}, \quad (5.5)$$

где  $q_H$  – поток насыщения, авт./с;

$N_o$  – средняя длина очереди перед стоп-линией за период существования перегрузки, авт.:

– при  $0,93 < x < 1,14$

$$N_o = 524 T_o q_H \lambda \left[ (1,09x-1) + \sqrt{(1,09x-1)^2 + \frac{1,09x-x_o}{175 q_H \lambda}} \right]; \quad (5.6)$$

– при  $x \geq 1,14$

$$N_o = 900 T_o q_H \lambda \left[ (x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{x-0,92 x_o - 0,08}{300 q_H \lambda}} \right], \quad (5.7)$$

где  $T_o$  – продолжительность периода перегрузки, ч;

$x_o$  – значение коэффициента  $x$ , выше которого будут ожидать пере-насыщенные циклы (когда очередь перед стоп-линией не рассасывается за один светофорный цикл):

$$x_o \approx 0,67 + \frac{q_H \lambda C}{600}. \quad (5.8)$$

Поскольку в области высоких нагрузок ( $x > 0,93$ ) значения  $e_t$ , подсчитанные по приведенным формулам, не совсем совпадают с подсчитанными по формуле Вебстера (5.4) (имеются разрывы функции), то в этой области проводилось графоаналитическое сглаживание и зависимости приобрели вид, приведенный на рисунке 5.4.

Расчет *удельных дополнительных остановок*  $e'_o$  проводился по формуле [217, с. 234]:

$$e'_o = (1 - \lambda) K_o, \text{ ост./авт.}, \quad (5.9)$$

где  $K_o$  – коэффициент приращения очереди:

$$K_o = \frac{q_H}{q_H - q}. \quad (5.10)$$

В случаях перегрузки, когда  $x > 0,93$ , расчет удельных дополнительных остановок осуществляется по формуле

$$e'_o = \frac{N_o}{q_H \lambda C}, \text{ ост./авт.}, \quad (5.11)$$

где  $N_o$  – средняя длина очереди перед стоп-линией за период существования перегрузки, авт. (5.6), (5.7).

Поскольку в области высоких нагрузок ( $x > 0,93$ ) значения  $e'_o$ , подсчитанные по приведенным формулам, не совсем совпадают с подсчитанными по формуле (5.9) (имеются разрывы функции), то в этой области также было проведено графоаналитическое сглаживание и зависимости приобрели вид, приведенный на рисунке 5.5.

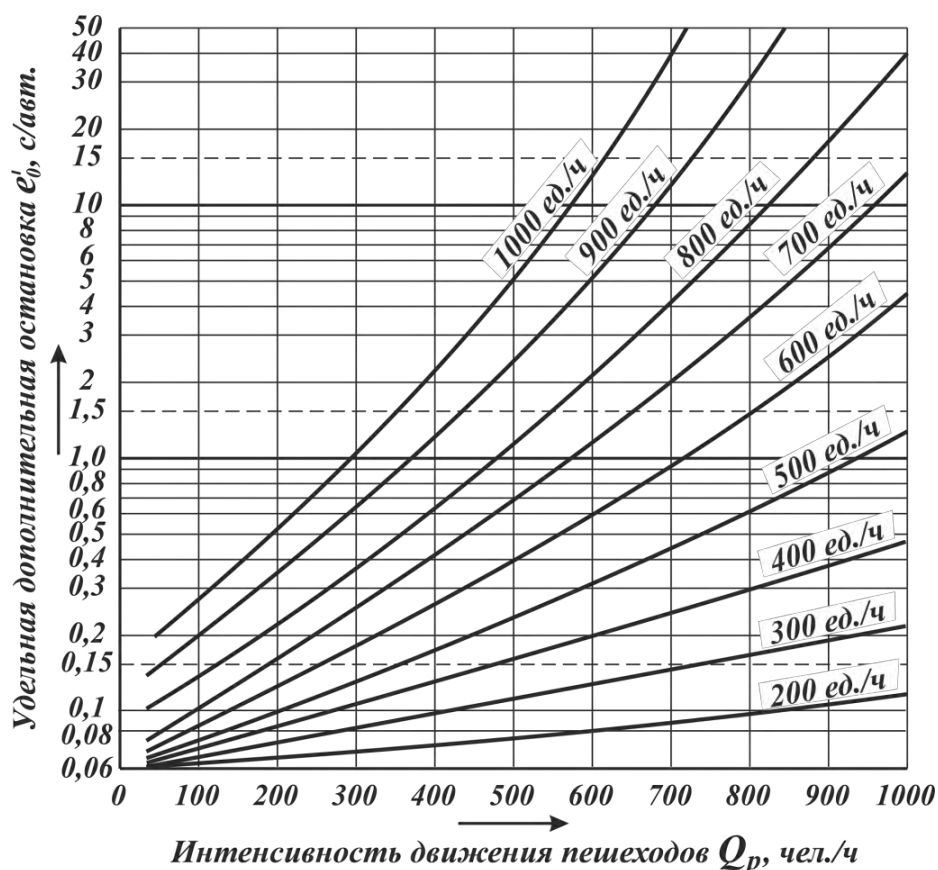


Рисунок 5.5 – График удельных дополнительных остановок при наличии пешеходного перехода

### 5.1.2. Исследование и расчет потерь от остановок и задержек транспорта

**Модель расчета потерь.** Определение потерь от остановок транспорта. Поскольку принято, что проезд искусственной неровности приравнен к одной остановке транспортного средства, то годовые экономические потери от «остановок» транспорта  $\Pi_0$  рассчитываются по формуле:

$$\Pi_0 = Q_{\Sigma} K_{пэ\Sigma} C_0 \Phi_{\text{тн}}, \text{ долл./год}, \quad (5.12)$$

где  $Q_{\Sigma}$  – суммарная средняя интенсивность движения транспорта, авт./ч;  
 $K_{пэ\Sigma}$  – суммарный коэффициент приведения транспортного потока, экономический;

$C_0$  – стоимость одной остановки приведенного автомобиля, долл./ост.

По состоянию на 2014 г. принято:

$C_0 = 0,06$  долл./ост. – для загородных дорог;

$C_0 = 0,04$  долл./ост. – для улиц населенных пунктов;

$C_0 = 0,015$  долл./ост. – для жилых зон и дворовых территорий;

$\Phi_{\text{тн}}$  – годовой фонд времени, ч/год (см. таблицу 2.4).

Расчеты  $\Pi_0$  можно выполнять как по суммарным значениям интенсивности движения и состава транспортного потока ( $Q_\Sigma$  и  $K_{\text{пэ}\Sigma}$ ), так и по каждой полосе для каждого замера с последующим суммированием. В последнем случае расчетчик четко видит, когда и какая полоса дает наибольший (или наименьший) вклад в суммарные потери.

**Определение потерь от задержек транспорта.** Годовые экономические потери от задержек транспорта  $\Pi_t$  рассчитываются по формуле

$$\Pi_t = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^M \Pi_{tik}, \text{ долл./год}, \quad (5.13)$$

где  $\Pi_{tik}$  – потери от задержек транспорта на  $i$ -той полосе движения  $k$ -го замера, долл./год:

$$\Pi_{tik} = e_{tik} \bar{q}_{ik} K_{\text{пэ}ik} \frac{T_{\text{изм}k}}{T_c} C_t \Phi_{\text{тн}}, \quad (5.14)$$

где  $e_{tik}$  – среднее значение удельной задержки транспорта за  $k$ -й период измерения на исследуемой полосе движения, с/авт. Определяется по графику (см. рисунок 5.4) исходя из значений  $Q_{pk}$  и  $Q'_{ik}$  для отдельной полосы каждого замера, с/авт. (если  $e_t < 0,1$ , то  $e_t = 0$ );

$\bar{q}_{ik}$  – средняя интенсивность движения транспорта на  $i$ -й полосе движения  $k$ -го замера, авт./с;

$K_{\text{пэ}ik}$  – экономический коэффициент приведения транспортного потока на  $i$ -й полосе движения  $k$ -го замера;

$C_t$  – стоимость одного часа задержки приведенного автомобиля. По состоянию на 2014 год  $C_t = 7,7$  долл./авт.ч.;

$T_{\text{изм}k}$  – продолжительность  $k$ -го измерительного периода, ч;

$T_c$  – продолжительность расчетного суточного периода, ч (см. таблицу 2.4).

Следует отметить, что при относительно небольшой транспортно-пешеходной нагрузке потери от задержек транспорта на искусственной неровности невелики.

**Определение потерь от дополнительных остановок транспорта.** Годовые потери от дополнительных остановок транспорта рассчитываются по следующей формуле:

$$\Pi'_0 = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^M \Pi'_{oik}, \text{ долл./год}, \quad (5.15)$$

где  $\Pi'_{oik}$  – потери от дополнительной остановки транспорта на  $i$ -той полосе движения  $k$ -го замера, долл./год:

$$\Pi'_{oik} = e'_{oik} \bar{Q}_{ik} K_{пэik} \frac{T_{измk}}{T_c} C'_o \Phi_{ин}, \text{ долл./год}, \quad (5.16)$$

где  $e'_{oik}$  – удельная дополнительная остановка транспортного средства на  $i$ -той полосе движения  $k$ -го замера, ост./авт. Определяется по графику (см. рисунок 5.5) в зависимости от соотношения интенсивности движения пешеходов  $q_{pk}$  и приведенной (по динамическому коэффициенту приведения  $K_{пн}$ ) интенсивности движения транспорта  $q'_{ik}$ , ост./авт. (если  $e'_o < 0,06$ , то  $e'_o = 0$ ). Следует отметить, что при относительно небольшой транспортно-пешеходной нагрузке потери от дополнительных остановок транспорта на искусственной неровности невелики;

$C'_o$  – стоимость одной дополнительной остановки приведенного автомобиля (со скорости 20 км/ч). По состоянию на 2014 год  $C'_o = 0,015$  долл./ост.

На основе разработанной модели определения экономических потерь на искусственных неровностях, создана компьютерная программа расчета потерь, которая зарегистрирована в Национальном центре интеллектуальной собственности Республики Беларусь (Приложение И) и используется в «Методике оценки эффективности внедрения мероприятий по организации дорожного движения» ДМД 02191.3.020-2009 [117].

## 5.2. Расчет экологических потерь на регулируемых перекрестках

Экологические потери на регулируемых перекрестках, как правило, рассчитываются только для регулируемого режима движения, поскольку потери при нерегулируемом режиме значительно (примерно на порядок) меньше. Экологические потери – это стоимость превышающих минимальные значения выбросов вредных веществ в атмосферу, загрязнения воды и почвы, воздействия шума, вибрации и электромагнитных излучений. Основными причинами повышенного уровня экологических потерь являются: перегрузки отдельных участков улично-дорожной сети; повышенный уровень маневрирования интенсивных потоков, включая торможения, остановки и разгоны; вынужденное снижение скорости и движение на неэкономичных режимах; перепробег в любых его проявлениях; неудовлетворительное техническое состояние транспортных средств и т.д. Некоторая компенсация неучета потерь при нерегулируемом режиме осуществляется за счет увеличения расчетной нагрузки при определении экономических потерь, что в расчете экологических потерь используется при установлении распределения скоростей движения на перекрестке. Компенсация также проводится путем введения в расчет потерь от произведенных выбросов вредных веществ в окружающую среду поправочного (увеличивающего) коэффициента годового фонда времени  $K_{TF}$  (см. п. 2.3.4).

Рассчитываются потери от выбросов вредных веществ в атмосферу и потери от транспортного шума. Суммарные экологические потери на перекрестке  $\Pi_{экл}$  есть сумма потерь от выбросов в атмосферу  $\Pi_m$  и потерь от

транспортного шума  $P_L$  (при этом последние из-за резкого снижения скорости движения в некоторых случаях могут иметь знак «минус»):

$$P_{\text{экл}} = P_m + P_L, \text{ долл./год.} \quad (5.17)$$

Экологические потери от выбросов в атмосферу и от транспортного шума на перекрестках определяются как сумма экологических потерь от расчетных суммарных транспортных потоков, движущихся по пересекающимся (примыкающим) улицам. Параметры расчетных суммарных транспортных потоков с учетом протяженности исследуемых (линейных) участков определяются как средневзвешенные параметры всех входящих транспортных потоков. При этом используются промежуточные результаты расчета экономических потерь (удельные задержки и удельные остановки), без которых определение экологических потерь невозможно.

В качестве базовой принята модель расчета экологических потерь, разработанная Ю. А. Врубелем и опубликованная в работе [2]. В эту модель внесены изменения, которые значительно повышают точность расчета издержек в среднем в 1,3 раза.

Первое изменение касается учета выбросов в атмосферу при нерегулируемом режиме работы регулируемого перекрестка. В базовой модели рассчитываются потери от «произведенных» выбросов, накапливающихся в окружающей среде и потери от «приведенных» выбросов, действующих непосредственно на людей. Из-за резкого падения интенсивности движения при нерегулируемом режиме потери от действующих только на людей «приведенных» (непосредственно к потребителям, т.е. к людям – водителям, пассажирам, пешеходам и жителям или посетителям близко расположенных зданий) выбросов вредных веществ невелики, поскольку учитываются только те величины, которые превышают пределы, нормативно установленные для выбросов и транспортного шума. Однако, произведенные выбросы постоянно накапливаются и действуют на окружающую среду (и опосредованно – на людей), поэтому необходимо учитывать все эти выбросы, независимо от интенсивности их производства, чего не было в базовой модели. В усовершенствованной модели этот учет проводится с помощью поправочного коэффициента годового фонда времени  $K_{TF}$  (см. п. 2.3.4), увеличивающего расчетный объем произведенных выбросов от 1,14 до 1,20 раза, в зависимости от нагруженности улицы.

Второе изменение касается учета взаимного влияния транспортного шума пересекающихся улиц. В базовой модели приведены сложные зависимости, учитывающие это влияние. При этом исходили из того, что оба транспортных потока действуют на перекрестке одновременно. С этим можно было бы согласиться, особенно в части поворотных транспортных потоков, если бы они учитывались каждый в отдельности. Но из-за наличия нижних пределов учета величин шумового воздействия, мало интенсивные (т.е. в основном поворотные) потоки исключались бы из расчета,

что неправильно. Поэтому в базовой модели использован принцип суммирования, при котором все транзитные и поворотные потоки объединяются в два (транзитные) расчетные суммарные транспортные потоки, каждый на пересекающейся улице. Но такие суммарные потоки, по определению, могут двигаться на перекрестке не одновременно, а только последовательно, один за другим, через переходные интервалы. Поэтому более логичным выглядит расчет потерь для каждого суммарного потока и последующее их суммирование с учетом времени их нахождения на перекрестке. Проведенные экспериментальные исследования (Приложение К) показали, что шумовое воздействие в данной конкретной точке перекрестка имеет циклический характер и зависит от времени прохождения через перекресток тех или иных транспортных потоков. Исходя из сказанного, расчеты взаимного влияния суммарных транспортных потоков, приведенные в базовой модели, опускаются, а суммарные потери на перекрестке определяются суммированием потерь на каждой из пересекающихся (примыкающих) улиц с учетом доли их зеленого сигнала в цикле.

Третье изменение касается формирования расчетного суммарного транспортного потока на пересекающейся улице. В базовой модели в него входят транзитные потоки с обоих направлений одной улицы и целиком поворотные потоки, выходящие только с этой улицы, но не входят поворотные потоки, входящие на нее. При значительном отличии интенсивностей поворотных потоков с пересекающихся улиц это вносит дополнительную погрешность в расчеты. Поэтому предлагается учитывать все поворотные потоки на данной улице, но не целиком, а только на таком (по длине) участке, на котором поворотный поток находится именно на исследуемой улице.

### ***5.2.1. Определение расчетного суммарного транспортного потока***

При расчете экологических потерь на перекрестках определяются, как правило, два расчетных суммарных транспортных потока, каждый со своей нагрузкой и своими «потребителями» экологического вреда. В расчетный суммарный поток объединяются все транзитные и поворотные потоки, движущиеся с обоих направлений улицы. Для каждого отдельного транспортного потока, входящего в состав расчетного суммарного, определяется расчетная протяженность перекрестка  $S_i$ , параметры распределения скорости  $\bar{v}_i$  и  $l_{vi}$ , а также коэффициент изменения расхода топлива  $K_{FG}$  (см. п. 2.3.4).

Протяженность перекрестка  $S_i$ , на которой режим движения данного транспортного потока отличается от режима движения на перегоне, складывается из трех составляющих (см. рисунок 2.5):

- пути, пройденного транспортным средством за время торможения от начальной скорости движения (на предыдущем перегоне)  $v_0$  до скорости движения перед первой стоп-линией  $v'_0$ . Заметим, что очень часто  $v'_0=0$ ;
- расстояния от первой стоп-линии на входе до последней (возможно условной) стоп-линии на выходе;



– пути, пройденного транспортным средством за время разгона от скорости на последней стоп-линии  $v'_k$  до конечной скорости  $v_k$ , т.е. до скорости на последующем перегоне.

При определении протяженности перекрестка для поворотных потоков радиусом поворота траектории движения можно пренебрегать и считать началом (или концом) отсчета расстояния условную точку пересечения спрямленных траекторий движения потока, расположенных посередине искомым полос движения.

Для определения параметров распределения скорости движения ( $\bar{v}_i$  и  $l_{vi}$ ), на участке  $S_i$  необходимо рассчитать задержки отдельного исследуемого транспортного потока на каждой стоп-линии и определить скорость движения поворотных потоков на самом перекрестке. На регулируемых перекрестках задержки на первых стоп-линиях определяются для суммарной интенсивности движения на каждой полосе, независимо от направления дальнейшего движения находящихся на ней транспортных средств. Задержки поворотных потоков перед главными конфликтующими транспортными потоками или перед пешеходами рассчитываются индивидуально для каждого потока. Напомним также, что скорость поворотных потоков  $v_R$  и радиус траектории поворотного движения  $R_{(M)}$  связаны приближенной зависимостью  $v_R \approx 0,33R_{(M)}$ , м/с.

Для каждого транспортного потока методом пошагового счета (см. рисунок 2.5) определяются текущие значения скорости  $v_i$ , параметры распределения  $\bar{v}$  и  $l_v$ , а также  $\sigma_a$ ,  $G_v$  и  $K_{FG}$  (см. п. 2.3.4).

Интенсивность движения расчетного суммарного потока  $Q_\Sigma$  определяется как сумма интенсивностей движения всех входящих транспортных потоков. Коэффициент приведения  $K_{пн}$ , расчетную протяженность перекрестка  $S$ , скорость движения  $\bar{v}$ , коэффициент изменения расхода топлива  $K_{FG}$ , долю маршрутного пассажирского транспорта  $\Delta O$  и долю электро транспорта  $\Delta_{эл}$  допускается упрощенно определять как средневзвешенные (по интенсивности движения, а при необходимости – последовательно по  $Q$ ,  $K_{пн}$ ,  $S$  и  $v$ ) значения соответствующих параметров. Таким образом, получают параметры исследуемых расчетных суммарных потоков.

Для определения параметров эталонных расчетных суммарных потоков необходимо сделать ряд допущений в зависимости от характера решаемых задач. Например, можно допустить, что на регулируемых перекрестках все транзитные потоки скоординированы и движутся безостановочно со скоростью, скажем,  $V_s = 60$  км/ч. При этом протяженность перекрестка для транзитных потоков  $S_{трзэ}$  будет равна расстоянию между входными стоп-линиями по данной улице. Поворотные потоки также могут двигаться безостановочно, но на самом повороте они вынуждены двигаться со скоростью не более  $v_R$ .

## 5.2.2. Исследования и расчет потерь от выбросов вредных веществ в атмосферу

Расчеты потерь от выбросов вредных веществ в атмосферу производятся по стоимости ущерба народному хозяйству от произведенного объема выбросов  $M_0$  и стоимости ущерба здоровью людей от приведенного к потребителю объема выбросов  $M_i$  для каждого расчетного суммарного потока (главного – 1 и второстепенного – 2).

Сопоставляется величина потерь от выбросов вредных веществ в атмосферу (по отношению к принятому нормативу  $V = 60$  км/ч,  $l_b = 0$ ,  $K_{FG} = 1$ ,  $t = 4$  года) в исследуемых и эталонных условиях. В качестве эталонных, в зависимости от поставленной задачи, принимаются условия, достижимые на том или ином уровне. Скажем, на уровне управления дорожным движением при организации координированного регулирования достижима равномерная ( $K_{FG} = 1$ ) скорость движения 60 км/ч, а изменения планировки или озеленения достижимо лишь на градостроительном уровне. В данной модели, как правило, выбор эталонных условий определяется уровнем организации дорожным движением.

В практических задачах перед проведением расчетов задают исследуемые и эталонные условия. Рассчитываются нормативные потери отдельно для исследуемых  $\Pi_{mi}$  и отдельно для эталонных  $\Pi_{mэ}$  условий. Разность между ними и будет искомой величиной потерь от выбросов  $\Pi_{m\Sigma}$  для данной улицы [2, с. 111]:

$$\Pi_{m\Sigma} = \Pi_{mi} - \Pi_{mэ}, \text{ долл./год}, \quad (5.18)$$

где  $\Pi_{mi}$  – годовые нормативные потери в исследуемых условиях, долл./год;

$\Pi_{mэ}$  – годовые нормативные потери в эталонных условиях, долл./год.

Годовые потери  $\Pi_m$  на перекрестке определяются как сумма потерь от обоих суммарных потоков:

$$\Pi_m = \Pi_{m1} + \Pi_{m2}, \text{ долл./год}, \quad (5.19)$$

где  $\Pi_{m1}$  – годовые потери на главной улице, долл./год;

$\Pi_{m2}$  – годовые потери на второстепенной улице, долл./год.

Годовые нормативные потери от выбросов для каждого расчетного суммарного транспортного потока определяются по измененной формуле

$$\Pi_{m(и,э)} = \left[ M_0 K_{TF} C_{m0} + \sum_{i=1}^N (N_i C_{mi}) \right] \Phi_{\text{фр}} S K_c, \text{ долл./год}, \quad (5.20)$$

где  $K_{TF}$  – поправочный коэффициент годового фонда времени (см. п. 2.3.4);

$C_{m0}$  – стоимость экологических потерь от выброса 1 кг приведенных (по СО) вредных веществ, долл./кг. По состоянию на 2014 г. принято:

$C_{mo} = 0,1$  долл./кг – город;  
 $C_{mo} = 0,04$  долл./кг – загород;  
 $N_j$  – удельное (на 1 км) число потребителей данной категории, чел./км ( $j = 1-3$ ; 1 – водители и пассажиры, 2 – пешеходы; 3 – жители (посетители) близлежащих (до 50 м) зданий);

$C_{mi}$  – стоимость экологических потерь от воздействия на человека выбросов такой концентрации, которая эквивалентна удельному приведенному (к данному потребителю) объему выбросов  $M_i$ , долл./чел.·ч. Принято [117, с. 15]:

$$C_{mi} = 0,02 C_B \sqrt{M_i - 7}, \text{ долл./чел.·ч,} \quad (5.21)$$

где  $C_B$  – удельная (на 1 человека) часовая стоимость ВВП, производимого в нормальных экологических условиях. По состоянию на 2014 г.  $C_B = C_{et} = 1,2$  долл./чел.·ч;

$M_i$  – удельный приведенный к данному потребителю объем выбросов, кг/км·ч;

$\Phi_p$  – годовой фонд времени, ч/год (см. таблицу 2.4);

$S$  – расчетная протяженность исследуемого участка, км;

$K_c$  – социальный коэффициент экологических потерь ( $K_c = 1,5$ ).

$M_o$  – удельный объем произведенных выбросов, кг/км·ч [2, с. 108]:

$$M_o = Q^* m [K_{пн} (K_{mv} K_{FG} - 1) + H_t K_{mv} K_{FG}], \text{ кг/км·ч,} \quad (5.22)$$

где  $Q^*$  – расчетная интенсивность движения, авт./ч [2, с. 109]:

$$Q^* = Q_\Sigma \left[ 1 - \Delta_{эл} \left( 1 + K_{пн\ эл} - K_{пн} \right) \right], \quad (5.23)$$

где  $Q_\Sigma$  – интенсивность движения расчетного суммарного транспортного потока, авт./ч. Рассматривается суммарный транспортный поток, параметры которого определены как средневзвешенные значения параметров входящих в него потоков;

$\Delta_{эл}$  – доля электротранспорта в потоке;

$K_{пн\ эл}$  – динамический коэффициент приведения электротранспорта.

Как правило,  $K_{пн\ эл} \approx 2$  (троллейбусы);

$m$  – удельное базовое (минимальное) значение приведенных (по СО) выбросов легкового автомобиля, кг/км. При отсутствии иных данных можно принимать  $m = 0,02$  кг/авт.км;

$K_{mv}$  – коэффициент изменения выбросов от скорости (рисунок 5.6);

$K_{FG}$  – коэффициент изменения расхода топлива от неравномерности скорости (см. п. 2.3.4);

$H_t$  – коэффициент возраста транспортных средств [117, с. 14]:

$$H_t = 0,06 (\bar{t} - 4) \geq 0, \quad (5.24)$$

где  $\bar{t}$  – средний возраст транспортных средств в потоке, лет. В общем случае, по состоянию на 2014 год можно принимать:  $\bar{t} \approx 12$  лет.

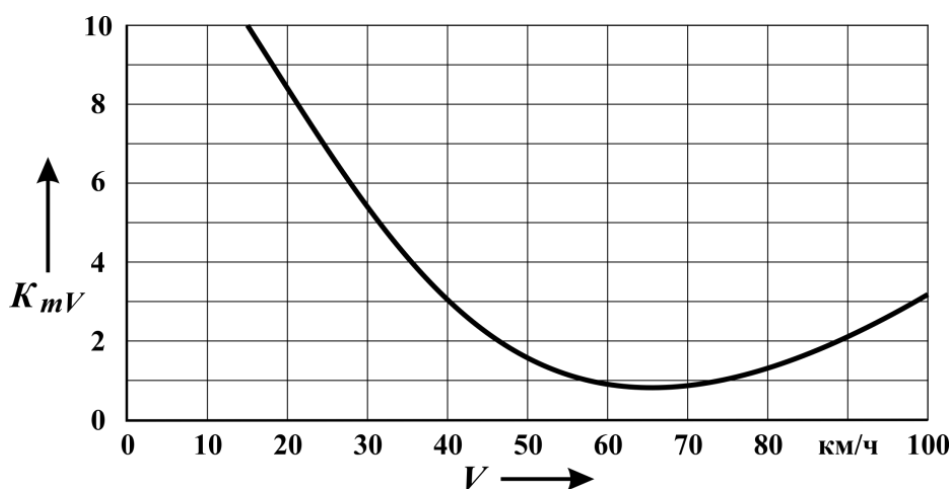


Рисунок 5.6 – Зависимость удельных приведенных (по СО) выбросов легковых автомобилей от средней скорости движения транспортного потока [2, с. 108, рисунок 2.3]

При определении удельного приведенного к данному потребителю объема выбросов вредных веществ рассматриваются три категории потребителей:

1) *водители и пассажиры*:  $M_1 = M_0 K_{z1}$ , где  $K_{z1}$  – коэффициент защиты водителей и пассажиров. Принято  $K_{z1} = 1$ ;

2) *пешеходы*:  $M_2 = M_0 K_{z2}$ , где  $K_{z2}$  – коэффициент защиты пешеходов:

$$K_{z2} = e^{-0,04 (r_2 + 5 i_2)}, \quad (5.25)$$

где  $r_2$  – расстояние от траектории движения ближайшего ряда транспортных средств до середины тротуара, м;

$i_2$  – число рядов деревьев или кустарников, эффективно защищающих пешеходов от экологического воздействия;

3) *жители и посетители*:  $M_3 = M_0 K_{z3}$ , где  $K_{z3}$  – коэффициент защиты жителей и посетителей:

$$K_{z3} = e^{-0,04 (r_3 + 5 i_3 + 10)}, \quad (5.26)$$

где  $r_3$  – расстояние (по диагонали) от траектории движения ближайшего ряда транспортных средств до средних по высоте окон застройки, м;

$i_3$  – число рядов деревьев (а для одноэтажной застройки – и кустарников), эффективно защищающих жителей и посетителей от экологического

воздействия. При наличии естественных или искусственных защитных сооружений или, если улица хорошо проветривается, условное число рядов  $i_3$  можно несколько увеличить.

Удельное число потребителей рассчитывается:

– для водителей и пассажиров:

$$N_1 = \frac{(38 \Delta O + 2) Q_\Sigma}{\bar{V}}, \text{ чел./км}, \quad (5.27)$$

где  $\Delta O$  – доля маршрутного пассажирского транспорта в потоке;

$\bar{V}$  – средняя скорость движения, км/ч;

– для пешеходов [2, с. 111]:

$$N_2 = \frac{Q_{p\Sigma}}{V_p}, \text{ чел./км}, \quad (5.28)$$

где  $Q_{p\Sigma}$  – суммарная (включая движение по тротуарам и переходам) интенсивность движения пешеходов, чел./ч;

$V_p$  – скорость движения пешеходов, км/ч. Принято  $V_p = 4$  км/ч.

– для жителей и посетителей прилегающих зданий. Для детальных расчетов число  $N_3$  должно быть приведено в исходных данных. При этом оно может отличаться для расчетов потерь от выбросов и потерь от шума. Для стандартных расчетов в зависимости от типа и назначения застройки можно принимать:

– для детских учреждений и учебных заведений:

$$N_3 \approx 3 N_{ок}, \text{ чел./км}; \quad (5.29)$$

– для остальных зданий:

$$N_3 \approx 0,85 N_{ок}, \text{ чел./км}, \quad (5.30)$$

где  $N_{ок}$  – число окон прилегающих (до 50 м) зданий, выходящих на исследуемую улицу, окон/км.

### 5.2.3. Исследование и расчет потерь от транспортного шума

Расчет проводится по стоимости ущерба здоровью людей от каждого расчетного суммарного транспортного потока. Годовые нормативные (по отношению к принятому нормативу  $L \approx 35$  дБА) потери определяются для каждого суммарного потока по формуле:

$$\Pi_{L(и,э)} = \sum_{i=1}^N (K_{Li} N_i) \Phi_t \lambda S C_B K_c, \text{ долл./год}, \quad (5.31)$$

где  $\Pi_{Li}$  – годовые нормативные потери в исследуемых условиях, долл./год;  
 $\Pi_{L_3}$  – годовые нормативные потери в эталонных условиях, долл./год;  
 $K_{L_i}$  – коэффициент удельных потерь национального дохода (ВВП) от повышенного уровня шума для каждой категории потребителей [2, с. 114–115]:

$$K_{L_i} = 1,8 \cdot 10^{-7} L_i^{3,39} - 0,0312, \quad (5.32)$$

где  $L_i$  – приведенный к потребителю уровень шума, дБА;

$$L_1 = L_0 + \sum d_1 \text{ – водители;}$$

$$L_2 = L_0 + \sum d_2 \text{ – пешеходы;}$$

$$L_3 = L_0 + \sum d_3 \text{ – жители,}$$

где  $L_0$  – уровень произведенного шума, дБА, определяется по измененной формуле:

$$L_0 = 4,3 + 10 \lg \left[ \frac{Q_\Sigma}{\lambda} \bar{V}^2 2K_{FG}^2 (14 K_{\text{пн}} - 13) \right] + \sum d_0, \text{ дБА}, \quad (5.33)$$

где  $Q_\Sigma$  – интенсивность движения расчетного суммарного транспортного потока, авт./ч;

$\lambda$  – доля времени зеленого сигнала в цикле для данного расчетного суммарного транспортного потока;

$\bar{V}$  – средняя скорость движения расчетного суммарного потока, км/ч;

$K_{FG}$  – коэффициент изменения расхода топлива от неравномерности скорости (см. п. 2.3.4);

$K_{\text{пн}}$  – динамический коэффициент приведения расчетного суммарного потока;

$\sum d_0$  – сумма поправок при расчете производимого шума, дБА. При расчете эталонного уровня шума рассматриваются поправки  $\sum d_{0э}$ , характеризующие эталонные условия движения. При расчете исследуемого уровня шума рассматриваются поправки  $\sum d_{0и}$ , характеризующие исследуемые условия движения.

$N_i$  – число потребителей экологического воздействия.

В модели рассматриваются следующие поправки:

$d_\alpha$  – поправка на продольный уклон (таблица 5.2);

$d_H$  – поправка на отношение ширины улицы  $B_y$  к высоте застройки  $H$  (см. таблицу 5.2);

$d_{\text{пч}}$  – поправка, учитывающая тип покрытия проезжей части (см. таблицу 5.2);

$d_{FG}$  – поправка, учитывающая градиент скорости:

$$d_{FG} = 20 \lg K_{FG}, \text{ дБА}; \quad (5.34)$$

$d_t$  – поправка, учитывающая средний возраст транспортных средств:

$$d_t = 0,12 (\bar{t} - 4) \geq 0, \text{ дБА}; \quad (5.35)$$

$d_z$  – поправка на озеленение (см. таблицу 5.2);

$d_{\text{эк}}$  – поправка на экранирование (см. таблицу 5.2);

$d_r$  – поправка на расстояние. Определяется по формуле

$$d_r = -14 \lg \frac{r}{7,5} \leq 0, \text{ дБА}, \quad (5.36)$$

где  $r$  – среднее расстояние от проезжей части до потребителя, м.

$\sum d_i$  – сумма поправок при расчете приведенного к потребителю уровня шума;

$\sum d_1$  – сумма поправок, относящихся только к водителям и пассажирам. Принято:  $\sum d_1 = -12$ , дБА;

$\sum d_2$  – сумма поправок, относящихся только к пешеходам. Принято:  $\sum d_2 = d_{r2} + d_{z2}$ , дБА;

$\sum d_3$  – сумма поправок, относящихся только к жителям и посетителям прилегающих зданий. Принято:  $\sum d_3 = d_{r3} + d_{z3} + d_{\text{эк}}$ , дБА.

В практических задачах перед проведением расчетов определяют исследуемые и эталонные условия. Рассчитывают нормативные потери отдельно для исследуемых условий  $\Pi_{Lи}$  и отдельно для эталонных условий  $\Pi_{Lэ}$ . Разность между ними и будет искомой величиной потерь от транспортного шума  $\Pi_{L\Sigma}$  для данного суммарного потока [2, с. 117]:

$$\Pi_{L\Sigma} = \Pi_{Lи} - \Pi_{Lэ}, \text{ долл./год}. \quad (5.37)$$

Таблица 5.2 – Значения поправочных коэффициентов  $d_x$  при расчете уровней шума [2, с. 116, таблица 2.8]

$d_\alpha$	Продольный уклон								
	$\alpha, \%$	1	2	3	4	5	6	7	8
	$d_\alpha$	0,5	0,8	1,2	1,5	2,0	2,3	2,7	3,0
$d_H$	Отношение ширины улицы $B_y$ к высоте застройки $H$ (с двух сторон)								
	$B_y/H$	1	1,5	2	3	4	5	6	8
	$d_H$	4	2,5	1,5	0	-1	-1,4	-1,7	-2,0
$d_z$	Озеленение (посадка деревьев)								
	Тип	Однорядное		Двухрядное		Трехрядное			
	$d_z$	-5		-8		-10			
$d_{пч}$	Покрытие проезжей части								
	Тип	Цементобетон			Брусчатка		Булыжник		
	Скорость	20	1		1		2		
		60	2		3		5		
90		3		5		10			
$d_{\text{эк}}$	Экраны								
	Тип	Окна обычные при открытой форточке			Окна специальные		Экраны		
	$d_{\text{эк}}$	-10...-12			-20...-28		-6...-24		

Поскольку в расчетах в качестве эталонной принимается разрешенная законодательством скорость (90, 60 или 20 км/ч), то вполне возможно, что из-за существенного снижения исследуемой скорости уровень шума в некоторых случаях может оказаться ниже эталонного, а потери от шума будут иметь знак «минус».

Годовые потери  $P_L$  на перекрестке определяются по измененной формуле как сумма потерь от обоих суммарных потоков:

$$P_L = P_{L1} + P_{L2}, \text{ долл./год}, \quad (5.38)$$

где  $P_{L1}$  и  $P_{L2}$  – годовые потери, соответственно от главного и второстепенного суммарных потоков, долл./год.

**Суммарные экологические потери**  $P_{\text{экл}}$  на перекрестке определяются как сумма потерь от выбросов вредных веществ в атмосферу и от транспортного шума.

Расчет экологических потерь **на искусственных неровностях** проводится как для отдельной улицы. При этом:

– в состав расчетного суммарного транспортного потока входят все потоки обоих направлений;

– значения некоторых параметров для стандартных расчетов можно определять по таблице 2.2. Для специальных расчетов эти параметры следует определять по п. 2.3;

–  $\Phi_{\text{тн}}$  – годовой фонд времени, ч/год, определяется по таблице 2.4.

На основе разработанных моделей расчета аварийных, экономических и экологических потерь созданы **компьютерные программы прогнозирования аварийности и расчета потерь** для выбора наилучших решений на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях. Они являются оригинальными программными продуктами, зарегистрированы в Национальном центре интеллектуальной собственности Республики Беларусь (Приложение И), и реализованы с возможностью взаимосвязанного обмена исходными и выходными данными для проведения соответствующих расчетно-оптимизационных исследований и эффективности внедряемых мероприятий. Программы используются проектными и исследовательскими учреждениями, подразделениями ГАИ при оценке и выборе эффективных решений по повышению безопасности дорожного движения и его качества в целом. Проведена работа по автоматизации проектирования для целей организации дорожного движения.

### 5.3. Выводы по разделу

1. Разработана модель расчета экономических потерь на искусственных неровностях, *основанная* на модели расчета потерь от остановок и задержек транспорта, *отличающаяся* учетом влияния расположенного в непосредственной близости пешеходного перехода и применением модели



псевдорегулируемого режима движения для определения величины экономических издержек, *позволяющая* рассчитывать потери от задержек и остановок транспорта как при нормальной транспортно-пешеходной нагрузке, так и при перегрузке.

2. Усовершенствована модель расчета экологических потерь на регулируемых перекрестках, *отличающаяся* способом формирования расчетного суммарного транспортного потока, учетом произведенных выбросов вредных веществ в нерегулируемом режиме работы перекрестка при расчете потерь от выбросов в атмосферу, учетом «сжатия» потоков при проезде перекрестка и времени нахождения каждого потока на перекрестке при расчете потерь от транспортного шума, *позволяющая* повысить точность расчета издержек в среднем в 1,3 раза. Модель адаптирована к расчету экологических потерь на искусственных неровностях.

3. Разработано программно-методическое обеспечение, *позволяющее* формализовать работу и значительно сократить трудозатраты по определению потерь, оценить и оптимизировать (по критерию минимизации аварийных, экономических и экологических потерь) принимаемые решения по повышению безопасности дорожного движения, что *сделало возможным* внедрение разработанных методов и моделей в практику организации дорожного движения и *обеспечило* снижение экологических потерь на 12–32 %, экономических – на 18–38 % за счет внедрения оптимальных режимов регулирования, технических и проектных решений по устройству транспортных объектов и размещению технических средств регулирования. Оно используется в реальном секторе экономики при обосновании эффективности внедряемых мероприятий по организации дорожного движения.

## РАЗДЕЛ 6. КОНТРОЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Логическим завершением работ по повышению качества дорожного движения является оперативная контрольная оценка безопасности при внедрении мероприятий, позволяющая оперативно обнаружить и устранить возможные недоработки или ошибки, допущенные в процессе выбора решений или разработки и внедрения мероприятия. Для разработки модели такой оценки потребовалось совершенствование существующего метода конфликтных ситуаций прогнозирования аварийности с целью повышения точности прогноза.

### 6.1. Оперативная контрольная оценка аварийности при внедрении мероприятий

Логическим завершением работ по повышению качества дорожного движения является оперативная контрольная оценка аварийности при внедрении мероприятий, позволяющая оперативно обнаружить и устранить возможные недоработки или ошибки, допущенные в процессе выбора решений или разработки и внедрения мероприятия. Для разработки модели такой оценки потребовалось совершенствование существующего метода конфликтных ситуаций прогнозирования аварийности с целью повышения точности прогноза.

Метод конфликтных ситуаций, предложенный К. Хайденом (Швеция) [87, 89], является одним из самых современных и оперативных методов прогнозирования аварийности на конфликтных объектах. Он основан на существовании в каждом отдельно взятом конфликте довольно строгой зависимости количества аварий, которых мало, от количества конфликтных ситуаций, которых в тысячи раз больше. Подсчитав на исследуемом объекте за относительно небольшое время количество конфликтных ситуаций в данном виде конфликта, переведя его в среднегодовое число  $n_{\text{кфс}}$  и перемножив на соответствующий коэффициент приведения  $\eta_{\text{кфс}}$  определяют вероятное число аварий за год  $P_a$  [12].

Однако полученный таким образом прогноз не всегда отличается высокой точностью, поскольку он не учитывает ряд факторов, связанных с аварийностью. Высказано предположение, что учет степени опасности конфликтных ситуаций и тяжести последствий аварий может повысить точность прогноза. Поэтому было признано целесообразным усовершенствовать метод конфликтных ситуаций, последовательно вводя в его расчетную модель степень опасности конфликтных ситуаций, тяжесть последствий аварий, порог чувствительности конфликта и нелинейную функцию пересчета числа приведенных конфликтных ситуаций в число приведенных аварий.

## 6.2. Исследование и разработка модели прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям

Для выполнения исследований принято динамическое приведение средней и тяжелой конфликтных ситуаций к легкой. Динамический коэффициент приведения  $K_{\text{пк}}$  определяется как отношение условной опасности (риска аварий  $R_a$ ) средней или тяжелой конфликтных ситуаций к условной опасности легкой конфликтной ситуации:

– для средней конфликтной ситуации:

$$K_{\text{пк}}^{\text{p}} = \frac{R_a^{\text{p}}}{R_a^{\text{m}}}; \quad (6.1)$$

– для тяжелой конфликтной ситуации:

$$K_{\text{пк}}^{\text{c}} = \frac{R_a^{\text{c}}}{R_a^{\text{m}}}, \quad (6.2)$$

где  $R_a^{\text{m}}$ ,  $R_a^{\text{p}}$ ,  $R_a^{\text{c}}$  – условная опасность (риск аварии) соответственно легкой, средней и тяжелой конфликтных ситуаций;

$K_{\text{пк}}^{\text{p}}$ ,  $K_{\text{пк}}^{\text{c}}$  – динамические коэффициенты приведения конфликтных ситуаций по степени их опасности, соответственно средних и тяжелых.

Среднегодовое число приведенных конфликтных ситуаций  $n'_{\text{кфс}}$  определяется по формуле

$$n'_{\text{кфс}} = \frac{n_{\text{кфс}}^{\text{m}} + n_{\text{кфс}}^{\text{p}} \cdot K_{\text{пк}}^{\text{p}} + n_{\text{кфс}}^{\text{c}} \cdot K_{\text{пк}}^{\text{c}}}{t_{\text{изм}}} \cdot \Phi_t, \text{ прив. кфс/год}, \quad (6.3)$$

где  $n_{\text{кфс}}^{\text{m}}$ ,  $n_{\text{кфс}}^{\text{p}}$ ,  $n_{\text{кфс}}^{\text{c}}$  – число зафиксированных за время измерения соответственно легких, средних и тяжелых конфликтных ситуаций;

$\Phi_t$  – годовой фонд времени, ч/год (см. таблицу 2.4);

$t_{\text{изм}}$  – время измерений конфликтных ситуаций, ч.

Подобным образом было выполнено и динамическое приведение аварий по тяжести последствий. Динамический коэффициент приведения аварий по конфликтным ситуациям,  $K_{\text{пак}}$  определяется как отношение условной тяжести аварии с ранением или со смертельным исходом к условной тяжести аварии с материальным ущербом:

– для аварии с ранением:

$$K_{\text{пак}}^p = \frac{E_a^p}{E_a^m}; \quad (6.4)$$

– для аварии со смертельным исходом:

$$K_{\text{пак}}^c = \frac{E_a^c}{E_a^m}, \quad (6.5)$$

где  $E_a^m$ ,  $E_a^p$ ,  $E_a^c$  – условная тяжесть (накопленная энергия разрушения) соответственно аварии с материальным ущербом, ранением и смертельным исходом;

$K_{\text{пак}}^p$ ,  $K_{\text{пак}}^c$  – динамические коэффициенты приведения аварий соответственно с ранением и смертельным исходом.

Среднегодовое число приведенных по конфликтным ситуациям аварий  $n'_a$  определяется по формуле

$$n'_a = n_a^m + n_a^p K_{\text{пак}}^p + n_a^c K_{\text{пак}}^c, \text{ прив. ав./год}, \quad (6.6)$$

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

Промежуточная формула для расчета прогнозируемого числа *приведенных* аварий  $P'_a$  приобрела следующий вид:

$$P'_a = n'_{\text{кфс}} \eta'_{\text{кфс}}, \text{ прив. ав./год}; \quad (6.7)$$

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

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

$\eta'_{\text{кфс}}$  – коэффициент перевода приведенных конфликтных ситуаций к приведенным авариям для каждого вида конфликта.

Затем коэффициент  $\eta'_{\text{кфс}}$  был заменен некой функцией перерасчета числа приведенных конфликтных ситуаций в число приведенных аварий и расчетная формула приобрела следующий вид:

$$P'_a = f(n'_{\text{кфс}} 10^{-3}), \text{ прив. ав./год}, \quad (6.8)$$

где  $f(n'_{\text{кфс}} 10^{-3})$  – функция пересчета числа приведенных конфликтных ситуаций в число приведенных аварий, отличающаяся для каждого вида конфликта.

Введено понятие порога чувствительности конфликта по конфликтным ситуациям  $d_{\text{кфс}}$  – наибольшее число приведенных конфликтных ситуаций в данной конфликтной точке, которое не вызывает в ней аварий (т.е. соответствует неоявлению хотя бы одной приведенной аварии за три года). Порог чувствительности отличается для каждого вида конфликта и отнимается от суммы приведенных конфликтных ситуаций в каждой конфликтной точке. Определение числа приведенных аварий стало проводиться по расчетному числу приведенных конфликтных ситуаций  $n''_{\text{кфс}}$ , которое определяется по формуле:

$$n''_{\text{кфс}} = n'_{\text{кфс}} - (k d_{\text{кфс}}) \Phi_i, \text{ прив. кфс/год}, \quad (6.9)$$

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

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

Получена расчетная формула определения прогнозируемого числа приведенных аварий имеет вид

$$P'_a = f(n''_{\text{кфс}} 10^{-3})_j, \text{ прив. ав./год}. \quad (6.10)$$

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

$$P_{ai} = \frac{P'_a \delta_{ak}^i}{K_{\text{пак}}^\Sigma}, \text{ ав./год}, \quad (6.11)$$

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

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

Для реализации новой расчетной модели необходимо определить численные значения динамических коэффициентов приведения  $K_{\text{пк}}^p$  и  $K_{\text{пк}}^c$ ,  $K_{\text{пак}}^p$  и  $K_{\text{пак}}^c$ ; порога чувствительности  $d_{\text{кфс}}$ ; функции перевода расчетных приведенных конфликтных ситуаций к приведенным авариям  $f(n''_{\text{кфс}})$  и долю аварий  $i$ -й тяжести последствий  $\delta_{ak}^i$  для каждого вида конфликта. С этой целью были выполнены расчетно-экспериментальные исследования, включающие получение и обработку статистической выборки аварий, экспериментальные измерения конфликтных ситуаций и поиск наилучших зависимостей приведенных аварий от приведенных конфликтных ситуаций.

Исследования проводились на 100 регулируемых перекрестках и 80 искусственных неровностях. Исследовались зависимости аварий от конфликтных ситуаций в шести видах конфликтов (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Типы и виды исследуемых конфликтов

Тип конфликта	Номер конфликта $N_i$	Схема конфликта	Вид конфликта
«Транспорт – транспорт»	1		Столкновение боковое
	2		Столкновение поворотное
	3		Столкновение попутное (маневровое)
	4		Столкновение с ударом сзади
«Транспорт – пешеход»	5a		Наезд, транзитный транспорт – пешеход ( $V \leq 30$ )
	5б		Наезд, транзитный транспорт – пешеход ( $V > 30$ )
	6		Наезд, поворотный транспорт – пешеход

Исследуемая выборка аварийности составила 3360 аварий за три года, в т.ч. 2946 с материальным ущербом, 395 с ранением и 19 со смертельным исходом. Исследуемая выборка конфликтных ситуаций составила 19995 штук за пять часов, в т.ч. 19019 легких, 871 средних и 105 тяжелых. **Анализ аварийности** был выполнен за три года, отдельно для каждого исследуемого объекта и для выборки в целом. Для каждого вида конфликта определялось общее число аварий и отдельно среднегодовое число аварий с материальным ущербом, ранением и смертельным исходом. Результаты анализа приведены в таблице 6.2.

**Экспериментальные исследования** проводились с целью определения количества и степени опасности конфликтных ситуаций. Наблюдатели-счетчики, прошедшие специальный инструктаж, в течение 5 часов светлого времени суток (примерно с 13 до 18 часов) наблюдали за работой исследуемого объекта.

Необходимый объем выборки по эксперименту определялся по формуле

$$n = \frac{t_{\beta}}{K^2} (1 + bK + cK^2), \quad (6.12)$$

где  $t_{\beta}$  – показатель надежности;

$K$  – показатель точности;

$b$  и  $c$  – коэффициенты.

Уровень надежности в данных исследованиях  $\beta = 0,95$ , что соответствует  $t_{\beta} = 1,96$  [218–220]. При этом  $b = 0,022$  и  $c = 0,69$ . Показатель точности определяется по формуле

$$K = \frac{\Delta}{\sigma}, \quad (6.13)$$

где  $\Delta$  – погрешность измерения;  
 $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение.

Таблица 6.2 – Исследуемая выборка аварий

Номер конфликта $N_j$	Схема конфликта	Среднегодовое число аварий $n_a$ и их доля $\delta_{ak}$ в выборке ( $n_a/\delta_{ak}$ )			
		Материальный ущерб	Ранение	Смертельный исход	$n_{a\Sigma j} / \Delta_{aj}$
1		115,333/0,867	16,000/0,120	1,667/0,013	133,000/0,119
2		189,000/0,904	19,333/0,093	0,667/0,003	209,000/0,187
3		188,000/0,981	3,333/0,017	0,333/0,002	191,667/0,171
4		479,333/0,970	13,667/0,028	1,333/0,002	494,333/0,441
5a		2,000/0,118	14,667/0,862	0,333/0,020	17,000/0,015
5б		6,000/0,103	50,333/0,868	1,667/0,029	58,000/0,052
6		2,333/0,137	14,333/0,843	0,333/0,020	17,000/0,015
Всего		982,000/0,877	131,667/0,117	6,333/0,006	1120,000/1,000

Примечание:  $\Delta_{aj}$  – доля аварий в данном виде конфликта от общего числа аварий в выборке,  $n_{a\Sigma}$ , ав./год;  $\Delta_{aj} = n_{a\Sigma j} / n_{a\Sigma}$ , где  $n_{a\Sigma j}$  – суммарное число аварий в данном виде конфликта, ав./год.

Количество измерений конфликтного взаимодействия двух участников дорожного движения должно быть не менее 764.

При возникновении конфликтной ситуации фиксировалось время и место (конфликтная точка) ее возникновения, вид конфликта и степень опасности. Затем определялось среднегодовое число конфликтных ситуаций для каждого вида конфликта по каждой степени опасности и в целом. Результаты измерений конфликтных ситуаций приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Исследуемая выборка конфликтных ситуаций (за 5 ч измерений)

Степень опасности	Число конфликтных ситуаций							
	$N_j$	1	2	3	4	5a	5б	6
	Схема							
Легкие		915	1712	5575	7686	823	1041	1267
Средние		143	137	108	240	28	170	45
Тяжелые		35	19	14	14	1	19	3
Всего		1093	1868	5697	7940	852	1230	1315

Целью *расчетных исследований* был поиск наилучших зависимостей приведенных аварий от расчетных приведенных конфликтных ситуаций для всех шести видов конфликта. Одновременно должны быть найдены искомые численные значения динамических коэффициентов приведения  $K_{ПК}^p, K_{ПК}^c, K_{пак}^p, K_{пак}^c$  и значения порога чувствительности  $d_{кфс}$ . Кроме того, для сопоставления точности прогноза *существующего* и *усовершенствованного* методов необходимо отыскать наилучшие зависимости, т.е. коэффициенты приведения  $\eta_{кфс}$ , неприведенных аварий от неприведенных конфликтных ситуаций, *адаптированные* к условиям Республики Беларусь (*адаптация* метода).

Результаты расчетно-экспериментальных исследований приведены в таблице 6.4. На рисунках 6.1–6.4 приведены зависимости аварийности от конфликтных ситуаций для двух видов конфликта, полученные по существующему и усовершенствованному методам. Как видно из таблицы 6.4 и рисунков 6.1–6.4, зависимости, полученные по усовершенствованному методу, статистически более значимы и имеют большую точность.

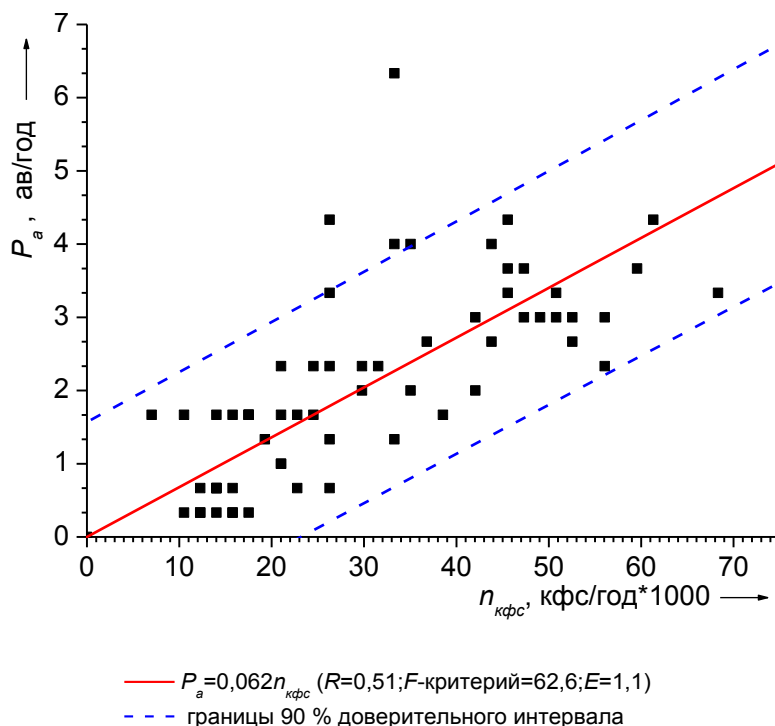


Рисунок 6.1 – Зависимость аварийности от конфликтных ситуаций (конфликт № 1, существующий метод)

На рисунке 6.5 для примера показано изменение значения коэффициента корреляции  $R$  при поэтапном совершенствовании расчетной модели прогнозирования аварийности для конфликта № 6.

Видно, что при введении в расчетную модель каждого нового фактора зависимость становится более тесной.



Таблица 6.4 – Результаты расчетно-экспериментальных исследований конфликтных ситуаций

№ конфликта N	Схема конфликта	Динамические коэффициенты ведения			Порог чувствительности, кфс/ч	K <sub>пак</sub> <sup>Σ</sup>	Доля аварий i-й тяжести			Расчетная функция для определения числа приведенных аварий P' <sub>a</sub> : P' <sub>a</sub> = f (n'' <sub>кфс</sub> 10 <sup>-3</sup> ), прив.ав./год	Статистика		
		кфс	кфс	кфс			δ <sub>a</sub> <sup>m</sup>	δ <sub>a</sub> <sup>p</sup>	δ <sub>a</sub> <sup>c</sup>		R	E	F
1		4	11	2	0,04	1,185	0,867	0,120	0,013	P' <sub>a</sub> = -0,00006(n'' <sub>кфс</sub> · 10 <sup>-3</sup> ) <sup>2</sup> + 0,129n'' <sub>кфс</sub> · 10 <sup>-3</sup> - 0,18	0,84	0,61	169,5
2		9	25	3	0,08	1,213	0,904	0,093	0,003	P' <sub>a</sub> = 0,113 n'' <sub>кфс</sub> 10 <sup>-3</sup> - 0,52	0,89	0,65	422,1
3		7	36	7	0,3	1,132	0,981	0,017	0,002	P' <sub>a</sub> = 0,00027(n'' <sub>кфс</sub> · 10 <sup>-3</sup> ) <sup>2</sup> + 0,04n'' <sub>кфс</sub> · 10 <sup>-3</sup> - 0,211	0,89	0,61	301,0
4		13	61	9	0,3	1,268	0,970	0,028	0,002	P' <sub>a</sub> = 0,073 n'' <sub>кфс</sub> · 10 <sup>-3</sup>	0,84	0,74	274,2
5а		V ≤ 30		32	72	10	18	0,08	0,020	P' <sub>a</sub> = 0,002(n'' <sub>кфс</sub> · 10 <sup>-3</sup> ) <sup>2</sup> + 0,067n'' <sub>кфс</sub> · 10 <sup>-3</sup> - 0,369	0,79	0,72	313,3
		V > 30		36	81	11	22	0,04	0,103	0,029	P' <sub>a</sub> = 0,00027(n'' <sub>кфс</sub> · 10 <sup>-3</sup> ) <sup>2</sup> + 0,038n'' <sub>кфс</sub> · 10 <sup>-3</sup> - 0,435	0,81	0,73
6		27	38	6	0,14	5,495	0,137	0,843	0,020	P' <sub>a</sub> = 0,067 n'' <sub>кфс</sub> · 10 <sup>-3</sup> - 0,406	0,82	0,68	373,7

Примечание: K<sub>пк</sub><sup>p</sup> и K<sub>пк</sub><sup>c</sup> – динамические коэффициенты приведения, соответственно средних и тяжелых конфликтных ситуаций к легкой; K<sub>пак</sub><sup>p</sup> и K<sub>пак</sub><sup>c</sup> – динамические коэффициенты приведения аварий, соответственно с ранением и смертельным исходом к авариям с материальным ущербом; δ<sub>a</sub><sup>m</sup>, δ<sub>a</sub><sup>p</sup>, δ<sub>a</sub><sup>c</sup> – доля аварий соответственно с материальным ущербом, ранением и смертельным исходом.

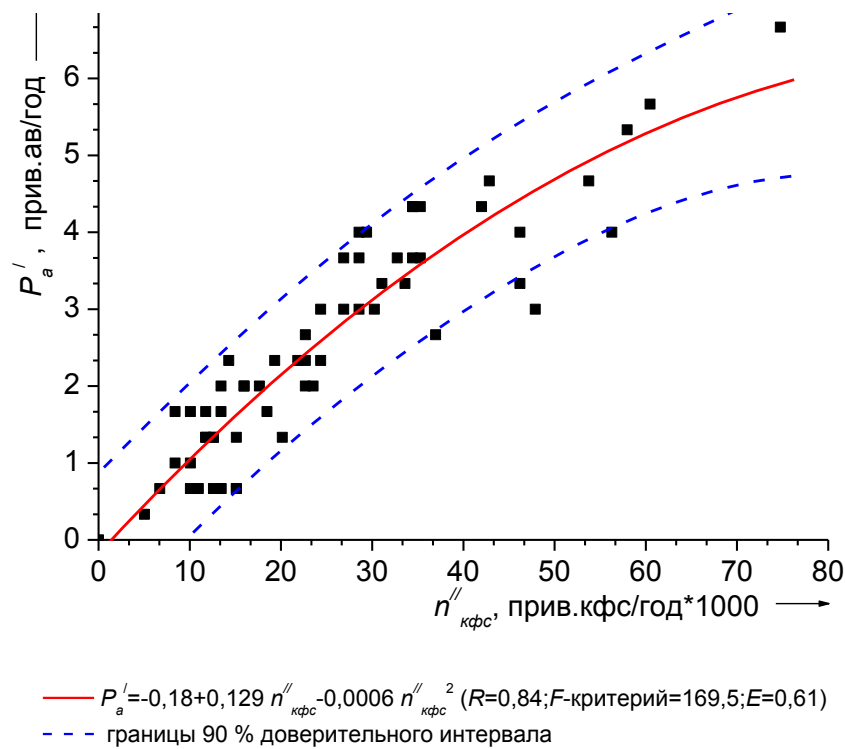


Рисунок 6.2 – Зависимость приведенной аварийности от приведенных конфликтных ситуаций (конфликт № 1, усовершенствованный метод)

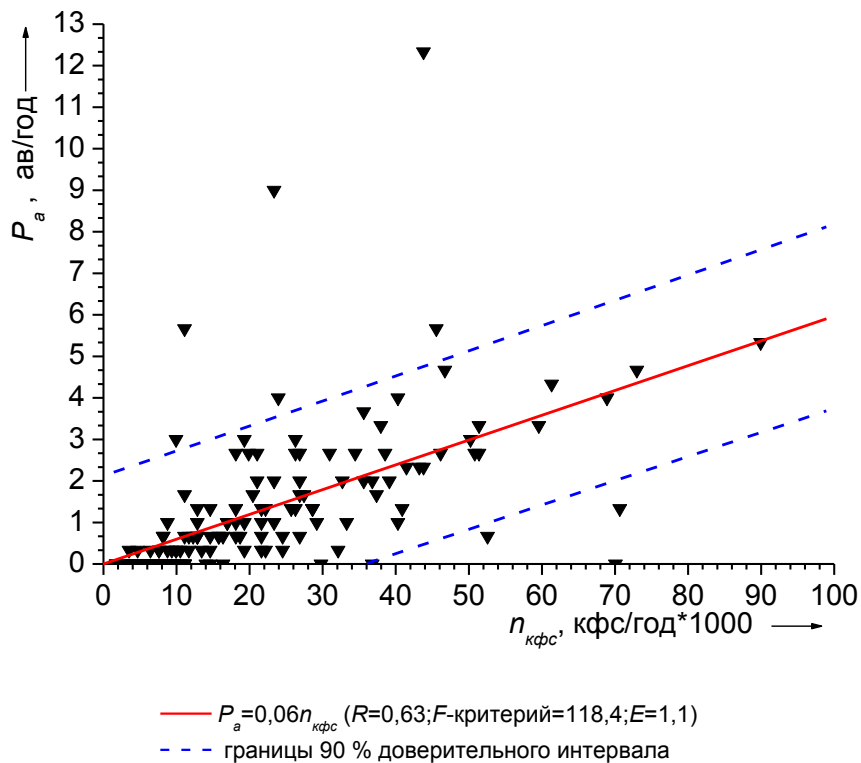


Рисунок 6.3 – Зависимость аварийности от конфликтных ситуаций (конфликт № 3, существующий метод)

Проведенные исследования показали, что имеются возможности дальнейшего совершенствования метода конфликтных ситуаций. В частности, возможна бóльшая детализация видов конфликта (например, пере-

сечение проезжей части пешеходами справа или слева), введение в расчетную модель фактора скорости и конфликтных зон.

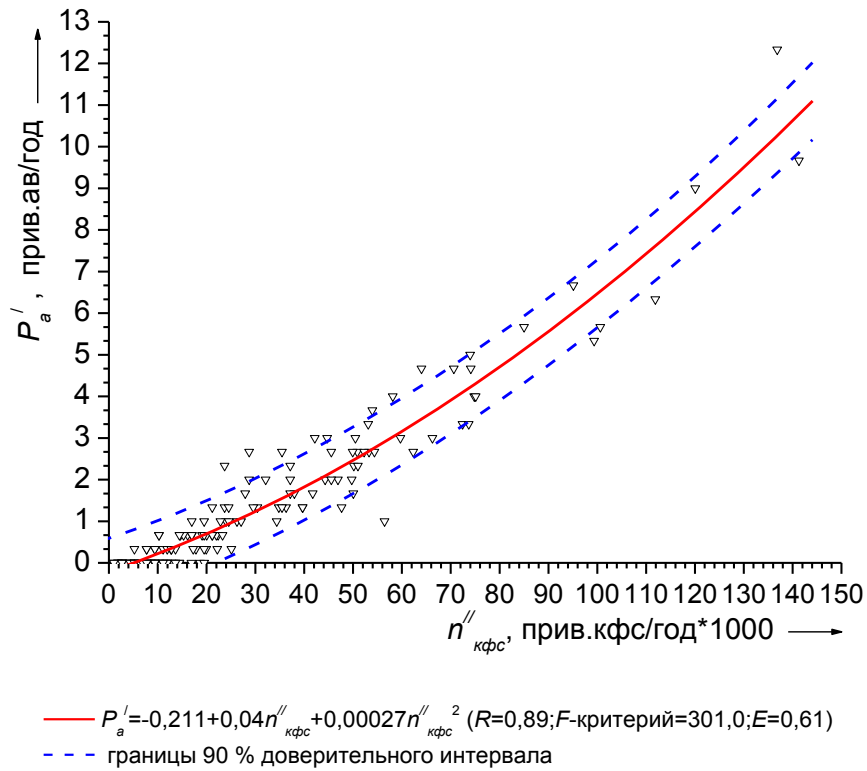


Рисунок 6.4 – Зависимость приведенной аварийности от приведенных конфликтных ситуаций (конфликт № 3, усовершенствованный метод)

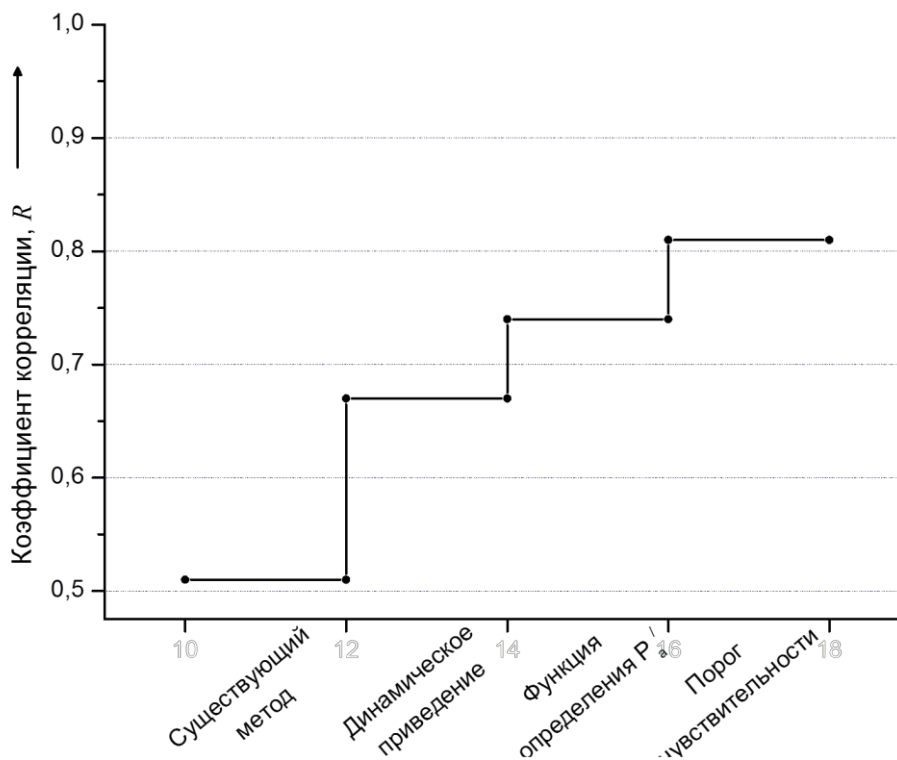


Рисунок 6.5 – Изменение коэффициента корреляции при исследовании зависимости аварийности от приведенных конфликтных ситуаций (пример, конфликт № 6)

### 6.3. Оценка адекватности разработанной модели

Оценка адекватности проводилась для существующего и усовершенствованного методов. Она была выполнена на пяти конкретных объектах г. Минска: трех регулируемых перекрестках и двух нерегулируемых пешеходных переходах, в зоне которых расположены искусственные неровности.

Для каждого исследуемого конфликтного объекта по всем версиям метода рассчитывалась прогнозируемая аварийность, которая затем сравнивалась с реально существующей.

На рисунках 6.6 и 6.7 в качестве примера показана аварийность (фрагмент очагового анализа) на двух исследуемых типовых объектах.

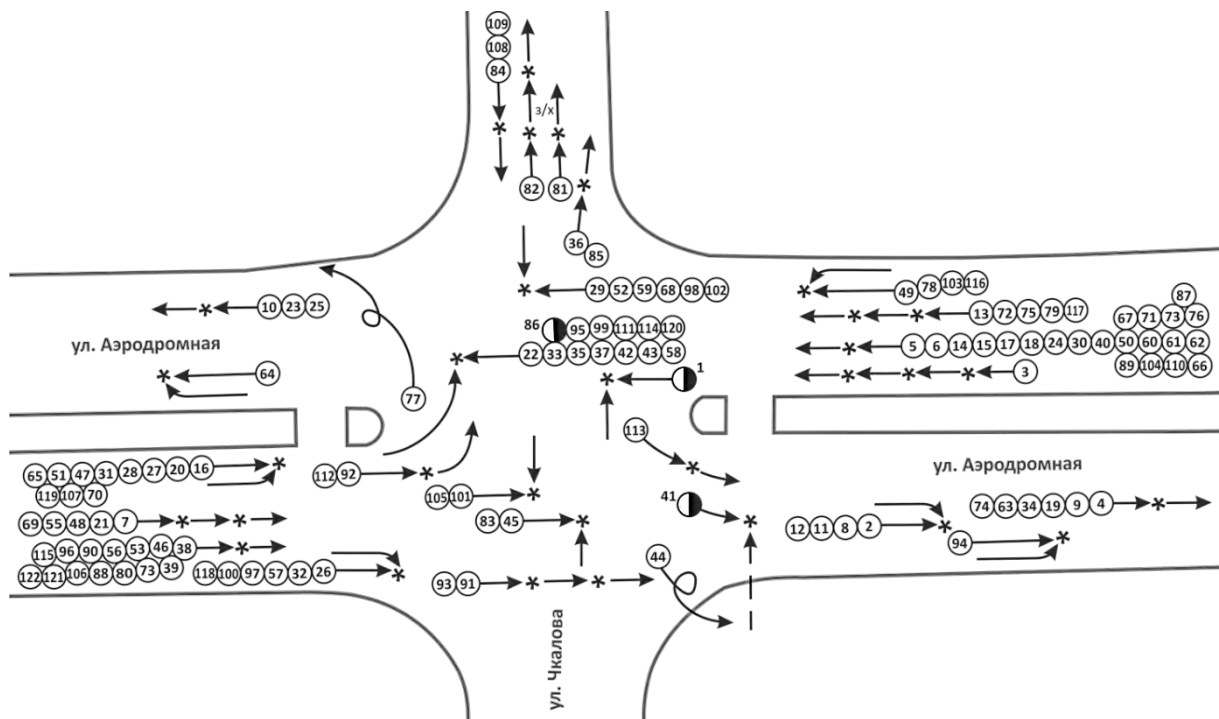


Рисунок 6.6 – Аварийность на перекрестке улиц Аэродромная и Чкалова, г. Минск (объект № 1)

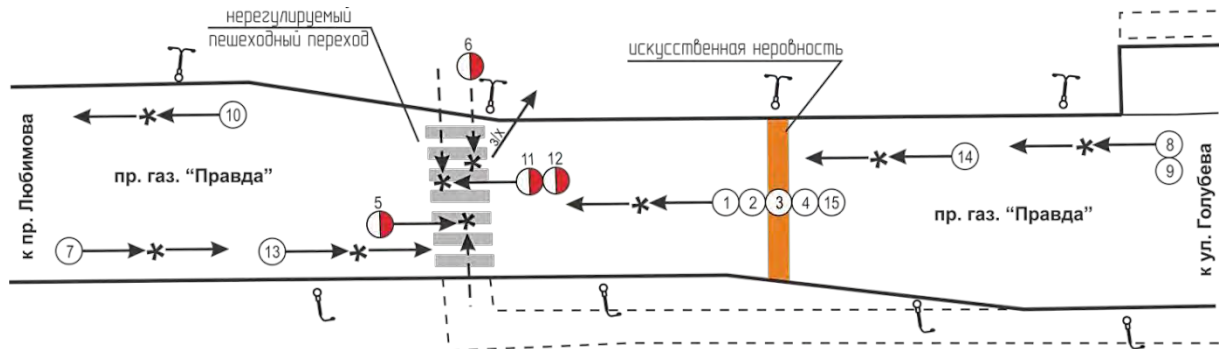


Рисунок 6.7 – Аварийность в зоне установки искусственной неровности по проспекту газеты «Правда», д. 40, г. Минск (объект № 4)

На исследуемых объектах для каждого типового конфликта определялось число аварий за три года с материальным ущербом и с ранением (со смертельным исходом аварий не было). Результаты приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Аварийность на исследуемых объектах

№ конфликта $N_j$	Схема конфликта	Число аварий за три года $n_a$			
		с материальным ущербом	с ранением	со смертельным исходом	Всего
1		23	3	0	26
2		51	7	0	58
3		44	0	0	44
4		132	1	0	133
5a		1	7	0	8
5б		0	1	0	1
6		0	1	0	1
Всего		251	20	0	271

На каждом объекте проведены измерения конфликтных ситуаций в течение 5 часов светлого времени суток (с 13 до 18 часов), при которых фиксировалось место возникновения конфликтных ситуаций, их количество, вид и степень опасности. Результаты приведены в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Результаты исследования конфликтных ситуаций

Классификация конфликтных ситуаций по степени опасности	Число конфликтных ситуаций за 5 часов						
	1	2	3	4	5a	5б	6
				$V \leq 30$	$V > 30$		
Легкие	69	43	104	184	41	56	23
Средние	11	23	19	37	4	1	1
Тяжелые	1	0	1	0	0	0	0
Всего	81	66	124	221	45	57	24

Затем были выполнены расчеты по определению прогнозируемого числа аварий и оценке точности прогноза по трем версиям метода – усовершенствованному, адаптированному и существующему (таблица 6.7). При этом для существующего метода расчеты выполнялись по коэффициентам  $\eta_{кфс}$ , взятым из литературных источников (таблица 1.4, Р. Браун, Ю. Врубель). Расчеты выполнялись для каждого вида конфликта и в целом для исследуемого объекта. При этом ошибки прогноза суммарно для каждого вида конфликта, объекта и для всего метода определялись как средне-взвешенные частных значений по фактическому числу аварий.

Результаты расчетно-экспериментальных исследований по оценке адекватности усовершенствованного метода (*поконфликтно*) приведены в таблице 6.8.

Результаты исследований по оценке адекватности усовершенствованного метода (*пообъектно*) приведены в таблице 6.9.






Таблица 6.7 – Значения коэффициента приведения  $\eta_{\text{кфс}}$ , принятые в расчетах по оценке адекватности (см. таблицу 1.4)

№ конфликта $N_j$	Схема конфликта	Значения коэффициента приведения $\eta_{\text{кфс}} 10^{-5}$		
		Ю. Врубель	Р. Браун	Автор
1		–	11,9	6,2
2		–	13,0	18,4
3		–	5,1	6,0
4		–	7,0	9,1
5a		3,0	–	2,9
5б		8,0	–	7,4
6		2,0	–	2,7

Таблица 6.8 – Результаты прогнозирования аварийности по усовершенствованному (*м*), адаптированному (*д*) и существующему (*л*) методам (*поконфликтно*)

Конфликт		Исследуемые параметры														
		Поконфликтно							Суммарно по конфликту		Суммарно по методу					
$N_j$	Схема	$N_{oi}$	$n_{\text{кфс}}^m$	$n_{\text{кфс}}''$	$n_a^m$	$n_a^p$	$n_a^c$	$P_a$	$P_{ad}$	$P_{al}$	$\delta'$	$\delta_d$	$\delta_l$	$1/\Delta'_d$	$1/\Delta'_l$	$1/\Delta_l^d$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
1		1	25	32256	8	3,33	3,36	0,009	0,059	8,69	0,144	4,19				
			1	22680	1	3,00	1,41	0,531					0,513	1,12	0,604	4,46
			1		0		2,70	0,100					0,066	0,13	0,643	1,07
		2	17	23016	5	2,33	2,47	0,060	0,066	0,13	0,643	1,07				
			3	16800	1	2,00	1,04	0,480								
			0		0		2,00	0								
		3	27	44856	10	4,00	4,40	0,100								
			7	28560	1	3,67	1,77	0,518								
			0		0		3,40	0,074								

Продолжение таблицы 6.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
2		1	7 5 1	61992 10920	12 1 0	5,00 4,33	6,48 2,01 1,42	0,296 0,536 0,672	0,111 0,480 0,632	4,32 5,69 1,32			
		2	14 5 0	46872 15960	13 1 0	5,33 4,67	4,78 2,94 2,07	0,103 0,370 0,557					
		3	22 11 1	119952 27720	26 5 0	13,67 10,33	13,03 5,10 3,60	0,047 0,506 0,651					
3		1	27 14 0	118440 34440	27 0 0	9,00	8,31 2,07 1,76	0,076 0,770 0,804	0,108 0,618 0,669	5,72 6,19 1,08			
		2	13 3 1	48720 14280	9 0 0	3,00	2,38 0,86 0,73	0,207 0,714 0,757					
3		3	43 2 0	47880 37800	8 0 0	2,67	2,32 2,27 1,93	0,131 0,150 0,277					
		4	5 0 0	0 3600	0 0 0	<0,33	0 0 0	0 0 0					
		5	16 0 0	7200 11520	0 0 0	<0,33	0 0 0	0 0 0					
4		1	28 16 0	188160 36960	51 0 0	17,00	13,73 3,36 2,59	0,193 0,802 0,848	0,216 0,637 0,720	2,95 3,33 1,13	0,144 0,604 0,643	4,19 4,46 1,07	
		2	31 9 0	114240 33600	35 0 0	11,67	8,34 3,06 2,35	0,285 0,738 0,798					
		3	57 8 0	125160 54600	31 0 0	10,33	9,14 4,97 3,82	0,115 0,519 0,630					
		4	56 0 0	36000 40320	11 0 0	3,67	2,63 3,67 2,82	0,283 0,000 0,232					
		5	12 4 0	41760 11520	4 1 0	4,33 1,67	3,05 1,05 0,81	0,296 0,371 0,515					
5a	 (V ≤ 30)	4	27 2 0	64368 20880	1 4 0	13,67 1,63	12,23 0,60 0,62	0,105 0,641 0,629	0,087 0,648 0,636	7,45 7,32 0,98			
		5	14 2 0	55008 11520	0 1 0	10,00 1,00	9,37 0,33 0,34	0,063 0,670 0,640					

Окончание таблицы 6.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5б	→   (V > 30)	1	6 0 0	4368 5040	0 0 0	<0,33	0 0,372 0,403	0 0,127 0,221	0,200 2,469 2,789	12,34 13,95 1,13		
		2	36 1 0	59808 31080	0 1 0	3,67 0,33	2,80 2,30 2,48	0,236 5,969 6,515				
		3	14 0 0	11088 11760	0 0 0	<0,33	0 0,87 0,94	0 1,636 1,848				
6	→ → →	1	16 1 0	31416 14280	0 1 0	2,00 0,33	1,70 0,385 0,286	0,150 0,157 0	0,113 0,158 0,142	1,40 1,26 0,90	0,144 0,604 0,643	4,19 4,46 1,07
		2	3 0 0	0 2520	0 0 0	<0,33	0 0 0	0 0 0				
		3	4 0 0	0 3360	0 0 0	<0,33	0 0 0	0 0 0				

Примечания: Приняты следующие обозначения:

$i$  – число исследуемых объектов, на которых зафиксированы конфликтные ситуации исследуемого конфликта;

$j$  – число видов конфликтов;

$N_j$  – номер вида конфликта;

$N_{oi}$  – номер исследуемого объекта;

$n_{\text{кфс}}^m, n_{\text{кфс}}^p, n_{\text{кфс}}^c$  – число измеренных (за 5 часов) конфликтных ситуаций соответственно легких, средних и тяжелых;

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

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

$n_a^m, n_a^p, n_a^c$  – число аварий (за 3 года) соответственно с материальным ущербом, ранением и смертельным исходом, ав./3 года;

$n'_a$  – среднегодовое число приведенных аварий, прив.ав./год;

$n_a$  – среднегодовое число неприведенных аварий, ав./год;

$P'_a$  – прогнозируемое по усовершенствованному методу среднегодовое число приведенных аварий, прив.ав./год;

$P_a$  – прогнозируемое по адаптированному и существующему методам среднегодовое число неприведенных аварий, ав./год;

$\delta', \delta_d, \delta_l$  – относительная погрешность прогноза. Для суммарных значений определялась как средневзвешенная (по авариям) частных значений.

$\delta'$  – относительная погрешность прогноза по усовершенствованному методу:

$$\delta' = \frac{P - n'_a}{n'_a};$$

$\delta_d$  – относительная погрешность прогноза по адаптированному методу:  $\delta_d = \frac{P - n_a}{n_a};$



$\delta_l$  – относительная погрешность прогноза по существующему методу:  $\delta_l = \frac{P_a - n_a}{n_a}$ ;

$\Delta$  – сравнительная погрешность прогноза:

$\Delta'_d$  – усовершенствованного метода по отношению к адаптированному:  $\Delta'_d = \frac{\delta'_d}{\delta_d}$ ;

$\Delta'_l$  – усовершенствованного метода по отношению к существующему:  $\Delta'_l = \frac{\delta'_l}{\delta_l}$ ;

$\Delta^a_l$  – сравнительная погрешность прогноза адаптированного метода по отношению к существующему:  $\Delta^a_l = \frac{\delta^a_l}{\delta_l}$ .

Таблица 6.9 – Результаты прогнозирования аварийности по усовершенствованному ('), адаптированному (d) и существующему (l) методам (пообъектно)

$N_{oi}$	Конфликтные ситуации			Аварии			Значение оценок			
	$n_j$	$n_{кфс}^m$ $n_{кфс}^p$ $n_{кфс}^c$	$n''_{кфс}$ $n_{кфс}$	$n_a^m$ $n_a^p$ $n_a^c$	$n'_a$ $n_a$	$P'_a$ $P_{ad}$ $P_{al}$	$\delta'_d$ $\delta_d$ $\delta_l$	$1/\Delta'_d$ $1/\Delta'_l$ $1/\Delta^a_l$	$\delta'_l$ $\delta_l$ $\delta_l$	$1/\Delta'_l$ $1/\Delta'_l$ $1/\Delta^a_l$
1	6	103 37 2	436634 124320	98 3 0	36,33 35,33	33,58 9,61 9,16	0,179 0,694 0,706	3,88 3,94 1,02	0,149 0,605 0,595	4,06 3,99 0,99
2	6	114 21 1	292656 113240	59 3 0	26,00 21,67	20,77 10,20 9,73	0,212 0,710 0,534	3,35 2,52 0,75		
3	6	127 28 1	348936 163800	71 6 0	30,67 27,00	28,89 11,98 13,49	0,084 0,496 0,550	5,90 6,55 1,11	0,149 0,605 0,595	4,06 3,99 0,99
4	3	88 2 0	100368 94900	12 4 0	17,33 5,33	14,86 4,28 3,45	0,143 0,200 0,355	1,40 2,48 1,77		
5	3	42 2 0	54468 34560	4 2 0	14,33 2,67	12,42 1,38 1,15	0,109 0,482 0,568	4,42 5,21 1,18		

Примечание:  $n_j$  – число видов конфликтов на исследуемом объекте. Остальные обозначения приведены в таблице 6.8.

Как следует из приведенных таблиц, усовершенствованный метод в сравнении с существующим обладает более высокой точностью прогноза, как для каждого вида конфликта, так и для каждого исследуемого объекта – в среднем в 4 раза, и является пригодным для применения в практике орга-

низации дорожного движения. Что касается адаптации метода к условиям Республики Беларусь, то она не привела к значимым результатам, поскольку полученное изменение точности прогноза (в среднем от  $-1$  до  $+7$  %) находится в пределах расчетной погрешности.

#### 6.4. Модель оперативной контрольной оценки аварийности при внедрении мероприятий

Непосредственно после внедрения мероприятия на реально существующем объекте (на новых или реконструируемых объектах – через 5–7 дней) проводится измерение конфликтных ситуаций в течение 5 часов светлого времени суток (примерно с 13 до 18 часов) рабочего дня недели. На больших четырехсторонних перекрестках измерения проводят два наблюдателя, на трехсторонних или небольших четырехсторонних перекрестках и искусственных неровностях – один. Наблюдатели должны располагаться на расстоянии 15–25 м от исследуемого объекта, чтобы уверенно держать в поле зрения либо свой сектор, либо весь объект (рисунок 6.8).

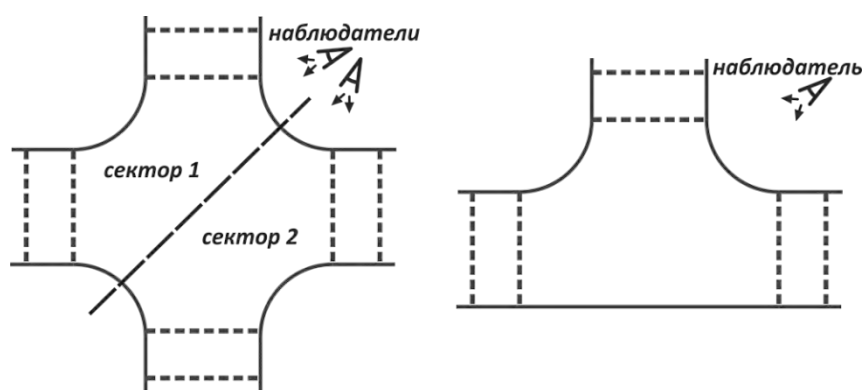


Рисунок 6.8 – Схема расположения наблюдателей при измерении конфликтных ситуаций

Наблюдатели должны пройти специальный инструктаж с видеопозом, чтобы они могли уверенно идентифицировать конфликтные ситуации, разделяя их на легкие, средние и тяжелые. При возникновении конфликтной ситуации наблюдатель отмечает ее место на плане объекта, вид конфликта, степень опасности и время. Желательно, чтобы оба наблюдателя находились в постоянном контакте – это позволит в случае необходимости обсудить спорную ситуацию и прийти к согласованному мнению.

Расчет прогнозируемого числа аварий проводится в следующей последовательности. Для каждого вида конфликта в пределах всего исследуемого объекта определяется число конфликтных ситуаций всех трех степеней опасности (легкой, средней и тяжелой) и рассчитывается среднегодовое число расчетных приведенных конфликтных ситуаций  $n''_{кфс}$  (см. п. 62). Вероятное число приведенных аварий для каждого вида конфликта  $P'_{aj}$  определяется по формуле

$$P'_{aj} = f(n''_{\text{кфс}j} \cdot 10^{-3})_j, \text{ прив.ав./год}, \quad (6.14)$$

где  $f(n''_{\text{кфс}j} \cdot 10^{-3})_j$  – функция перевода расчетного числа приведенных конфликтных ситуаций к приведенным авариям для  $j$ -го вида конфликта (см. таблицу 6.4);

$n''_{\text{кфс}j}$  – среднегодовое расчетное число приведенных конфликтных ситуаций для  $j$ -го вида конфликта, прив. кфс./год.

Вероятное число неприведенных аварий  $P_a$  для  $j$ -го вида конфликта определяется по формуле

$$P_a = \frac{P'_a}{K_{\text{пак}}^\Sigma}, \text{ ав./год}, \quad (6.15)$$

где  $K_{\text{пак}}^\Sigma$  – суммарный динамический коэффициент приведения аварий по тяжести последствий (см. табл. 6.4):

$$K_{\text{пак}}^\Sigma = \delta_{\text{ак}}^m + \delta_{\text{ак}}^p K_{\text{пак}}^p + \delta_{\text{ак}}^c K_{\text{пак}}^c. \quad (6.16)$$

Вероятное число неприведенных аварий каждой тяжести последствий определяется по формулам:

$$P_a^m = P_a \delta_{\text{ак}}^m, \text{ ав./год}; \quad (6.17)$$

$$P_a^p = P_a \delta_{\text{ак}}^p, \text{ ав./год}; \quad (6.18)$$

$$P_a^c = P_a \delta_{\text{ак}}^c, \text{ ав./год}, \quad (6.19)$$

где  $P_a^m$ ,  $P_a^p$ ,  $P_a^c$  – число аварий в  $j$ -м виде конфликта соответственно с материальным ущербом, ранением и смертельным исходом.

$\delta_{\text{ак}}^m$ ,  $\delta_{\text{ак}}^p$ ,  $\delta_{\text{ак}}^c$  – доля аварий в  $j$ -м виде конфликта соответственно с материальным ущербом, ранением и смертельным исходом (см. таблицу 6.4).

В заключение суммируются все аварии по всем видам конфликтов в пределах исследуемого объекта. В некоторых случаях, когда явно нет необходимости проводить контрольное прогнозирование аварийности по всему объекту, можно ограничиться прогнозированием в отдельной конфликтной зоне или даже в отдельном виде конфликта.

Результаты сверяются с данными прогнозирования, полученными по методу «Конфликтных зон», принятыми в качестве исходных для выбора решений. В случае значимых расхождений в худшую сторону через не-

сколько дней делается повторная оценка и если результаты подтверждаются, то производится выяснение причин и внедряемое мероприятие корректируется.

Кроме того, наблюдатели должны обращать внимание и на другие, кроме безопасности, стороны функционирования исследуемого объекта – возникновение очередей автомобилей, нарушение Правил водителями и пешеходами, и т.д. (см. п. 3.1.2). В случае обнаружения подобных недостатков, они должны быть зафиксированы и подвергнуты детальному анализу с возможной корректировкой внедряемого мероприятия.

## 6.5. Выводы по разделу

1. 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.

Установлены значения коэффициента приведения конфликтных ситуаций к авариям, учитывающие закономерности конфликтного движения в городских очагах аварийности Республики Беларусь, для всего спектра видов конфликтов на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях, расположенных в зоне нерегулируемых пешеходных переходов.

2. Усовершенствован метод конфликтных ситуаций прогнозирования аварийности, *отличающийся* новой математической моделью прогнозирования аварийности в конфликтах «транспорт – транспорт» и «транспорт – пешеход» (для шести видов конфликтов), в которой учтено динамическое приведение конфликтных ситуаций по степени опасности, динамическое приведение аварий по тяжести последствий, порог чувствительности конфликта и нелинейная зависимость между динамически приведенными авариями и динамически приведенными конфликтными ситуациями, *позволяющий* повысить точность прогноза, в среднем в 4 раза по сравнению с существующим методом, сделать его приемлемым для практического применения при оперативной оценке эффективности внедряемых мероприятий. Разработанная модель оперативной контрольной оценки аварийности позволяет 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 ( $F$ -критерий  $\geq 169$ ;  $R \geq 0,79$ ;  $E \leq 0,74$ ).

3. Представляется возможным и целесообразным дальнейшее совершенствование метода конфликтных ситуаций прогнозирования аварийности путем более детальной классификации конфликтов по видам и введения в расчетную модель прогнозирования новых факторов, влияющих на аварийность, в частности, скорости движения и конфликтных зон.

## РАЗДЕЛ 7. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДАХ

Многолетние исследования дорожного движения позволили наметить и, в ряде случаев, разработать рекомендации и внедрить предложения по совершенствованию организации дорожного движения и технические средства регулирования, нормативной базы с целью повышения качества дорожного движения, в первую очередь, его безопасности.

Ниже, в качестве примера, приведены некоторые из них.

### 7.1. Рекомендации по повышению качества дорожного движения на регулируемых перекрестках

Разработаны рекомендации и внедрены различные технические, планировочные и организационно-технические решения по повышению безопасности и качества дорожного движения *на регулируемых перекрестках*, касающиеся отдельных параметров светофорного регулирования, совершенствования светофорного регулирования путем оптимизации продолжительности переходного интервала в светофорном цикле, улучшения информированности и своевременного оповещения водителей о предстоящей смене сигналов светофора, разделения транспортных и пешеходных потоков, дорожных условий, транспортной планировки и технических средств организации дорожного движения.

**Информация об условиях движения на объекте.** Чтобы избежать неожиданных для водителя, как правило, экстренных маневров, нередко приводящих к авариям, необходима надлежащая информация, поданная водителю своевременно. Здесь речь не идет о состоянии проезжей части, обустройстве и технических средствах регулирования – в этой части имеется достаточно нормативов, безусловное выполнение которых способствует безаварийному движению. Речь идет об особенностях планировки объекта и организации движения.

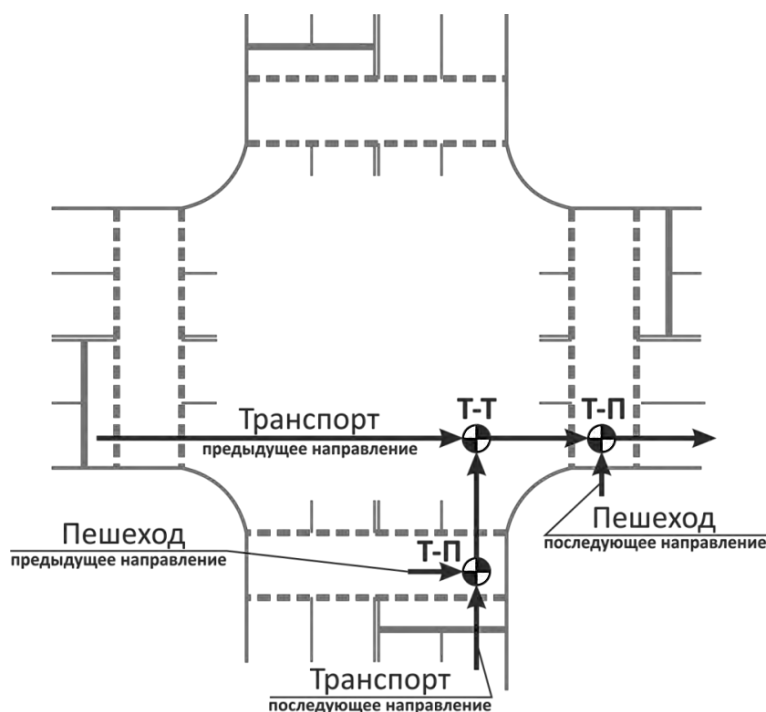
Информирование должно быть полным и однозначным, рассчитанным на неместного водителя. Если на перекрестке имеется нестандартная планировка или введены какие-либо предписания либо ограничения, отличные от общепринятых, об этом своевременно, примерно за 6 с, должен быть проинформирован водитель, как правило, с помощью дорожных знаков индивидуального проектирования, возможно с дублированием.

При подъезде к первому светофорному объекту на въезде в город (со стороны въезда), особенно с многополосной загородной магистрали, водители, по инерции, движутся на повышенной скорости, что опасно. Как показывают исследования, такие входы значительно аварийнее, и в модели прогнозирования аварийности даже введен соответствующий поправочный коэффициент. Поэтому дополнительно к приведенному выше знаку инди-

видуального проектирования, устанавливаемому в данном случае даже перед стандартным перекрестком, рекомендуется установить плакат типа: «Водитель, ты уже в городе, скорость 60 км/ч», «Водитель, проверь свою скорость» или «Водитель, посмотри на спидометр».

**Переходной интервал.** Переходной интервал в светофорном цикле – это время от момента *выключения* зеленого сигнала в предыдущем направлении до момента *включения* зеленого сигнала в последующем конфликтном направлении. Он необходим для бесконфликтной передачи приоритета от одного направления к другому. За это время последние транспортные средства предыдущего направления должны освободить все конфликтные точки до того, как к ним подойдут первые транспортные средства последующего направления. В отличие от других параметров светофорного цикла переходной интервал должен быть *не меньше и не больше* требуемого. Однако, на практике, если недостаточные переходные интервалы встречаются редко, то избыточные – довольно часто.

Ясно, что если переходной интервал недостаточен, то в «критических» конфликтных точках (самых удаленных для предыдущего направления и самых ближних для последующего направления, (рисунок 7.1)) вероятность одновременного нахождения двух конфликтующих участников относительно высока, и тогда наблюдается видимый всплеск аварийности. Если же переходной интервал избыточен, то он также приносит вред, причем по двум причинам, хотя этот вред и невидимый, замаскированный.



- ⊕ – конфликтная точка; Т-Т – конфликт «транспорт – транспорт»;
- Т-П – конфликт «транспорт – пешеход»

Рисунок 7.1 – Схема расположения «критических» конфликтных точек при передаче приоритета на регулируемом перекрестке

Во-первых, местные водители, а их подавляющее большинство (в пределах 95 %), зная о завышенном переходном интервале, сознательно нарушают Правила – одни трогаются чуть раньше включения своего зеленого сигнала (опережение), а другие продолжают движение чуть позже выключения своего зеленого сигнала (запаздывание). В результате, при избыточном переходном интервале аварийность в межфазном режиме движения также имеется.

Во-вторых, избыточный переходной интервал отнимает несколько (как правило, 2–3) секунд у зеленых сигналов – а это 5–10 % от их продолжительности, что увеличивает загрузку полосы движением, вызывающую увеличение экономических и экологических потерь и одновременно аварийности. Поэтому следует очень строго относиться к выбору переходного интервала, не допуская ни его занижения, ни его завышения.

**Допустимость внутрифазных конфликтов.** Речь идет о допустимости конфликтного левоповоротного движения и встречного транзитного транспортных потоков в одной фазе светофорного цикла. Действующий норматив [20] допускает такое движение, если интенсивность левоповоротного потока не превышает 120 авт./ч. При двухфазном светофорном цикле, равном примерно 60 с, который характерен для пересечений малонагруженных двухполосных улиц, в одном цикле будут поворачивать лишь два автомобиля, и они всегда могут сделать поворот, даже в самом конце фазы, уже на желтый сигнал. При этом интенсивность встречного конфликтующего транспортного потока и загрузка его полос движением совершенно не учитывается. Эта норма не совсем корректная и сильно устарела.

Сегодня продолжительность светофорного цикла, равная примерно 60 с, применяется только в малых городах или на изолированных перекрестках малонагруженных улиц других городов. На основных улицах больших, крупных и крупнейших городов применяются светофорные циклы продолжительностью, как правило, от 70 до 100 с, т.е. за цикл собирается уже в среднем не два, а три и более левоповоротных автомобилей, которые никак не успевают пройти на желтый сигнал. Кроме того, переходным интервалом, в состав которого входит и желтый сигнал, на равных правах пользуются и транзитные потоки, которым левоповоротные должны уступать дорогу. В результате левоповоротные потоки вынуждены завершать поворот уже в «чужой» фазе, когда перекресток отдан пересекающим потокам. Это дезорганизует работу перекрестка, приводит к спешке, экстренному маневрированию и увеличивает аварийность не только в конфликте «столкновения поворотные», но и в конфликте «столкновения с ударом сзади и попутные», что часто имеет место на наших регулируемых перекрестках.

Эта норма должна быть изменена и допустимость внутрифазного левоповоротного конфликта следует определять обязательно с учетом интенсивности движения встречного транзитного потока и загрузки его полос движением. Следует исходить из физической возможности совершения

конфликтного левого поворота, для чего во встречном транзитном потоке должно быть достаточное число приемлемых интервалов (рисунок 7.2).

Кроме физической возможности совершения маневра необходимо учитывать экономические и экологические аспекты работы перекрестка. В частности, при некоординированном регулировании нельзя допускать предельной загрузки полос движением (коэффициент загрузки  $X \leq 0,85$ ), в противном случае будут иметь место не только чрезмерные экономические и экологические потери, но и повышенная аварийность. Эти и другие факторы необходимо учитывать при выборе структуры светофорного цикла и оптимизации светофорного регулирования.

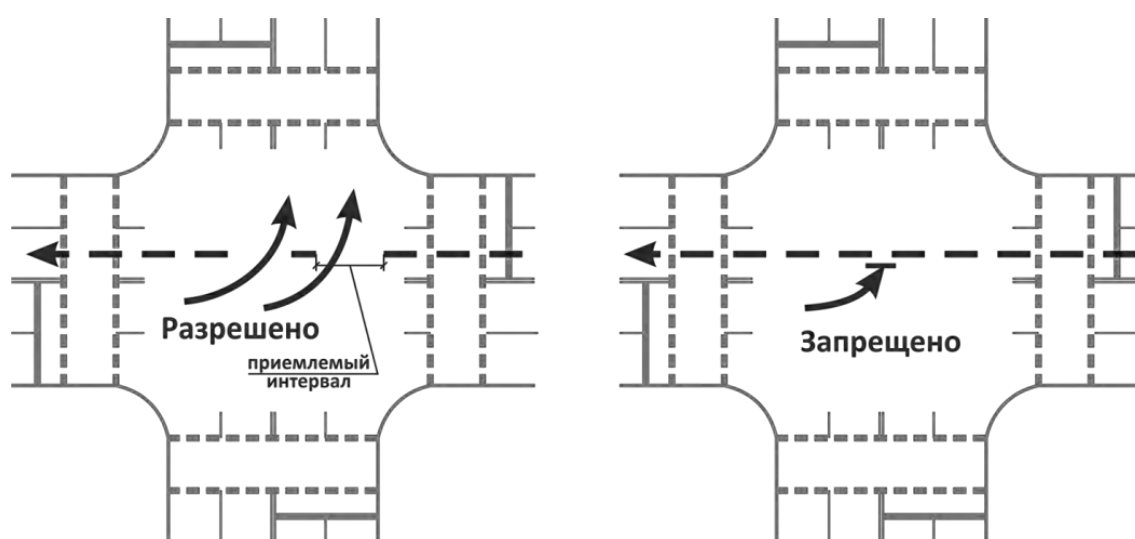


Рисунок 7.2 – Возможность совершения левого поворота в зависимости от наличия приемлемых интервалов во встречном транзитном транспортном потоке

Величина приемлемого интервала и их количество зависит от числа полос и интенсивности движения встречного транзитного потока, скорости его движения, состава транспортного потока (наличия грузовых и большегрузных автомобилей), продолжительности горения зеленого сигнала и его доли в светофорном цикле.

Чтобы уменьшить время ожидания левоповоротными транспортными средствами приемлемого интервала в главном конфликтующем потоке, последний следует пускать с возможно большего числа полос. На рисунке 7.3 показан пример специализации полос для движения правоповоротных и левоповоротных транспортных потоков за счет выделения полос дорожной разметкой.

При необходимости снижения скорости движения прямых потоков они могут отклоняться (рисунок 7.4).



Зона проведения работ

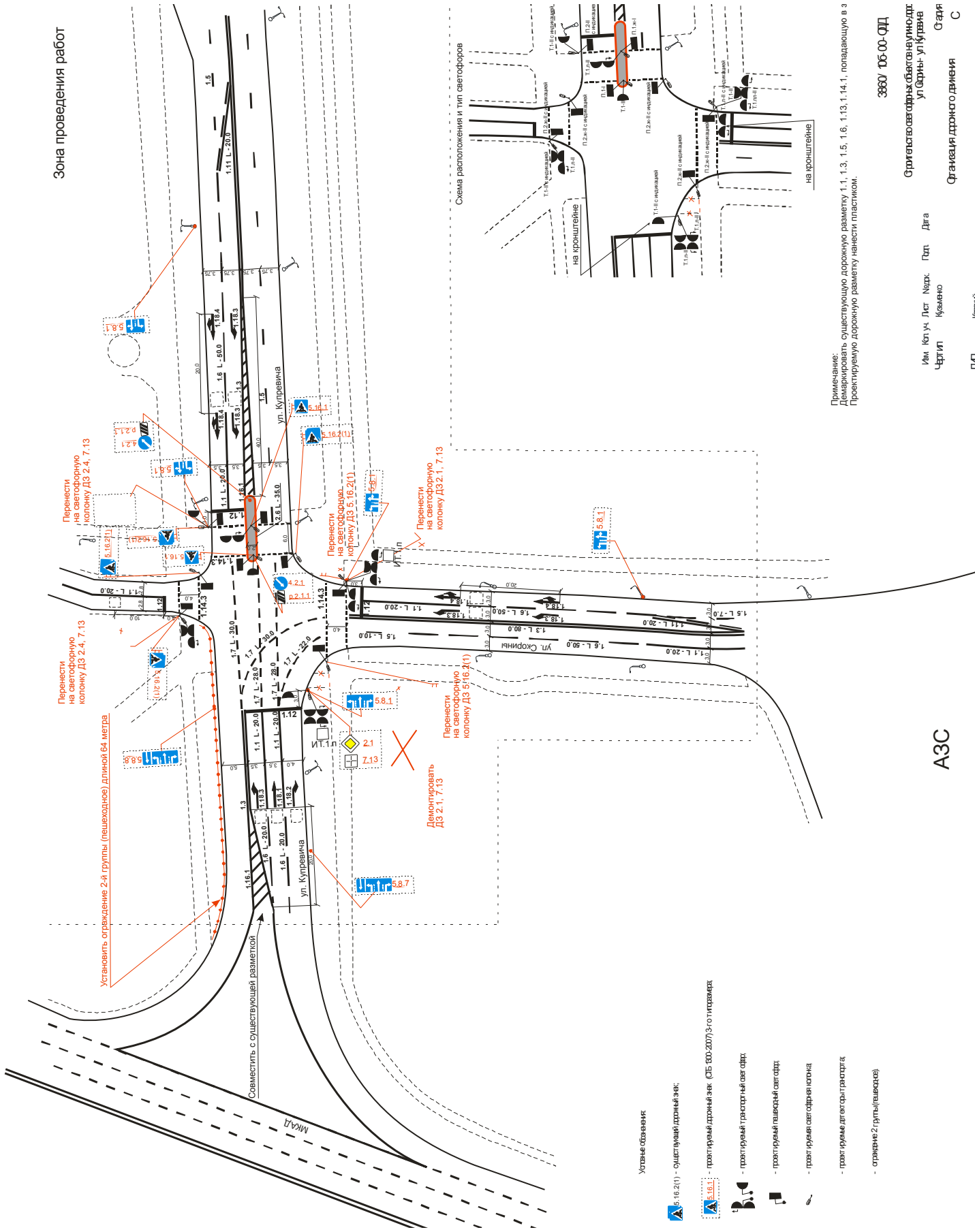


Рисунок 7.3 – Схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Скорины–ул. Купревича, г. Минск

3860/ 106.00.01Д  
 Строительство объектов в районе:  
 ул. Скорины – ул. Купревича  
 Организация дорожного движения  
 Страница  
 С

Имя, Коп. Уч. Лист, Назв. Под. Дата  
 Черт. Исполн.  
 ГИП Кетвий

А3С

Примечание:  
 Демаркировать существующую дорожную разметку 1.1, 1.3, 1.5, 1.6, 1.13, 1.14, 1.14.1, попадающую в зону проектируемой дорожной разметки нанести пластиком.

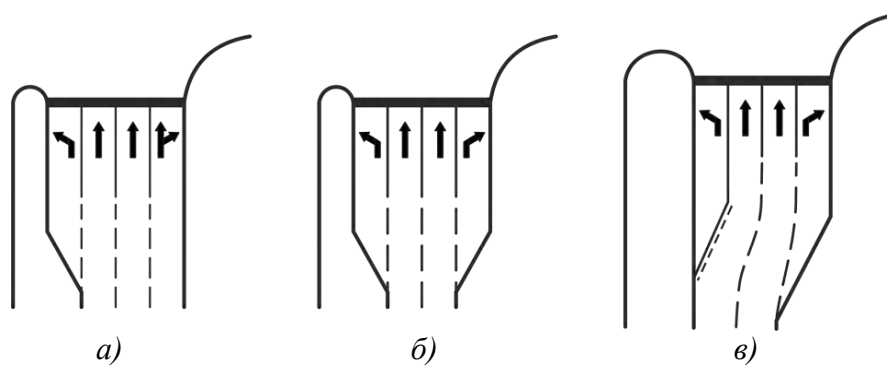


Рисунок 7.4 – Варианты организации поворотного движения

Рекомендуется схему (рисунок 7.4, а) реализовывать при бесконфликтном движении правоповоротных транспортных и пешеходных потоков, схему (рисунок 7.4, б) – при наличии в фазе светофорного цикла времени, при котором осуществляется конфликтное взаимодействие правоповоротных транспортных и пешеходных потоков (без возможности отнесения пешеходных переходов и организации рядного размещения автомобилей перед условной второй стоп-линией – перед ближайшей границей пешеходного перехода); схему (рисунок 7.4, в) – при необходимости снижения (на 10–15 %) скорости движения прямых потоков. Такая необходимость, например, может быть вызвана, если второстепенная улица имеет схожие технические параметры с главной улицей. Необходимо отметить, что конструктивное выделение (канализование) правоповоротных полос способствует снижению числа несанкционированных опережений по ненагруженной правой полосе автомобилей прямого потока.

**Оповещение водителей о предстоящей смене сигналов светофора.** Своевременное оповещение водителей о предстоящей смене сигналов светофора (смене приоритета) позволяет избежать резких торможений или ускорений и практически ликвидировать столкновения с ударом сзади и попутные, которые составляют около трети всех аварий на регулируемых перекрестках. Вначале это оповещение реализовалось с помощью желтого сигнала, однако этого было недостаточно, поэтому ввели трехсекундное мигание сигналов (в постсоветских странах – только зеленого сигнала). Но и этого оказалось недостаточно – доказано (см. рисунок 4.9), что оповещение следует начинать примерно за 6 с до конца горения основного сигнала. Сегодня эта задача решается применением различных конструкций таймеров, дающих цифровую информацию об остающемся времени горения зеленого сигнала (обратный отсчет времени). Это очень действенный прием, но он имеет существенный недостаток – водитель вынужден, пусть и незначительно, но все же, отвлекаться на считывание цифровой информации. При этом большую часть времени она ему не нужна – потребность в ней появляется где-то, начиная с 7–8 с. Поэтому рекомендуется начинать отсчет обратного времени не с самого начала включения зеленого сигнала, а где-то в районе 6–8 с до окончания его горения.

Известен и другой прием более раннего оповещения водителей о предстоящей смене зеленого сигнала – введение трехсекундного перемигивания (со скважностью порядка 15/16) зеленого сигнала непосредственно перед трехсекундным миганием зеленого сигнала [30]. Поскольку мигание и перемигивание воспринимается большей частью периферийным зрением, то водитель меньше отвлекается от наблюдения за меняющейся дорожной обстановкой, что повышает безопасность.

Следует отметить, что обратный отсчет времени, мигание (и перемигивание) красного сигнала также дает полезную информацию водителям приближающихся к перекрестку транспортных средств. Особенно при координированном регулировании, когда водители первых автомобилей приближающейся пачки транспортных средств должны так корректировать свою скорость, чтобы без резких торможений или ускорений прибыть на стоп-линию в первые секунды горения зеленого сигнала. Поэтому своевременное оповещение о предстоящей смене сигнала, полезно не только для зеленого, но и для красного сигнала.

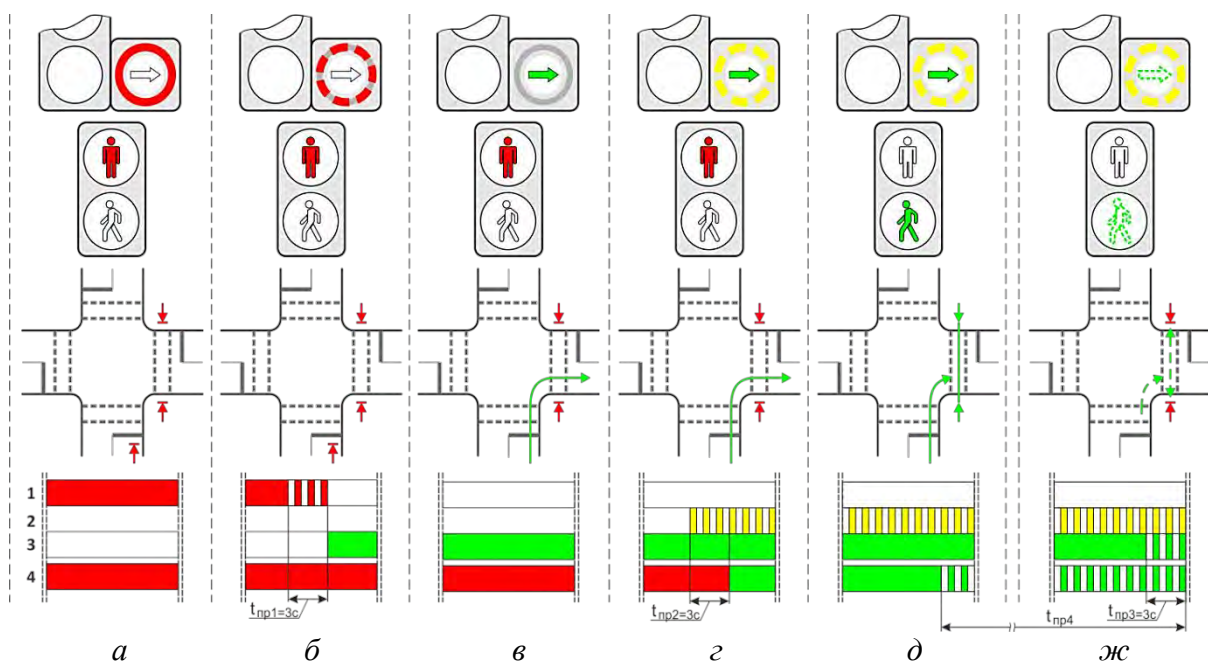
Надлежащее оповещение водителей о предстоящей смене приоритета актуально не только для сигналов основного светофора, но и для сигналов дополнительной секции. Доказано [217], что при отсутствии оповещения – а именно это имеет место сегодня при включении зеленой стрелки на дополнительной секции светофора, водители первых автомобилей, трогаящихся с места не заранее, а только после включения стрелки, теряют на проезд стоп-линии около 4,3 с, что в два раза больше, чем при надлежащем оповещении. Таким образом, в светофорном регулировании существует проблема надлежащего оповещения водителей о предстоящей смене приоритета. Определенный вклад в ее решение сделан в запатентованной конструкции светофора, где мигание специального красного кольца на дополнительной секции информирует водителей за 3 с о предстоящем включении разрешающего сигнала (принцип реализуется в светофорах Т.1л(к) и Т.1п(кж)л(к) (рисунок 7.5).

При организации движения правоповоротных транспортных потоков, конфликтующих с пешеходами, целесообразно применять запатентованную конструкцию светофора с дополнительной многофункциональной секцией, имеющей кроме зеленой стрелки красное и желтое кольца. Дополнительная секция информирует водителей о режимах регулирования (рисунок 7.5):

- включено только красное кольцо (рисунок 7.5, а) – информирует водителей, особенно в темное время суток, о наличии дополнительной секции, разрешающей поворот, и о запрещении в данный момент поворотного движения. Движение пешеходов запрещено;

- красное кольцо мигает (рисунок 7.5, б) – идет переходной интервал ( $t_{\text{пр1}}$ ), водителя информируют о предстоящем включении зеленой стрелки. Движение поворотного транспорта и движение пешеходов запрещено;

- включена только зеленая стрелка (рисунок 7.5, *в*) – разрешен бесконфликтный поворот. Движение пешеходов запрещено;
- включена зеленая стрелка и начинает мигать желтое кольцо (рисунок 7.5, *з*) – идет переходной интервал ( $t_{пр2}$ ) – от бесконфликтного с пешеходами движения правоповоротного транспортного потока к конфликтному движению с пешеходами, при котором водителю необходимо уступать дорогу пешеходам. Мигание желтого кольца информирует водителей о том, что через 3 с пешеходам будет разрешено движение. Движение пешеходов пока запрещено;
- включена зеленая стрелка и мигает желтое кольцо, на пешеходном светофоре зеленый сигнал (рисунок 7.5, *д*) – поворотное движение разрешено, но в неприоритетном режиме и необходимо пропускать пешеходов, которым движение разрешено;
- мигают зеленая стрелка (3 с) и желтое кольцо (рисунок 7.5, *ж*) – идет переходной интервал ( $t_{пр3}$ ) – водителям подается информация о предстоящем выключении зеленой стрелки. На пешеходном светофоре мигает зеленый сигнал – идет начавшийся, как правило, несколько ранее, пешеходный переходной интервал ( $t_{пр4}$ ), запрещающий пешеходам *выходить* на проезжую часть. После отработки переходного интервала стрелка и желтое кольцо выключаются и включается красное кольцо.



*а* – горит красное кольцо; *б* – красное кольцо мигает (3 с); *в* – горит зеленая стрелка; *з* – горят зеленая стрелка и желтое мигающее кольцо, на пешеходном светофоре – красный сигнал (3 с); *д* – горят зеленая стрелка и желтое мигающее кольцо, на пешеходном светофоре – зеленый сигнал; *ж* – мигают зеленая стрелка (3 с) и желтое кольцо, на пешеходном светофоре – мигает зеленый сигнал; 1 – красное кольцо; 2 – желтое кольцо; 3 – правоповоротная стрелка; 4 – дорожный пешеходный светофор

Рисунок 7.5 – Оповещение водителей о наличии дополнительной секции, переходном интервале и приоритете

Переходной интервал для пешеходов между поворотным транспортом «главным» (бесконфликтным) и поворотным транспортом «второстепенным» (уступающим дорогу пешеходам) реализуется путем включения пешеходных светофоров на 3 с позже загорания желтого мигающего кольца на дополнительной секции дорожного светофора.

Технические решения дорожных транспортных светофоров с дополнительными многофункциональными лево- и правоповоротными секциями нашли свое отражение в СТБ 1300-2007 [16, п. 8.4.2, с. 51].

При организации конфликтного движения правоповоротных транспортных потоков с пешеходными потоками целесообразно применять запатентованное решение светофора с дополнительной секцией, имеющей красное и желтое кольца на правоповоротной секции. Целесообразна установка под правыми дополнительными секциями (рисунок 7.6), предусматривающими включение информационного сигнала в виде желтого мигающего кольца, информационных табличек ИТ.1.п [16 п. 8.47, п. 8.56] (такое решение реализовано на перекрестках ул. Советская – ул. Хатаевича, ул. Советская – ул. Рогачевская, ул. Кирова – ул. Хатаевича в г. Гомеле и многих других городах страны).

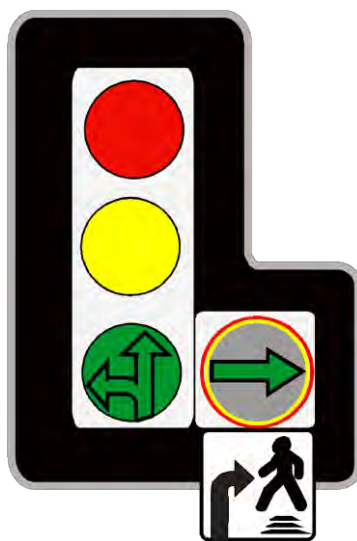


Рисунок 7.6 – Вид транспортного светофора

На рисунке 7.7 представлен промышленный образец светофора Т.1п(кж), изготовленный УП «Конструкторское бюро специальной техники БГУ» и установленный на улично-дорожной сети г. Минска.

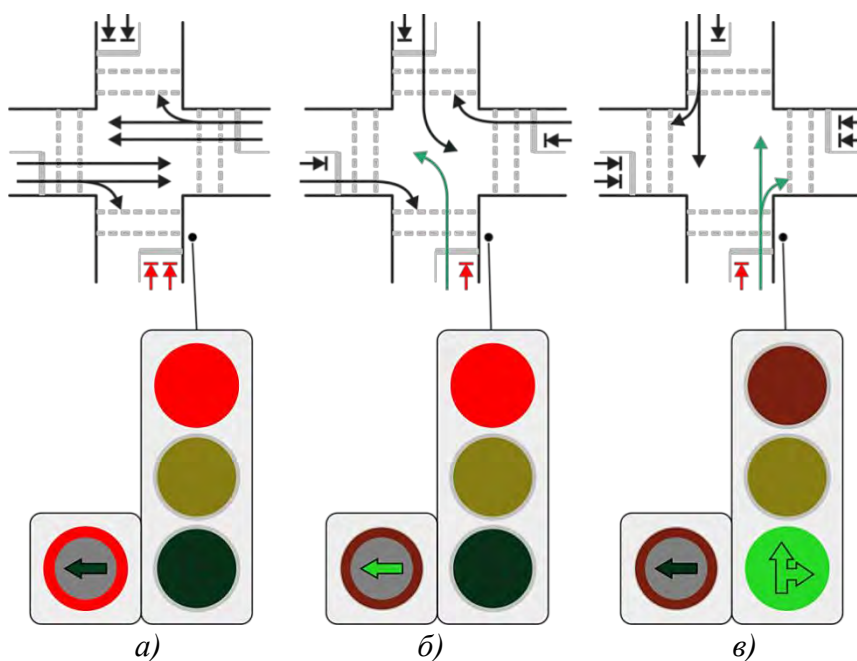
Дорожные транспортные светофоры массово устанавливаются на улично-дорожной сети городов и населенных пунктов Республики Беларусь для реализации безопасных схем движения транспортных и пешеходных потоков, что позволяет повысить качество дорожного движения.

Такой же принцип отображения бесконфликтного режима движения (рисунок 7.8) реализован и в светофорах с левой дополнительной секцией

(рисунок 7.9) для однозначного обозначения бесконфликтного движения с прямыми (транзитными) транспортными потоками (изготовитель – УП «Конструкторское бюро специальной техники БГУ»).



Рисунок 7.7 – Промышленный образец светофора Т.1п(кж) (г. Минск, перекресток Логойский тракт – ул. Кольцова)



*а* – движение запрещено; *б* – движение налево разрешено в бесконфликтном режиме с прямыми встречными потоками; *в* – движение налево запрещено, прямо и направо разрешено

Рисунок 7.8 – Некоторые сигналы дополнительной левой секции



Рисунок 7.9 – Промышленный образец светофора Т.1л(к)  
(г. Минск, перекресток ул. Свердлова – ул. Кирова)

Немаловажную роль играет действенный контроль за соблюдением установленных правил движения на объектах, особенно на регулируемых перекрестках. Поскольку без специальной аппаратуры временные нарушения, например, момент проезда стоп-линии, установить невозможно, многие водители используют это в своих целях. Для устранения этого необходимо регулируемые перекрестки оборудовать контрольной видеоаппаратурой, четко фиксирующей все нарушения и нарушителей. Данные подходы будут реализовываться при создании интеллектуальной транспортной системы безопасности с видеонаблюдением г. Минска с включением в нее автомобильных дорог М-2 «Минск – Национальный аэропорт Минск» и М-9 «Кольцевая дорога вокруг г. Минска». При координированном регулировании важное значение имеют указатели предписываемой скорости движения, построенные на базе микропроцессорной техники, заблокированные с контроллерами управления светофорным объектом и приводящие координированную пачку автомобилей точно к началу горения зеленого сигнала.

На рисунке 7.10 представлен вариант выделения отдельной полосы для левого поворота. В предложенном варианте траектория движения прямых транспортных потоков не изменяется, что не вызывает снижение скорости движения автомобилей. Отклоняться на скорости 60 км/ч приходится левоповоротному потоку. При этом ширина полосы для левоповоротного потока может быть уменьшена до 3 м. Такой прием повышает пропускную способность регулируемых перекрестков и безопасность движения за счет снижения количества непроизводительных маневров.

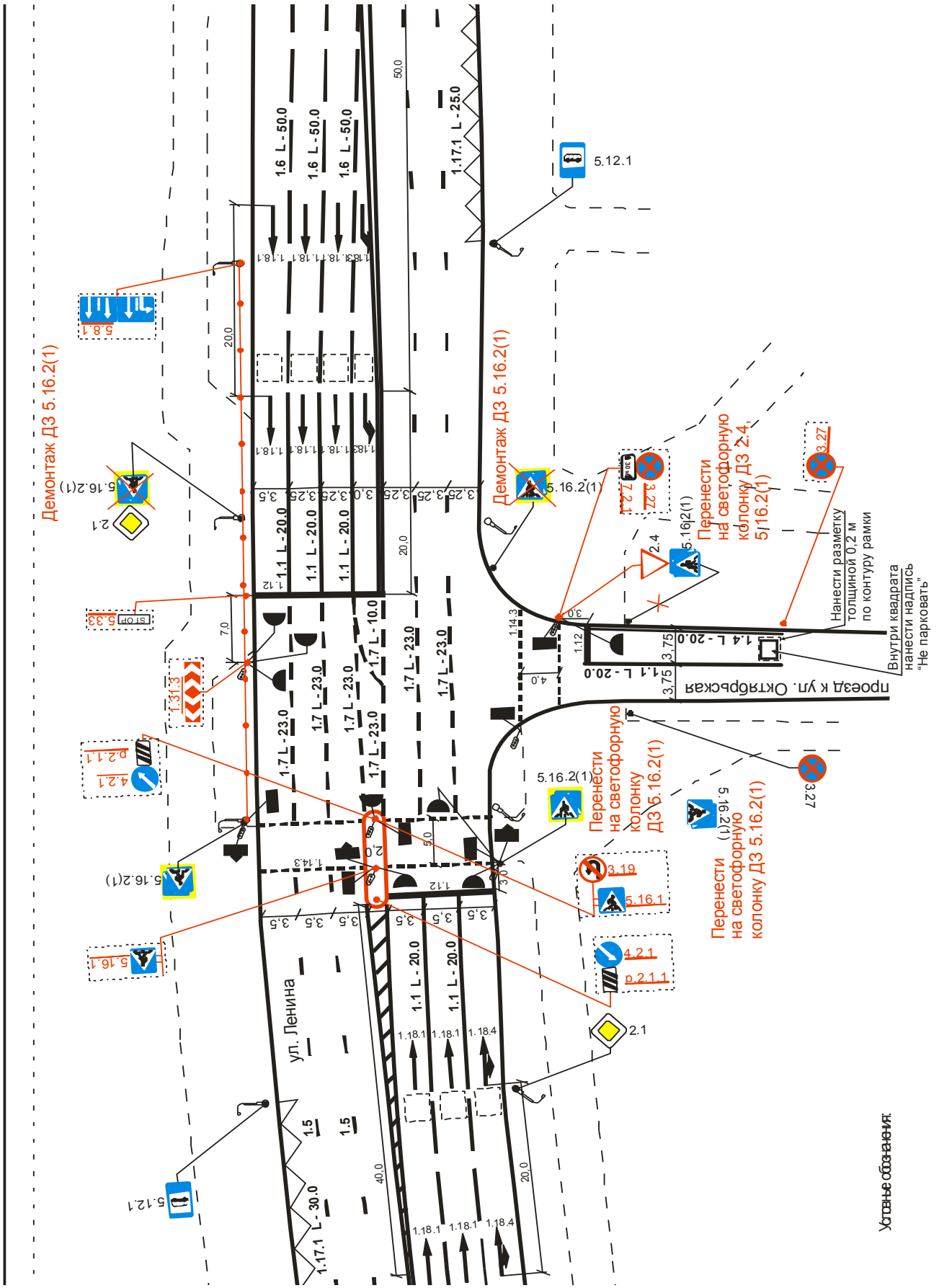


Рисунок 7.10 – Схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Ленина – МЗОР, г. Минск

Условные обозначения:

5.16.2(1) - существующий дорожный знак (ОБ 1800-2007) 3-го типа

Зона проведе

Примечание:



Разработанное программно-методическое обеспечение повышения безопасности дорожного движения в очагах аварийности также позволяет оценить и целесообразность внедрения отдельных мероприятий. Например, на рисунке 7.11 представлен вариант устройства разделительной полосы и выделения с ее помощью полосы для организации левого поворота на перекрестке ул. К. Цеткин – ул. Кальварийская. Это требует проведения определенных затратных работ, связанных с разборкой и восстановлением дорожного покрытия, устройством бортового камня, засыпкой грунта и пр. Нанесение дорожной разметки – один из способов снизить стоимость мероприятий.

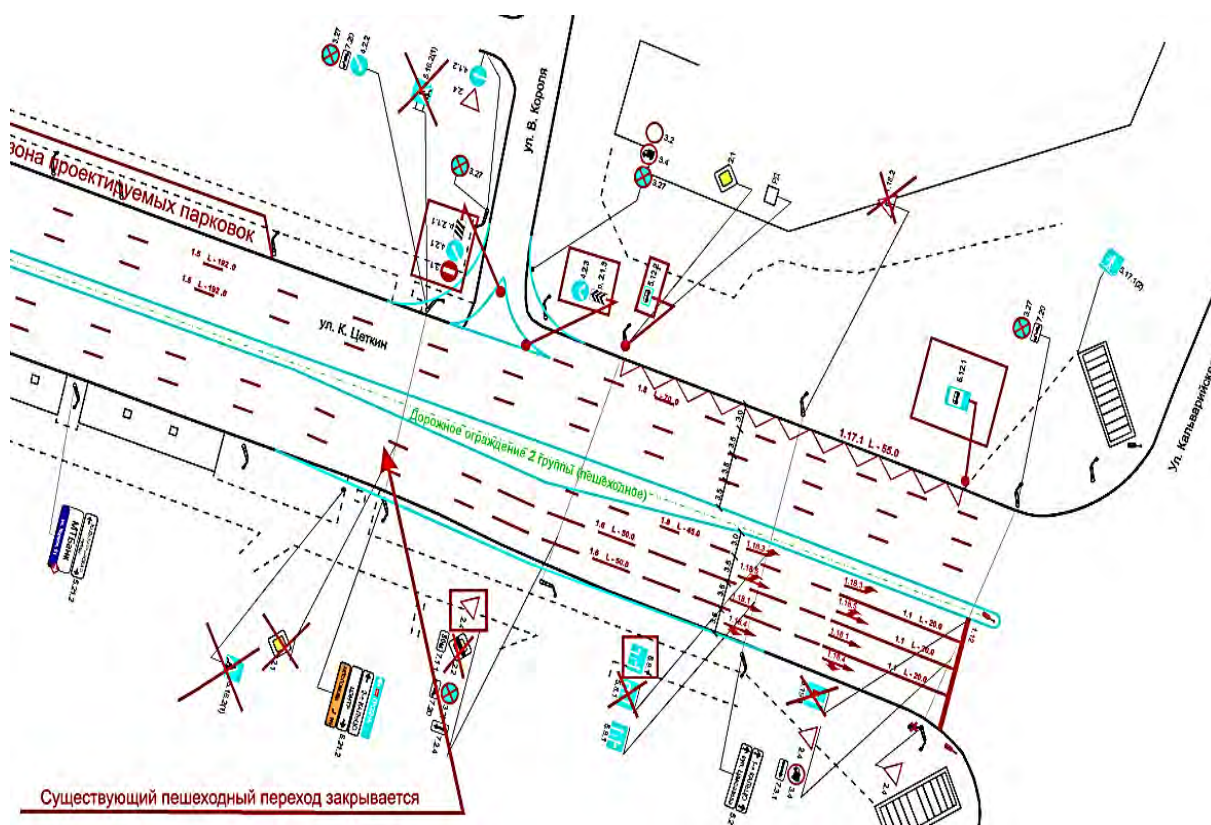


Рисунок 7.11 – Фрагмент варианта организации движения на ул. К. Цеткин (вход на перекресток с ул. Кальварийской), г. Минск

Однако, как видно из рисунка 7.12, малозатратные варианты после своей достаточно быстрой окупаемости теряют актуальность в связи с возрастанием транспортной нагрузки, ухудшением условий движения в переходные погодные периоды (сезоны года) и т.д.

Предложен способ бесконфликтного поворотного движения на регулируемых перекрестках в зависимости от топологии улично-дорожной сети, который позволяет внедрить координированное регулирование и тем самым повысить качество дорожного движения.

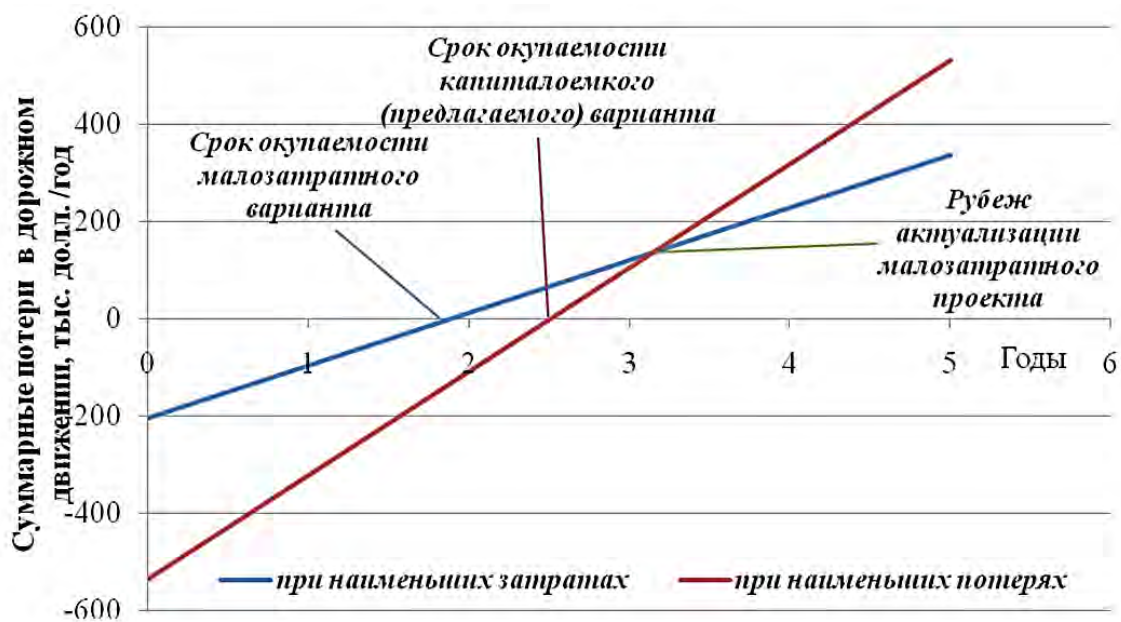


Рисунок 7.12 – Сравнение целесообразности малозатратных и более капиталоемких вариантов мероприятий по повышению безопасности движения на ул. К. Цеткин, г. Минск

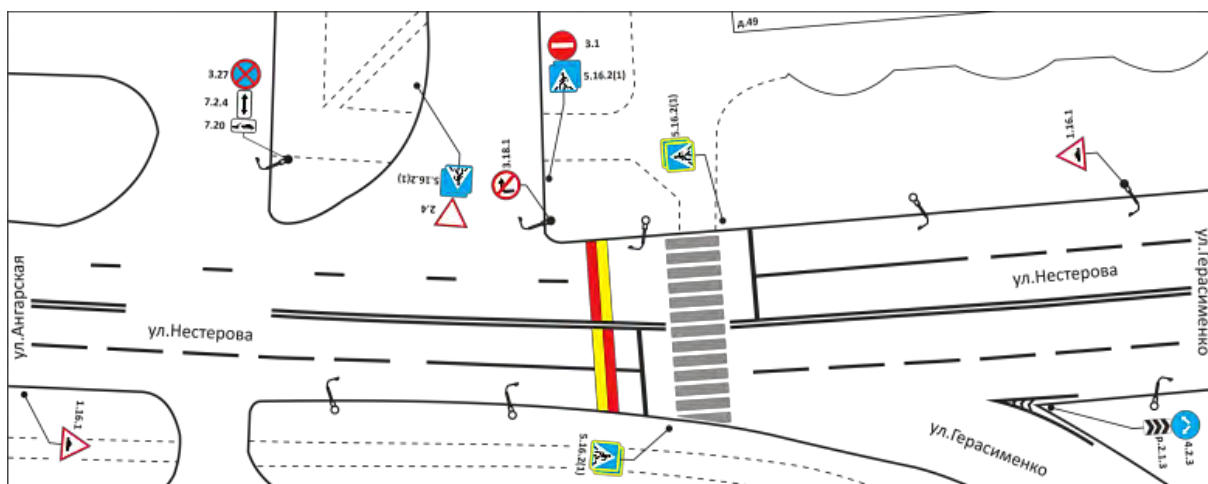
## 7.2. Рекомендации по применению искусственных неровностей

Искусственная неровность несколько уменьшает аварийные потери путем снижения количества аварий с пострадавшими при одновременном росте аварий с материальным ущербом и резком увеличении экономических и экологических потерь. Это делает применение искусственных неровностей по сравнению с другими мерами (улучшение видимости и условий маневрирования, четкое обозначение зоны пешеходного перехода, ограничение скорости с автоматическим видеоконтролем, организация пешеходного перехода типа «Выбор» [2], организация регулируемого пешеходного перехода с вызывным устройством и т.д.) функционально неадекватным, экономически и экологически расточительным и социально разрушительным. Поэтому установка искусственной неровности является крайней мерой воздействия на всех участников дорожного движения, в том числе и законопослушных водителей и пассажиров.

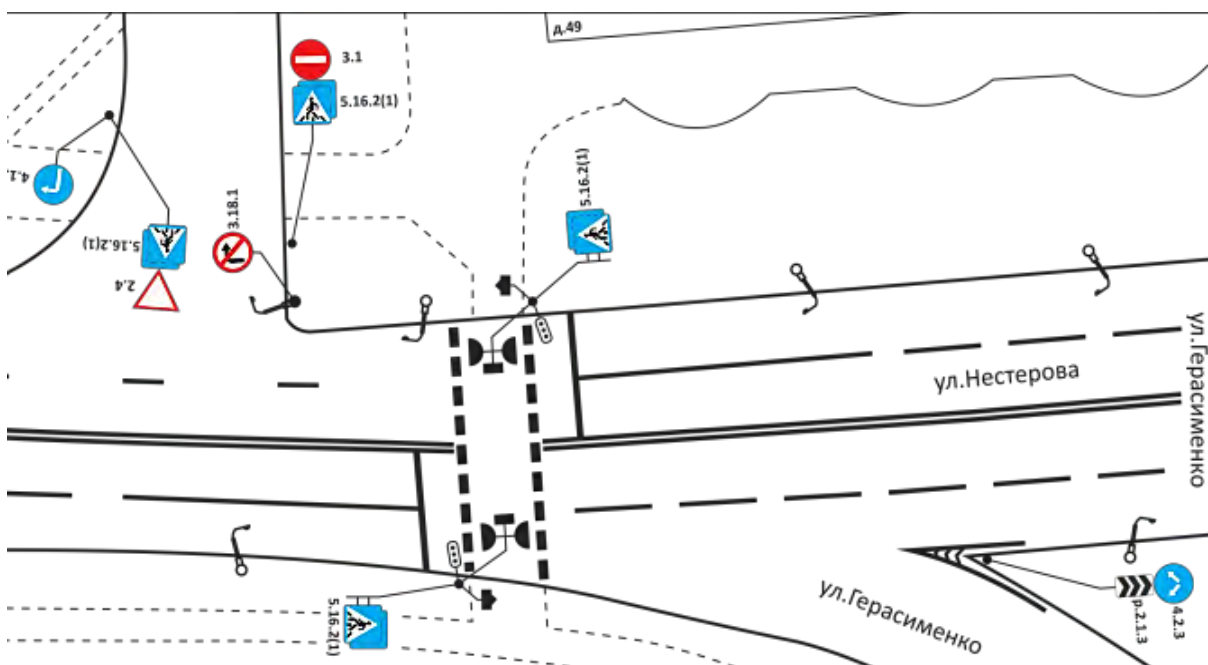
Искусственная неровность может применяться на участках концентрации аварий, основной причиной которых является доказанное превышение скорости движения в местах, где согласно законодательству Республики Беларусь скорость движения ограничена до 20 км/ч, – пешеходные и жилые зоны, а также приравненные к ним дворовые территории. Как исключение, возможно их применение в очагах аварийности, расположенных на улицах и дорогах населенных пунктов с общим ограничением скорости 60 км/ч, если будет доказано в установленном порядке [117], что все другие меры по снижению аварийности либо невозможны, либо неэффек-

тивны. Для обоснования применения искусственной неровности разработана компьютерная программа [117].

В качестве примера реализации отдельных предложений разработанной методологии на рисунке 7.13 показана прежняя и предлагаемая организация дорожного движения – соответственно с установкой искусственной неровности (а), и новая организация дорожного движения – с введением светофорного регулирования с ПВУ и ликвидацией искусственной неровности (б), а на рисунке 7.14 показаны совмещенные с дислокацией аварий, на пешеходном переходе напротив дома № 49 по ул. Нестерова в г. Минске, фрагменты очагового анализа аварийности «до» и «после» внедрения предложений.

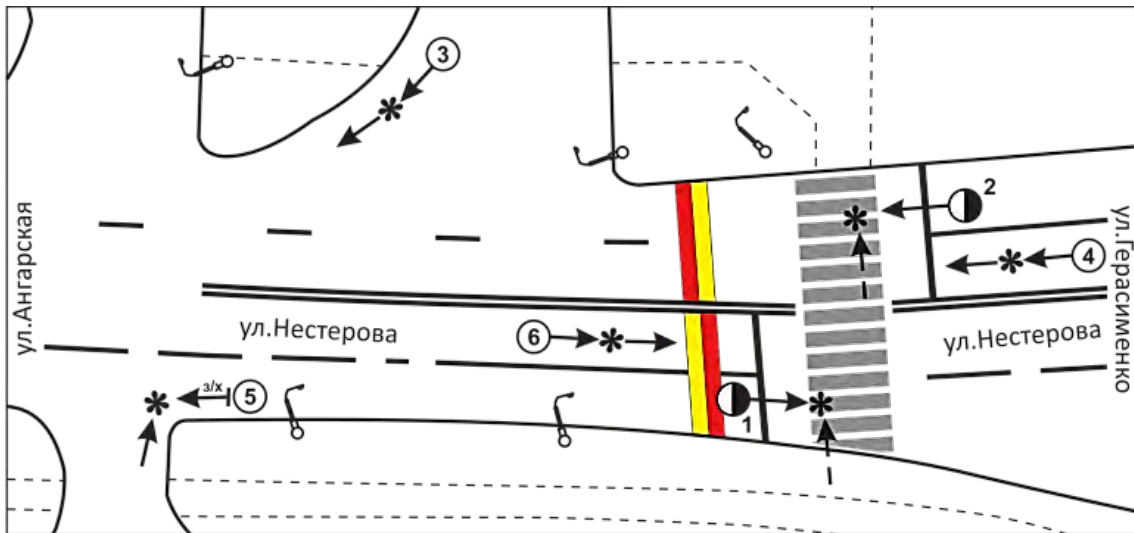


а



б

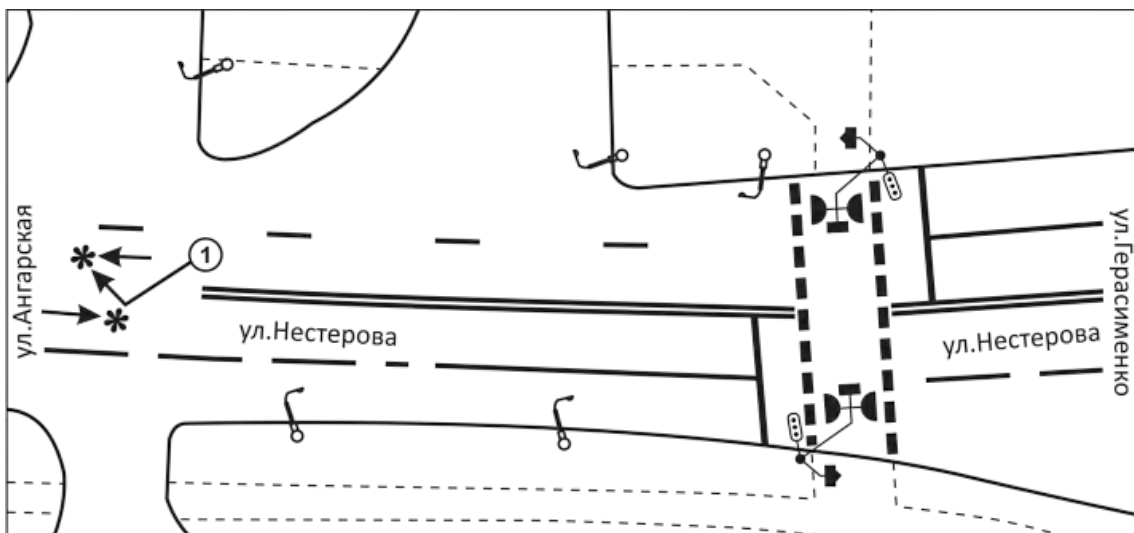
Рисунок 7.13 – Существующая (а) и предлагаемая (б) организация дорожного движения в зоне исследуемого пешеходного перехода по ул. Нестерова, д. 49 (г. Минск)



Спецификация аварий

N п.п.	Дата	Время суток	N п.п.	Дата	Время суток	N п.п.	Дата	Время суток
1	16.10.2007	12.55	3	16.02.2008	19.00	5	22.10.2008	19.20
2	24.11.2007	19.00	4	14.04.2008	12.30	6	15.11.2008	15.00

а)



Спецификация аварий

N п.п.	Дата	Время суток
1	05.08.2011	12.30

б)

Рисунок 7.14 – Очаговый анализ аварийности (фрагмент) в зоне исследуемого пешеходного перехода по ул. Нестерова, д. 49 (г. Минск) до (а) и после (б) совершенствования организации дорожного движения

В таблице 7.1 приведено сопоставление потерь на объекте при прежней и новой организации дорожного движения. Видно, что после введения светофорного регулирования аварийные потери уменьшились почти в 5,5 раза, а суммарные потери – в 1,5 раза.

Таблица 7.1 – Результаты сопоставления потерь в дорожном движении по вариантам решений

Наименование параметра	Индекс	Размерность	Существующая схема ОДД	Введение СФО (ПВУ)
Аварийные потери	$P_a$	тыс. у.е./год	24,8	4,4
Экологические потери	$P_{экл}$	тыс. у.е./год	32,5	21,4
Экономические потери	$P_{экон}$	тыс. у.е./год	85,1	66,2
Суммарные потери	$P_{\Sigma}$	тыс. у.е./год	142,4	92,0

Искусственную неровность при соответствующем обосновании можно устанавливать:

- в жилых зонах и приравненных к ним дворовых территориях, где скорость движения законодательно ограничена 20 км/ч и менее;
- как исключение, например, при крутом спуске перед школой – на двухполосных улицах местного значения с интенсивностью движения не более 120 авт./ч суммарно в обоих направлениях.

Запрещается установка искусственных неровностей:

- в местах ее ограниченной видимости;
- на улицах с тремя и более полосами движения;
- на двухполосных улицах с движением грузовых машин и маршрутного пассажирского транспорта;
- на двухполосных улицах с интенсивностью движения свыше 120 авт./ч в обоих направлениях.

Кроме организации светофорного регулирования, очаг аварийности на конкретном пешеходном переходе, в зависимости от конкретных причин аварий, можно ликвидировать путем улучшения видимости, информативности, устройства островков безопасности, установки функциональных пешеходных ограждений, устройства приподнятого пешеходного перехода (рисунок 7.15) и других более эффективных методов организации дорожного движения. Необходимо строго соблюдать уже действующие нормы [16, 209, 226], которые, например, запрещают нерегулируемые пешеходные переходы на многополосных, особенно нагруженных магистральных улицах, и т.д.

### 7.3. Паспортизация нагруженных городских улиц

Предлагается (см. п. 3.1) ввести специальную документацию по очагам аварийности – «Дело об очаге аварийности», в котором бы имелась вся необходимая информация о конкретном очаге.



Первоначально в «Деле» должна содержаться следующая информация:

- 1) расположение очага на улично-дорожной сети города и его значение в транспортной системе района (города);
- 2) план очага (в масштабе 1:500) с обустройством и застройкой (до 50 м – для расчета экологических потерь);
- 3) регулирование с нанесением дислокации технических средств;
- 4) параметры светофорного регулирования (если оно имеется), включая диаграммы регулирования для всех программ;
- 5) параметры транспортно-пешеходной нагрузки, включая цифrogramму интенсивности движения и состава транспортного потока (по средним значениям) и распределение интенсивности движения по часам суток (не менее 5–7 временных точек в зависимости от категории улицы), а также общая характеристика дорожных условий, включая оценку видимости, состояния покрытия, наличия помех и другое;
- 6) дислокация аварий и их спецификация;
- 7) предварительно установленные причины аварий;
- 8) результаты (протоколы) натурных обследований очага;
- 9) заключительно установленные причины аварий;
- 10) предложения по снижению аварийности в очаге с расчетом их суммарной эффективности;

11) мероприятия (если таковые разработаны и утверждены) с их технико-экономическим обоснованием, включая расчеты аварийных, экономических и экологических потерь, существующих и прогнозируемых после внедрения мероприятий по повышению безопасности дорожного движения.

«Дело» постоянно пополняется текущей информацией, касающейся изменений регулирования, обустройства, внедрения мероприятий, ремонтов на проезжей части и т.д. В последующем, вся информация, начиная с п. 3, ежегодно обновляется (корректируется), вплоть до закрытия «Дела» вследствие ликвидации очага аварийности.

Напомним, что очагом аварийности считается конфликтный объект (или ограниченный линейный участок улицы или дороги), на котором происходит не менее трех аварий в год. Однако имеется множество конфликтных объектов, на которых происходит менее трех аварий и такие объекты выпадают из поля зрения организаторов движения. Это не совсем правильно, поскольку такие объекты вносят свою долю в очаговую аварийность и аварийность на них может быть снижена или полностью ликвидирована. Разработанная методология, если она будет адаптирована ко всем типовым городским объектам, а вся вычислительная работа будет автоматизирована, позволяет оценить возможности снижения аварийности на всех конфликтных объектах. Это позволяет оценить масштабы работ по снижению очаговой аварийности и их стоимость на основной части улично-дорожной сети города, в первую очередь, на ее нагруженных маршрутах и магистралях.

На рисунке 7.16 показан фрагмент линейного графика потерь в дорожном движении на городской улице, где для каждого элементарного

участка приведены аварийные, экологические, экономические и суммарные годовые потери.

Такая информация позволит системно распределять имеющиеся возможности на научно-практическую деятельность по повышению качества дорожного движения. Кроме того, она позволит продемонстрировать истинную значимость дорожного движения, особенно его городской составляющей, где, на нагруженных улицах, ежегодные потери составляют миллионы долларов. Это должно способствовать положительному изменению отношения управленцев к организации дорожного движения в городах.

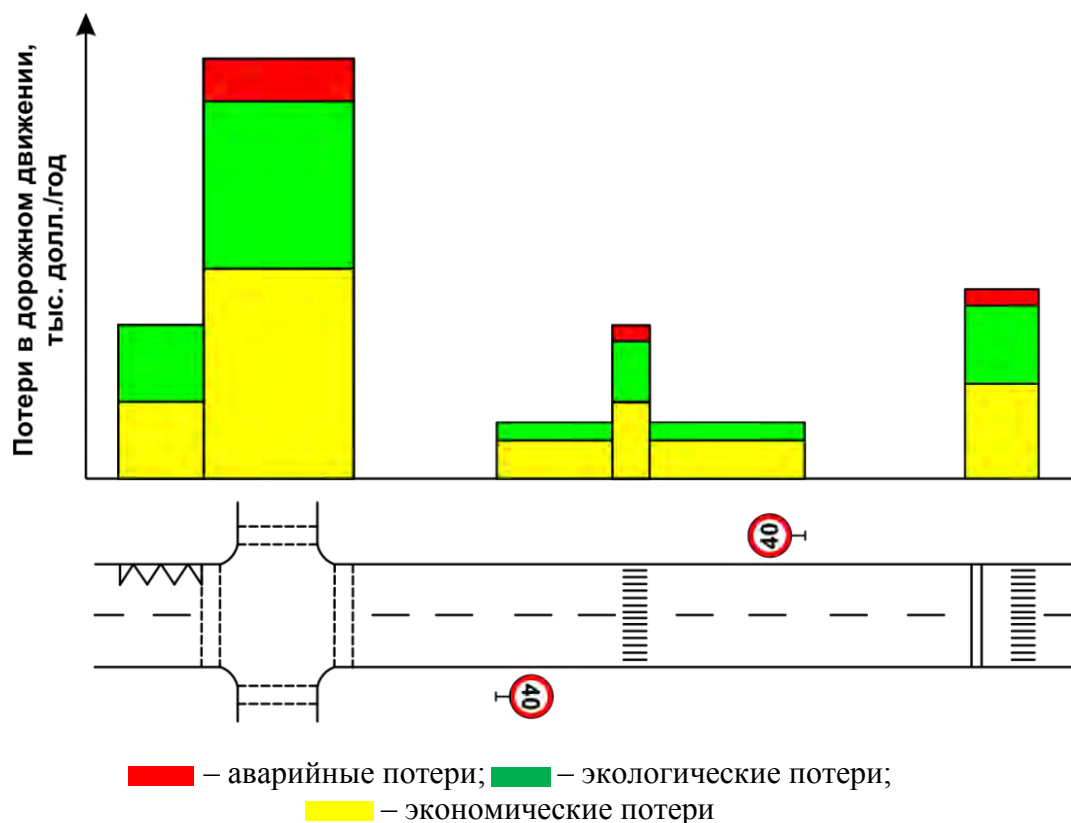


Рисунок 7.16 – Линейный график потерь на городской улице

#### 7.4. Предложения по типовым городским конфликтным объектам

Выполняются исследования, направленные на повышение эффективности дорожного движения. Оценка мероприятий и их эффективности осуществляется с помощью моделей прогнозирования потерь в дорожном движении.

На рисунке 7.17 представлен простейший вариант реконструкции нерегулируемого пешеходного перехода в регулируемый (ул. Казинца, г. Минск) с устройством островка безопасности для пешеходов. Мероприятия обоснованы с помощью разработанных моделей определения аварийных, экономических и экологических потерь в дорожном движении (рисунок 7.18).



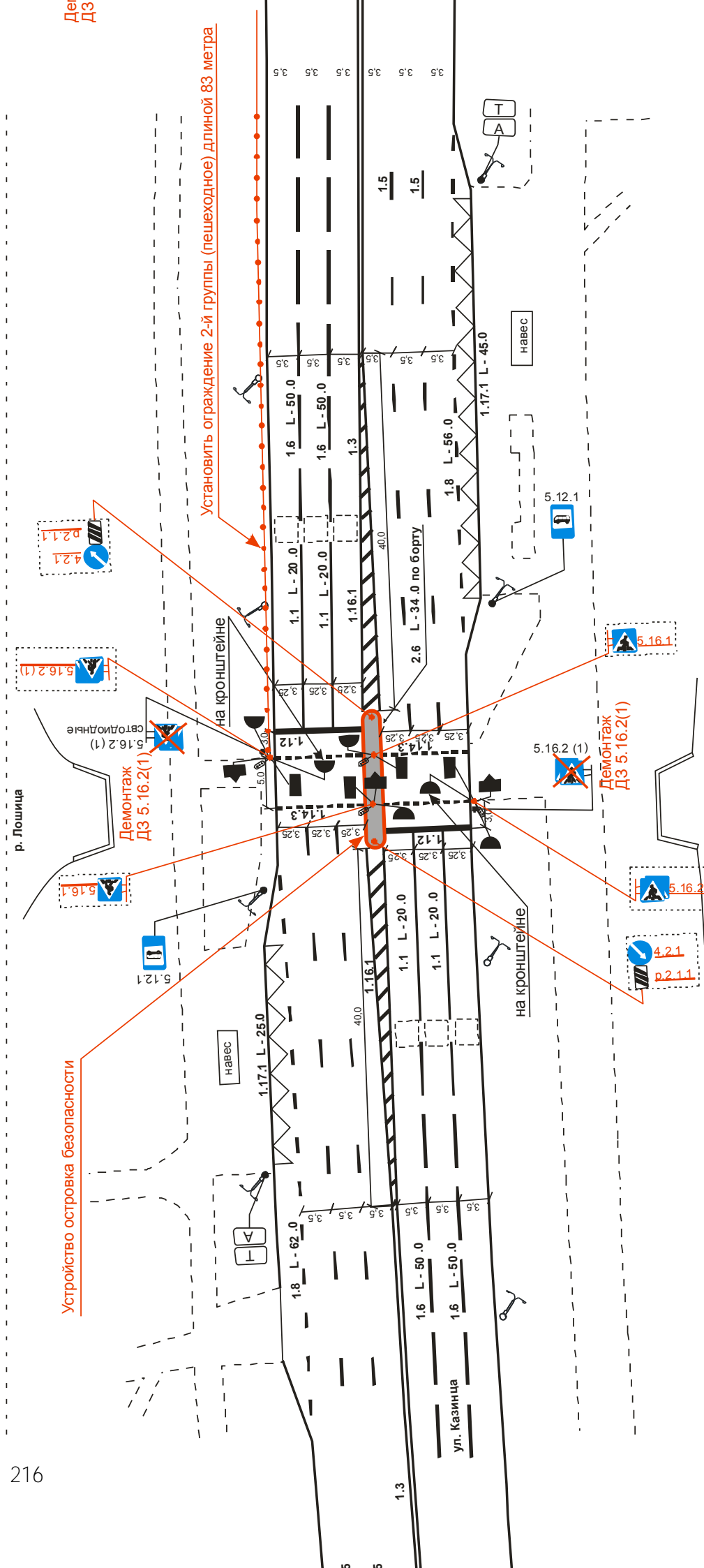


Рисунок 7.17 – Фрагмент схемы организации дорожного движения на пешеходном переходе в районе остановочного пункта «Ручей» по ул. Казинца, г. Минск

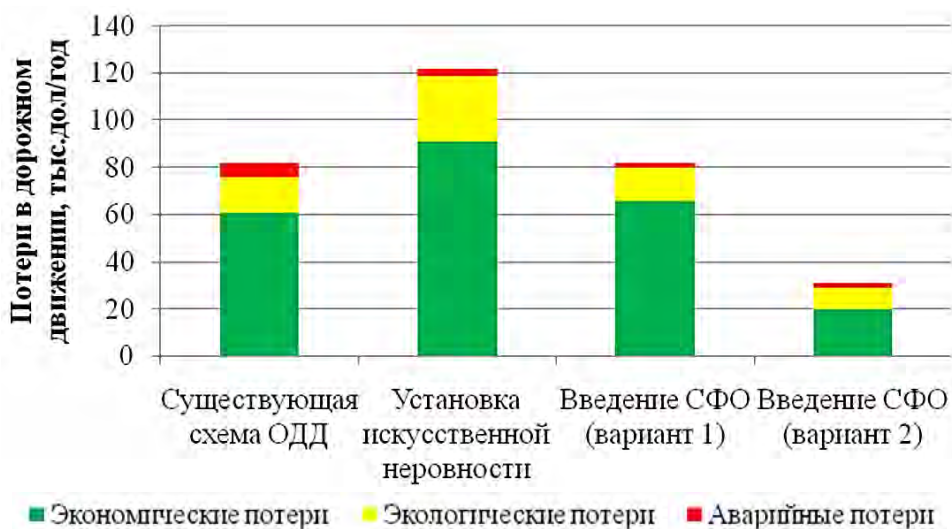


Рисунок 7.18 – Потери в дорожном движении по вариантам предлагаемых решений на пешеходном переходе в районе остановочного пункта «Ручей» по ул. Казинца, г. Минск: СФО – светофорный объект; ОДД – организация дорожного движения

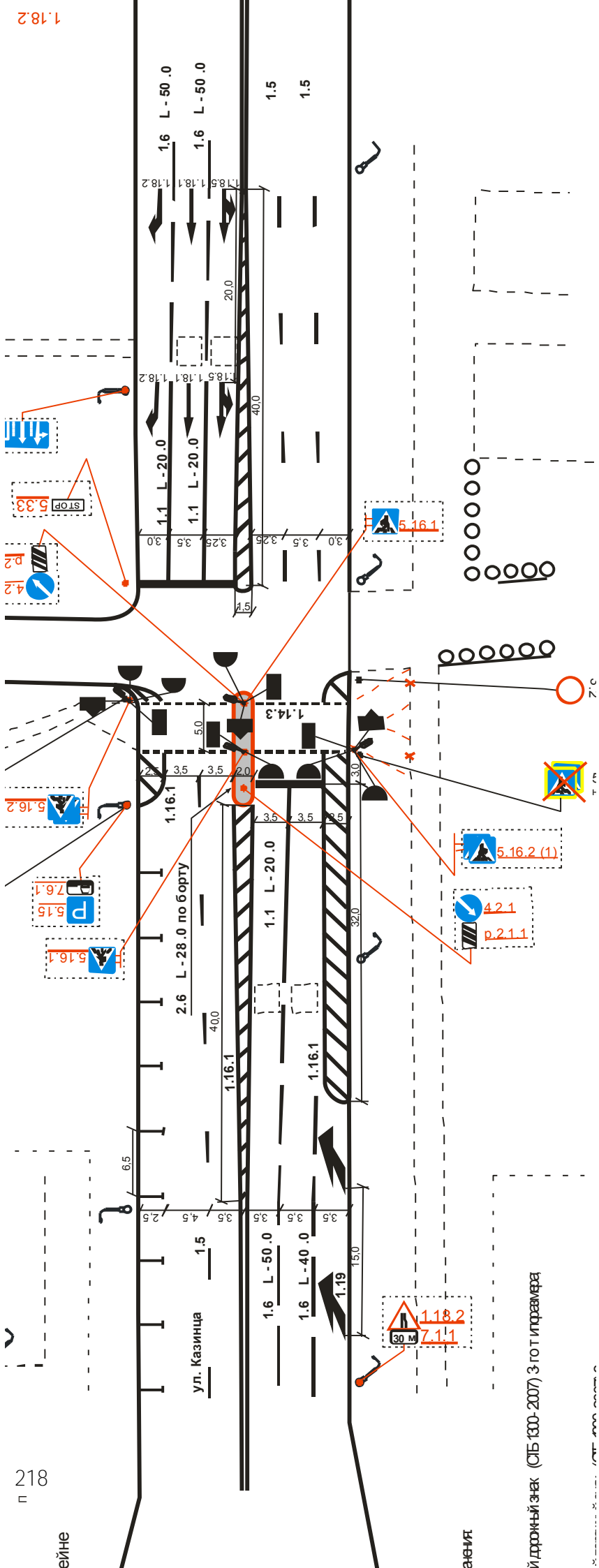
На рисунке 7.19 показано сужение проезжей части в месте перехода ее пешеходами, что позволяет обеспечить параметры треугольника боковой видимости (за счет сокращения числа несанкционированных парковок в зоне пешеходного перехода), сократить время нахождения пешехода на проезжей части, а также дает возможность водителю приближающегося к пешеходному переходу автомобиля заблаговременно увидеть движущегося к пешеходному переходу пешехода, что повышает его безопасность.

Оценка такого варианта организации дорожного движения также выполнена по критерию минимизации суммарных (экономических, экологических и аварийных) потерь в дорожном движении (рисунок 7.20).

Необходимо отметить, что все научно обоснованные варианты планировочных и организационно-технических решений нашли свое отражение в проектно-сметной документации, которая в установленном порядке прошла государственную экспертизу и затем реализована на улично-дорожной сети городов путем строительства светофорных и других транспортных объектов.

Выбор планировочного варианта транспортного узла также стал возможен на основе созданной методологии с разработкой моделей определения аварийных, экономических и экологических потерь. Поэтому перспективными являются исследования, которые позволят оценить эффективность применения различных кольцевых развязок в городах и населенных пунктах, а также на автомобильных дорогах общего пользования в зависимости от различных параметров транспортной нагрузки, условий и характеристик дорожного движения.

В Научно-исследовательском центре дорожного движения (БНТУ, НИЧ) проводятся исследования по разработке моделей оценки планировочных решений кольцевых развязок, устраиваемых на автомобильных дорогах общего пользования и улицах населенных пунктов (в том числе с учетом наличия частичного либо полного светофорного регулирования).



1.18.2

ейне

ул. Казинца

Дорожный знак (СБ 130-2007) 3-го т. Иллюстрация

Рисунок 7.19 – Фрагмент схемы организации дорожного движения на нерегулируемом переходе по ул. Казинца, д. 122

Одним из направлений являются исследования движения пешеходов. Выполняются исследования по повышению безопасности движения пешеходов на регулируемых пешеходных переходах путем совершенствования режимов светового регулирования, а также на нерегулируемых пешеходных переходах методами организации движения. Эти исследования позволят снизить аварийность с участием наименее защищенных участников дорожного движения за счет применения научно обоснованных мероприятий по повышению безопасности движения и оптимальных режимов светового регулирования.

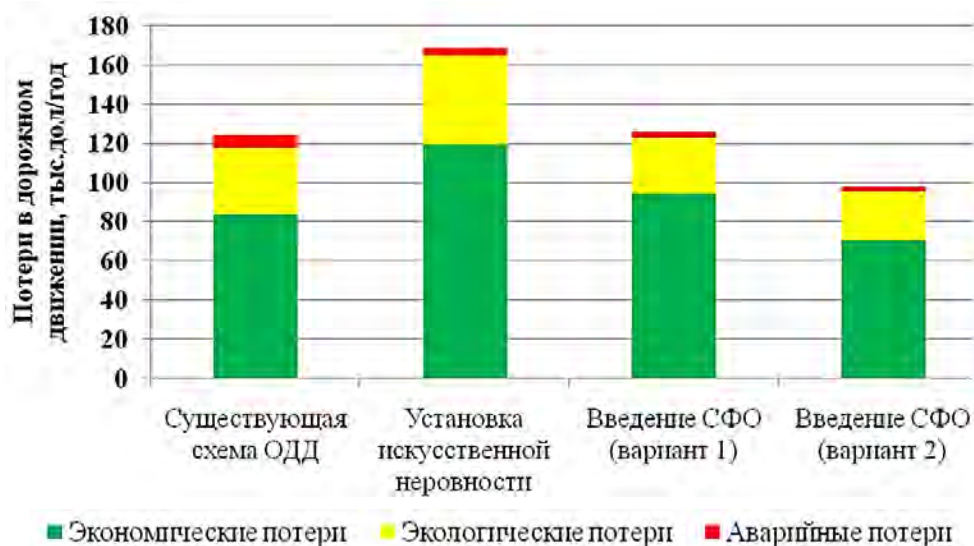


Рисунок 7.20 – Значения потерь по вариантам предложенных мероприятий на нерегулируемом пешеходном переходе по ул. Казинца, д. 122, г. Минск: СФО – светофорный объект, ОДД – организация дорожного движения

Как уже отмечалось, зачастую скорость является одной из сопутствующих причин возникновения аварий и соответственно повышенной тяжести последствий. В связи с этим актуальным является научное обоснование применения различных мер сдерживания скорости движения в городах. Такие исследования проводятся на основе исследования потенциальной опасности по методу «Конфликтных зон».

Возможно и целесообразно дальнейшее совершенствование метода расчета потерь за счет повышения точности определения (прогнозирования) издержек процесса движения и определения социально-экономической стоимости этих издержек. В частности, возможно совершенствование метода прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям за счет большей детализации видов конфликтов и введения в расчетную модель таких факторов, как скорость движения и конфликтные зоны взаимодействия конфликтующих участников.

На кафедре «Организация дорожного движения» УО «Белорусский государственный университет транспорта» ведутся исследования по повышению эффективности дорожного движения путем уточнения методов расчета потерь на регулируемых перекрестках, а также исследования конфликтного взаимодействия транспортных потоков в зоне дилеммы с целью предотвращения столкновений с ударом сзади.

В УО «Брестский государственный университет транспорта» на кафедре «Интеллектуальные информационные технологии», также при участии автора диссертации, выполняются исследования по разработке на основе моделей прогнозирования потерь в дорожном движении различных адаптивных алгоритмов управления транспортными и пешеходными потоками, а также разработка технических средств управления светофорами [227].

## 7.5. Выводы по разделу

1. Разработаны рекомендации и внедрены различные технические, планировочные и организационно-технические решения по повышению безопасности и качества дорожного движения *на регулируемых перекрестках*, касающиеся параметров светофорного регулирования, совершенствования светофорного регулирования путем оптимизации продолжительности переходного интервала в светофорном цикле, улучшения информированности и своевременного оповещения водителей о предстоящей смене сигналов светофора разделения транспортных и пешеходных потоков, дорожных условий, транспортной планировки и технических средств организации дорожного движения.

2. Разработаны рекомендации и внедрены различные технические, планировочные и организационно-технические решения *по применению искусственных неровностей* в населенных пунктах, допуская их установку только после доказанной невозможности или неэффективности использования других мер по повышению безопасности движения и ограничивая их применение жилыми зонами и приравненными к ним дворовыми территориями и, как исключение, на двухполосных улицах или дорогах с малоинтенсивным движением.

3. Рекомендации позволили создать, оценить, спроектировать и внедрить безопасные схемы организации движения на улично-дорожной сети городов Республики Беларусь и тем самым снизить аварийность на 15–100 % и повысить качество дорожного движения в целом не менее чем на 10 % на объектах внедрения.

4. Разработано (в соавторстве), включено в норматив СТБ 1300–2007 и широко применяется для организации дорожного движения запатентованное техническое средство регулирования движения транспортных потоков на перекрестках – светофор с дополнительной многофункциональной секцией, предоставляющей водителям информацию об изменении режимов светофорного регулирования на перекрестке.

5. Результаты исследований использованы и внедрены более чем в 200 проектах, разработанных при участии и под руководством автора, во многих проектных и научно-исследовательских организациях, а также нашли отражение в ТКП 45-3.03-227–2010 «Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования», ТКП 45-3.01-116–2008 «Градостроительство. Населенные пункты. Нормы планировки и застройки», ДМД 02191.3.020–2009 «Методика оценки эффективности внедрения мероприятий по организации дорожного движения» и др.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А. СТАТИСТИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВАРИЙНОСТИ

В таблице А.1 приведены некоторые типовые мероприятия по повышению безопасности дорожного движения и ожидаемое снижение аварийности в Республике Беларусь и Российской Федерации [51, 70, 71, 233, 238].

Таблица А.1 – Фрагмент статистического прогнозирования аварийности по данным Республики Беларусь и Российской Федерации

Мероприятие по снижению аварийности	Снижение числа аварий в долях единицы	
	с участием только транспорта	с участием пешеходов и велосипедистов
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Кривые в плане</i>		
Устройство виражей с уширением проезжей части	0,36	0
Установка дорожных знаков ограничения скорости движения транспортных средств (знаков рекомендуемой скорости) на закруглениях в плане с радиусом менее предельно допустимого по ТКП 45-3.03-19	0,3	0
<i>Участки подъемов и спусков</i>		
Устройство дополнительной полосы движения на подъем	0,45	0
<i>Поперечный профиль</i>		
Выделение пространства для разделения движения пешеходов и велосипедистов	0	0,37
Строительство островков безопасности по оси дороги	0,20	0,50
Уширение полосы для движения пешеходов и велосипедистов	0	0,15
Разделение полос для движения легковых и грузовых автомобилей	0,10	0
Разделение транспортных потоков встречных направлений на существующей проезжей части	0,10	0,50
Устройство одностороннего движения вместо двустороннего	0,10	0,10
Устройство полосы разгона (торможения)	0,10	0
Увеличение числа полос движения с 2 до 4	0,12	0
Увеличение числа полос движения с 4 до 6	0,25	0
<i>Пересечения и примыкания</i>		
Устройство разделительной полосы в зоне перекрестка	0,20	0,70
Закрытие прямых съездов/въездов к усадьбам на главную дорогу	0,10	0,10
Улучшение коэффициента сцепления на перекрестке	0,57	0,57
Устройство выделенных поворотов влево на перекрестках	0,20	0,10
Ликвидация объектов, ограничивающих обзорность на перекрестке	0,30	0,30
Устранение поворота влево и разворота	0,50	0
Устройство освещения на перекрестке с 4 подходами	0,30	0,30
Устройство освещения на перекрестке с 3 подходами	0,10	0,10

## Окончание таблицы А1

1	2	3
Обеспечение невозможности остановки и стоянки в районе перекрестка (столбики и т.п.)	0,20	0,30
Устройство островков безопасности с горизонтальной разметкой для левоповоротных потоков	0,50	0,35
Введение светофорного регулирования на перекрестках	0,52	0,40
Уширение проезжей части	0,20	0
<i>Железнодорожные переезды</i>		
Установка автоматических шлагбаумов	0,80	0
Строительство пересечения с железной дорогой в разных уровнях	1,00	0
<i>Элементы обустройства</i>		
Перенос остановок маршрутных транспортных средств за перекресток с оборудованием остановочной площадки	0,20	0,20
Оборудование автобусных остановок заездными карманами, посадочными площадками	0,20	0,20
<i>Инженерное оборудование</i>		
Строительство пешеходных переходов в разных уровнях	0	0,90
Устройство световой сигнализации на пешеходных переходах (светофор в режиме «ЖМ»)	0,05	0,12
Установка знаков 5.16.2/5.16.1, устройство горизонтальной дорожной разметки 1.14.1–1.14.2 в местах перехода пешеходов через проезжую часть дороги	0,05	0,28
Строительство пешеходного ограждения тротуара со стороны проезжей части	0	0,30
Строительство автобусной остановки	0,05	0,20
Устройство освещения проезжей части	0,10	0,30
Строительство ограждений от животных вдоль длинного участка дороги	0,4 от ДТП с участием животных	
Изменение скорости с 60 до 50 км/ч	0,09	0,09
Нанесение осевой линии горизонтальной дорожной разметки	0,05	0,05
Нанесение осевой и краевой линий горизонтальной разметки	0,10	0,10
Устройство краевой шумовой полосы (единичные случаи)	0,60	0
Установка знака 2.5 «Движение без остановки запрещено» или 2.4 «Уступить дорогу» за 5 метров до перекрестка	0,05	0
Уширение тротуара на пешеходном переходе и (или) перекрестке	0	0,05
Установка дорожных знаков рекомендуемой скорости на закруглениях малого радиуса	0,30	0
Принудительное снижение скорости движения транспортных средств путем изменения траектории движения за счет установки центральных или боковых элементов (островков) и (или) изменение геометрии дороги	0,46	0,46
Принудительное снижение скорости движения транспортных средств путем устройства искусственных неровностей на проезжей части	0,65	0,46

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б.**  
**РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ В МЕСТАХ УСТАНОВКИ**  
**ИСКУССТВЕННЫХ НЕРОВНОСТЕЙ**

В таблицах Б.1–Б.10 приведены результаты определения существующих потерь в местах установки искусственных неровностей (г. Минск).

Таблица Б.1 – Расчет экономических потерь, ул. Горовца, 34 (жилая зона)

Время	Период	Полоса	Параметр										
			$Q_n$	$Q$	$K_{пн}$	$Q'$	$K_{пэ}$	$P_o$	$e'_o$	$P'_o$	$e_t$	$P_t$	$P_{эKH}$
			чел./ч	авт./ч	—	ед./ч	—	долл./год	ост./авт.	долл./год	с/авт.	долл./год	долл./год
9	2	T01	90	84	1	84	1	605	—	—	0,1	6	611
11	2	T01	42	36	1	36	1	259	—	—	—	—	259
13	2	T01	144	30	1	30	1	216	—	—	—	—	216
15	2	T01	126	90	1	90	1	648	—	—	0,12	8	656
17	2	T01	138	72	1,03	75	1,05	518	—	—	0,12	7	525
$\Sigma$	10+2	$\Sigma$	108	62,4	1,01	63	1,01	2246	—	—	—	21	2267

Таблица Б.2 – Расчет экологических потерь от выбросов, ул. Горовца, 34 (жилая зона)

Параметр	Индекс	Размерность	Значение	
1	2	3	4	
Протяженность участка	$S$	км	0,02	
Интенсивность движения пешеходов на переходе	$Q_{пн}$	чел./ч	108	
Интенсивность движения пешеходов на тротуаре	$Q_{пм}$	чел./ч	—	
Средний возраст транспортного средства	$t$	лет	10	
Коэффициент возраста транспортного средства	$K_t$	—	0,36	
Интенсивность движения суммарного транспортного потока	$Q_{\Sigma}$	авт./ч	62	
Коэффициент приведения транспортного потока, динамический	$K_{пн}$	—	1,01	
Доля маршрутного пассажирского транспорта в транспортном потоке	$\Delta O$	—	—	
Доля электротранспорта в транспортном потоке	$\Delta_{эл}$	—	—	
Коэффициент приведения электротранспорта, динамический	$K_{пнэл}$	—	—	
Скорости движения транспортного потока	иссл.	$V_{и}$	км/ч	14
	этал.	$V_{э}$	км/ч	20
Коэффициент изменения выбросов от скорости	иссл.	$K_{mV_{и}}$	—	10
	этал.	$K_{mV_{э}}$	—	8,5
Коэффициент изменения расхода топлива от неравномерности скорости	иссл.	$K_{FG_{и}}$	—	3,2
	этал.	$K_{FG_{э}}$	—	1



Окончание таблицы Б.2

1		2	3	4	
Удельное число потребителей	водителей и пассажиров	иссл.	$N_{1и}$	чел./км	8,8
		этал.	$N_{1э}$	чел./км	6,2
	пешеходов		$N_2$	чел./км	27
	жителей		$N_3$	чел./км	2700
Расстояние от проезжей части до середины тротуара			$r_2$	м	3
Расстояние от проезжей части до зданий			$r_3$	м	28
Число рядов посадок, защищающих пешеходов			$i_2$	–	–
Число рядов посадок, защищающих жителей			$i_3$	–	2
Произведенный объем выбросов		иссл.	$M_{ои}$	кг/км ч	53,1
		этал.	$M_{оэ}$	кг/км ч	13,1
Нормативные потери от выбросов		иссл.	$\Pi_{ми}$	долл./год	4825
		этал.	$\Pi_{мэ}$	долл./год	161
Расчетные потери от выбросов			$\Pi_m$	долл./год	4664

Таблица Б.3 – Расчет экологических потерь от транспортного шума, ул. Горовца, 34 (жилая зона)

Параметры		Индекс	Размерность	Значение		
1		2	3	4		
Суммарная высота зданий		$H$	м	54		
Ширина улицы в красных линиях		$B_y$	м	60		
Тип окон		–	–	обычные		
Поправочный коэффициент $d$	на отношение $B_y/H$	$d_H$	дБА	3,7		
	на экранирование	$d_{эк}$	дБА	–10		
	на возраст транспортного средства	$d_t$	дБА	0,72		
	на озеленение	$d_z$	дБА	–8		
	на расстояние	до середины тротуара до зданий	$d_{r2}$ $d_{r3}$	дБА	0 –8	
Поправочный коэффициент $d$	на неравномерность скорости	иссл.	$d_{Gi}$	дБА	10,1	
		этал.	$d_{Gэ}$	дБА	0	
	Сумма поправок	на производственный шум	иссл.	$\sum d_{oi}$	дБА	14,52
			этал.	$\sum d_{oэ}$	дБА	4,42
		на приведение к водителям и пассажирам		$\sum d_1$	дБА	–12
на приведение к пешеходам		$\sum d_2$	дБА	0		
на приведение к жителям		$\sum d_3$	дБА	–26		
Произведенный шум, базовый		иссл.	$L'_{оэ}$	дБА	45,7	
		этал.	$L'_{ои}$	дБА	48,8	
Произведенный шум, расчетный		иссл.	$L_{oi}$	дБА	60,22	
		этал.	$L_{1и}$	дБА	53,22	
Приведенный к водителям и пассажирам		иссл.	$L_{1э}$	дБА	48,22	
		этал.	$L_{1и}$	дБА	41,22	
Приведенный к пешеходам		иссл.	$L_{2и}$	дБА	60,22	
		этал.	$L_{2э}$	дБА	53,22	

Окончание таблицы Б.3

1		2	3	4
Приведенный к жителям	иссл.	$L_{3и}$	дБА	34,22
	этал.	$L_{3э}$	дБА	27,22
Нормативные потери от шума	иссл.	$\Pi_{2и}$	долл./год	355
	этал.	$\Pi_{2э}$	долл./год	198
Расчетные потери от шума		$\Pi_1$	долл./год	157
Расчетные потери от выбросов		$\Pi_m$	долл./год	4664
Суммарные экологические потери		$\Pi_{экл}$	долл./год	4821

Таблица Б.4 – Расчет экономических потерь, ул. Калинина, 3

Время	Период	Полоса	Параметр										
			$Q_n$	$Q$	$K_{шн}$	$Q'$	$K_{пэ}$	$\Pi_o$	$e'_o$	$\Pi'_o$	$e_t$	$\Pi_t$	$\Pi_{экл}$
			чел./ч	авт./ч	—	ед./ч	—	долл./год	ост./а	долл./год	с/авт.	долл./год	долл./год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$8^{30}$	2	T1	186	108	1	108	1	3024	0	0	0,14	11	3035
		T2		330	1	330	1	9240	0,07	138	0,45	111	9489
		O2		150	1	150	1	4200	0	0	0,16	18	4218
$8^{30}$	2	O1	150	78	1,08	84	1,54	3363	0	0	0,12	11	3374
		$\Sigma$		666	1,01	672	1,06	19827	—	138	—	151	20116
		T1		84	1	84	1	2352	0	0	0,11	7	2359
$10^{30}$	2	T2	150	228	1	228	1	6384	0,06	82	0,25	43	6509
		O2		276	1	276	1	7722	0,06	99	0,32	66	7887
		O1		108	1,06	114	1,39	4203	0	0	0,14	16	4219
		$\Sigma$		696	1,01	702	1,06	20661	—	181	—	132	20974
		T1		144	1	144	1	4032	0	0	0,19	20	4052
$12^{30}$	2	T2	228	342	1,04	356	1,26	12065	0,09	232	0,6	193	12490
		O2		354	1	354	1	9912	0,09	190	0,6	158	10260
		O1		204	1,02	208	1,04	5940	0,06	73	0,029	45	6058
		$\Sigma$		1044	1,02	1062	1,06	31949	—	495	—	416	32860
		T1		138	1	138	1	3864	0	0	0,28	28	3892
$14^{30}$	2	T2	432	312	1,05	328	1,29	11270	0,11	266	1,1	332	11868
		O2		336	1,03	346	1,14	10724	0,12	276	1,2	344	11344
		O1		150	1	150	1	4200	0	0	0,3	34	4234
		$\Sigma$		936	1,03	962	1,15	30058	—	542	—	738	31338
		T1		54	1	54	1	1725	0	0	0,1	4	1729
$16^{30}$	2	T2	348	570	1,01	576	1,07	17077	0,18	659	3	1372	19108
		O2		378	1	378	1,01	12022	0,12	275	1	286	12583
		O1		252	1,02	257	1,17	8254	0,09	158	0,5	113	9525
		$\Sigma$		1254	1,01	1265	1,07	39078	—	1092	—	1771	41941
		T1		162	1	162	1	4536	0	0	0,3	36	4572
$18^{30}$	2	T2	426	444	1,01	448	1,1	13675	0,17	498	2	733	14906
		O2		288	1,02	294	1,15	9274	0,11	218	0,9	223	9715

Окончание таблицы Б.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
18 <sup>30</sup>	2	O1	426	264	1,01	267	1,02	7540	0,1	161	0,6	121	7822
		Σ		1158	1,01	1173	1,08	35025	–	877	–	1113	37015
Сумма	12+2	T1	295	115	1	115	–	19533	–	0	–	106	19639
		T2		371	1,02	378	–	69711	–	1875	–	2784	74370
		O2		297	1,01	300	–	53854	–	1058	–	1055	56007
		O1		176	1,02	180	–	33500	–	392	–	340	35232
		Σ		959	1,01	973	1,08	176598	–	3325	–	4321	184244

Таблица Б.5 – Расчет экологических потерь от выбросов, ул. Калинина, 3

Параметр		Индекс	Размерность	Значение	
Протяженность участка		$S$	км	0,15	
Интенсивность движения пешеходов на переходе		$Q_{пп}$	чел./ч	295	
Интенсивность движения пешеходов на тротуаре		$Q_{пт}$	чел./ч	434	
Средний возраст транспортного средства		$t$	лет	10	
Коэффициент возраста транспортного средства		$K_t$	–	0,36	
Интенсивность движения суммарного транспортного потока		$Q_{\Sigma}$	авт./ч	959	
Коэффициент приведения транспортного потока, динамический		$K_{пн}$	–	1,01	
Доля маршрутного пассажирского транспорта в транспортном потоке		$\Delta O$	–	0,02	
Доля электротранспорта в транспортном потоке		$\Delta \text{эл}$	–	–	
Коэффициент приведения электротранспорта, динамический		$K_{пнэл}$	–	–	
Скорости движения транспортного потока	иссл.	$V_{н}$	км/ч	32	
	этал.	$V_{\text{э}}$	км/ч	60	
Коэффициент изменения выбросов от скорости	иссл.	$K_{mV_{н}}$	–	5,6	
	этал.	$K_{mV_{\text{э}}}$	–	1	
Коэффициент изменения расхода топлива от неравномерности скорости	иссл.	$K_{FG_{н}}$	–	2,4	
	этал.	$K_{FG_{\text{э}}}$	–	1	
Удельное число потребителей	водителей и пассажиров	иссл.	$N_{1н}$	чел./км	82,7
		этал.	$N_{1\text{э}}$	чел./км	44,1
	пешеходов и жителей		$N_2$	чел./км	182
			$N_3$	чел./км	2700
Расстояние от проезжей части до середины тротуара		$r_2$	м	5	
Расстояние от проезжей части до зданий		$r_3$	м	12	
Число рядов посадок, защищающих пешеходов		$i_2$	–	–	
Число рядов посадок, защищающих жителей		$i_3$	–	1	
Произведенный объем выбросов	иссл.	$M_{\text{ои}}$	кг/км ч	333,7	
	этал.	$M_{\text{оэ}}$	кг/км ч	6,9	
Нормативные потери от выбросов	иссл.	$\Pi_{\text{ми}}$	долл./год	431244	
	этал.	$\Pi_{\text{мэ}}$	долл./год	224	
Расчетные потери от выбросов		$\Pi_m$	долл./год	431020	

Таблица Б.6 – Расчет экологических потерь от транспортного шума, ул. Калинина, 3

Параметр			Индекс	Размерность	Значение	
Суммарная высота зданий			$H$	м	42	
Ширина улицы в красных линиях			$B_y$	м	21	
Тип окон			–	–	обычные	
Поправочный коэффициент $d$	на отношение $B_y/H$		$d_n$	дБА	4	
	на экранирование		$d_{эк}$	дБА	-10	
	на возраст транспортного средства		$d_t$	дБА	0,72	
	на озеленение		$d_z$	дБА	-5	
	на расстояние	до середины тротуара	$d_{r2}$	дБА	0	
		до зданий	$d_{r3}$	дБА	-2,86	
	на неравномерность скорости	иссл.	$d_{Gн}$	дБА	7,6	
		этал.	$d_{Gэ}$	дБА	0	
	Сумма поправок	на производственный шум	иссл.	$\sum d_{ои}$	дБА	12,32
			этал.	$\sum d_{оэ}$	дБА	4,72
		на приведение к водителям и пассажирам		$\sum d_1$	дБА	-12
на приведение к пешеходам		$\sum d_2$	дБА	0		
на приведение к жителям		$\sum d_3$	дБА	-17,86		
Произведенный шум, базовый			иссл.	$L'_{оэ}$	дБА	64,79
			этал.	$L'_{ои}$	дБА	70,25
Произведенный шум, расчетный			иссл.	$L_{ои}$	дБА	77,11
			этал.	$L_{1и}$	дБА	74,97
Приведенный к водителям и пассажирам			иссл.	$L_{1э}$	дБА	65,11
			этал.	$L_{1и}$	дБА	62,97
Приведенный к пешеходам			иссл.	$L_{2и}$	дБА	77,11
			этал.	$L_{2э}$	дБА	74,97
Приведенный к жителям			иссл.	$L_{3и}$	дБА	59,25
			этал.	$L_{3э}$	дБА	57,11
Нормативные потери от шума			иссл.	$\Pi_{2и}$	долл./год	328454
			этал.	$\Pi_{1э}$	долл./год	279570
Расчетные потери от шума				$\Pi_j$	долл./год	48884
Расчетные потери от выбросов				$\Pi_m$	долл./год	431020
Суммарные экологические потери				$\Pi_{экл}$	долл./год	479904

Таблица Б.7 – Расчет экономических потерь, ул. Столетова, 4

Время	Период	Полоса	Параметры										
			$Q_n$	$Q$	$K_{пн}$	$Q'$	$K_{пэ}$	$\Pi_o$	$e'_o$	$\Pi'_o$	$e_t$	$\Pi_t$	$\Pi_{экл}$
			чел./ч	авт./ч	1	ед./ч	1	долл./год	ост./авт.	долл./год	с/авт.	долл./год	долл./год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
8	2	T1	42	474	1,21	574	2,21	28732	0,07	440	1	785	29957
		T2		672	1,02	699	1,17	21565	0,09	424	1,8	1061	23050

Окончание таблицы Б.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
8	2	O2	42	486	1,04	496	1,03	13730	0,06	180	0,7	236	14173
		O1		348	1,29	449	2,47	23576	0,06	309	0,6	387	24272
		Σ		1980	1,12	2218	1,61	87604	–	1353	–	2496	91452
10	2	T1	6	324	1,3	421	2,56	22750	–	–	–	–	22750
		T2		660	1,03	680	1,15	20818	–	–	–	–	20818
		O2		492	1,03	507	1,05	14170	–	–	–	–	14170
		O1		378	1,19	450	1,99	20637 0	–	–	–	–	20632
		Σ		1854	1,11	2058	1,54	78370	–	–	–	–	78380
12	2	T1	6	306	1,15	352	1,66	13933	–	–	–	–	13933
		T2		432	1,05	454	1,08	12797	–	–	–	–	12797
		O2		516	1,03	531	1,05	14861	–	–	–	–	14861
		O1		456	1,16	529	1,41	17635	–	–	–	–	17635
		Σ		1710	1,09	1866	1,25	59226	–	–	–	–	59226
14	2	T1	18	294	1,39	409	2,37	19112	0,06	250	0,3	157	19519
		T2		528	1,03	544	1,05	15206	0,06	200	0,7	291	15697
		O2		504	1,01	509	1,03	14239	0,06	187	0,6	234	14660
		O1		366	1,23	450	2,07	20700	0,06	273	0,5	284	21257
		Σ		1692	1,13	1912	1,49	69337	–	910	–	966	71133
16	2	T1	18	336	1,25	420	2,16	19906	0,06	263	0,5	272	20441
		T2		570	1,06	604	1,27	19855	0,07	704	1	543	21102
		O2		534	1,03	550	1,05	15379	0,06	202	0,8	336	15917
		O1		474	1,19	564	1,79	23272	0,06	305	0,8	509	24086
		Σ		1914	1,12	2138	1,49	78473	–	1474	–	1660	81546
18	2	T1	24	294	1,21	356	2,4	19354	–	–	0,4	212	19566
		T2		522	1	522	1	14318	0,06	188	0,7	273	14779
		O2		708	1	708	1	19419	0,07	297	1,6	850	20566
		O1		618	1,2	742	2,14	36275	0,08	635	2	1984	38894
		Σ		2142	1,09	2328	1,52	89365	–	1120	–	3319	93805
20	2	T1	66	180	1,08	194	1,3	6418	–	–	0,18	32	6450
		T2		324	1,01	327	1,03	9153	0,06	120	0,35	400	9673
		O2		354	1	354	1	9710	0,06	127	0,38	154	9991
		O1		234	1,17	274	1,95	12516	0,06	164	0,27	746	13426
		Σ		1092	1,05	1149	1,26	37797	–	411	–	1332	39540
Сумма	14+2	T1	26	315	1,23	389	–	130205	–	953	–	1458	132616
		T2		530	1,03	547	–	113712	–	1636	–	2568	117916
		O2		513	1,02	522	–	101508	–	993	–	1837	104338
		O1		411	1,20	494	–	154604	–	1686	–	3910	160200
		Σ		1769	1,10	1952	1,47	500029	–	5268	–	9773	515070

Таблица Б.8 – Расчет экологических потерь от выбросов, ул. Столетова, 4

Параметр		Индекс	Размерность	Значение	
Протяженность участка		$S$	км	0,15	
Интенсивность движения пешеходов на переходе		$Q_{пп}$	чел./ч	26	
Интенсивность движения пешеходов на тротуаре		$Q_{тм}$	чел./ч	62	
Средний возраст транспортного средства		$t$	лет	10	
Коэффициент возраста транспортного средства		$K_t$	–	0,36	
Интенсивность движения суммарного транспортного потока		$Q_{\Sigma}$	авт./ч	1769	
Коэффициент приведения транспортного потока, динамический		$K_{пн}$	–	1,1	
Доля маршрутного пассажирского транспорта в транспортном потоке		$\Delta O$	–	0,04	
Доля электротранспорта в транспортном потоке		$\Delta_{эл}$	–	0,03	
Коэффициент приведения электротранспорта, динамический		$K_{пнэл}$	–	2,2	
Скорости движения транспортного потока	иссл.	$V_{и}$	км/ч	32	
	этал.	$V_{э}$	км/ч	60	
Коэффициент изменения выбросов от скорости	иссл.	$K_{mVи}$	–	5,6	
	этал.	$K_{mVэ}$	–	1	
Коэффициент изменения расхода топлива от неравномерности скорости	иссл.	$K_{FGи}$	–	2,4	
	этал.	$K_{FGэ}$	–	1	
Удельное число потребителей	водителей и пассажиров	иссл.	$N_{1и}$	чел./км	194,6
		этал.	$N_{1э}$	чел./км	103,8
Удельное число потребителей	пешеходов	$N_2$	чел./км	22	
	жителей	$N_3$	чел./км	113	
Расстояние от проезжей части до середины тротуара		$r_2$	м	3	
Расстояние от проезжей части до зданий		$r_3$	м	10	
Число рядов посадок, защищающих пешеходов		$i_2$	–	–	
Число рядов посадок, защищающих жителей		$i_3$	–	1	
Произведенный объем выбросов	иссл.	$M_{ои}$	кг/км ч	612	
	этал.	$M_{оэ}$	кг/км ч	12	
Нормативные потери от выбросов	иссл.	$P_{тм}$	долл./год	132009	
	этал.	$P_{тэ}$	долл./год	4730	
Расчетные потери от выбросов		$P_m$	долл./год	127279	

Таблица Б.9 – Расчет экологических потерь от транспортного шума, ул. Столетова, 4

Параметр		Индекс	Размерность	Значение
$1$		$2$	$3$	$4$
Суммарная высота зданий		$H$	м	4
Ширина улицы в красных линиях		$B_v$	м	34
Тип окон		–	–	обычные
Поправочный коэффициент $d$	на отношение $B_v/H$	$d_H$	дБА	–2
	на экранирование	$d_{эк}$	дБА	–10
	на возраст транспортного средства	$d_t$	дБА	0,72

Окончание таблицы Б.9

1			2	3	4	
Поправочный коэффициент $d$	на озеленение		$d_z$	дБА	-5	
	на рас- стояние	до середины тротуара	$d_{r2}$	дБА	0	
		до зданий	$d_{r3}$	дБА	-21,75	
	на неравномерность скорости		иссл.	$d_{Gи}$	дБА	7,6
			этал.	$d_{Gэ}$	дБА	0
	Сумма поправок	на производственный шум	иссл.	$\sum d_{oi}$	дБА	6,32
			этал.	$\sum d_{oэ}$	дБА	-1,28
		на приведение к водителям и пассажирам		$\sum d_1$	дБА	-12
		на приведение к пешеходам		$\sum d_2$	дБА	0
	на приведение к жителям		$\sum d_3$	дБА	-16,75	
Произведенный шум, базовый			иссл.	$L'_{oэ}$	дБА	70,68
			этал.	$L_{oi}$	дБА	76,14
Произведенный шум, расчетный			иссл.	$L_{oi}$	дБА	77
			этал.	$L_{1и}$	дБА	74,86
Приведенный к водителям и пассажирам			иссл.	$L_{1э}$	дБА	65
			этал.	$L_{1и}$	дБА	62,86
Приведенный к пешеходам			иссл.	$L_{2и}$	дБА	77
			этал.	$L_{2э}$	дБА	74,86
Приведенный к жителям			иссл.	$L_{3и}$	дБА	60,25
			этал.	$L_{3э}$	дБА	58,11
Нормативные потери от шума			иссл.	$\Pi_{2и}$	долл./год	53337
			этал.	$\Pi_{1э}$	долл./год	33478
Расчетные потери от шума			$\Pi_1$	долл./год	19859	
Расчетные потери от выбросов			$\Pi_m$	долл./год	127279	
Суммарные экологические потери			$\Pi_{экл}$	долл./год	147138	

Таблица Б.10 – Аварийные и суммарные потери на исследуемых искусственных неровностях

Наименование параметра	Индекс	Размерность	Значение			
			Столетова, 4	Калинина, 3	Горовца, 34	
Средне- годовое число аварий	погибших	$n_{ac}$	чел./год	–	–	–
	раненых	$n_{ap}$	чел./год	1	–	–
	аварий с материальным ущербом	$n_{am}$	чел./год	6	4	0,67
Аварийные потери		$\Pi_a$	долл./год	4800	2000	335
Экологические потери		$\Pi_{экл}$	долл./год	147138	479904	4821
Экономические потери		$\Pi_{экн}$	долл./год	515070	184244	2267
Суммарные потери		$\Pi_{\Sigma}$	долл./год	667008	666198	7423
Стоимость снижения аварийных потерь		$K_{ca}$	–	138	332	21,1

**ПРИЛОЖЕНИЕ В.**  
**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ**  
**В ДОРОЖНОМ ДВИЖЕНИИ**

Таблица В.1 – Перечень исходных данных, необходимых для расчета потерь в дорожном движении на типовых городских объектах

Исходные данные	Обозначение	Размерность	Расчет потерь		
			аварийных	экологических	экономических
1	2	3	4	5	6
<i>Регулирование</i>					
Продолжительность светофорного цикла	$C$	с	+	+	+
Время горения зеленого сигнала*	$t_z$	с	+	+	+
Время горения желтого сигнала*	$t_{ж}$	с	+	+	+
Время горения зеленого мигающего сигнала*	$t_{зм}$	с	+	+	+
Время горения красного сигнала*	$t_k$	с	+	+	+
Продолжительность переходного интервала**	$t_{пр}$	с	+	+	+
Доля зеленого сигнала в цикле*	$\lambda$	—	+	+	+
Доля зеленого сигнала для пешеходов в цикле*	$\lambda_{п}$	—	+	+	+
Номинальный сдвиг на 2-й стоп-линии*	$t_s$	с	+	+	+
Длительность переходного интервала от пешеходов к транспорту*	$t_{ппр}$	с	+	+	+
Доля времени зеленого немигающего сигнала в цикле для пешеходов*	$\lambda_p$	—	+	+	+
Длительность зеленого немигающего сигнала для пешеходов*	$t_{zp}$	с	+	+	+
<i>Геометрические характеристики</i>					
Ширина проезжей части на входе	$b$	м	⊕	⊕	⊕
Ширина проезжей части на выходе*	$b_{>}$	м	⊕	⊕	
Ширина полосы движения**	$b_{пол}$	м	⊕		⊕
Расстояние от кромки проезжей части на выходе до островка безопасности*	$b_{ОВ>}$	м	⊕		⊕
Расстояние от кромки проезжей части на входе до островка безопасности*	$b_{ОВ}$	м	⊕		⊕
Ширина островка безопасности на входе*	$b_0$	м	⊕		⊕
Ширина пешеходного перехода на входе*	$b_p$	м	⊕		⊕
Отнесение пешеходного перехода от кромки параллельной проезжей части*	$l_{отн}$	м	⊕	⊕	⊕
Отнесение стоп-линии на входе от пешеходного перехода*	$l_{ст}$	м	⊕	⊕	⊕
Расстояние от стоп-линии до дальней границы пешеходного перехода*	$S$	м	⊕		



Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6
Радиус закругления кромки проезжей части*	$R_n$	м	⊕		⊕
Радиус закругления траектории движения транспортного потока*	$R$	м	⊕		
Расстояние от стоп-линии 1 до конфликтной точки 4	$S''_{1K4}$	м	⊕		
Расстояние от конфликтной точки 4 до начала пешеходного перехода $p_4$	$S''_{K4P4}$	м	⊕		
Расстояние от стоп-линии 1 до пешеходного перехода 4	$S_{1P4}$	м	⊕		
Отнесение пешеходного перехода 1 от края искусственной неровности	$I_{RH1}$	м	○	○	○
Ширина искусственной неровности на входе 1	$b_{RH1}$	м		○	
Расстояние от искусственной неровности до конфликтной точки $K1$	$S''_{1K1}$	м	○	○	
Угол спуска (подъема) проезжей части*	$\alpha$	градус	⊕	⊕	⊕
Коэффициент сцепления*	$\varphi$		⊕	⊕	⊕
Высота микронеровностей проезжей части*	$h$			⊕	⊕
Угол взаимодействия конфликтующих участников**	$\beta$	градус	⊕		
Расстояние видимости в направлении движения*	$S_k$		⊕		
Нормативное расстояние боковой видимости для главного конфликтующего участника*	$S_{б1}$		⊕		
Нормативное расстояние боковой видимости для второстепенного конфликтующего участника*	$S_{б2}$		⊕		
Фактическое расстояние боковой видимости для главного конфликтующего участника*	$S_1$		⊕		
Фактическое расстояние боковой видимости для второстепенного конфликтующего участника*	$S_2$		⊕		
Расстояние до конфликтной точки**	$S_{кфт}$		⊕	⊕	⊕
Число полос движения	$i$	–	⊕	⊕	⊕
Тип покрытия проезжей части	$T_{пок}$	–	⊕	⊕	⊕
Протяженность участка	$S$	км		⊕	⊕
<i>Обустройство и дорожные условия</i>					
Категория улицы	$K_{ту}$	–		⊕	
Годовой фонд времени	$\Phi_t$	ч/год		⊕	
Расчетный суточный период нагрузки	$T_c$	ч/сут.		⊕	
Расстояние от проезжей части входа до зданий, расположенных ближе к входу*	$r$	м		⊕	
Расстояние от проезжей части до середины тротуара	$r_2$	м		⊕	
Суммарная высота зданий	$H$	м		⊕	
Число окон, выходящих на улицу	$N_{ок}$	окон/км		⊕	
Тип окон	$T_{окн}$	–		⊕	
Расстояние от проезжей части до зданий (не далее 50 м)	$r_3$	м		⊕	
Наличие экранирования	$\mathcal{E}_{эк}$	–		⊕	
Число рядов посадок, защищающих пешеходов	$i_2$	–		⊕	
Число рядов посадок, защищающих жителей	$i_3$	–		⊕	

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6
<i>Транспортно-пешеходная нагрузка и условия движения</i>					
Интенсивность движения транзитных (в прямом направлении) транспортных средств**	$q_{тр}$	авт./с	⊕	⊕	⊕
Интенсивность движения левоповоротных транспортных средств**	$q_{л}$	авт./с	+	+	+
Интенсивность движения правоповоротных транспортных средств**	$q_{п}$	авт./с	+	+	+
Среднеквадратическое отклонение распределения интенсивности движения транспортных средств	$\sigma(q)$	авт./с	⊕	⊕	⊕
Интенсивность движения пешеходов**	$q_p$	чел./с	⊕	⊕	⊕
Интенсивность движения пешеходов по тротуару	$q_{рТ}$	чел./с		⊕	
Число пешеходов в группе, идущей по пешеходному переходу	$N_p$	чел./цикл	⊕	⊕	⊕
Число рядов пешеходов первого направления в цикле	$n_{p1}$		+		
Число пешеходов в одном ряду	$n$	чел.	⊕		
Максимальное число пешеходов в ряду	$N$	чел.	⊕		
Суммарная (включая движение по тротуарам и переходам) интенсивность движения пешеходов*	$Q_{p\Sigma}$	чел./ч			⊕
Среднеквадратическое отклонение распределения интенсивности движения пешеходов	$\sigma(q_p)$	авт./с	⊕		⊕
Коэффициент вариации распределения интенсивности движения	$I_Q$	–	⊕		⊕
Распределение скорости движения	$f(v)$	–			
Скорость движения транзитных транспортных потоков**	$V$	м/с	⊕	⊕	⊕
Скорость движения левоповоротных транспортных потоков**	$V_{л}$	м/с	+	+	+
Скорость движения правоповоротных транспортных потоков**	$V_{п}$		+	+	+
Скорость движения пешеходов*	$V_p$	м/с	⊕		⊕
Математическое ожидание распределения скорости движения	$\bar{v}$	м/с	⊕	⊕	⊕
Среднеквадратическое отклонение распределения скорости движения транспортных потоков	$\sigma(V)$	м/с	⊕	⊕	⊕
Коэффициент вариации распределения скорости движения	$I_V$	–	⊕	⊕	⊕
Среднеквадратическое отклонение распределения ускорений (шум ускорения)	$\sigma_a$	м/с <sup>2</sup>	+		+
Градиент скорости движения	$G_V$	1/с		+	+
Поток насыщения	$q_n$	авт./с	+		+
Коэффициент загрузки полосы движением**	$x$	–	+	+	+
Скорость движения поворотных потоков*	$V_{пов}$	м/с	+	+	+
Математическое ожидание распределения интенсивности движения	$\bar{q}$	авт./с	⊕	⊕	⊕
Разрешенная скорость движения на подходах к объекту*	$V_{раз}$	м/с	⊕	⊕	⊕

Окончание таблицы В.1

1	2	3	4	5	6
Средняя длина очереди перед стоп-линией за период существования перегрузки	$N_0$	авт.	+	+	+
Доля маршрутного пассажирского транспорта в транспортном потоке	$\Delta O$		⊕	⊕	⊕
Доля электротранспорта	$\Delta \text{ЭЛ}$		⊕	⊕	⊕
Динамический коэффициент приведения электротранспорта	$K_{\text{пнэл}}$		⊕	⊕	⊕
Коэффициент приведения транспортного потока по потоку насыщения (динамический)	$K_{\text{пн}}$	–	⊕	⊕	⊕
Коэффициент приведения транспортного потока экономический	$K_{\text{пэ}}$		⊕	⊕	⊕
Средний возраст транспортных средств	$t$	лет			⊕
Продолжительность измерительного периода	$T_{\text{изм}}$	ч	+		
Доля аварий соответственно с материальным ущербом, ранениями и смертельным исходом	$\delta_{\text{а}}^{\text{м}}, \delta_{\text{а}}^{\text{р}}, \delta_{\text{а}}^{\text{с}}$		⊕		
Доля аварий со смертельным исходом для нерегулируемого, внутрифазного и межфазного режимов движения соответственно	$\delta_{\text{ан}}^{\text{с}}, \delta_{\text{ав}}^{\text{с}}, \delta_{\text{ап}}^{\text{с}}$		+		
Доля аварий с ранением для нерегулируемого, внутрифазного и межфазного режимов движения соответственно	$\delta_{\text{ан}}^{\text{р}}, \delta_{\text{ав}}^{\text{р}}, \delta_{\text{ап}}^{\text{р}}$		+		
Доля аварий с материальным ущербом для нерегулируемого, внутрифазного и межфазного режимов движения соответственно	$\delta_{\text{ан}}^{\text{м}}, \delta_{\text{ав}}^{\text{м}}, \delta_{\text{ап}}^{\text{м}}$		+		
Число измеренных (за 5 часов) конфликтных ситуаций соответственно легких, средних и тяжелых	$n_{\text{кфс}}^{\text{л}}, n_{\text{кфс}}^{\text{с}}, n_{\text{кфс}}^{\text{т}}$	кфс/ч	⊕		
Расчетное число приведенных конфликтных ситуаций	$n_{\text{кфс}}^{\text{р}}$	прив. кфс/год	⊕		

*Примечание:* ○ – для искусственной неровности; + – для регулируемого перекрестка; ⊕ – для регулируемого перекрестка и искусственной неровности; \* – измеряется для каждого входа; \*\* – измеряется отдельно для каждой полосы по каждому направлению во всем входам.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г.  
ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ АВАРИЙ В ГОРОДСКИХ ОЧАГАХ**

Таблица Г.1 – Основные причины аварий в городских очагах в конфликте «транспорт – транспорт»

Группа причин	Режим	Причина	Примечание
1	2	3	4
<i>Столкновение боковое</i>			
О	Нерегулируемый	Высокая интенсивность движения главных конфликтующих потоков	СТБ 1300
О		Высокая интенсивность движения второстепенных конфликтующих потоков	
О		Высокая скорость движения главных конфликтующих потоков	
О		Наличие габаритных транспортных средств в многорядном второстепенном конфликтующем потоке, закрывающих видимость	Как правило, на кольцевых перекрестках
О		Недостаточная видимость из-за запаркованных перед перекрестком транспортных средств	
О		Недостаточная видимость из-за габаритных транспортных средств при многорядном главном конфликтующем потоке	
О		Недостаточная видимость самого перекрестка	
О		Недостаточная видимость информации о приоритете	
Д		Недостаточная боковая видимость	
У	Нерегулируемый	В темное и (или) переходное время водитель главного конфликтующего потока не обозначил или недостаточно обозначил себя	Не включил свет, неисправные или грязные приборы освещения
У		Недостаточная боковая обзорность (особенно справа) водителя из-за запотевания стекол, габаритных пассажиров, конструкции автомобиля и т.д.	
О	Регулируемый	Далеко отнесенные стоп-линии	
С		Недостаточная видимость светофоров или их сигналов	
С		Неисправность светофоров	
С		Наличие фантом-эффекта	
С		Недостаточный переходной интервал	
С		Излишний переходной интервал	
С		Высокий коэффициент загрузки полосы для главного конфликтующего потока или второстепенного конфликтующего потока	

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4
Д + С		Наличие неровностей и других помех на проезжей части в пределах перекрестка, сильно дифференцирующих скорость движения через перекресток для различных групп транспортных средств и затрудняющих выбор переходного интервала	
<i>Столкновение левоповоротное</i>			
О	Нерегулируемый	Высокая интенсивность движения главных конфликтующих потоков	СТБ 1300
О		Высокая интенсивность движения второстепенных конфликтующих потоков	
О		Недостаточная видимость из-за стоящих левоповоротных транспортных средств встречного направления	
О		Недостаточная видимость из-за направления на солнце	
О		Недостаточная видимость из-за левого поворота с двух полос одновременно	
О		Недостаточная видимость в ситуации, когда в момент принятия решения водителем левоповоротного транспортного средства силуэт малого встречного автомобиля полностью вписывается в силуэт идущего за ним большого автомобиля	
О		Недостаточная видимость, когда силуэт встречной машины «затерялся» в калейдоскопичной картине дорожной обстановки среди множества дорожных знаков различных размеров, рекламы, «стильного» освещения и т.д.	
О		Нерегулируемый	Недостаточное отнесение пешеходного перехода, вследствие чего левоповоротный автомобиль «почти закончив» поворот, вынужден резко остановиться перед переходом
О	Недостаточная или малозаметная информация о запрещении левого поворота		
О	Недостаточная информация о наличии трамвайного движения посередине проезжей части		
У	В темное или переходное время суток водитель главного конфликтующего потока не обозначил или недостаточно обозначил себя		
Н + О	Несоответствие Правил реально сложившейся практике при одновременном левом повороте с противоположных направлений при наличии разделительных полос небольших размеров или отсутствии одной из полос		ПДД
Н	Недостатки приоритета, когда левоповоротный автомобиль «почти закончив» поворот, вынужден резко остановиться перед подрезающим его правоповоротным автомобилем, имеющим приоритет		ПДД
С	Недостаточный переходной интервал при включении зеленого сигнала на дополнительной секции светофора		
С	Регулируемый	Недостаточный переходной интервал при выключении зеленого сигнала на дополнительной секции светофора	
С		Излишний переходной интервал при включении или выключении зеленого сигнала на дополнительной секции светофора, провоцирующий обоих участников на его использование	

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4
С		Излишний переходной интервал, в котором часть встречных транзитных автомобилей останавливается, а некоторые – продолжают движение на повышенной скорости	
С		«Позднее» включение зеленого сигнала для главного конфликтующего потока, при котором водитель левоповоротного автомобиля не знает, какой сигнал горит в данный момент для главного конфликтующего потока	
С		Ранняя отсечка зеленого сигнала для главного конфликтующего потока, при которой водитель левоповоротного автомобиля не знает, какой сигнал горит в данный момент для главного конфликтующего потока	
О		Далеко отнесенные равноудаленные стоп-линии, провоцирующие водителей левоповоротных автомобилей «проскочить» перед транзитными	
О	Регулируемый	Неравноудаленные стоп-линии, провоцирующие водителей левоповоротных автомобилей «проскочить» перед транзитными	
<i>Столкновение правоповоротное</i>			
О	Регулируемый	Высокая интенсивность движения главных конфликтующих потоков	СТБ 1300
О		Высокая интенсивность движения второстепенных конфликтующих потоков	
О		Правоповоротное конфликтное движение с двух полос	
О		Недостаточная информация о наличии с правой стороны трамвая	
О		Высокая скорость главного конфликтующего потока	
С		Недостаточный переходной интервал	
С		Излишний переходной интервал	
Н		Проблемы приоритета (при столкновении со встречным левоповоротным автомобилем)	ПДД
<i>Столкновение попутное (маневровое)</i>			
О	Нерегулируемый, регулируемый	Наличие разрешенных и неразрешенных остановок и стоянок транспорта у бортового камня	
О		Отсутствие заездного кармана для маршрутного пассажирского транспорта при умеренной или высокой интенсивности движения	
О		Наличие стоянок и остановок транспорта в непосредственной близости от остановочного пункта маршрутного пассажирского транспорта	
О		Частая смена специализации крайних полос движения	
О		Недостаточная или несвоевременная информация о специализации полос	
О		Движение с одной полосы одновременно транзитных и поворотных транспортных потоков при умеренной и высокой интенсивности движения. Отсутствие разметки, разделяющей потоки одного направления	

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4
О		Недостаточная или несвоевременная информация о поворотном движении к объектам тяготения из системы маршрутного ориентирования	
О		Выделение поворотной полосы за счет транзитных полос без обеспечения необходимых условий маневрирования	
О		Выделение поворотной полосы с сохранением числа транзитных полос и смещением транзитного транспортного потока на одну полосу без обеспечения этого смещения <i>всеми</i> транзитными автомобилями	
О		Уменьшение числа полос в неудобном месте – на повороте, перед пешеходным переходом, началом специализации полос и т.п.	
О		Недостаточная информация о траектории движения на сложных перекрестках со смещением входов и выходов	
О + Д		Наличие неожиданных препятствий на проезжей части	
О		Неожиданное (несанкционированное) появление пешеходов, велосипедистов и других подвижных препятствий на полосе движения	
О		Вторичные конфликты на пешеходном переходе, перекрестке или остановочном пункте маршрутного пассажирского транспорта, требующие немедленной остановки или объезда	
О		Недостаточная боковая видимость	
О		Высокая скорость движения транспортных потоков	
О		Наличие трамвайных путей посередине проезжей части	
О		Разрешение левых поворотов с нагруженной многополосной улицы без выделения полосы для левого поворота	
О		Неправильное распределение направлений движения по полосам на кольцевых перекрестках	
О		Ограниченная обзорность о дорожно-транспортной ситуации из-за габаритных транспортных средств	
<i>Столкновение с ударом сзади</i>			
О	Нерегулируемый	Высокая интенсивность движения главных конфликтующих потоков	СТБ 1300
О		Высокая интенсивность движения второстепенных конфликтующих потоков	
О + Д		Наличие неожиданных препятствий на проезжей части	
О		Малозаметный спуск (до 2 %) перед пешеходным переходом или перекрестком	
О		Одновременное движение транзитных и правоповоротных транспортных потоков с одной полосы без достаточного отнесения пешеходного перехода	
О		Одновременное движение транзитных и левоповоротных транспортных потоков с одной полосы при трудном или невозможном объезде остановившегося автомобиля	

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4
О	Нерегулируемый	Неожиданное (несанкционированное) появление пешеходов или других подвижных препятствий на полосе движения	
О		Вторичные конфликты на перекрестке, пешеходном переходе или остановочном пункте маршрутного пассажирского транспорта, требующие немедленной остановки или объезда	
О		Неудобный заезд на парковочную площадку, требующий снижения скорости в нагруженной правой полосе движения до почти полной остановки	
О		Высокая скорость движения транспортных потоков	
Д		Участок скользкого покрытия на конфликтном объекте или перед ним	
О	Регулируемый	Неправильное (раннее) наведение координированной пачки на зеленый сигнал	
О		Неправильное (раннее) отключение зеленого сигнала в координированном направлении еще при пересечении координированной пачкой стоп-линии	
О		Наличие нескольких стоп-линий и увеличенная длина перекрестка	
С		Неполное мигание зеленого сигнала или отсутствие мигания	
С		Недостаточный или излишний переходной интервал	
С		Неправильное окончание отсчета конца зеленого сигнала (без учета зеленого мигания) на таймерах для транспорта	
Н		Отсутствие мигания красного сигнала в существующих системах координированного регулирования	
<i>Столкновения встречные</i>			
О	Нерегулируемый, регулируемый	Сложная или нелогичная геометрия перекрестка, особенно разделительных островков, затрудняющих ориентирование неместных водителей	
О		Вторичные конфликты на перекрестке, пешеходном переходе или остановочном пункте маршрутного пассажирского транспорта	
О		Выполнение левых поворотов с противоположных направлений в одной фазе	
О		Смещение полос в пределах перекрестка без информирования водителей	
О		Нечетное число полос движения на перегонах без информирования водителей	
О		Уменьшение числа полос движения в попутном направлении на перегоне улицы без должного информирования водителей	
О		Недостаточная видимость в направлении движения из-за геометрических параметров улицы (поворот, уклон и т.п.)	
О		Отсутствие осевой разметки	
О		Отсутствие разделительной полосы на многополосной улице (с числом полос 6 и более в обоих направлениях)	



Окончание таблицы Г.1

1	2	3	4
Д		Скользкое покрытие проезжей части	
<i>Столкновения с железнодорожным транспортным средством</i>			
Н	Нерегулируемый, регулируемый	Излишний и нелогичный переходной интервал в конфликте «транспорт – железнодорожный состав»	
О		Недостаточное обозначение железнодорожного переезда низкой категории	
О		Наличие переезда в одном уровне при высокой интенсивности движения дорожных транспортных средств	
О	Нерегулируемый, регулируемый	Наличие переезда без шлагбаума (и дежурного) при высокой скорости движения поездов или большой интенсивности их движения	
О		Плохая видимость сигналов светофоров на переезде без шлагбаума	
О		Недостаточная освещенность железнодорожного переезда	
С		Отсутствие регулирования	
Д		Пересечение автомобильной дороги с железнодорожными путями под острым углом или после крутого поворота	
Д		Наличие перекрестков, примыканий, поворотов улиц, уклонов на подъездах к железнодорожным переездам	
Д		Неудовлетворительная ровность проезжей части и настилов на железнодорожном переезде	
Н		Недостаточная боковая видимость в конфликте «транспорт – железнодорожный состав» (в том числе наличие отдельных препятствий в пределах треугольника боковой видимости)	

Таблица Г.2 – Основные причины аварий в городских очагах в конфликте «транспорт – пешеход»

Группа причин	Режим	Причина	Примечание
1	2	3	4
<i>Поворотный транспорт – пешеход</i>			
О	Нерегулируемый	Недостаточное отнесение пешеходного перехода	
О		Чрезмерное отнесение пешеходного перехода	
О		Высокая интенсивность движения транспортных потоков	
О		Высокая интенсивность движения пешеходных потоков	
О		Большая ширина проезжей части (свыше 4 полос движения в двух направлениях)	
О		Недостаточная боковая видимость	
О		Недостаточная видимость в направлении движения транспорта (направление на солнце и т.д.)	
О		Неблагоустроенные подходы и сам пешеходный переход	

Продолжение таблицы Г.2

1	2	3	4
О	Нерегулируе- мый	Недостаточное (или отсутствует) освещение	
О		Нелогичное расположение пешеходного перехода	
Д		Большие (свыше 12 м) радиусы закруглений кромки проезжей части	
Д		Скользкое покрытие	
Д + О		Угол поворота менее 90°, позволяющий сохранить высокую скорость движения при повороте	
О	Регулируемый	Недостаточная видимость сигналов светофора	
С+О		Одновременное начало движения пешеходных и транспортных потоков при умеренной или высокой интенсивности движения транспорта и пешеходов	
С		Большая доля крупногабаритных транспортных средств в транспортном потоке	
С		Неодновременное начало движения пешеходных и поворотных транспортных потоков (задержка пешеходов) при отсутствии предупреждения водителей о моменте разрешения движения пешеходов	
С		Слишком большая задержка включения разрешающего сигнала для пешеходов, приводящая к началу движения пешеходов в момент прибытия к нему поворотных транспортных средств	
С		Неправильное регулирование («старый» переходной интервал для пешеходов)	
С		Недостаточный («новый») переходной интервал	
С		Отсутствуют предупредительные таблички (знаки, сигналы) для транспорта о наличии конфликта с пешеходами	
<i>Транзитный транспорт – пешеход</i>			
О	Нерегулируе- мый	Недостаточная боковая видимость	
О		Недостаточная видимость в направлении движения	
О		Недостаточная видимость пешеходного перехода	
О		Недостаточная видимость транспорта (например, направление на солнце, калейдоскопичность)	
О		Недостаточное (или отсутствует) освещение	
О	Нерегулируемый	Нелогичное расположение нерегулируемого пешеходного перехода	
О		Неблагоустроенные подходы и сам нерегулируемый пешеходный переход	
О		Высокая интенсивность движения транспортных потоков	
О		Высокая интенсивность движения пешеходных потоков	
О		Высокая скорость движения (на участках с повышенной скоростью движения)	
О + Н		Отсутствие у пешеходов информации о скорости движения транспорта	
О + Н		Отсутствие у пешеходов (и водителей) помощи в определении опасности	

Продолжение таблицы Г.2

1	2	3	4
О	Нерегулируемый	Неудачное расположение нерегулируемого пешеходного перехода (не на пути движения пешеходов, в «сложном» месте с маневрированием и т.п.)	
О		Неудачное расположение объектов тяготения, к которым ведет нерегулируемый пешеходный переход (магазины, остановочные пункты маршрутного пассажирского транспорта и т.п.)	
О		Наличие объектов, отвлекающих водителей перед пешеходным переходом	
О		Наличие небольшого спуска (до 2 %) перед пешеходным переходом	
О + Н		Отсутствует нормативный островок безопасности	
О + Д		Недостаточная видимость транспорта, приближающегося к пешеходному переходу справа (слева), из-за геометрических особенностей перекрестка и крупногабаритного транспорта	
О		Широкая проезжая часть и отсутствие островков безопасности	ТКП 45-3.03-227
Н		Недостатки приоритета	ПДД
Н		Стоянки транспорта в соответствии с ПДД	ПДД
О		Стоянки транспорта с нарушением ПДД	
Д		Скользкое покрытие проезжей части перед пешеходным переходом	
О	Регулируемый	Неблагоустроенный переход и подходы к нему, включая размещение ПВУ	
О		Недостаточное (или отсутствует) освещение	
О		Недостаточная боковая видимость	
О		Стоянки транспорта перед регулируемым пешеходным переходом	ПДД
О		Недостаточная видимость сигналов светофора (транспортных светофоров)	СТБ 1300
О		Отсутствует нормативный конструктивно выделенный островок безопасности для пешеходов. Обозначение островка безопасности для пешеходов выполнено дорожной разметкой без должной защиты пешеходов (недостаточная длина переходной линии)	СТБ1300
О		Применение схемы поэтапного перехода пешеходами проезжей части без достаточного оборудования конструктивно выделенного островка безопасности или без обоснованной необходимости	
О		Отсутствие предсигнала перед регулируемым пешеходным переходом в системе координированного регулирования	
О		Недостаточная информативность регулирования, особенно для пешеходов (например, о наличии поэтапного перехода, направлении движения по «Z»-образному переходу и т.п.)	
С		Неправильное («старое») регулирование	
С		Недостаточный («новый») переходной интервал в конфликте «транспорт – пешеход»	

Окончание таблицы Г.2

С	Регулируемый	Недостаточная продолжительность зеленого сигнала для пешеходов	
С		Недостаточный переходной интервал в конфликте «транспорт – пешеход»	
С		Неправильное (раннее) наведение координированной пачки транспортных средств на зеленый сигнал, провоцирующее их проезд на красный сигнал до включения разрешающего движение сигнала	
С		Неправильное (раннее) отключение зеленого сигнала в координированном направлении еще при пересечении плотной группой транспортных средств стоп-линии, провоцирующее движение через регулируемый пешеходный переход уже при зеленом сигнале для пешеходов	

Таблица Г.3 – Основные причины аварий в городских очагах в конфликте «транспорт – дорога»

Группа причин	Режим	Причина	Примечание
<i>Наезд на неподвижное препятствие</i>			
О	Нерегулируемый, регулируемый	Наличие недостаточно обозначенных препятствий на проезжей части (островков безопасности, искусственных неровностей и т.п.).	СТБ 1300
О		Сложная или нелогичная геометрия перекрестка, особенно разделительных островков, затрудняющих ориентирование неместных водителей	
О		Вторичные конфликты на перекрестке, пешеходном переходе или остановочном пункте маршрутного пассажирского транспорта	
О		Высокая скорость движения	
Д		Неудовлетворительная ровность дорожного покрытия (наличие колеиности, ямочности и т.п.)	СТБ 1291
Д		Отсутствие бортового камня или ограждающих (удерживающих) устройств	
Д		Скользкая проезжая часть	СТБ 1291

*Примечание:* О – организация дорожного движения; С – светофорное регулирование; Д – дорога или улица; У – участники движения; Н – нормативы.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Д.  
БЛАНКИ ОБСЛЕДОВАНИЯ (АУДИТА) В ТИПОВЫХ ОЧАГАХ  
АВАРИЙНОСТИ**

Бланк обследования (аудита) может быть дополнен в соответствии со спецификой очага. К бланку аудита прилагаются чертежи в масштабе 1:500, а также фото и видеоматериалы.

Таблица Д.1 – Бланк обследования нерегулируемого пешеходного перехода вне перекрестка

**Аудит безопасности в очагах аварийности**

**Бланк обследования: 1 (А)**

<b>Название элементарного участка улицы</b>	_____
	_____

Аудит выполнен: \_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_

Описательная характеристика	Значение, ответ, отметка	Примечание
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<b>Обустройство, состояние и функциональность</b>		
Расположение пешеходного перехода; совпадает ли его геометрия с траекторией движения пешеходов на подходах к нему		
Где и как расположены основные объекты тяготения пешеходов. Как они влияют на работу пешеходного перехода		
Наличие бортового камня. Высокий ли бортовой камень и есть ли его понижение для движения инвалидов, детских колясок, пожилых людей и детей. Состояние бортового камня		
Наличие островка безопасности. Какой его вид. Защищен ли он и каким образом		
Достаточна ли ширина и длина островка безопасности, удобно ли и безопасно ли стоять на нем		
Пользуются ли островком безопасности пешеходы и если нет, то почему		
Канализирует ли островок безопасности движение транспорта в месте пешеходного перехода		
Наличие пешеходных ограждений. Их состояние (нет ли в них проходов, разломов и т.д.)		
Исполняют ли пешеходные ограждения функциональную роль. Достаточно ли их длина, правильно ли они установлены		

Продолжение таблицы Д.1

1	2	3
Наличие велосипедных дорожек. Предусмотрено ли разделение пешеходного и велосипедного движения на пешеходном переходе и на его подходах		
Удобен ли пешеходный переход для пешеходов		
Состояние пешеходного перехода и подходов к нему (нет ли мусора, грязи, луж, участков скользкости, застоя воды и иных помех)		
Каково состояние проезжей части в районе пешеходного перехода		
Нет ли уклона перед пешеходным переходом. Какой он		
Имеются ли ямы или колеи на подъезде к пешеходному переходу и непосредственно на проезжей части перехода		
Выделено ли покрытие проезжей части пешеходного перехода и тротуаров на подходе к нему контрастирующим материалом (тип, вид, цвет, дополнительные рисунки)		
Имеется ли искусственная неровность? Как она выполнена конструктивно?		
<b>Условия видимости и движения</b>		
Наличие освещения на пешеходном переходе. Достаточно ли оно для видимости пешеходов и транспорта		
Останавливается ли транспорт для пропуска пешеходов		
Наличие вблизи объектов, отвлекающих внимание пешеходов и водителей (рекламные щиты, торговые павильоны с красочной рекламой т.д.)		
Наличие объектов, ограничивающих видимость как для пешеходов, так и для водителей (рекламные щиты, торговые павильоны, деревья, припаркованные автомобили и т.д.)		
Какой треугольник боковой видимости (в соответствии с ТКП 45-3.03-227) с обеих сторон пешеходного перехода, какова видимость самого треугольника		
Как видны на пешеходном переходе низкорослые пешеходы, особенно дети		
Хорошо ли заметен пешеходный переход водителям, в какой точке они узнают, что перед ними нерегулируемый пешеходный переход		
Как происходит движение пешеходов через пешеходный переход в дневное и вечернее время		
Идут ли пешеходы только по пешеходному переходу или, возможно, рядом с ним из-за тесноты		
Идут ли пешеходы по пешеходному переходу, под острым углом, по диагонали, рядом с ним и т.п. Как часто это происходит и почему		
Хорошо ли заметна искусственная неровность. Как осуществляется процесс торможения автомобилей		

Окончание таблицы Д.1

1	2	3
<b>Организация дорожного движения</b>		
Каково состояние и достаточность дорожных знаков		
Каково состояние и достаточность разметки		
Имеются ли шумовые полосы на подходах к пешеходному переходу и каково их состояние		
Какова доля маршрутного пассажирского транспорта (МПТ) и грузовых транспортных средств		
Имеются ли искусственные неровности и какова их форма, вид и состояние, их обустройство техническими средствами организации дорожного движения		
Какова общая интенсивность движения пешеходов и транспорта		
Какова скорость движения транспортных средств в районе нерегулируемого пешеходного перехода		
Происходит ли маневрирование транспорта в районе нерегулируемого пешеходного перехода (на подходах к нему), какое оно и чем оно вызвано		
Оказывает ли это маневрирование влияние на безопасность движения пешеходов и транспорта и каким образом		
Наблюдались ли конфликтные ситуации (с участием транспорта, с участием транспорта и пешеходов), какие, по чьей вине и по какой причине		
Какова доля детей и (или) пожилых людей (в т.ч. людей с ограниченными физическими возможностями) в пешеходном потоке		
Имеются ли резкие колебания интенсивности движения транспортных и пешеходных потоков		
Обозначена ли дорожной разметкой и дорожными знаками искусственная неровность. Каково их состояние		
Соответствуют ли параметры искусственной неровности нормативным		
Как расположена искусственная неровность относительно нерегулируемого пешеходного перехода (за ним, на подъезде к нему или это приподнятый пешеходный переход)		

Бланк аудита регулируемого пешеходного перехода вне перекрестка дополняется приведенными ниже вопросами, помимо «Бланка 1(А)», а также может быть дополнен иными вопросами в соответствии со спецификой очага.

Таблица Д.2 – Бланк обследования регулируемого пешеходного перехода вне перекрестка

**Аудит безопасности в очагах аварийности**

**Бланк обследования: 1 (Б)**

Название элементарного участка улицы	_____
	_____
	_____

Аудит выполнен: \_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_

Описательная характеристика	Значение, ответ, отметка	Примечание
1	2	3
<b>Условия видимости и движения</b>		
Где и как собираются пешеходы в ожидании зеленого сигнала светофора		
Где останавливаются транспортные средства на красный сигнал, достаточна ли дистанция между ними и пешеходами		
Каким образом информированы пешеходы о типе светофорного регулирования движения пешеходов (вид переходного интервала для пешеходов)		
Идут ли пешеходы только на зеленый сигнал светофора и если нет, то как и почему		
Как начинают и заканчивают движение пешеходы, есть ли случаи их движения на красный сигнал в конце пешеходной фазы		
Достаточен ли переходной интервал или нет, в результате чего пешеходы вынуждены останавливаться на островке безопасности либо идти на красный сигнал, либо заканчивать переход бегом		
Есть ли случаи сознательного движения пешеходов на красный сигнал, как часто и почему это происходит		
Есть ли случаи движения транспортных средств на красный сигнал, как часто и почему это происходит		
Переходят ли пешеходы улицу в один этап или в два (особенно при наличии защищенного островка безопасности или разделительной полосы)		
Бывают ли случаи, когда на втором этапе пешеходы идут заведомо на красный сигнал, продолжая ранее начатое движение, или же они останавливаются на конструктивно выделенном островке безопасности (разделительной полосе) для ожидания зеленого сигнала. Как пешеходы узнают о поэтапном режиме работы регулируемого пешеходного перехода		
<b>Организация дорожного движения</b>		
Как расположены транспортные светофоры, хорошо ли они видны водителям (особенно на многополосных высоконагруженных улицах)		



Окончание таблицы Д.2

1	2	3
Имеются ли дублиеры транспортных светофоров, как они расположены и какова их видимость		
Как расположены пешеходные светофоры (имеются ли пешеходные светофоры на конструктивно выделенном островке безопасности либо разделительной полосе)		
Далеко ли удалены пешеходные светофоры от транспортных, хорошо ли они видны пешеходам (различимы ли их сигналы)		
Каково состояние транспортных светофоров, чистые ли линзы, не разбиты ли они, нет ли фантом-эффекта, не перегорела ли светодиодная матрица (или значительная часть светодиодов)		
Есть ли обратный отсчет остающегося времени зеленого сигнала для пешеходов (красного сигнала) и как он реализован		
Есть ли обратный отсчет остающегося времени зеленого сигнала для транспортных потоков (красного сигнала) и как он реализован		

Бланк аудита (обследования) регулируемого пешеходного перехода вне перекрестка с пешеходным вызывным устройством (ТВП) дополняется приведенными ниже вопросами, помимо Бланков 1(А) и 1(Б), а также может быть дополнен в соответствии со спецификой очага.

Таблица Д.3 – Бланк обследования регулируемого пешеходного перехода вне перекрестка с пешеходным вызывным устройством

**Аудит безопасности в очагах аварийности**

**Бланк обследования: 1 (В)**

<b>Название элементарного участка улицы</b>	_____
	_____
	_____

Аудит выполнен: \_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_

Описательная характеристика	Значение, ответ, отметка	Примечание
1	2	3
<b>Условия видимости и движения</b>		
Пользуются ли пешеходы ТВП и как часто		
Находится ли ТВП на траектории движения пешеходов или в стороне		
Как узнают пешеходы, что кнопка вызова уже нажата с этой или с той стороны перехода		
Нет ли случаев повторного нажатия уже включенной кнопки		

### Окончание таблицы Д.3

1	2	3
Имеются ли пешеходные ограждения для организации «Z»-образного перехода пешеходами проезжей части		
Бывают ли случаи, когда на втором этапе пешеходы идут заведомо на красный сигнал, продолжая ранее начатое движение, или же они останавливаются и повторно используют табло вызова пешеходами и почему		
<b>Организация дорожного движения</b>		
Удобно ли расположено ТВП		
Удобны ли подходы к ТВП		
В каком состоянии находится ТВП		
Расположены ли ТВП (и сколько их) на разделительной полосе (конструктивно выделенном островке безопасности)		

Бланк аудита (обследования) подземных (надземных) пешеходных переходов вне перекрестка дополняется приведенными ниже вопросами, помимо Бланков 1(А) и 1(Б), а также может быть дополнен в соответствии со спецификой очага.

Таблица Д.4 – Бланк обследования подземных (надземных) пешеходных переходов вне перекрестка

#### Аудит безопасности в очагах аварийности

#### Бланк обследования: 1 (Г)

Название элементарного участка улицы	_____
	_____
	_____

Аудит выполнен: \_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_

Описательная характеристика	Значение, ответ, отметка	Примечание
<b>Обустройство, состояние и функциональность</b>		
Удобен ли пешеходный переход и особенно спуск/подъем в/на него		
Оборудован ли пешеходный переход пандусом (лифтом), удобно ли им пользоваться		
Имеются ли в переходе объекты притяжения пешеходов и как они используются. Не мешают ли они передвижению пешеходов		
Чисто ли в переходе, нет ли там мусора, грязи, воды, снега и т.п.		
<b>Условия видимости и движения</b>		
Достаточно ли хорошо освещены лестницы, пандусы, сам пешеходный переход и подходы к нему		

#### Окончание таблицы Д.4

1	2	3
Хорошо ли оборудованы и обозначены подходы к пешеходному переходу		
Имеются ли случаи вынужденного движения пешеходов в сторону, противоположную объекту тяготения (перепроход), как велико это расстояние, почему оно имеет место		
Имеются ли случаи отказа пешеходов от пользования подземным/надземным пешеходным переходом, как часто это происходит и почему		

Бланк аудита (обследования) остановочного пункта маршрутных пассажирских транспортных средств (ОП МПТ) дополняется следующими вопросами, помимо Бланков 1(А) и 1(Б), а также может быть дополнен в соответствии со спецификой очага.

Таблица Д.5 – Бланк обследования остановочного пункта маршрутных пассажирских транспортных средств

#### Аудит безопасности в очагах аварийности      Бланк обследования: 2 (А)

<b>Название элементарного участка улицы</b>	_____
	_____

Аудит выполнен: \_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_

Описательная характеристика	Значение, ответ, отметка	Примечание
1	2	3
<b>Обустройство, состояние и функциональность</b>		
Расположение остановочного пункта (ОП), удобно ли им пользоваться пассажирам и водителям маршрутных транспортных средств		
Оборудован ли остановочный пункт павильоном, скамьями, урной для мусора, удобно ли ими пользоваться		
Имеется ли заездной карман, как используется его площадь. Какой он (закрытый, открытый, на совмещенной дополнительной полосе) и есть ли вынужденное маневрирование, каково оно, опасно ли оно		
Длина, ширина, параметры отгона заездного кармана ОП МПТ		

Продолжение таблицы Д.5

1	2	3
При отсутствии кармана как влияет остановившийся МПТ на движение остального транспорта – есть ли вынужденное маневрирование, каково оно, опасно ли оно; есть ли конфликтные ситуации типа «транспорт – транспорт»		
Где и как расположены основные объекты тяготения пешеходов (пассажиров). Как они влияют на работу остановочного пункта		
Далеко ли расположен пешеходный переход от остановочного пункта, удобно ли им пользоваться		
Наличие бортового камня. Высокий ли бортовой камень на остановочном пункте. Состояние бортового камня		
Какова ширина тротуара в районе остановочного пункта, не стесняют ли стоящие или выходящие пассажиры транзитное пешеходное движение		
Наличие пешеходных ограждений на подходах к ОП МПТ. Их состояние (нет ли в них проходов, разломов и т.д.)		
Исполняют ли пешеходные ограждения функциональную роль. Достаточна ли их длина, правильно ли они установлены		
Наличие велосипедных дорожек. Предусмотрено ли разделение пешеходного и велосипедного движения в зоне ОП МПТ		
Состояние тротуара остановочного пункта и подходов к нему (нет ли мусора, грязи, луж и иных помех)		
Каково состояние проезжей части в районе остановочного пункта		
Имеются ли участки скользкости, наносов грязи, песка, застоя воды в районе остановочного пункта		
Имеются ли ямы или колеи на подъезде к остановочному пункту и непосредственно на проезжей части остановочного пункта		
<b>Условия видимости и движения</b>		
Наличие освещения на ОП МПТ. Достаточно ли оно для видимости пешеходов (пассажиров)		
Хорошо ли видна остановка и обустройство остановочного пункта водителям транспортных средств		
Наличие объектов, ограничивающих видимость, как для пешеходов (пассажиров), так и для водителей (рекламные щиты, торговые павильоны, деревья, припаркованные автомобили и т.д.)		
Имеются ли случаи перехода улицы в зоне ОП МПТ, как часто это происходит, каковы причины этого		
Как пользуются пассажиры остановочным пунктом		
Какие помехи возникают на пути движения пешеходов и пассажиров в районе остановочного пункта		

Окончание таблицы Д.5

1	2	3
Имеются ли на самом остановочном пункте деревья или иные зеленые насаждения, мешающие посадке/высадке пассажиров и движению пешеходов		
Где останавливается первая подвижная единица (автобус, троллейбус)		
Где останавливаются маршрутные такси, не мешают ли они МПТ		
Как подъезжают и отъезжают подвижные единицы, есть ли проблемы с подъездом к бортовому камню, с троганием с места (например подъем или скользкое покрытие), с отъездом (взаимодействие с транспортным потоком)		
<b>Организация дорожного движения</b>		
Каково состояние и достаточность дорожных знаков		
Каково состояние и достаточность дорожной разметки		
Имеются ли искусственные неровности, и какова их форма, вид и состояние		
Имеются ли светофоры, регулирующие выезд МПТ из заездного кармана		
Как происходит посадка-высадка пассажиров с подвижной единицы		
Близко ли к тротуару подходят подвижные единицы, нужно ли пассажиру сходить с тротуара на проезжую часть для посадки		
Подходит ли одна или несколько подвижных единиц одновременно		
Создается ли суматоха и неразбериха при одновременном подходе нескольких подвижных единиц		
Как часто происходят остановки транспортных средств в зоне остановочного пункта с нарушением ПДД. Какие причины		
Равномерно ли нагружен остановочный пункт пешеходами и транспортом		
Имеются ли случаи перегрузки подвижных единиц, долгого незакрытия дверей, ожидания возможности подъехать к остановочному пункту		
Как долго длится перегрузка и что, по мнению наблюдателя, можно сделать, чтобы ее уменьшить		
Замечены ли конфликтные ситуации, и если да, то где, по чьей вине и как часто		

Бланк аудита (обследования) остановочного пункта трамвая дополняется приведенными ниже вопросами, помимо Бланка 2(А), а также может быть дополнен в соответствии со спецификой очага.

Таблица Д.6 – Бланк обследования остановочного пункта трамвая

**Аудит безопасности в очагах аварийности**      **Бланк обследования. 2 (Б)**

<b>Название элементарного участка улицы</b>	_____
---	-------

Аудит выполнен: \_\_\_\_\_ Дата: \_\_\_\_\_

Описательная характеристика	Значение, ответ, отметка	Примечание
1	2	3
<b>Обустройство, состояние и функциональность</b>		
Достаточна ли ширина посадочной площадки (если таковая есть) и нет ли опасности внезапного выхода пешеходов на проезжую часть с обеих сторон (т.е. огорожены ли они со стороны проезжей части)		
Имеется ли возможность движения автомобилей по трамвайному полотну		
Каково состояние трамвайного полотна		
<b>Условия видимости и движения</b>		
Как взаимодействуют пешеходы (пассажиры трамвая) с приближающимся транспортом		
Имеются ли случаи выхода пешеходов на проезжую часть раньше времени, еще задолго до подхода трамвая, вынуждая водителей автомобилей экстренно останавливаться		
Пропускают ли водители движущихся к рефюжу пешеходов		
Имеются пешеходные ограждения на остановочном пункте трамвая и в каком они состоянии (защищают ли пешеходов от дождя и снега, от брызг проезжающих автомобилей и т.п.)		
Нет ли случаев, когда остановочный пункт расположен перед перекрестком и пассажиры вынуждены добираться к трамваю (или выходить из него) через плотно стоящий транспорт		
Хорошо ли виден рефюж водителям автомобилей		
<b>Организация дорожного движения</b>		
Имеются ли отдельные светофоры, регулирующие движение трамваев		
Имеются ли дополнительные пешеходные светофоры, регулирующие движение пешеходов через трамвайное полотно, и как увязан режим данного регулирования с работой основных светофоров		
Если в районе остановочного пункта трамвая есть регулируемый пешеходный переход, то как согласуется его работа с работой остановочного пункта трамваев		
Нет ли случаев, когда пассажиры, сошедшие с трамвая, идут через противоположную проезжую часть на красный сигнал		

Окончание таблицы Д.6

1	2	3
Какова интенсивность движения и состав транспортного потока в районе остановочного пункта трамвая		
Какова скорость движения транспортного потока в районе остановочного пункта трамвая		
Пропускают ли водители транспортных средств пешеходов при движении их от (к) посадочной площадке с тротуара		

Бланк аудита (обследования) перекрестков может быть дополнен в соответствии со спецификой очага. К Бланку контроля прилагаются чертежи в масштабе 1:500, а также фото и видеоматериалы.

Таблица Д.7 – Бланк обследования перекрестка

**Аудит безопасности в очагах аварийности**      **Бланк обследования: 3**

<b>Название элементарного участка улицы</b> (нерегулируемый/регулируемый перекресток):	

Аудит выполнен: \_\_\_\_\_ Дата: \_\_\_\_\_

Описательная характеристика	Значение, ответ, отметка	Примечание
1	2	3
<b>Обустройство, состояние и функциональность</b>		
Расположение пешеходных переходов и остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта, их влияние на работу перекрестка		
Где и как расположены основные объекты тяготения пешеходов. Как они влияют на работу перекрестка		
Ширина проезжей части и полос движения		
Радиусы закругления проезжей части и сопряжений		
Наличие уклонов по входам перекрестка		
Имеет ли место неправильное сопряжение профилей пересекающихся улиц и сопряжение с трамвайными путями		
Имеются ли посторонние предметы на проезжей части, особенно строительные материалы, детали автомобилей, а также вода, грязь, мусор и т.д.		
Имеются ли повреждения проезжей части – выбоины, крупные трещины, просадки		
Имеются ли многочисленные выступающие или утопающие люки, решетки, вентиляционные трубы, часто незакрытые или поврежденные		

Продолжение таблицы Д.7

1	2	3
Имеются ли обрывы контактного провода или растяжек и т.д.		
Имеется ли контрастирующее дорожное покрытие проезжей части, информирующее водителей (пешеходов) о границах перекрестка (пешеходных переходов и т.п.)		
Каким типом покрытия оно выполнено		
Имеются ли раскопки, не убранные строительные материалы при ремонте		
Удобен ли перекресток для пешеходов и транспортных средств		
<b>Условия видимости и движения</b>		
Наличие освещения на перекрестке и подходах к нему. Достаточно ли оно для видимости пешеходов и транспорта		
Тип и состояние освещения (светильников, кронштейнов)		
Наличие вблизи объектов, отвлекающих внимание пешеходов и водителей (рекламные щиты, торговые павильоны с красочной рекламой и т.д.)		
Наличие объектов, ограничивающих видимость как для пешеходов, так и для водителей (рекламные щиты, торговые павильоны, деревья, припаркованные автомобили и т.д.)		
Треугольники боковой видимости со всех входов для конфликта «транспорт – транспорт»		
Треугольники боковой видимости со всех входов для конфликта «транспорт – пешеход»		
Какова видимость внутри этих треугольников, их прозрачность		
Определить объекты или основные причины, уменьшающие видимость, а также соответствие установленных дорожных знаков (например, 2.5) фактическому расстоянию видимости		
Видимость в направлении движения имеет значение при наличии помех транзитному движению – пересекаемых трамвайных путей, недостатков на проезжей части, посторонних предметов		
Имеются ли световые помехи (слепящие источники света, световая движущаяся реклама, низко расположенные (стилизованные) светильники и т.д.)		
<b>Организация дорожного движения</b>		
Наличие, расположение и состояние технических средств ОДД (дорожные знаки, разметка, ограждения, светофоры и т.д.), и их соответствие требованиям действующих ТНПА		
Видимость сигналов транспортных и пешеходных светофоров, знаков приоритета, запрещающих и иных дорожных знаков по СТБ 1300		



Продолжение таблицы Д.7

1	2	3
Видимость сигналов светофоров и запрещающих дорожных знаков в случаях, когда в составе транспортного потока находятся крупногабаритные транспортные средства, автобусы, троллейбусы		
Не закрывают ли кроны деревьев дорожные знаки и светофоры с какой-либо полосы на входе		
Имеется ли координированное регулирование		
С какого направления и как проявляется координированное управление движением		
Отличаются ли некоординированные направления от координированных и в чем это выражается		
Исследуются различные режимы светофорного регулирования		
Как работает перекресток при выключении светофорного регулирования или переключении его на режим «желтое мигание»		
Своевременно ли происходит это выключение или переключение. Требуется ли продление работы светофорного объекта в регулируемом режиме		
Случаются ли отказы в работе светофоров		
Имеются ли таймеры обратного отсчета времени для транспорта		
Имеются ли таймеры обратного отсчета времени для пешеходов		
Как размещены дублиеры транспортных светофоров. Их видимость		
Имеются ли шумовые полосы (искусственные неровности и т.п.) на подъездах к перекрестку		
Имеются ли пешеходные светофоры на разделительной полосе (островке безопасности)		
Какова транспортная нагрузка (интенсивность движения, состав транспортного потока, неравномерность движения)		
Какова величина очереди автомобилей перед светофором		
Убывает ли очередь в каждом цикле или автомобили остаются на второй и последующие циклы		
Равномерно ли загружены все полосы		
Есть ли движение в разных направлениях с одной полосы		
Как происходит остановка транспорта, имеет ли место экстренное торможение		
Много ли маневров по перестроению		
С какой скоростью прибывают к перекрестку автомобили		
С какой скоростью они проходят перекресток транзитом или при поворотах		

Продолжение таблицы Д.7

1	2	3
Как происходит конфликт «транспорт – транспорт» при левом повороте и конфликт «транспорт – пешеход» при правом повороте		
Всегда ли пропускают водители пешеходов или не всегда и почему		
Количество пешеходов, ожидающих зеленый сигнал; где и как они располагаются		
Идут ли пешеходы строго по пешеходному переходу или рядом с ним, возможно, из-за тесноты		
Достаточно ли переходного интервала для пешеходов, есть ли случаи окончания движения пешеходов уже на красный сигнал, бегом или они остаются на островке безопасности		
Какова подвеска контактной сети троллейбусов и трамваев, возможные случаи отказов и их влияние на работу перекрестка		
Имеются ли неисправные или припаркованные автомобили, стоящие в непосредственной близости от перекрестка		
Имеется ли несанкционированное движение пешеходов, грузового транспорта, домашних животных		
Каковы нарушения со стороны водителей и со стороны пешеходов		
Интенсивность движения пешеходов и доля стариков и детей в пешеходном потоке		
<b>Для кольцевых пересечений</b>		
Заметно ли кольцевое пересечение со всех подходов из условий остановки автомобиля, двигающегося с реальной скоростью		
Обеспечено ли прерывание перспективы		
Достаточно ли указательных знаков (направляющих стрелок)		
Препятствует ли островок безопасности движению через него		
Есть ли необходимость дополнительно обустроить островок безопасности по периметру для улучшения восприятия направления движения		
Способствует ли дорожная разметка плавному движению по огибающей		
Удовлетворительна ли ширина проезжей части на пересечении для пропуска крупногабаритных транспортных средств		
Требуется ли обустройство пешеходных переходов. Расположены ли они достаточно близко к кольцевому пересечению. Нужны ли ограждения на тротуарах для пешеходов. Не ухудшают ли перильные ограждения видимость		

Окончание таблицы Д.7

1	2	3
Есть ли участки на кольцевом пересечении с устроенными островками безопасности для пешеходов и с измененной траекторией движения пешеходов		

Бланк аудита (обследования) перегона (линейного участка) улицы может быть дополнен в соответствии со спецификой очага. К Бланку контроля прилагаются чертежи в масштабе 1:500, а также фото и видеоматериалы.

Таблица Д.8 – Бланк обследования перегона улицы, прилегающего к конфликтному объекту

**Аудит безопасности в очагах аварийности**      **Бланк обследования: 4**

<b>Название элементарного участка улицы</b>	_____
	_____

Аудит выполнен: \_\_\_\_\_ Дата: \_\_\_\_\_

Описательная характеристика	Значение, ответ, отметка	Примечание
1	2	3
<b>Обустройство, состояние и функциональность</b>		
Имеются ли на проезжей части выбоины, волны, наплывы, гребенка, пучины, трещины, вмятины, колеи, местные просадки, выступающие или утопающие люки, решетки, вентиляционные трубы и т.д		
При наличии трамвайного полотна или отсутствии бортового камня – состояние кромок, качество соединения с проезжей частью		
Какова шероховатость, отполированность, потение, наносы грязи, застой воды, а в зимнее время – наледи или неубранный снег		
Наличие и состояние бортового камня		
Наличие в районе бортового камня скопления грязи, мусора и посторонних предметов		
Каково состояние тротуаров, газонов, подходов и выездов на проезжей части		
Имеется ли радиус закругления, и какой он		
Каково состояние ОП МПТ и площадок для стоянки транспорта		
<b>Условия видимости и движения</b>		
Наличие, расположение и состояние зеленых насаждений		
Наличие, расположение торговых киосков, рекламных щитов и тумб, телефонов-автоматов и т.д.		
Состояние и обустройство ОП МПТ		

Окончание таблицы Д.8

1	2	3
Наличие несанкционированного пешеходного движения и траектории этого движения		
Объекты пешеходного притяжения и их влияние на процесс дорожного движения		
Освещен ли участок улицы и достаточно ли это освещение. Достаточно ли видимость пешеходов, находящихся на тротуаре, и транспорта		
Наличие наружного освещения и состояние светильников. Тип и состояние освещения		
Видимость и различимость дорожных знаков и светофоров, не закрывают ли их зеленые насаждения		
Боковая видимость, особенно на ОП МПТ		
Не закрывают ли припаркованные автомобили видимость пешеходам и транспорту		
Не закрывают ли зеленые насаждения, особенно кустарники, видимость пешеходов		
Ориентировочные размеры треугольника боковой видимости на выездах из дворов		
Не создает ли световая реклама иллюзионных эффектов, не является ли она фоном для транспортных светофоров		
Имеются ли помехи видимости в направлении движения транзитного движения (наличие пересекаемых трамвайных путей, посторонних предметов на проезжей части и т.п.)		
Световые помехи – слепящие источники света, световая движущаяся реклама, низко расположенные (стилизованные) светильники и т.д.		
Каково состояние зеленых насаждений, их расположение по отношению к проезжей части		
<b>Организация дорожного движения</b>		
Наличие и состояние дорожных знаков, дорожной разметки, дорожных ограждений, в основном пешеходных		
Наличие и габариты запаркованных автомобилей, качество парковки		
Какова эффективность использования проезжей части		
Используются ли газоны и тротуары для парковки легковых автомобилей		
Имеется ли неправильная или несанкционированная парковка автомобилей, особенно в зоне расположения ОП МПТ		
Интенсивность и скорость движения транспорта		
Интенсивность движения пешеходов по тротуару		

Особенности проведения аудита могут быть связаны с многофазным регулированием или с пропуском пешеходов в два этапа, со сложной геометрией перекрестка из-за разных характеристик и большого числа входов или их смещения, наличием трамвайного движения, подъема-спуска, мощ-

ных поворотных потоков, отсутствием информирования водителей о наличии одновременного конфликта с пешеходами при осуществлении поворота, наличием кольцевого перекрестка (разрезного или полуразрезного типа, со светофорным регулированием и т.д.

Бланк аудита (обследования) железнодорожного переезда дополняется приведенными ниже вопросами, помимо Бланков 1(А), 2(А), 3 или 4, а также может быть дополнен иными вопросами в соответствии со спецификой очага. К Бланку прилагаются чертежи в масштабе 1:500, а также фото и видеоматериалы.

Таблица Д.9 – Бланк обследования железнодорожного переезда

**Аудит безопасности в очагах аварийности**      **Бланк обследования: 5**

<b>Название элементарного участка улицы</b>	
---	--

Аудит выполнен: \_\_\_\_\_ Дата: \_\_\_\_\_

Описательная характеристика	Значение, ответ, отметка	Примечание
1	2	3
<b>Обустройство, состояние и функциональность</b>		
Имеются ли зеленые насаждения. Их расположение и состояние		
Под каким углом выполнено пересечение улицы с железнодорожными путями (под острым углом или после крутого поворота)		
Имеются ли перед переездом перекрестки, примыкания, повороты улиц, уклоны		
Какова ровность проезжей части и настилов на железнодорожном переезде		
Как обозначен железнодорожный переезд (более подробно для низкой категории)		
Имеется ли регулирование (светофоры, шлагбаум, физическое ограничение въезда на переезд)		
<b>Условия видимости и движения</b>		
Какова боковая видимость в конфликте «транспорт – железнодорожный состав» (в том числе наличие отдельных препятствий в пределах треугольника боковой видимости)		
Какова видимость сигналов светофоров на переезде без шлагбаума		
Какова освещенность железнодорожного переезда. Наличие искусственного освещения на подъездах к переезду		
Каким образом осуществляется пешеходное движение через переезд		

Окончание таблицы Д.9

1	2	3
<b>Организация дорожного движения</b>		
Какова интенсивность движения транспортных средств через переезд		
Какова величина переходного интервала в конфликте «транспорт – железнодорожный состав»		
Каковы интервалы между следованием через железнодорожный переезд поездов		
Какая длина очереди, образующейся перед переездом (шлагбаумом) за время проезда переезда железнодорожным составом. Какое требуется время для убытия данной очереди		
Состав транспортного потока, проезжающего через железнодорожный переезд		
Скорость движения транспортных средств на подходах к железнодорожному переезду и при проезде через него		
Какова доля нарушителей, принимающих решение о проезде переезда на запрещающий сигнал светофорной сигнализации (при закрытии шлагбаума)		

Таблица Д.10 – Бланк обследования развязки в разных уровнях

**Аудит безопасности в очагах аварийности**      **Бланк обследования: 6**

<b>Название элементарного участка улицы</b>	_____
---	-------

Аудит выполнен: \_\_\_\_\_ Дата: \_\_\_\_\_

Описательная характеристика	Значение, ответ, отметка	Примечание
1	2	3
<b>Обустройство, состояние и функциональность</b>		
Тип развязки (полная / неполная, особенности, число путепроводов и т.п.)		
Радиусы закругления съездов		
Ширина проезжей части и полос движения, в т.ч. на съездах. Есть ли уширения на съездах		
Наличие уклонов на съездах и в местах выезда		
Под каким углом выполнен съезд или выезд		
Расположение пешеходных переходов или велосипедных дорожек, их влияние на работу развязки		
Имеются ли повреждения проезжей части – выбоины, крупные трещины, просадки		
Как удалены друг от друга съезды с путепровода и выезды на путепровод. Какова длина зоны переплетения транспортных потоков в месте съезда и выезда с путепровода. Число полос на въезде на путепровод		

Окончание таблицы Д.10

1	2	3
Наличие удерживающих пешеходных ограждений. Их состояние		
Имеются ли переходно-скоростные полосы (полосы разгона и торможения). Какова их ширина и длина и состояние дорожного покрытия		
<b>Условия видимости и движения</b>		
Заметна ли развязка со всех подъездов		
Наличие освещения на путепроводе и под ним		
Наличие вблизи объектов, отвлекающих внимание водителей (рекламные щиты, расположены ли стоянки, АЗС или другие объекты придорожного сервиса с красочной рекламой и т.д.)		
Определить объекты или основные причины, уменьшающие видимость (например, каков угол слияния транспортных потоков, удобно ли водителям вливаться в поток и т.п.)		
<b>Организация дорожного движения</b>		
Наличие, расположение и состояние технических средств ОДД (дорожные знаки, разметка, ограждения, разделительная зона и т.д.), и их соответствие требованиям действующих ТНПА		
Видимость дорожных знаков, информирующих водителя о виде развязке, направлениях движения на ней. Логичность и понятность подачи информации		
Достаточно ли указательных знаков (направляющих стрелок), дорожной разметки		
Какова транспортная нагрузка (интенсивность движения, состав транспортного потока, неравномерность движения)		
Специфика выполнения маневров перестроения из полосы в полосу		
Скорость движения на подъездах к съездам, непосредственно на съездах и перепады скоростей движения		
Имеют ли место неожиданное торможение и перестроение из крайних полос в первую для осуществления правого поворота		
Много ли маневров по переплетения		
Образуются ли очереди автомобилей перед выездом на путепровод. Какова их длина		
Образуются ли очереди перед заездами на примыкание. Какова скорость правоповоротных транспортных средств		
Есть ли движение в разных направлениях с одной полосы (выезд сразу на вторую полосу или на первую полосу движения без движения по ПСП)		
Останавливаются ли автомобили на съездах, путепроводе или под ним, на примыканиях		

**ПРИЛОЖЕНИЕ Е.**  
**ТИПОВЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДСКИХ ОЧАГАХ АВАРИЙНОСТИ**

Таблица Е.1 – Типовые решения по повышению безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности [2, 30, 55, 63, 69–71, 118]

Мероприятие	Снижение аварийности $\Delta A$		Примечание
	с постр.	с мат. ущербом	
1	2	3	4
<b>Нерегулируемые конфликты</b>			
Ограничение скорости	0,60	0,80	$P_{\text{эз}} = \left( \frac{1}{V} - \frac{1}{60} \right) S Q K_{\text{пз}} \Phi_t C_t K_{\text{экл}}$ , ДОЛЛ./ГОД
Установка дорожного знака «Проезд без остановки запрещен»	0,47	0,96	$P_{\text{эз}} = 0,5 Q K_{\text{пз}} \Phi_t C_0 K_{\text{экл}}$ , ДОЛЛ./ГОД
Установка искусственной неровности	0,50	+0,10	$P_{\text{эз}} = Q K_{\text{пз}} \Phi_t C_0 K_{\text{экл}}$ , ДОЛЛ./ГОД
Запрещение левого поворота	0,39	0,40	перепробег левоповоротного транспорта: $P_{\text{эз}} = S_{\text{пер}} Q_{\text{лев}} K_{\text{пз лев}} \Phi_t C_t K_{\text{экл}}$ , ДОЛЛ./ГОД
Устройство заездного кармана для ОП МПТ	0,73	0,83	$K_2 = 15$ ДОЛЛ./М <sup>2</sup>
Устройство посадочной площадки на ОП трамвая с внешним ограждением	0,68	0,98	$K_2 = 20$ ДОЛЛ./М <sup>2</sup>
Увеличение треугольника боковой видимости			ТКП 45-3.03-227-2010
Увеличение прозрачности в треугольнике боковой видимости			ТКП 45-3.03-227-2010
Установка пешеходных ограждений	0,68	0,98	СТБ 1300
Устройство островка безопасности на пешеходном переходе			СТБ 1300
Организация помощи пешеходам и водителям на нерегулируемом пешеходном переходе			Комплекс информационных мер, помогающий определить степень опасности выхода пешехода на переход $K_2 \approx 1000$ ДОЛЛ./пеш. переход
Замена обычного перекрестка кольцевым (реконструкция)	0,76	0,93	При низкой и средней интенсивности движения $K_2 = 15$ ДОЛЛ./М <sup>2</sup>



Продолжение таблицы Е.1

1	2	3	4
Уменьшение радиуса закругления кромки ПЧ перед пешеходным переходом ( $R_{\min} = 8$ м)			$K_2 = 10$ долл./м пог. изменяемой длины кромки ПЧ СТБ 1300-2007
Улучшение сцепления и ровности проезжей части	0,42	0,46	СТБ 1291
Приведение искусственного освещения в соответствии с нормативами	0,60	0,20	СТБ 1291
Нанесение дорожной разметки (вертикальной и горизонтальной) в очаге аварийности	0,44	0,54	СТБ 1300
Запрещение стоянок транспорта в зоне очага аварийности	0,03	0,32	ПДД
Улучшение видимости дорожных знаков и дорожной разметки	0,47	0,26	СТБ 1300
Устройство подземного пешеходного перехода	0,54	0,35	СТБ 1300, ТКП 45-3.03-227-2010
<b>Регулируемые конфликты</b>			
Введение светофорного регулирования	0,80	0,79	СТБ 1300
Приведение светофорного регулирования в соответствии с нормативами			СТБ 1300
Оптимизация светофорного цикла			$P_{\text{эз}} \leq P_{\text{эз суш}}$
Приближение стоп-линий к центру перекрестка			$P_{\text{эз}} = -10^{-4} \Delta S Q K_{\text{пз}} \Phi_i C_i K_{\text{экл}}$ , долл./год, где $\Delta S$ – приближение стоп-линии к центру перекрестка, м
Отнесение пешеходного перехода с целью увеличения емкости накопительной площадки для автомобилей			$P_{\text{эз}} = 10^{-4} \Delta l_{\text{отн}} Q K_{\text{пз}} \Phi_i C_i K_{\text{экл}}$ минус снижение потерь из-за уменьшения остановок на полосе движения поворотных транспортных средств
Ликвидация одного из двух пешеходных переходов	1,00	1,00	$P_{\text{эз}} = \Delta S_p Q_p \Phi_i C_s$ Вынужденная мера для улучшения работы регулируемого перекрестка
Организация перехода проезжей части в два этапа			Вынужденная мера для улучшения работы регулируемого объекта (особенно при координированном регулировании)
Организация отнесенного левого поворота			$P_{\text{эз}} \leq P_{\text{эз суш}}$

Окончание таблицы Е.1

1	2	3	4
Запрещение левого поворота	0,40	0,39	Перепробег левоповоротного транспорта $P_{эз} = S_{пер} Q_{лев} K_{пз\ лев} \Phi_{fC_s} K_{пл.}$ долл./год
Организация отдельной полосы для левого поворота	0,54	0,18	Без значимого увеличения коэффициента загрузки оставшихся полос
Улучшение видимости сигналов светофоров	0,29	0,50	СТБ 1300
Организация левоповоротной фазы в светофорном цикле	0,46	0,76	$P_{эз} \approx \frac{P_{эсуш}}{1 - \lambda_{лев}}$ – для перекрестка в целом
Улучшение информации о СФР на первом после въезда в город СФО	0,29	0,50	Для своевременного «переключения» водителей с загородного режима движения на городской
Улучшение предупреждения о смене сигналов светофоров			Цифровая информация, мигание сигналов и т.д.
Организация светофорного регулирования при отъезде от ОП МПТ			$K_2 \approx 1000$ долл./ОП МПТ
Устранение иллюзионных эффектов			Световая реклама, низко расположенные светильники в зоне очага аварийности
Организация координированного регулирования	0,06	0,51	$P_{эз} \leq P_{эз\ суш}$
Оптимизация координированного регулирования			$P_{эз} \leq P_{эз\ суш}$
Оптимизация светофорного регулирования на железнодорожных переездах (минимизация переходного интервала)			Инструкция по организации дорожного движения на железнодорожных переездах, 1995 г.; Правила технической эксплуатации Белорусской ж.д. (утверждены Приказом БЖД № 292н), УП «Красная звезда», 2002 г. – 161 с.; Инструкция по движению поездов и маневровой работе на Белорусской ж.д. (утверждена Приказом БЖД № 294н), УП «Красная звезда», 2002 г. – 258 с.; Инструкция по сигнализации на Белорусской ж.д. (утверждена Приказом БЖД № 293н), УП «Красная звезда», 2002 г. – 128 с.

*Примечания:*

ОП – остановочный пункт; МПТ – маршрутный пассажирский транспорт;

$P_{эз}$  – ориентировочные суммарные экономические и экологические потери в дорожном движении, долл./год;

$V_{огр}$  – максимально допустимая, ограниченная дорожными знаками, скорость движения (ограничения), км/ч;

$S$  – протяженность зоны ограничения скорости движения, км;

$Q$  – интенсивность движения, авт./ч;

$K_{по}$  – коэффициент приведения транспортного потока, экономический (см. таблицу 2.5);

$\Phi_t$  – годовой фонд времени, ч/год (см. п. 2.3.4);

$C_t$  – стоимость 1 часа задержки приведенного автомобиля ( $C_t = 5$  долл./авт.ч);

$C_0$  – стоимость одной остановки приведенного автомобиля со скоростью 60 км/ч ( $C_0 = 0,04$  долл./авт.ост.);

$K_2$  – капитальные вложения для реализации мероприятия, долл. Для мероприятий, направленных на безусловное выполнение нормативов,  $K_2 = 0$ ;

$K_{экл}$  – коэффициент увеличения потерь от экологического загрязнения. Зависит от типа застройки в районе очага аварийности. Для приближенных расчетов можно принимать:

– плотная многоэтажная, двухсторонняя 2,00;

– плотная многоэтажная односторонняя, свободная многоэтажная двухсторонняя 1,75;

– свободная многоэтажная односторонняя, одноэтажная (частная) двухсторонняя 1,5;

– одноэтажная (частная) односторонняя 1,25;

– незастроенная (в радиусе 50 м) территория 1,10

$S_{пер}$  – протяженность перепробега левоповоротного транспортного потока, км;

$Q_{лев}$  – интенсивность движения левоповоротного транспортного потока, авт./ч.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ В ДОРОЖНОМ ДВИЖЕНИИ

В ряде случаев причинами очаговой аварийности являются недоработки в отдельных положениях существующих нормативов в дорожном движении. В процессе диссертационных исследований разработаны предложения по совершенствованию отдельных положений существующих нормативов, которые приведены ниже.

Таблица Ж.1 – Предложения по совершенствованию нормативов с целью повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности

Предмет	Содержание	Норматив
1	2	3
Стоянки транспорта в зоне очага аварийности (перекрестка, пешеходного перехода, остановочного пункта маршрутного пассажирского транспорта)	Увеличить расстояние запрета с 15 до 40 м	ПДД
Правый поворот на регулируемом перекрестке	Рекомендовать водителям первых транспортных средств при повороте занимать ряды, начиная с левого (при средних и больших нагрузках)	ПДД
Левый поворот на перекрестке с разделительной полосой небольшой ширины	Уточнить порядок поворота. Устранить противоречие	ПДД
Заездной карман остановочного пункта маршрутного пассажирского транспорта в зоне регулируемого перекрестка	Ввести в норматив обязательность его устройства в зависимости от интенсивности движения, скорости движения и наличия координированного регулирования	ТКП 45-3.03-227-2010
Светофорное регулирование	Сделать нормативными требования о допустимости конфликтов внутри светофорного цикла с учетом сжатия потоков	СТБ 1300-2007
Оптимизация светофорного регулирования	Сделать нормативной оптимизацию светофорного цикла по критерию минимизации потерь в дорожном движении	Закон о дорожном движении
Искусственная неровность	Ввести в норматив необходимость технико-экономического обоснования устройства искусственной неровности с обязательным определением прогнозируемых аварийных, экологических и экономических потерь	СТБ 1538

Окончание таблицы Ж.1

1	2	3
Искусственная неровность	Ввести в норматив требование, что искусственная неровность может применяться в пешеходных и жилых зонах, а также приравненных к ним дворовых территориях. Запрещается установка искусственной неровности на загородных дорогах III категории и выше; на улицах и дорогах населенных пунктов с числом полос 3 и более, при наличии грузового и маршрутного пассажирского транспорта	СТБ 1538
Очаг аварийности	Ввести нормативное понятие «Очаг аварийности» и определить его статус в организации дорожного движения и необходимую документацию*	Закон о дорожном движении
Мониторинг дорожного движения в очагах аварийности	Сделать нормативным мониторинг дорожного движения в городах с целью выявления и устранения очагов аварийности	Закон о дорожном движении

\*Примечание: В ТКП 45-3.03-227-2010 «Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования» (п. 6.1.1) внесено требование обязательного проведения очагового анализа при реконструкции транспортных объектов.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ И.**

### **КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ И ПРИМЕР РАБОТЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВАРИАНТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Компьютерная программа «OptiMKa» предназначена для определения экологических, экономических и аварийных потерь в дорожном движении на регулируемых перекрестках и с использованием этих результатов оптимизации по критерию минимизации суммарных потерь параметров управления движением для дальнейшего выбора вариантов организации движения на объекте.

Область применения – организация и безопасность движения; оценка проектных, организационных и управленческих (в т.ч. регулировочных) решений по критерию минимизации суммарных потерь в дорожном движении на регулируемых перекрестках. Компьютерная программа позволяет определить экономические, экологические и аварийные потери, которые возникают при проезде транспорта через регулируемые перекрестки и оптимизировать по критерию минимизации потерь параметры управления транспортом, а также конструктивные параметры перекрестка и его обустройства.

Расчет ведется комплексно с учетом экономических, экологических и аварийных потерь.

Алгоритм оптимизации основан на табулировании результирующей функции суммарных потерь на перекрестке и определения ее глобального минимума при изменении выбранных входных параметров, например, времен горения зеленого сигнала в светофорных циклах, интенсивностей движения транспортных потоков на перекрестке, конструктивных характеристик перекрестка и т.п.

Программа написана на языке программирования Delphi и является самостоятельным программным продуктом, включающем дополнительные модули ввода и вывода данных и результатов расчетов, и зарегистрирована в установленном порядке (ОптиMKa (OptiMKa): свидетельство о регистрации компьютерной программы № 279 / Д.В. Капский, В.В. Мочалов. – № С20100156; заявл. 29.12.2010; опублик. 18.01.2011 / Нац. центр интеллектуальной собственности).

Входная информация, необходимая для работы программы хранится в файловой базе исходных данных, которая может быть получена как из самой программы, так и от внешних программ, в том числе с дистанционной передачей по сети Интернет по оговоренному интерфейсу. Для составления базы исходных данных могут быть использованы любые программные продукты записывающие информацию в файловом виде по оговоренному интерфейсу, в частности, могут быть использованы базы данных по организации дорожного движения ГАИ МВД РБ.

Программа позволяет автоматизировать расчет экономических, экологических и аварийных потерь при движении на регулируемых перекрестках, получить единый критерий оценки эффективности и оптимизировать по критерию минимизации потерь параметры организации движения транспорта на регулируемых перекрестках, в том числе и конструктивные характеристики перекрестков. Расчет ведется на основании следующих исходных данных (таблица И.1).

Таблица И.1 – Список исходных данных OptiMKa

№ п/п	Имя Delphi	Единицы измер. (тип перем.)	Краткое описание	Кол-во индексов	Базовое значение	Примечание
1	2	3	4	5	6	
1	NameCrossRoad	текст	Название перекрестка		Перекресток В. Хоружей–Богдановича	
2	Nkoord	текст	Координаты, широта		N53* 55.299'	
3	Ekoord	текст	Координаты, долгота		E27* 34.058'	
4	Tran[i]	текст	Название улицы	1		
	Tran[1]				ул. В. Хоружей	
	Tran[2]				ул. Богдановича	
	Tran[3]				ул. В. Хоружей	
	Tran[4]				ул. Богдановича	
5	Alfa[i]	градус	Величина продольного уклона	1	0 0 0 0	
6	b_[i]	м	Ширина проезжей части на выходе	1	10,5 7 10,5 7	
7	bp[i]	м	Ширина пешеходного перехода	1	4 5 4 5	
8	bpol[l,j]	м	Ширина полосы движения (для каждой полосы указанного входа)	2	по 3.5	
9	c	с	Время цикла		72	
10	Co	долл./ост.	Уд. стоимость остановки привед. автомобиля		0,04	
11	Ct	долл./ч	Уд. стоимость задержки привед. автомобиля		5	
			Коэффициент расчетной стоимости аварии по состоянию на 2009 год:			
12	C_Pa_s	долл./ав.	– со смертельным исходом		135170	
13	C_Pa_r	долл./ав.	– с ранениями		4500	
14	C_Pa_m	долл./ав.	– с материальным ущербом		1800	
15	deltaTz [l,p,n]	с	Сдвиг включения ЗС по отношению к противоп. входу для каждой полосы в указанном направлении	3	по 0	
16	deltaTzp [i]	с	Сдвиг включения ЗС для пешеходов	1	0 0 0	
17	Fi		Коэффициент сцепления'		0,6	
18	Ft	ч/год	Годовой фонд рабочего времени		4200	
19	h	мм	Высота микронеровностей		10	
20	lmax, Kolwh	ч	Число-во входов на ПК (максимальное число входов)		4	

Продолжение таблицы И.1

1	2	3	4	5	6	7
21	$lq_{[l,p,n]}$		Коэффициент вариации распределения интенсивности движения для каждой полосы в заданном направлении	3	0,25	
22	$lqG_{[l,p,n]}$		Коэффициент вариации интенсивности в пиковый период	3		
23	$Kpe_{[l,p,n]}$		Коэффициент приведения экономический	3		
24	$KpeG_{[l,p,n]}$		Коэффициент приведения экономический в пиковый период	3		
25	$Kpn_{[l,p,n]}$		Коэффициент приведения динамический	3		
26	$KpnG_{[l,p,n]}$		Коэф. приведения динамический в пиковый период	3		
27	$Kun_{[l,p,n]}$		Коэф. условий по потоку насыщения	3		
28	$KunG_{[l,p,n]}$		$KunG := Kun$ – для дальнейшего развития	3		
29	$Lotn[i]$		Отнесение ПП для указанного входа	1	6 8 6 8	
30	$Lstof[i]$		Отнесение стоп-линии фактическое	1	3 3 3 3	
31	$Lston[i]$		Отнесение стоп-линии номинальное	1	3 3 3 3	
32	$Pesh[i]$		Наличие ПП (1-есть)	1	1 1 1 1	
33	$Pmax[i], k_{olp}[i]$		$P_{max} = k_{olp}$ – количество полос на входе	1	3 2 3 2	
34	$Pmax_{[i]}$		$P_{max_{-}}$ – количество полос на выходе	1	3 2 3 2	
35	$q\_tilda_{[l,p,n]}$	ав./с	Мат. ожидание ИД	3		
36	$qG_{[l,p,n]}$	ав./с	Мат. ожидание ИД в пиковый период	3		
37	$qP[i]$	чел./с	$qP$ – мат. ожидание ИД пешеходов	1	0,2 0,26 0,2 0,26	
38	$RL[i]$	м	Радиус левого поворота	1	20 20 20 20	
39	$RR[i]$	м	Радиус правого поворота	1	8 8 8 8	
40	$S1\_K3\_2_{[l,p]}$		Расстояние от стоп-линии ST1 до КФ3	2		
41	$S1\_K4\_2_{[l,p]}$		Расстояние от стоп-линии ST1 до КФ4 при повороте направо	2		
42	$S1\_p4_{[l,p]}$		Расстояние от СТ1 до ПП4 при повороте направо = $S1K4\_2 + SK4P4$	2		
43	$S3\_K3\_2_{[l,p]}$		Расстояние от стоп-линии S73 до КФ3	2		
44	$S3\_P4_{[l,p]}$		расстояние от стоп-линии S73 до Пешеходн.Перехода P4	2		
45	$Sbx\_1_{[l,p]}$		Расстояние Sbx__1	2		
46	$Sbx\_2_{[l,p]}$		Расстояние Sbx__2	2		
47	$Sby\_1_{[l,p]}$		Расстояние Sby__1	2		



Продолжение таблицы И.1

1	2	3	4	5	6	7
48	Sby__2 [l,p]		Расстояние Sby__2	2		
49	SK3_P4 [l,p]		Расстояние от КФЗ до Пеш.Перехода Р4	2		
50	SK4_P4 [l,p]		Расстояние от КФЗ до Пеш.Перехода	2		
51	Tz [l,p,n]		Длительность зеленого сигнала	3		
52	Tzp[i]		Длительность ЗС для пешеходов по входам	1	30 33 30 33	
53	Tzpn[i]		Длительность немигающего ЗС для пешеходов	1	31 31 31 31	
54	Tzpm[i]		Длительность мигающего ЗС для пешеходов	1	40 40 40 40	
55	Variant H		Вариант неровностей (1 – одиночные, 2 – повторяющиеся)		2	
56	v_r	м/с	Разрешенная скорость движения на входе		16,67	
57	v_s	м/с	Свободная скорость движения на входе		16,67	
			Данные для расчета экологии (можно редактировать в режиме «Показать данные»):			
58	By_H		$B_y/H$ – отношение ширины улицы к сумме высот застройки		3	
59	H_z		Высота застройки		15	
60	d_z2		поправка, относящаяся только к пешеходам		0	
61	r_e	м	среднее расстояние от ПЧ до потребителя		20	
62	r_i	м	среднее расстояние от ПЧ до потребителя		5	
63	Summa_d1		сумма поправок, относящихся только к водителю и пассажирам		12	
64	Summa_d2		сумма поправок, относящихся только к водителю и пассажирам		12	
65	T_sr_ts		средний возраст ТС		12	
66	Tip_ekrana		Тип экрана (1 – окна обычные, 2 – окна специальные, 3 – экраны)		1	
67	Tip_ozel		Тип озеленения (1-однорядное редкое, 2-однорядное, 3-двухрядное, 4-трехрядное)		1	
68	Tip_pokr', Tip_pokr		Тип покрытия (1 – цементобетон, 2 – брусчатка, 3 – булыжник)		1	
69	V_sr_suumma_e_1	км/ч	Эталонная скорость направления 1		60	
70	V_sr_suumma_e_2	км/ч	Эталонная скорость направления 2		60	
71	Cb	долл./ч	Удельная часовая стоимость ВВП		1,1	
72	Cm0	долл./кг	Стоимость экологических потерь от выброса		0,04	
73	Delta_el		Доля электротранспорта в потоке		0,01	
74	Delta_O		Доля обществ. транспорта в потоке		0,02	
75	l2		Число рядов деревьев или кустарников, защищающих пешеходов от экологического воздействия		0	

## Окончание таблицы И.1

1	2	3	4	5	6	7
76	K <sub>pn_el</sub>		Динамический коэффициент приведения электротранспорта		2	
77	K <sub>s</sub>		Социальный коэффициент экологических потерь		1,5	
78	K <sub>tf</sub>		Поправочный коэффициент годового фонда времени, производимого в нормальных экологических условиях		1	
79	K <sub>z1</sub>		Коэффициент защиты водителей		1	
80	m <sub>ud</sub>		Удельное значение приведенных по СО выбросов ЛА		0,02	
81	N <sub>ok</sub>	окон/км	число окон прилегающих зданий		100	
82	R <sub>2</sub>	м	Расстояние от траектории движения ближайшего ряда ТС до середины тротуара		5	
83	Q <sub>p_summa</sub>	чел/ч	Суммарная (включая движение по тротуарам и переходам) ИД пешеходов		150	
84	V <sub>p</sub>	км/ч	Скорость движения пешеходов		4	
85	k <sub>rad</sub>	м	Радиус КФЗ: $k_{rad} = \text{Round}(\text{StrToFloat}(\text{FormImage1.LERadiusKFZ.text}) * 40/3)$ ;		2,65	
86	K <sub>b2</sub>		Коэффициент уклончивых действий для данного вида конфликта (аппроксимация из таблицы 3.7)		1,2	
87	K <sub>in</sub>		Коэффициент присутствия инспектора (таблица 3.8)		1,25	
88	K <sub>bn1</sub>		Коэффициент влияния конфликтного потока 1 на вероятность возникновения конфликта		0,2	
89	K <sub>bn2</sub>		Коэффициент влияния конфликтного потока 2 на вероятность возникновения конфликта		1	
90	K <sub>y11</sub>		Коэффициент видимости главного потока в направлении движения		1	
91	K <sub>y12</sub>		Коэффициент видимости второстепенного потока в направлении движения		1	
92	K <sub>y13</sub>		Коэффициент боковой видимости второстепенного потока		1	
93	K <sub>y14</sub>		Коэффициент, учитывающий степень прозрачности в пределах треугольника боковой видимости		1	
94	K <sub>y15</sub>		Коэффициент одновременности конфликта		1	
95	K <sub>y16</sub>		Коэффициент нелогичности решений		1	
96	K <sub>y17</sub>		Коэффициент иллюзионных ситуаций		1	
97	K <sub>y18</sub>		Коэффициент видимости средств регулирования		1	
98	K <sub>y1</sub>		Коэффициент видимости $K_{y1} = K_{y11} * K_{y12} * \dots * K_{y18}$		1	
99... 103	K <sub>y21_</sub> _K <sub>y25</sub>		Частные коэффициенты для коэффициента проезжей части K <sub>y2</sub>			
104	K <sub>y2</sub>		Коэффициент проезжей части (для отладки вместо ряда сомножителей)	2		
105	K <sub>y3</sub>		Коэффициент пешеходов	1		
106	K <sub>y</sub>		Коэффициент условий $K_y = K_{y1} * K_{y2} * (K_{y3} = 1)$	2		
107	K <sub>t</sub>		Коэффициент времени $K_t = 0.001 * F_g$	4,4		

Таким образом, используется для ввода исходных данных 107 имен переменных. С учетом того, что основные переменные индексированные, например, ширина пешеходного перехода  $br\_i$  – одномерный массив, т.к. имеет численное значение, свойственное каждому из  $i$  входов на перекрестке, а коэффициент вариации распределения интенсивности движения для каждой полосы в заданном направлении  $Iq [I,p,n]$  – массив трехмерный (с количеством индексов 3), т.к. имеет свое численное значение для каждого направления движения  $\Pi$  и для каждой из полос движения  $\rho$ , и для каждого входа  $i$ , то типовое количество значений для этой переменной  $Iq [I,p,n]$  на четырехстороннем перекрестке  $i = 4$  с числом полос  $\rho = 3$ , тремя возможными направлениями движения  $n = 3$  (налево, прямо, направо), и общим числом потоков автомобилей на каждом входе 5 будет составлять 20 значений (для случая движения с крайних полос прямо и направо или прямо и налево, а со средних – прямо).

С учетом индексированных значений общее максимальное число исходных данных для ввода на типовом четырехстороннем трехполосном перекрестке можно оценить следующим образом:

Число переменных с индексом 3 – 12. Максимальное число исходных данных:  $4*5*12 = 240$ .

Число переменных с индексом 2 – 12. Максимальное число исходных данных:  $4*3*12 = 144$ .

Число переменных с индексом 1 – 13. Максимальное число исходных данных:  $4*13 = 52$ .

Число переменных без индекса – 70. Максимальное число исходных данных:  $1*70 = 70$ .

Общее число исходных данных для всех переменных равно: 506.

Общий вид главного окна программы OptiMka показан ниже на рисунке И.1 (с. 7).

Для ввода и изменения исходных данных используется режим «Ввод ИД»

Вид окон для ввода исходных данных в режиме «Ввод ИД» показан на рисунках И.2 – И.23.

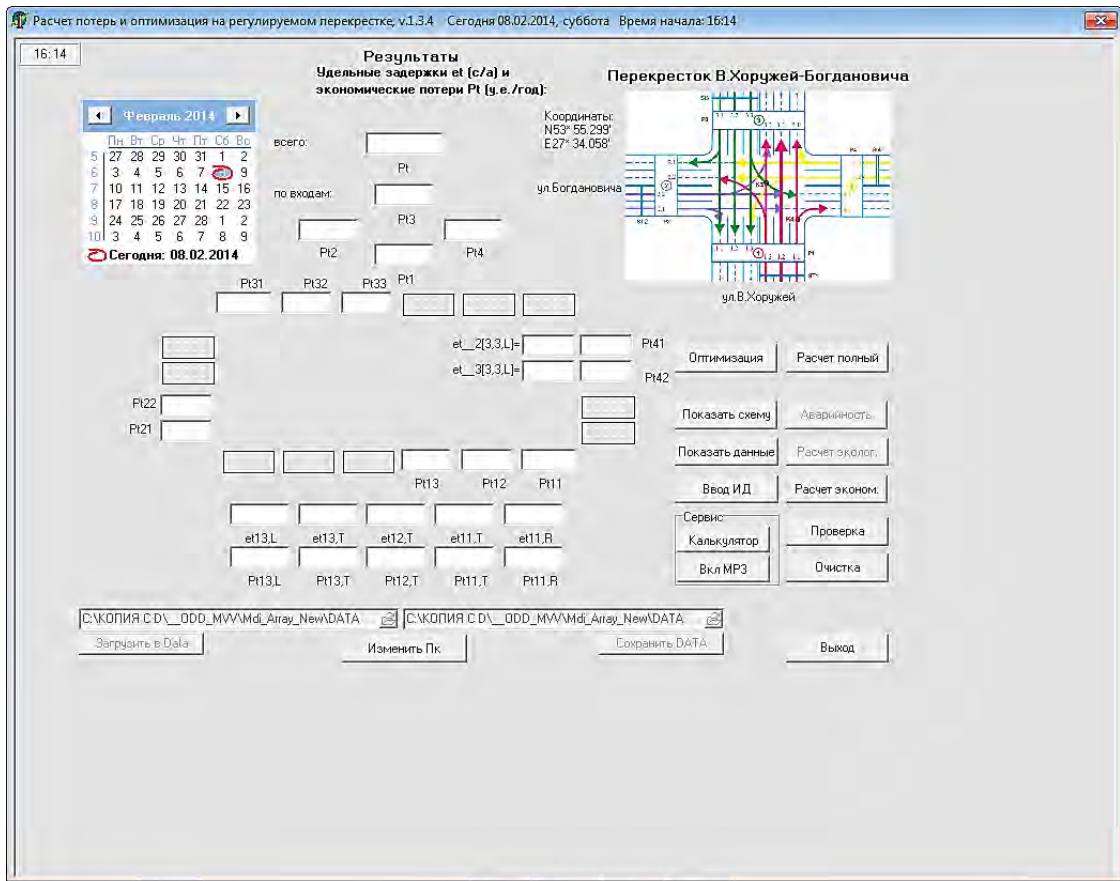


Рисунок И.1 – Общий вид главного окна OptiMKA

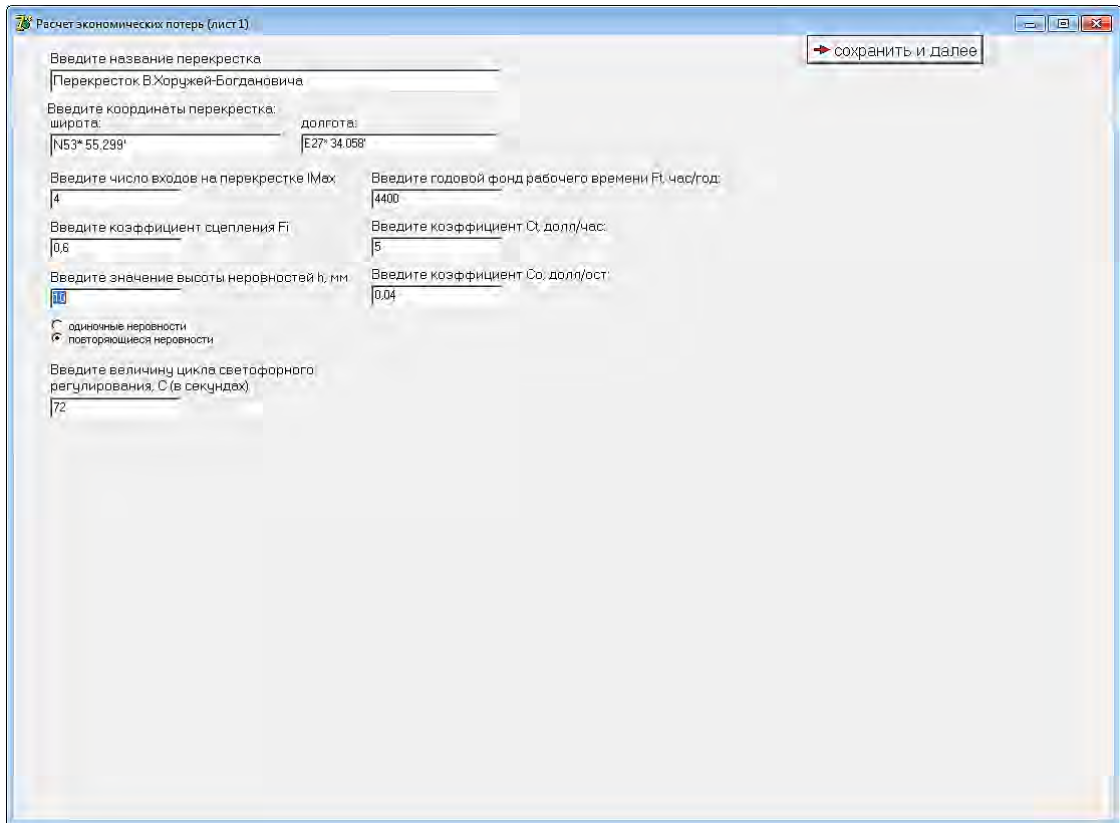


Рисунок И.2

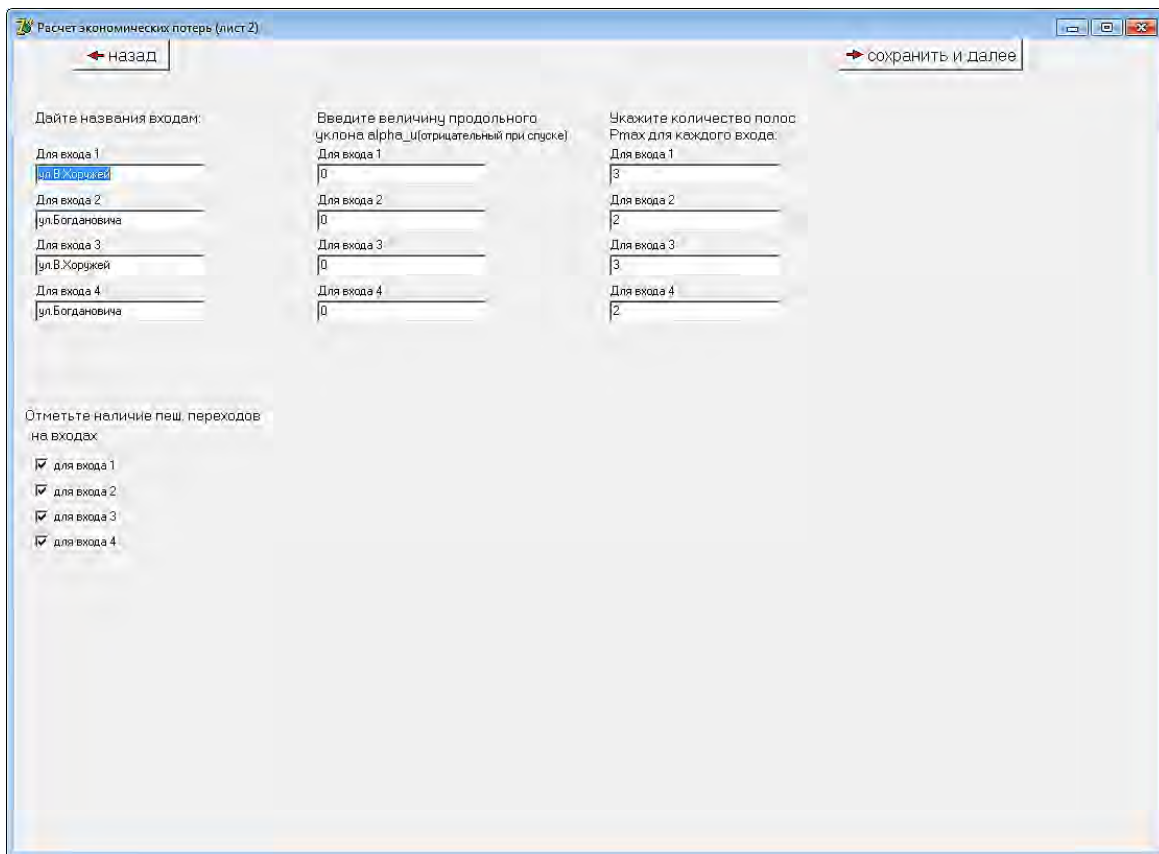


Рисунок И.3

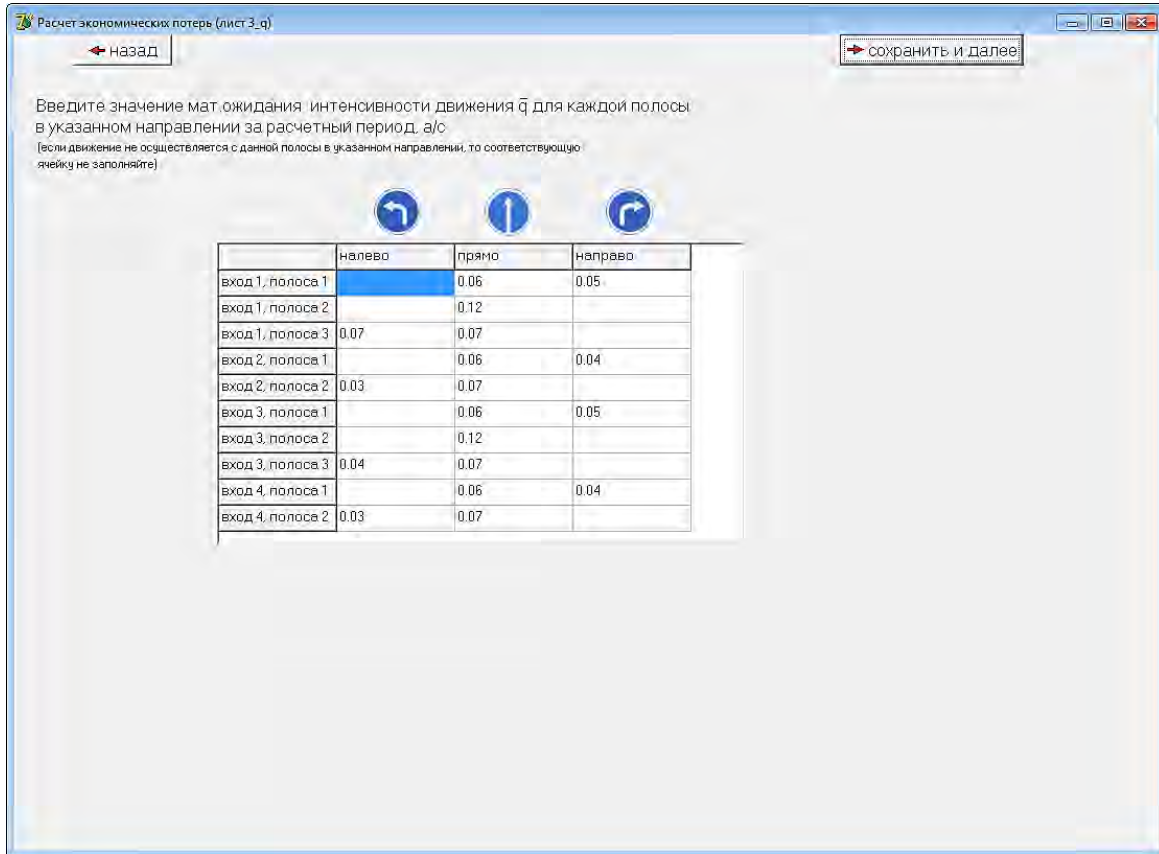


Рисунок И.4

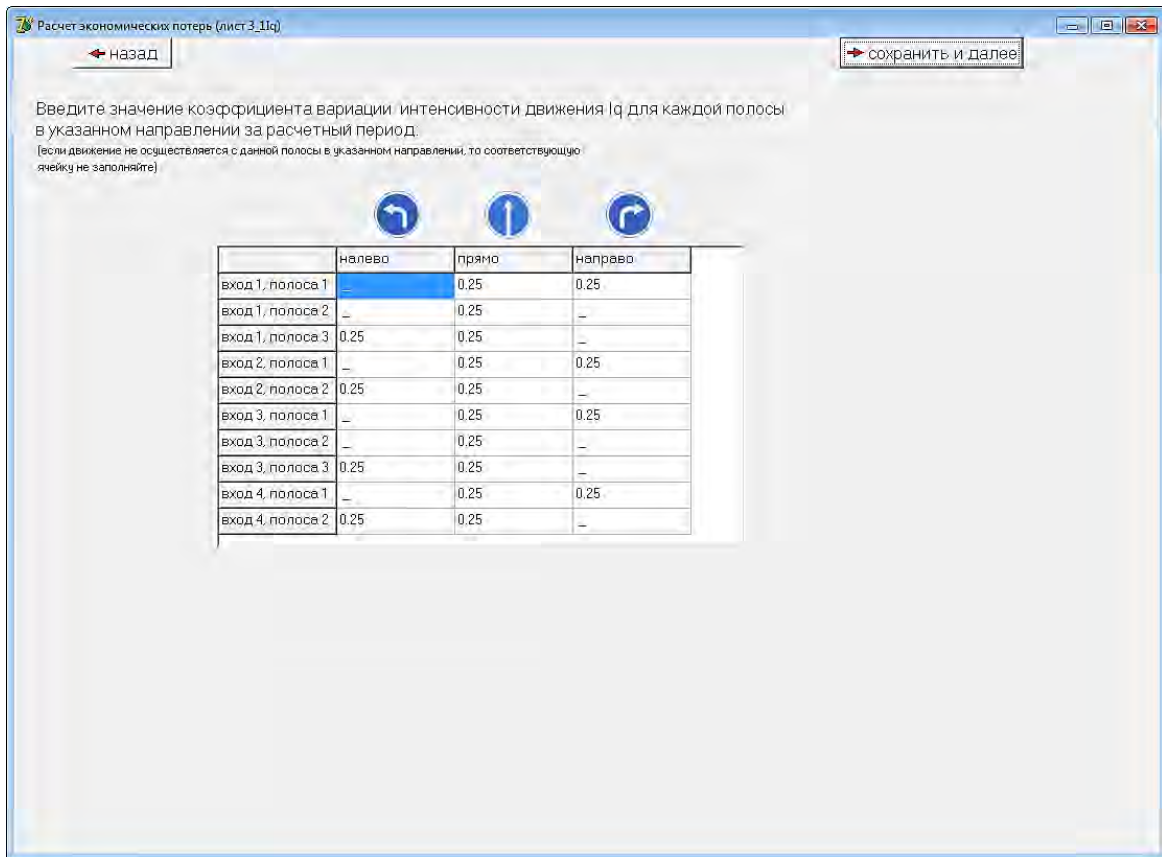


Рисунок И.5

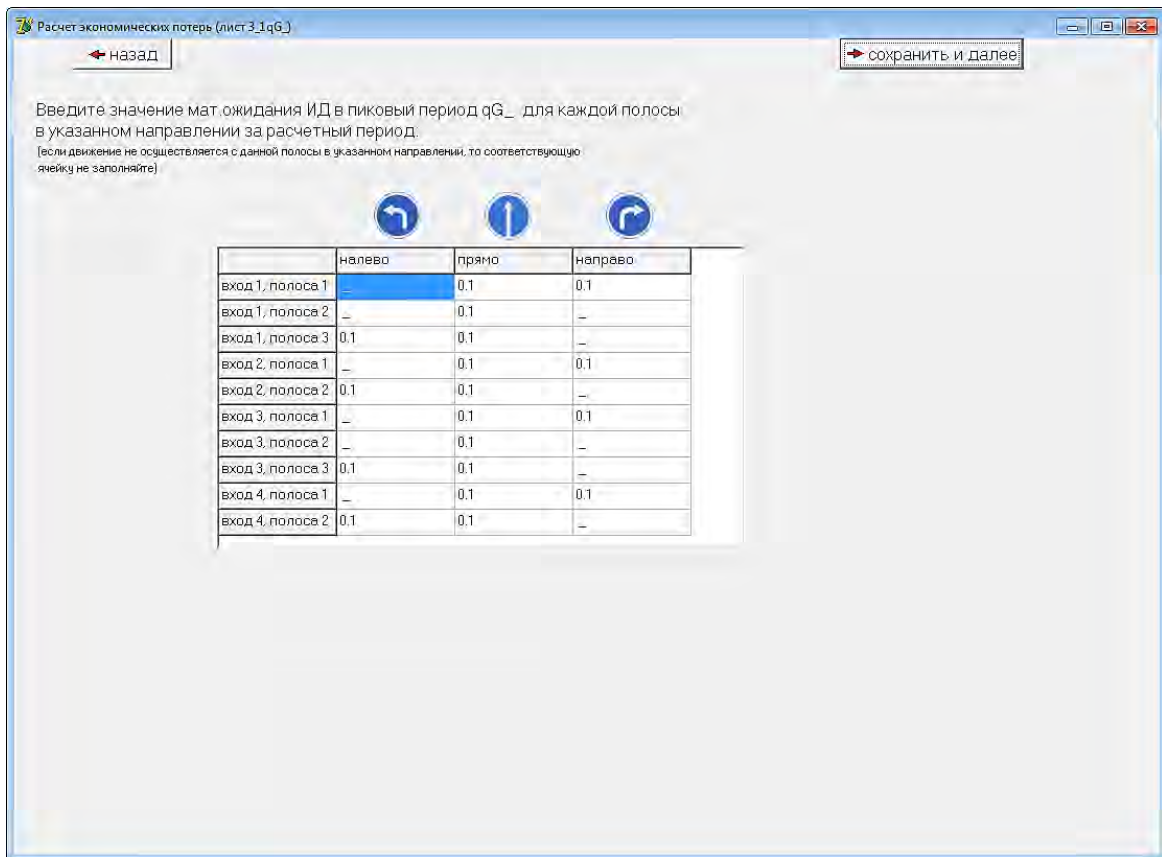


Рисунок И.6

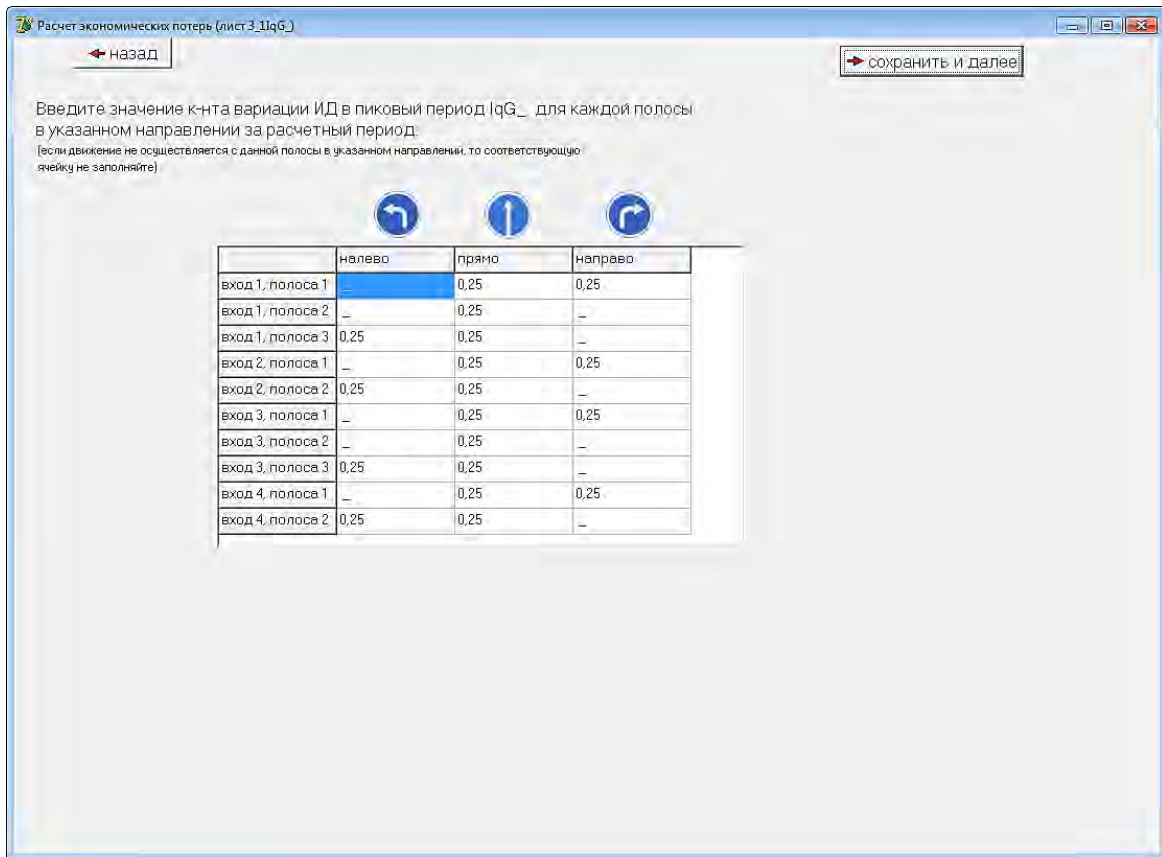


Рисунок И.7

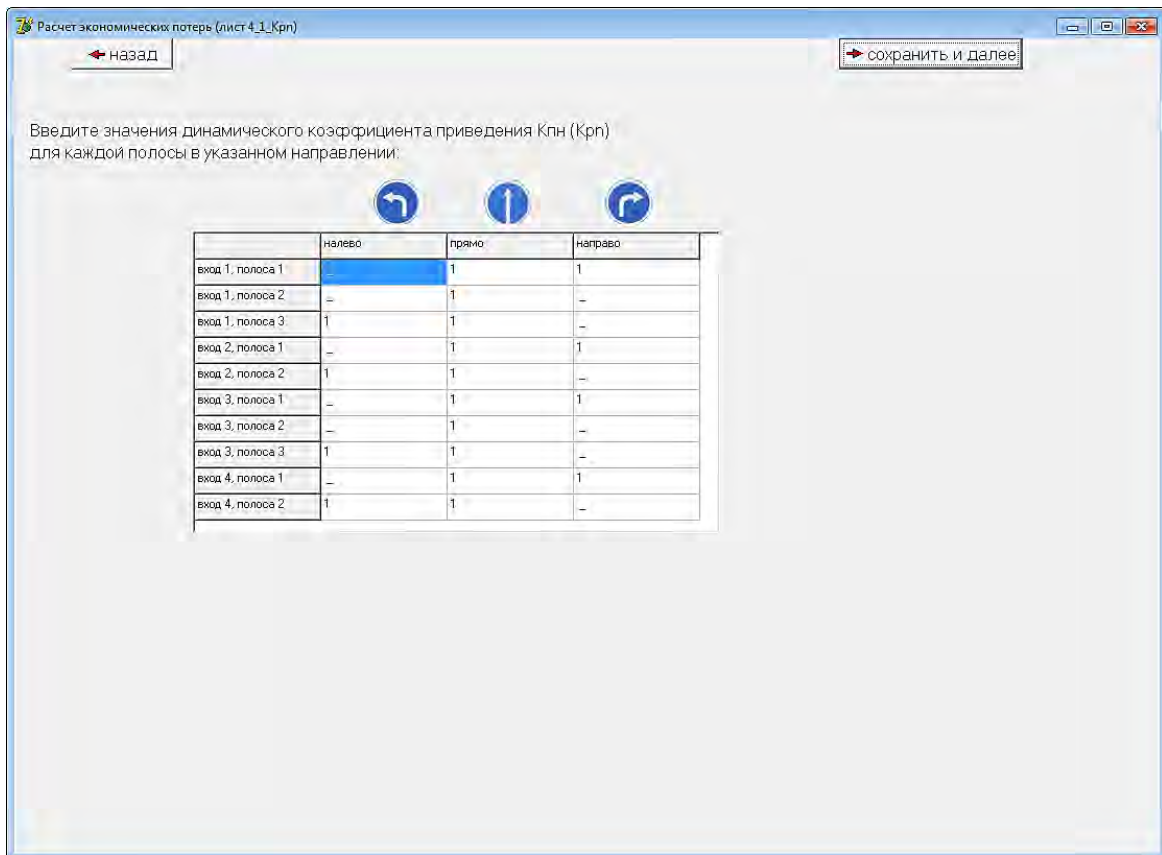


Рисунок И.8

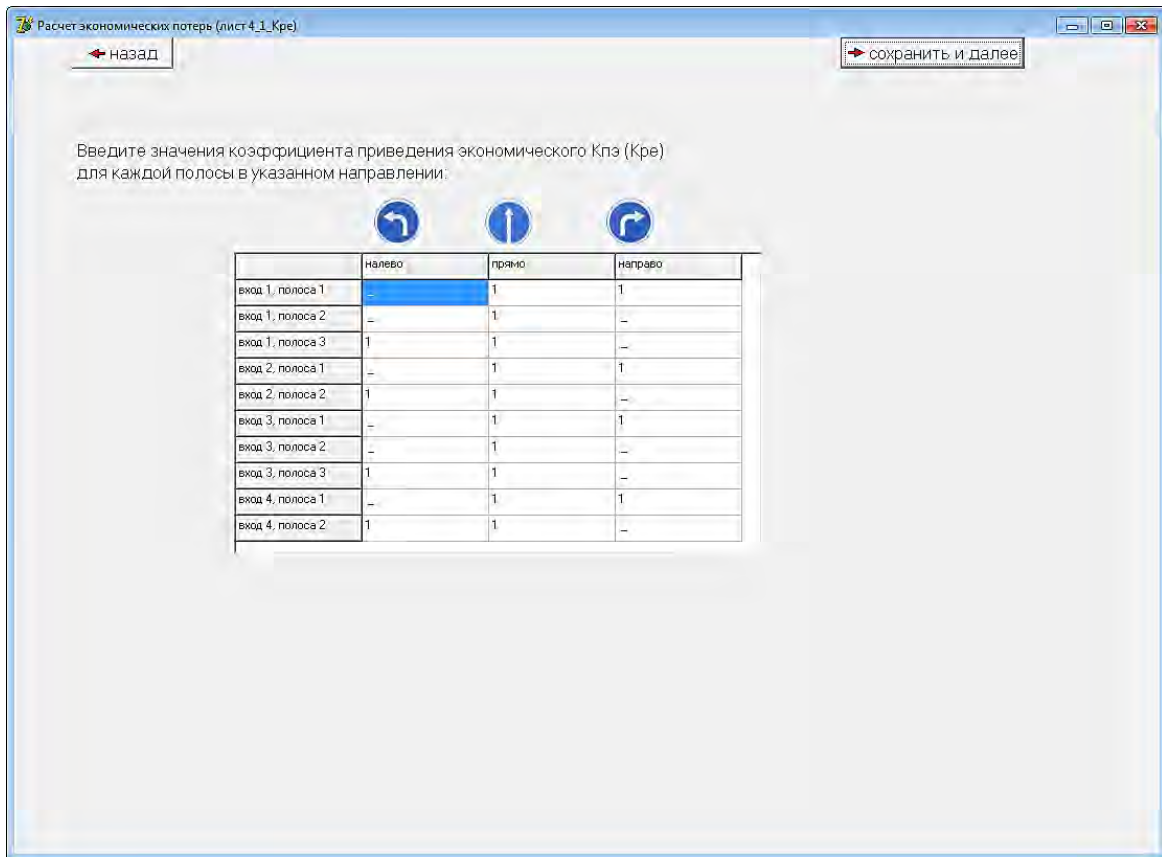


Рисунок И.9

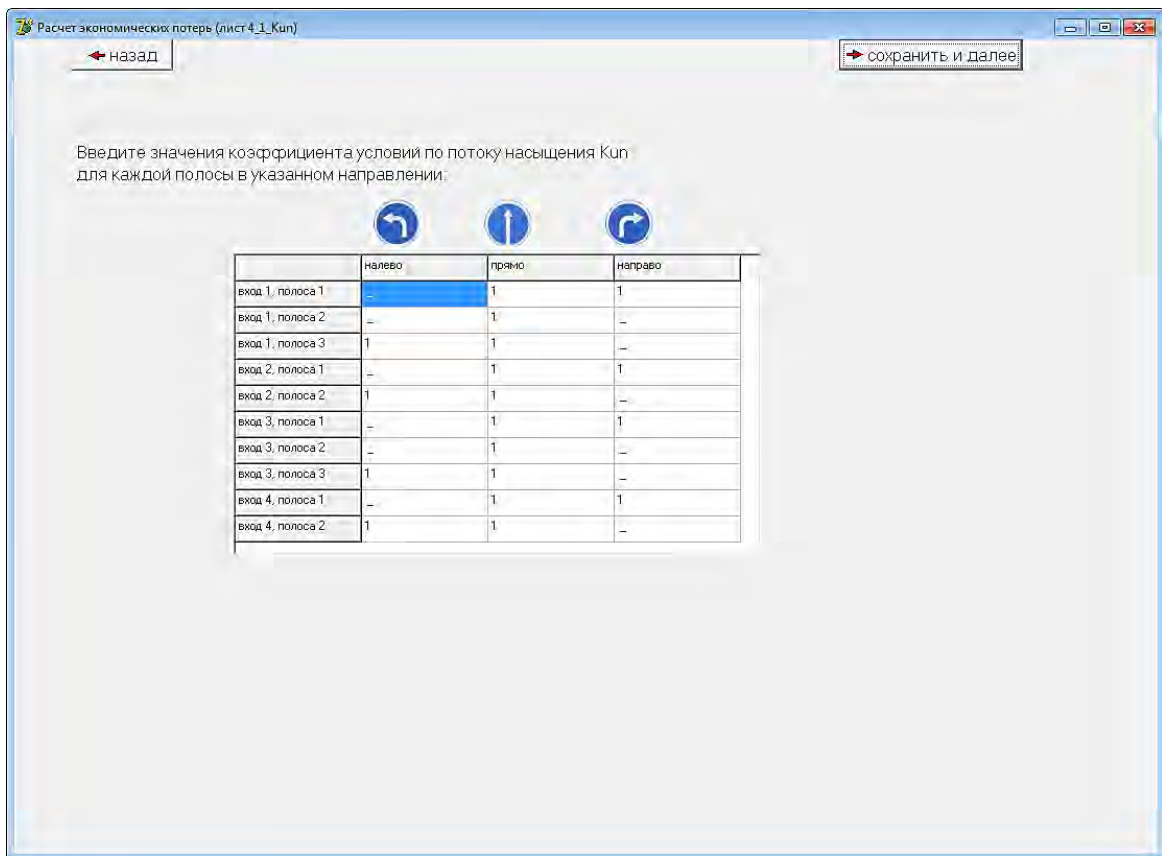


Рисунок И.10



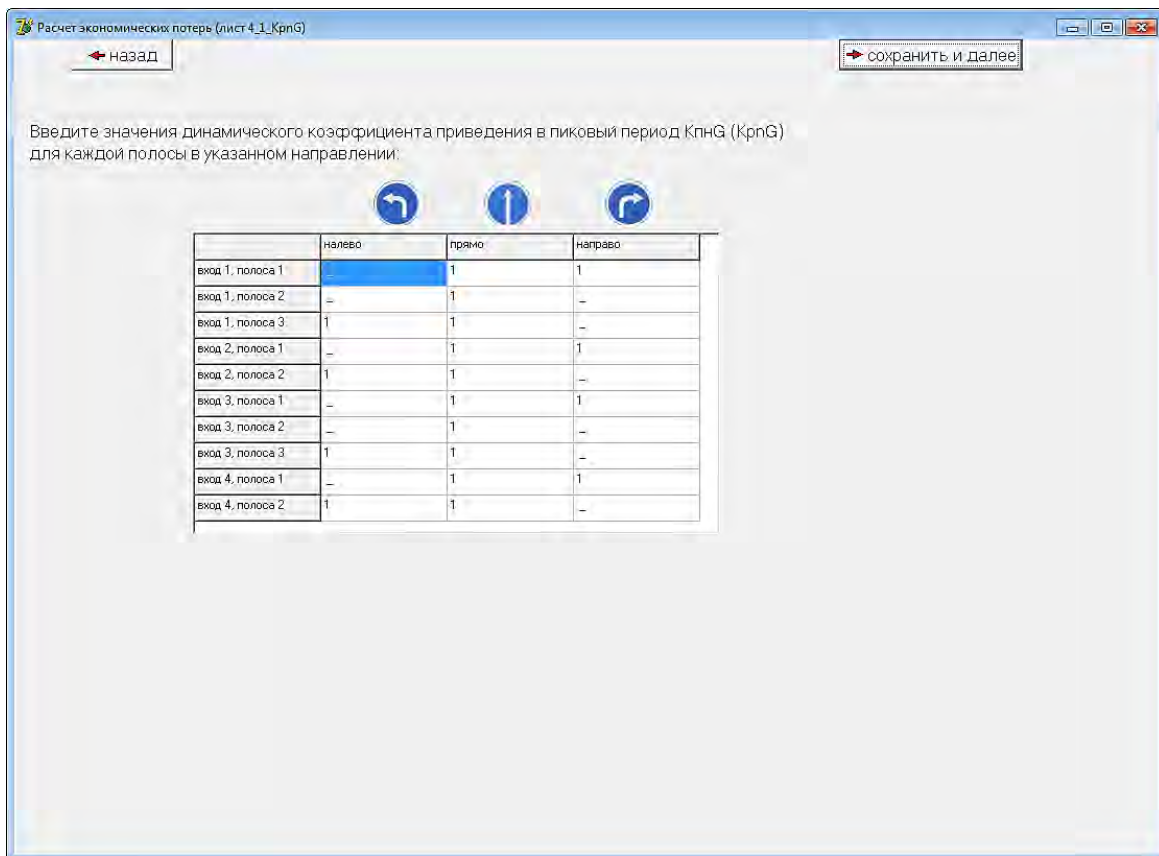


Рисунок И.11

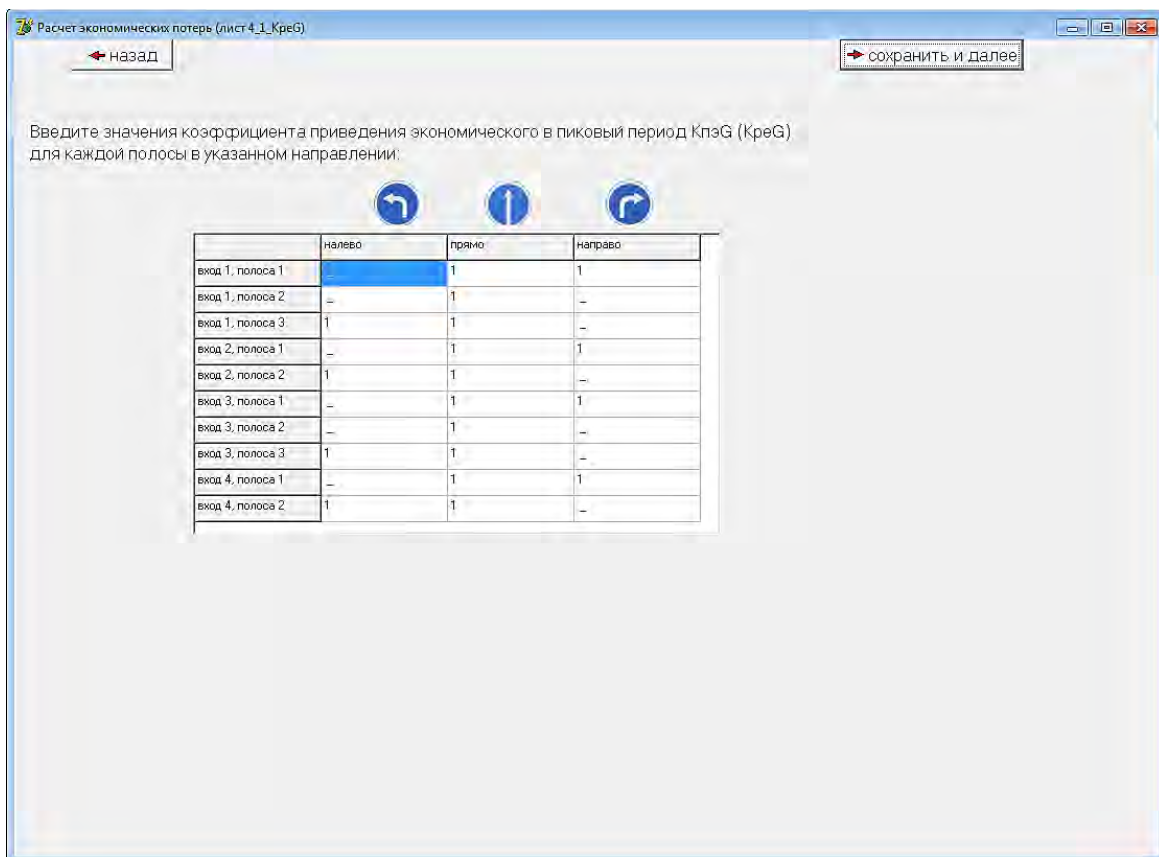


Рисунок И.12

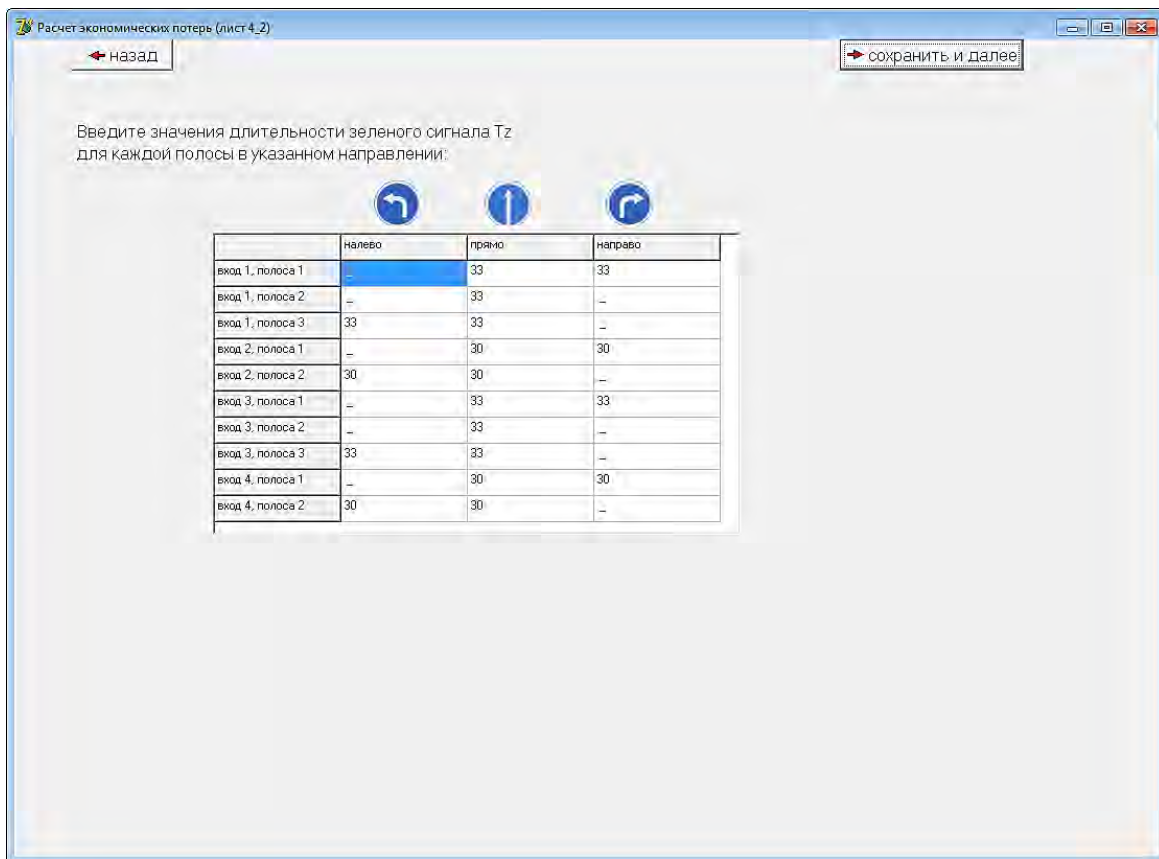


Рисунок И.13

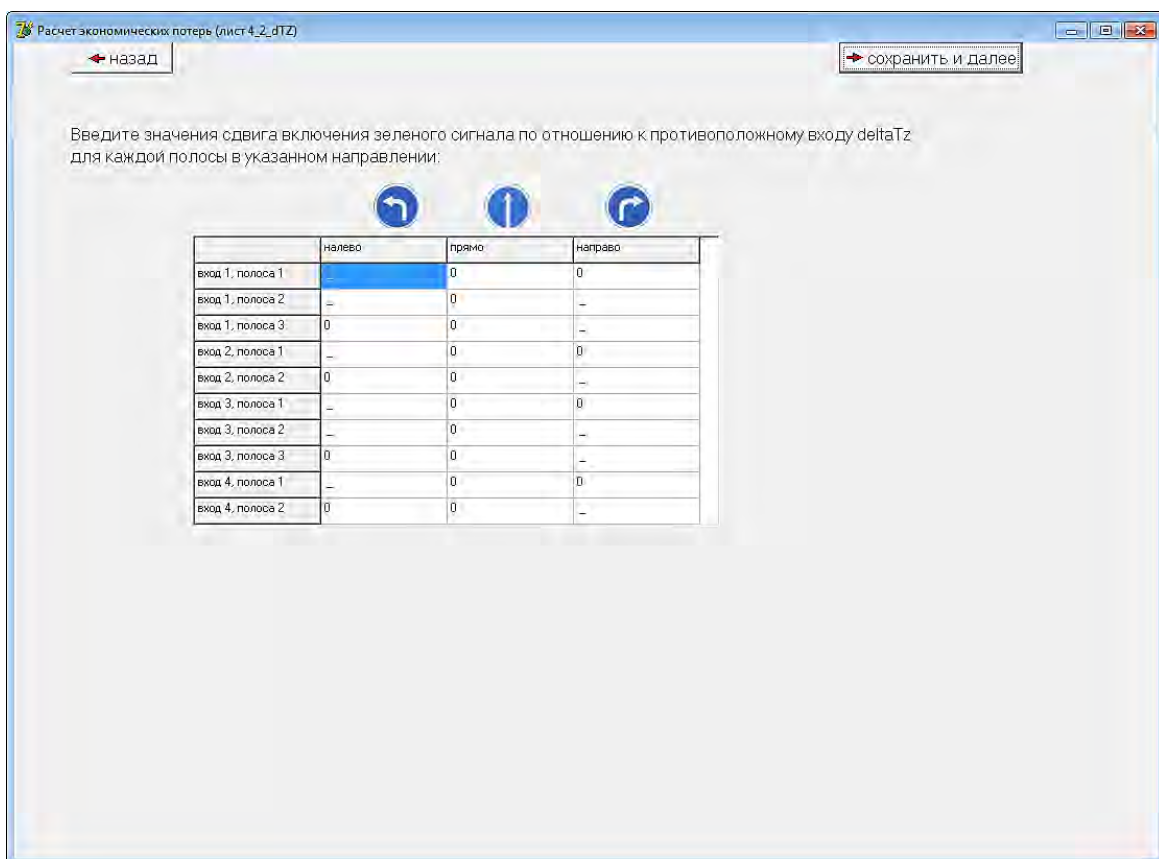


Рисунок И.14

Расчет экономических потерь (лист 4.3)

← назад → сохранить и далее

Введите значения длительности  $T_{гр}$ , задержки включения  $\Delta T_{гр}$  зеленого сигнала для пешеходов, длительности зеленого немигающего сигнала  $T_{грн}$  для пешеходов:

	$T_{гр}$	$\Delta T_{гр}$	$T_{грн}$
Вход 1	30	0	14
Вход 2	33	0	22
Вход 3	30	0	14
Вход 4	33	0	22

\*\*\* Резерв

	Полоса 1	Полоса 2	Полоса 3
Вход 1	0	0	0
Вход 2	0	0	-
Вход 3	0	0	0
Вход 4	0	0	-

\*\*\* Резерв

	Полоса 1	Полоса 2	Полоса 3
Вход 1	0	0	0
Вход 2	0	0	-
Вход 3	0	0	0
Вход 4	0	0	-

Рисунок И.15

Расчет экономических потерь (лист 4.4)

← назад → сохранить и далее

Введите значения расстояния  $S_{bx1}$  для каждой полосы указанного входа:

	Полоса 1	Полоса 2	Полоса 3
Вход 1	3,5	7	10,5
Вход 2	3,5	7	
Вход 3	-	3,5	7
Вход 4	10,5	3,5	

Введите значения расстояния  $S_{bx2}$  для каждой полосы указанного входа:

	Полоса 1	Полоса 2	Полоса 3
Вход 1	7	-	0
Вход 2	3,5	7	
Вход 3	0	3,5	-
Вход 4	0	3,5	

Введите значения расстояния  $S_{by1}$  для каждой полосы указанного входа:

	Полоса 1	Полоса 2	Полоса 3
Вход 1	7	0	3,5
Вход 2	-	17,5	
Вход 3	14	10,5	10,5
Вход 4	7	-	

Рисунок И.16

Расчет экономических потерь (лист 4\_5)

← назад

→ сохранить и далее

Введите значения расстояния  $S_{by\_2}$  для каждой полосы указанного входа:

	Полоса 1	Полоса 2	Полоса 3
Вход 1	21	17,5	14
Вход 2	14	10,5	–
Вход 3	21	17,5	14
Вход 4	14	10,5	–

Введите расстояние  $S1\_K3\_2$  от стоп-линии ST1 до КФ3 для каждой полосы указанного входа:

	Полоса 1	Полоса 2	Полоса 3
Вход 1	20,5	20,5	20,5
Вход 2	26	26	–
Вход 3	20,5	20,5	20,5
Вход 4	26	26	–

Введите расстояние  $S3\_K3\_2$  от стоп-линии ST3 до КФ3 для каждой полосы указанного входа:

	Полоса 1	Полоса 2	Полоса 3
Вход 1	20,5	20,5	20,5
Вход 2	26	26	–
Вход 3	20,5	20,5	20,5
Вход 4	26	26	–

Рисунок И.17

Расчет экономических потерь (лист 4\_6)

← назад

→ сохранить и далее

Введите расстояние  $S3\_P4$  от стоп-линии ST3 до пешеходного перехода P4 для каждой полосы указанного входа:

	Полоса 1	Полоса 2	Полоса 3
Вход 1	37,5	37,5	37,5
Вход 2	38	38	–
Вход 3	37,5	37,5	37,5
Вход 4	38	38	–

Введите расстояние  $SK3\_P4$  от КФ3 до пешеходного перехода P4 для каждой полосы указанного входа:

	Полоса 1	Полоса 2	Полоса 3
Вход 1	17	17	17
Вход 2	12	12	–
Вход 3	17	17	17
Вход 4	12	12	–

Введите расстояние  $S1\_K4\_2$  от стоп-линии ST1 до КФ4 отклонения (поворота) направо для каждой полосы указанного входа:

	Полоса 1	Полоса 2	Полоса 3
Вход 1	11,5	11,5	11,5
Вход 2	14	14	–
Вход 3	11,5	11,5	11,5
Вход 4	14	14	–

Рисунок И.18

Расчет экономических потерь (лист 4\_7)

← назад → сохранить и далее

Введите расстояние SK4\_P4 от КФ4 до пешеходного перехода Р4 для каждой полосы указанного входа:

	Полоса 1	Полоса 2	Полоса 3
Вход 1	12	12	12
Вход 2	11	11	-
Вход 3	12	12	12
Вход 4	11	11	-

Расстояние S1\_P4 от стоп-линии ST1 до пешеходного перехода справа Р4  
 $S1\_P4 = S1\_K4\_2 + SK\_P4$ :

	Полоса 1	Полоса 2	Полоса 3
Вход 1	23,5	23,5	23,5
Вход 2	25	25	-
Вход 3	23,5	23,5	23,5
Вход 4	25	25	-

Введите ширину полосы движения  $brod$  для каждой полосы указанного входа:

	Полоса 1	Полоса 2	Полоса 3
Вход 1	3,5	3,5	3,5
Вход 2	3,5	3,5	-
Вход 3	3,5	3,5	3,5
Вход 4	3,5	3,5	-

Рисунок И.19

Расчет экономических потерь (лист 5)

← назад → сохранить и далее

Введите сдвиг включения ЗС для пешеход (delta $\tau$ , с)

Для входа 1:

Для входа 2:

Для входа 3:

Для входа 4:

Введите сдвиг включения ЗС для пеш-справа (4) при ТП 1\_4 (delta $\tau$ 4)

Для входа 1:

Для входа 2:

Для входа 3:

Для входа 4:

Время, занятое пешеходами на полосе движения на ПХ (Tr, с)

Для входа 1:

Для входа 2:

Для входа 3:

Для входа 4:

Резерв для

Для входа 1:

Для входа 2:

Для входа 3:

Для входа 4:

Введите продолжительность немигающего ЗС для пешеходов (tzpm, с)

Для входа 1:

Для входа 2:

Для входа 3:

Для входа 4:

Введите продолжительность мигающего ЗС для пешеходов (tzpm, с)

Для входа 1:

Для входа 2:

Для входа 3:

Для входа 4:

Рисунок И.20

Расчет экономических потерь (лист 6)

← назад

→ сохранить и далее

Введите ширину проезжей части на выходе  $b_{\text{в}}$ , м:

Для входа 1: 10,5  
 Для входа 2: 7  
 Для входа 3: 10,5  
 Для входа 4: 7

Введите ширину пешеходного перехода  $b_{\text{р}}$ , м:

Для входа 1: 4  
 Для входа 2: 5  
 Для входа 3: 4  
 Для входа 4: 5

Отнесение Пешеходного Перехода (ПП)  $L_{\text{оп}}$  для указанного входа, м:

Для входа 1: 6  
 Для входа 2: 8  
 Для входа 3: 6  
 Для входа 4: 8

Отнесение фактическое стоп-линии  $L_{\text{стоп}}$  для указанного входа, м:

Для входа 1: 3  
 Для входа 2: 3  
 Для входа 3: 3  
 Для входа 4: 3

Отнесение номинальное стоп-линии  $L_{\text{стоп}}$  для указанного входа, м:

Для входа 1: 3  
 Для входа 2: 3  
 Для входа 3: 3  
 Для входа 4: 3

Радиус правого поворота  $RR$ , м:

Для входа 1: 8  
 Для входа 2: 8  
 Для входа 3: 8  
 Для входа 4: 8

Рисунок И.21

Расчет экономических потерь (лист 7)

← назад

→ сохранить и далее

Введите радиус левого поворота  $RL$  для указанного входа, м:

Для входа 1: 20  
 Для входа 2: 20  
 Для входа 3: 20  
 Для входа 4: 20

Введите интенсивность движения пешеходов  $q_{\text{р}}$ , чел/с:

Для входа 1: 0,2  
 Для входа 2: 0,26  
 Для входа 3: 0,2  
 Для входа 4: 0,26

Интенсивность движения пешеходов  $1$  направления  $q_{\text{рв}}$ , чел/сек:

Для входа 1: 0,1  
 Для входа 2: 0,13  
 Для входа 3: 0,1  
 Для входа 4: 0,13

Разрешенная скорость движения ТС  $V_{\text{г}}$  для указанного входа, м/с:

Для входа 1: 16,67  
 Для входа 2: 16,67  
 Для входа 3: 16,67  
 Для входа 4: 16,67

Скорость свободного движения ТС  $V_{\text{с}}$  для указанного входа, м/с:

Для входа 1: 16,67  
 Для входа 2: 16,67  
 Для входа 3: 16,67  
 Для входа 4: 16,67

Введите число полос на выходе  $PM_{\text{в}}$  для указанного входа:

Для входа 1: 3  
 Для входа 2: 2  
 Для входа 3: 3  
 Для входа 4: 2

Рисунок И.22

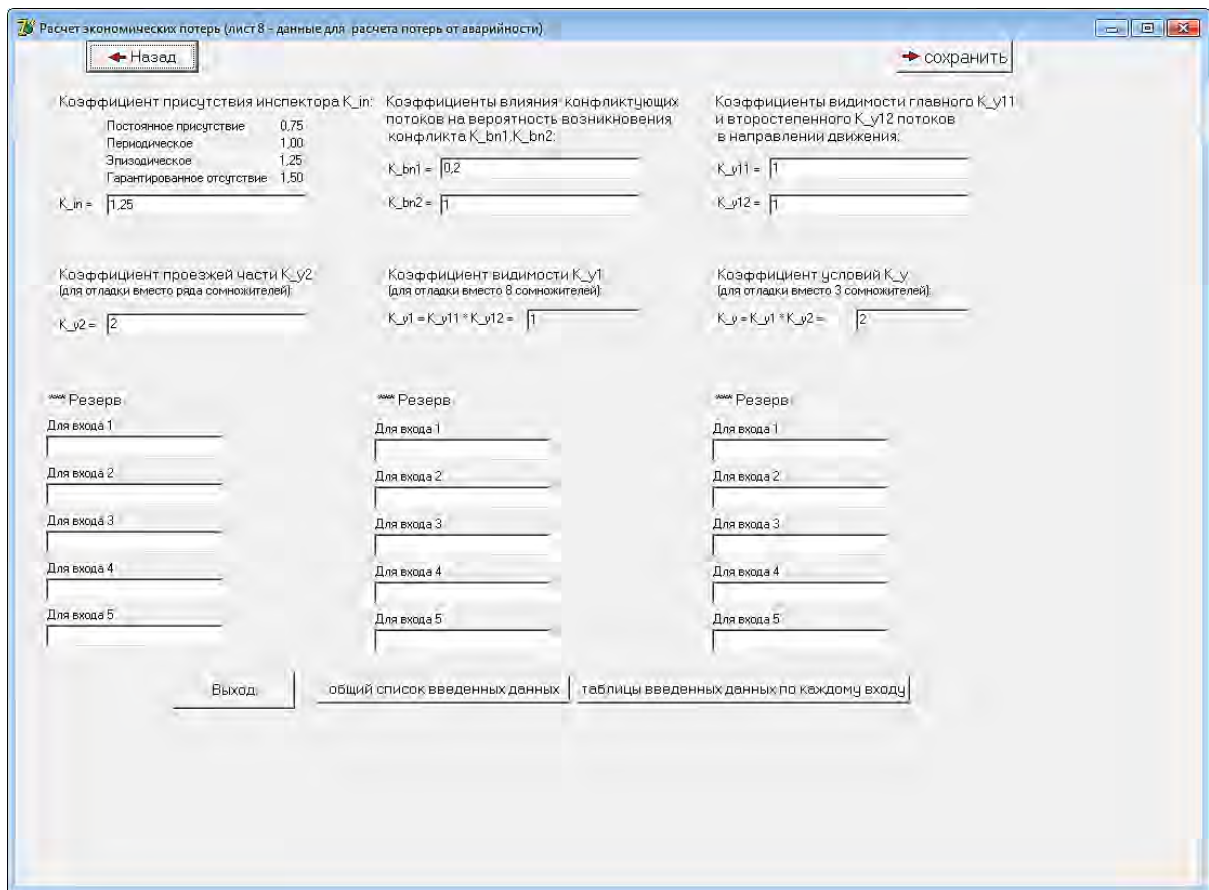


Рисунок И.23

После окончания ввода или изменения исходных данных можно посмотреть общий список введенных данных или таблицы введенных данных по каждому входу, нажав кнопки с соответствующими названиями.

Ниже на рисунках И.24 – И.27 показаны для примера таблицы введенных данных по каждому входу.

Вход 1						
deltatzp2_1	np1	R3_4				
0	20	5				
deltatzp1_2	np2	lambda33	q11_3	Kpn11_3	Kpe11_3	Tz11_3
0	16.67	0.6	0.06	1	1	33
trpp1	LoIn	deltat1	q11_4	Kpn11_4	Kpe11_4	Tz11_4
0	16.67	0	0.05	1	1	33
trpp2	deltatp4	S3_k3				
0	3	2				
tzp1	i(4)	Viazr	q12_3	Kpn12_3	Kpe12_3	Tz12_3
31	3	40	0.12	1	1	33
tzp2	Sstop_kR_2[1]	Sk3_p4				
40	2	1				
tzmp1	deltat4	Lstof	q13_2	Kpn13_2	Kpe13_2	Tz13_2
4	5	2	0.07	1	1	33
tzmp2	q3_4	Lston	q13_3	Kpn13_3	Kpe13_3	Tz13_3
6	1	3	0.07	1	1	33
B1	q3_1	deltats2_1_1				
10.5	0.1					
trpt	q1_3_m	Sat1_2				
3	0.2					
tz	Sstop_kT_2[1]	Kun				
3	2					
tz11	xt	i_i				
8	2					
qp1	Sstop_pR_2[1]	deltats2_1_2				
0.2	1					
qp2	R1_4	S3_p4				
0.1	4					
C	72	Iq	0.9999999			

Рисунок И.24

Вход 2						
deltatzp2_1	np1	R3_4				
0	20	0				
deltatzp1_2	np2	lambda33	q21_3	Kpn21_3	Kpe21_3	Tz21_3
0	16.67	0.5	0.06	1	1	30
trpp1	LoIn	deltat1	q21_4	Kpn21_4	Kpe21_4	Tz21_4
0	16.67	0	0.04	1	1	30
trpp2	deltatp4	S3_k3	q22_1	Kpn22_1	Kpe22_1	Tz22_1
0		2	0.03	1	1	30
tzp1	i4	Viazr	q22_3	Kpn22_3	Kpe22_3	Tz22_3
31	2	60	0.07	1	1	30
tzp2	S1_k4_2	Sk3_p4				
40	2	1				
tzmp1	deltat4	Lstof				
5	5	2				
tzmp2	q3_4	Lston				
8	1	2				
B1	q3_1	deltats2_1_1				
7	0.1					
trpt	q1_3_m	Sat1_2				
3	0.1					
tz	S1_k3	Kun				
3	2					
tz11	xt	i_i				
8	0.9					
qp1	S1_p4	deltats2_1_2				
0.26	1					
qp2	R1_4	S3_p4				
0.13	0					
C	72	Iq	0.9999999			

Рисунок И.25



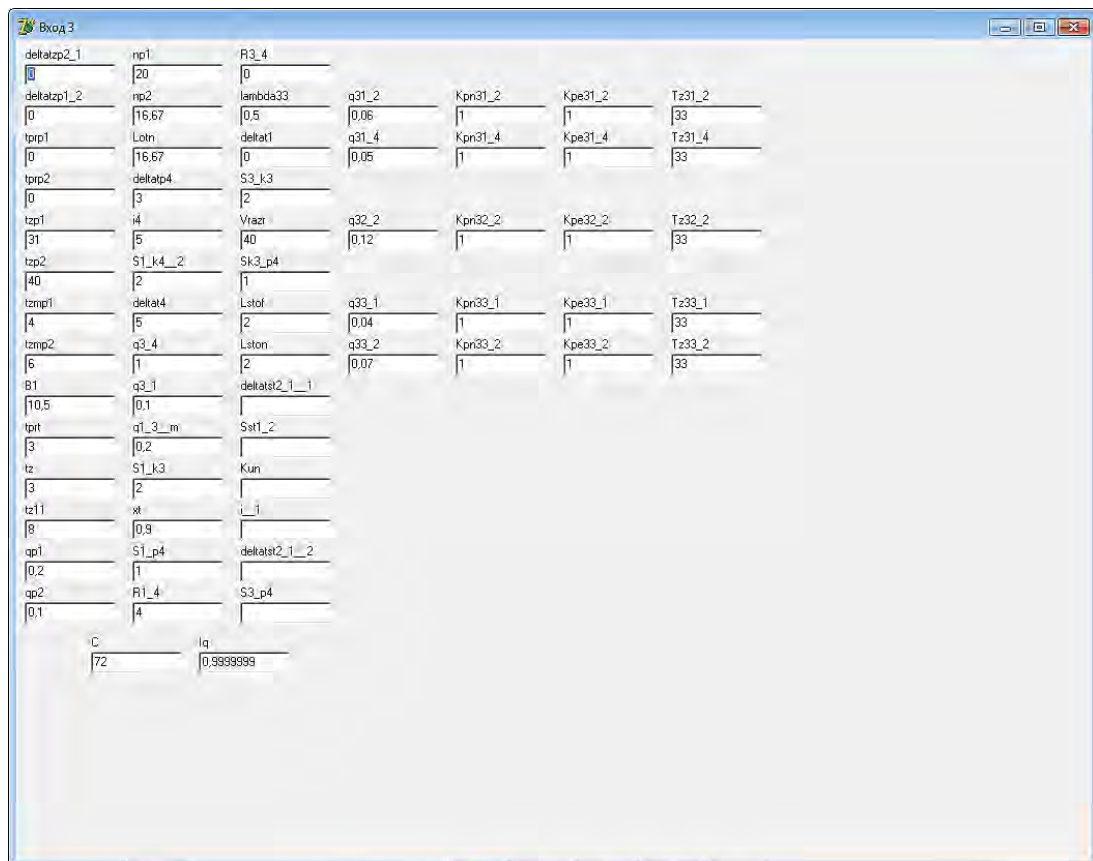


Рисунок И.26

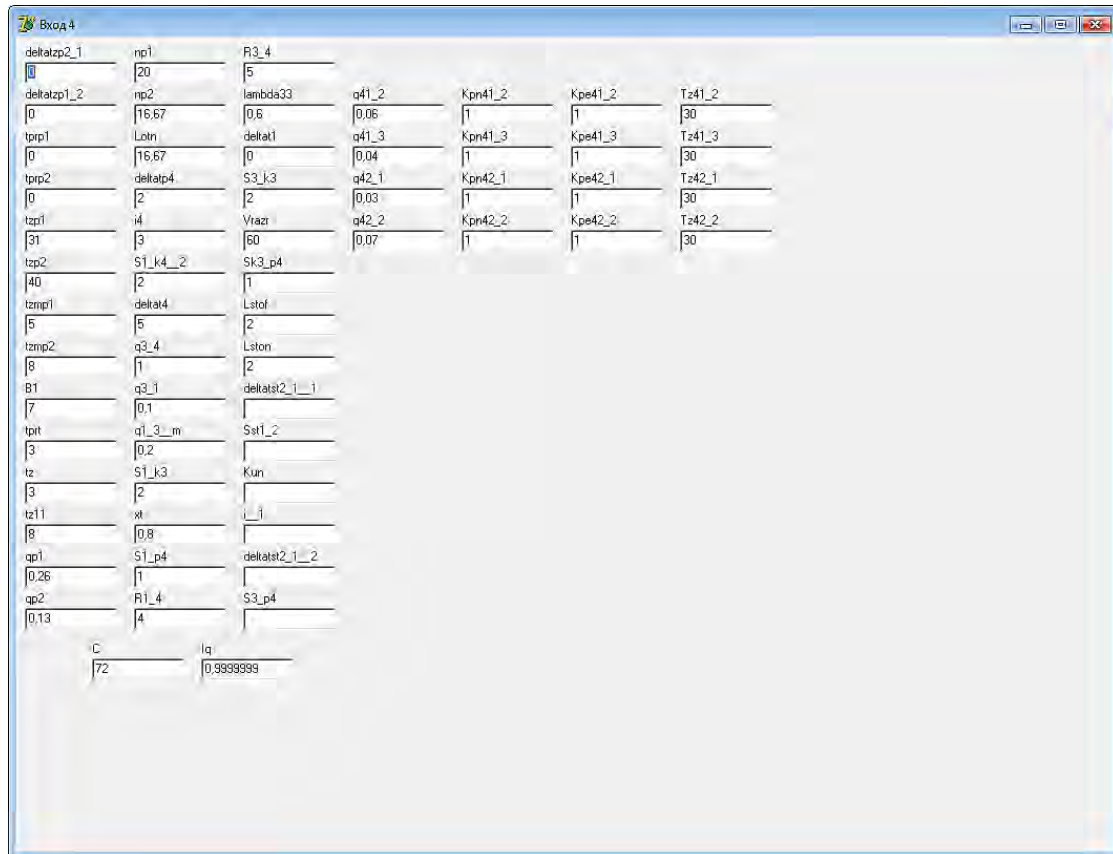


Рисунок И.27

Дополнительный ввод и изменение исходных данных осуществляется в режиме «Показать данные». При этом появляется следующее окно. В левой части находятся исходные данные, а в правой – результаты расчета. На рисунках И.28 – И.35 показаны окна с исходными данными, которые просматриваются управлением кнопки лифта справа от этого окна.

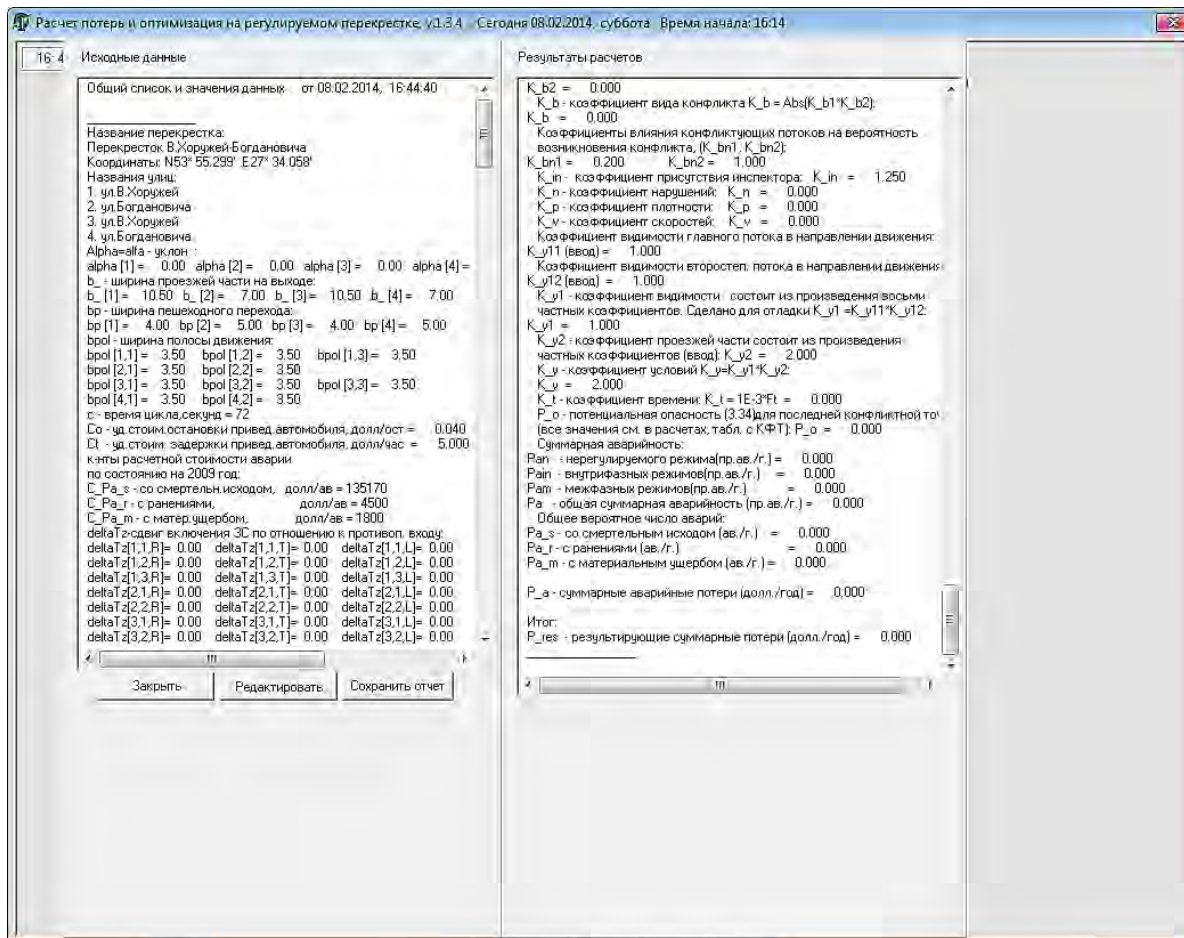


Рисунок И.28

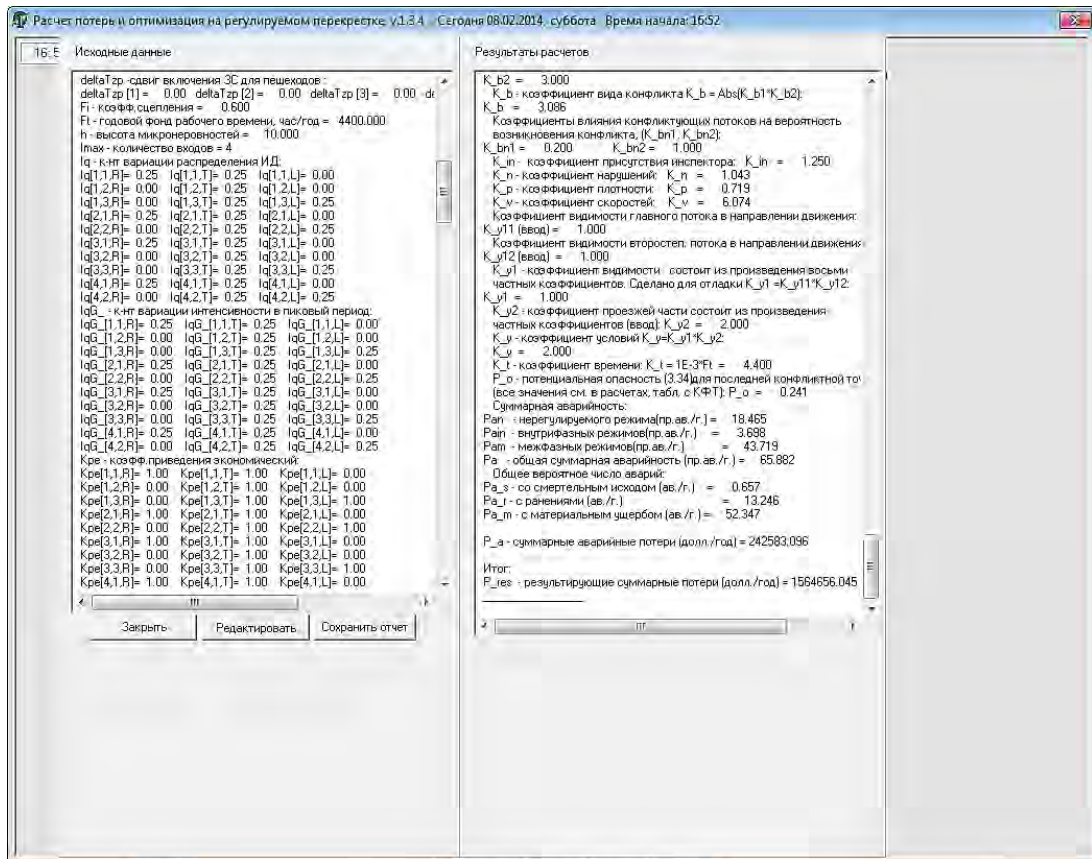


Рисунок И.29

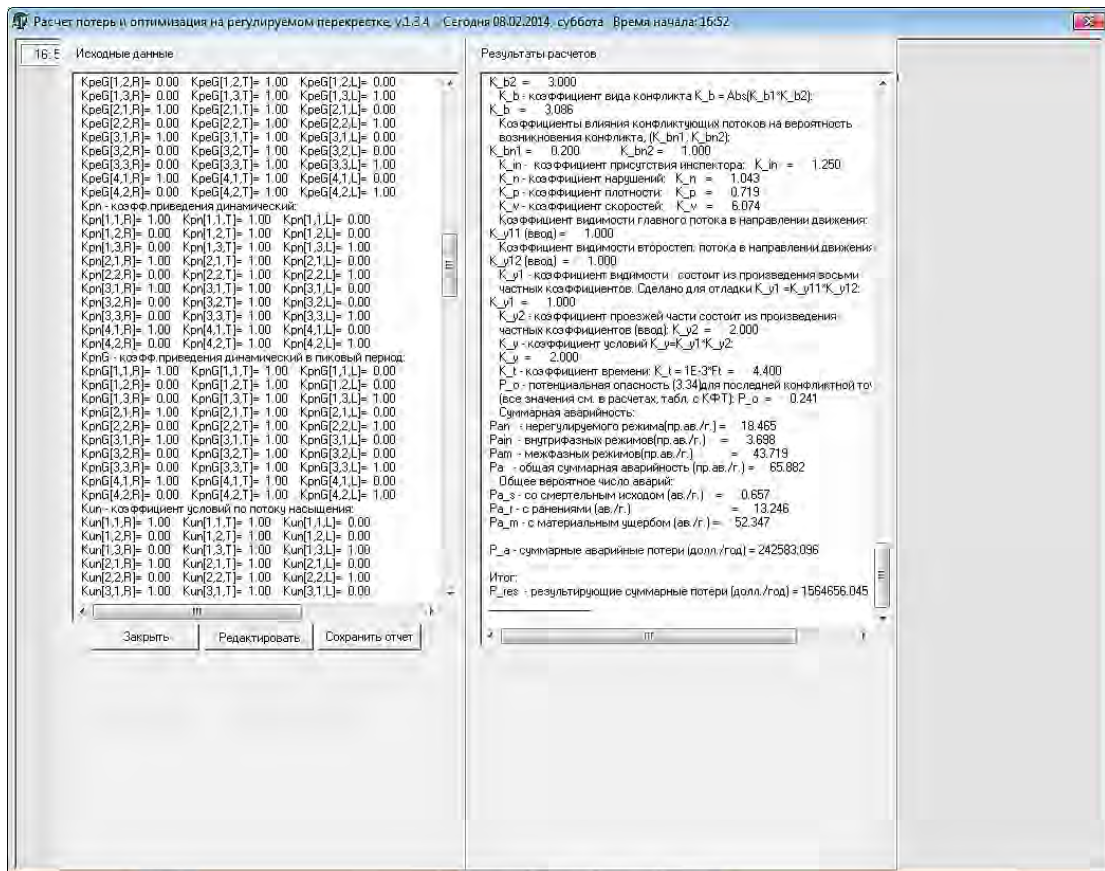


Рисунок И.30

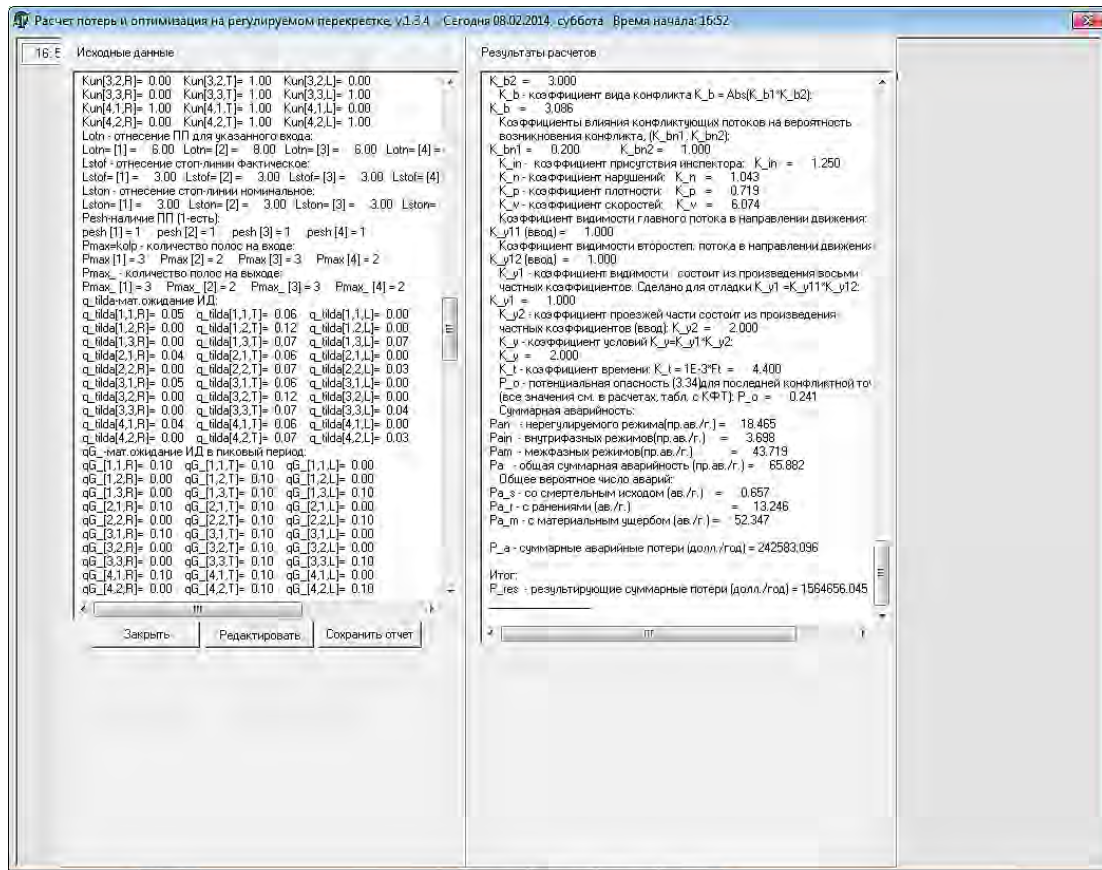


Рисунок И.31

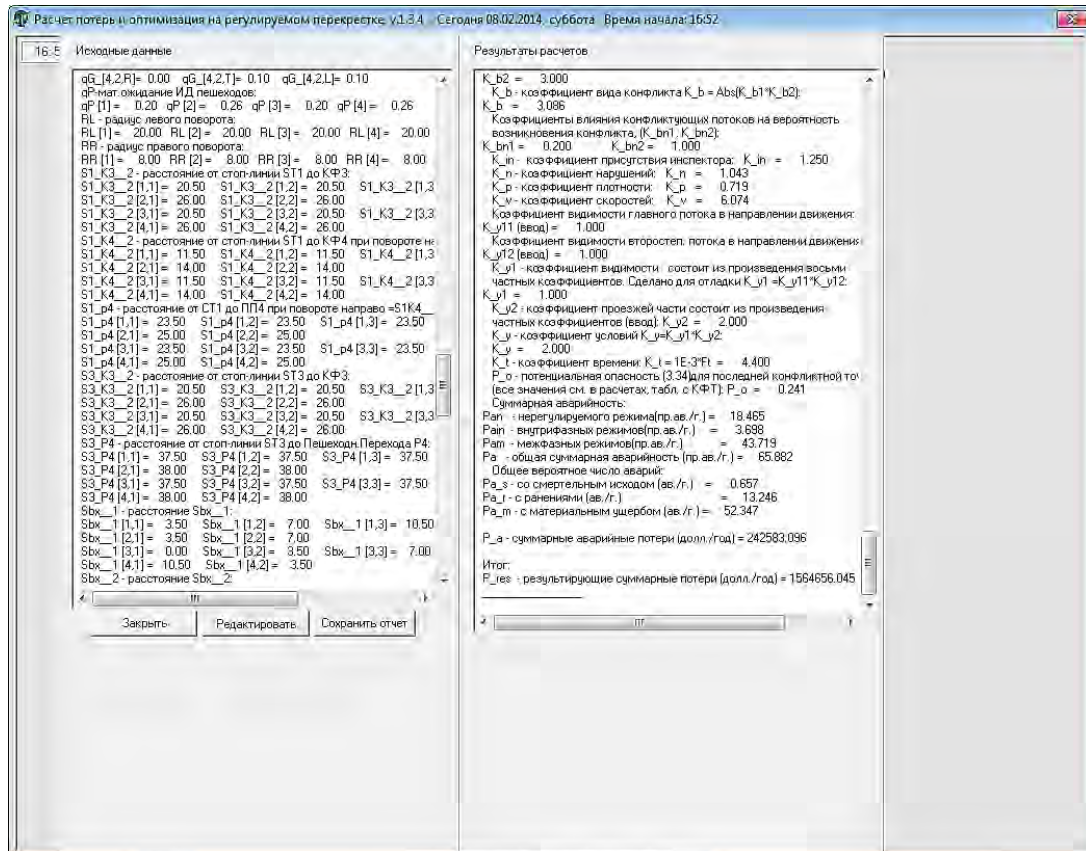


Рисунок И.32

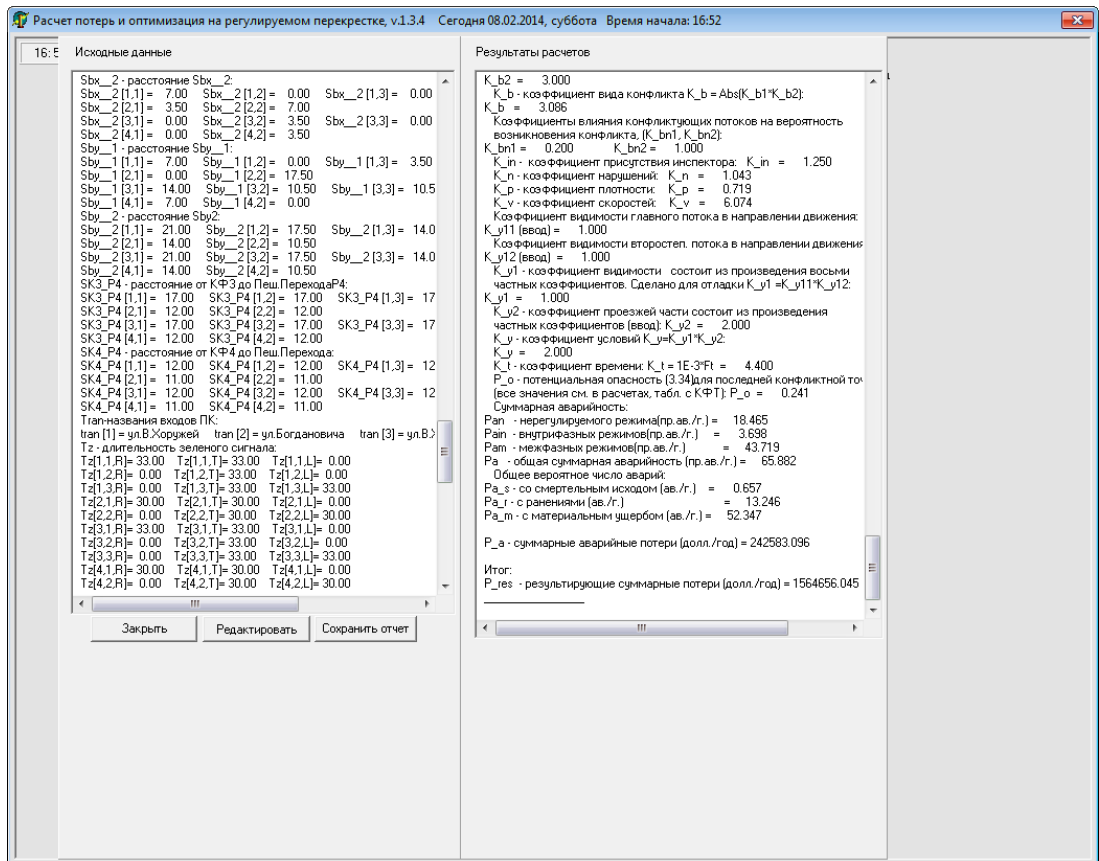


Рисунок И.33

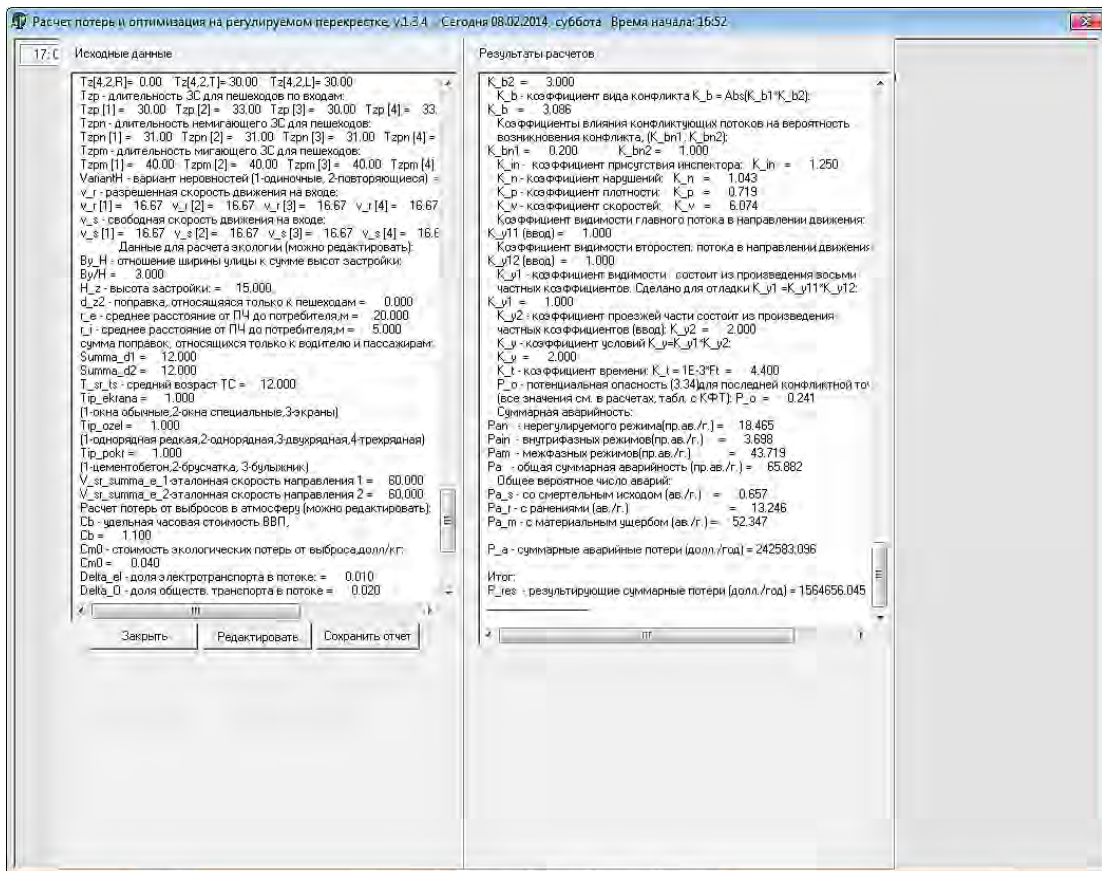


Рисунок И.34

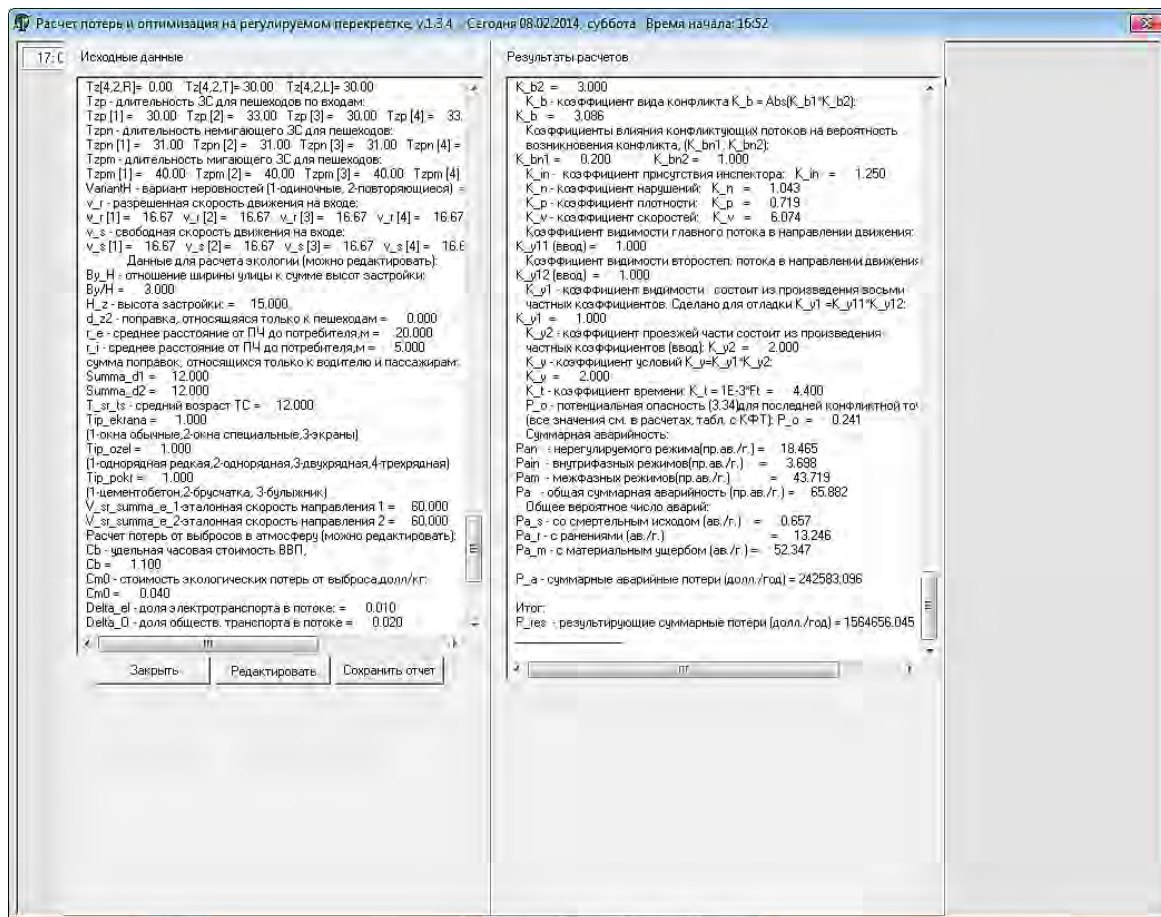


Рисунок И.35

Исходные данные в окне «Исходные данные» можно редактировать вызвав режим «Редактировать». Появляется окно подсказки, показанное на этой рисунке И.36:

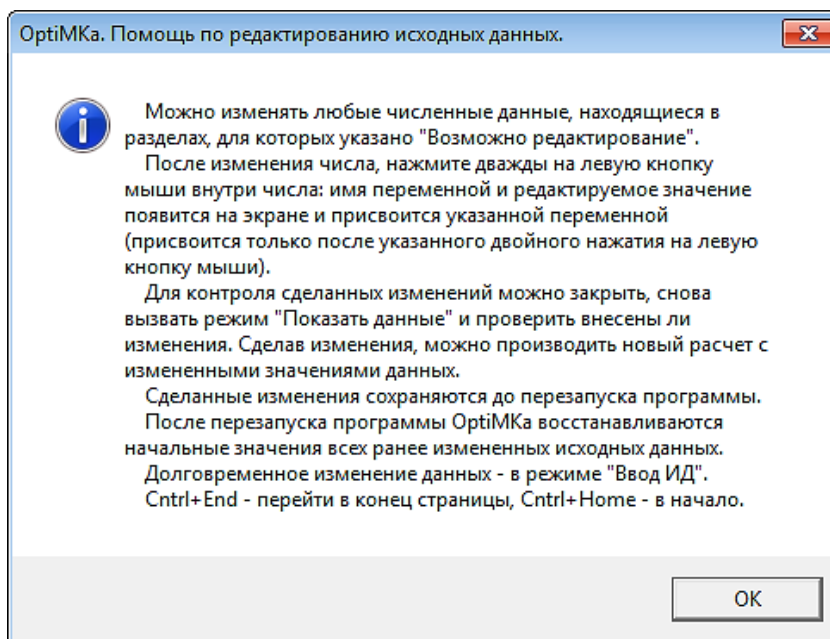


Рисунок И.36

Ниже, на рисунке И.37, и для примера показано изменение значения переменной  $Qp\_summa$  – суммарной интенсивности движения пешеходов.

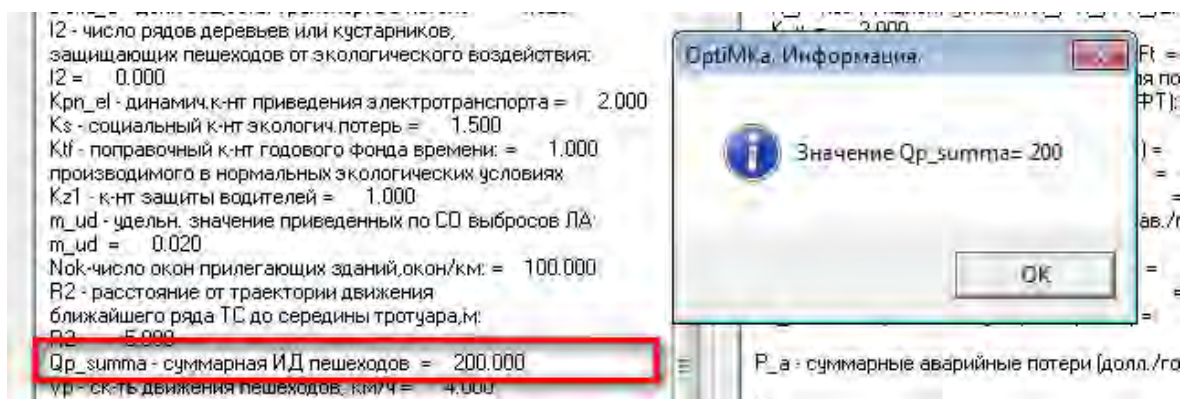


Рисунок И.37

Подтвердив изменения, нажав «ОК» и закрыв просмотр ИД кнопкой «Заккрыть» попадаем в главное окно (см. рисунок И.1).

Для получения результатов расчета нужно завершить ввод всех исходных данных и проверить их значения.

Результаты расчета изменяются после нажатия кнопок «Расчет эконом.», «Расчет эколог.», «Аварийность» или «Расчет полный» на главной панели (см. рисунок И.1). В начальный момент доступны режимы «Расчет эконом.» или «Расчет полный». Об этом говорят неподсвеченные (неактивированные) кнопки режимов «Расчет эколог.» и «Аварийность». Режимы расчета активируются последовательно. Имеются различные режимы расчета потерь на перекрестке: расчет экономических потерь, расчет экологических потерь и потерь от аварийности. Их можно вызывать отдельно (но последовательно для использования результатов расчета предыдущего режима) или выполнять автоматически поочередно в режиме «Расчет полный»

Расчет экономических потерь вызывается нажатием кнопки «Расчет эконом.». Некоторые из результатов для контроля появляются на главном окне, остальные отображаются после вызова режима «Показать данные». Вид главного окна после выполнения режима «Расчет эконом.» показан на рисунке И.38 в соответствующих окнах с поясняющими надписями появились результаты расчета для контроля. Выделен итоговый результат 531004 для  $Pt\_$  – суммарные экономические потери от задержек у.е./год. Показаны другие контрольные цифры по перекрестку. Более полная информация по результатам расчета появляется при вызове режима «Показать данные». На рисунке И.39 для сопоставления показаны результаты расчета экономики в окне результаты расчета. Выделен рассчитанный результат для  $Pt\_$  – суммарные экономические потери от задержек у.е./год: = 531004.454.

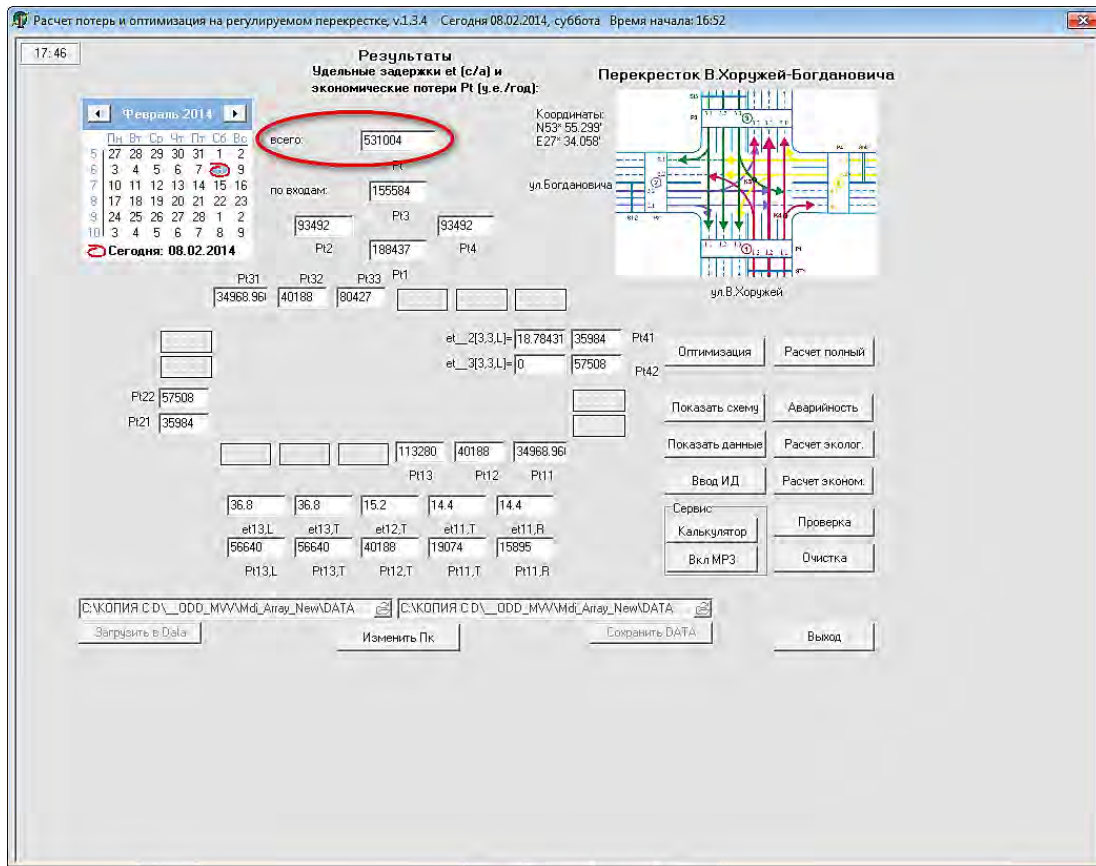


Рисунок И.38

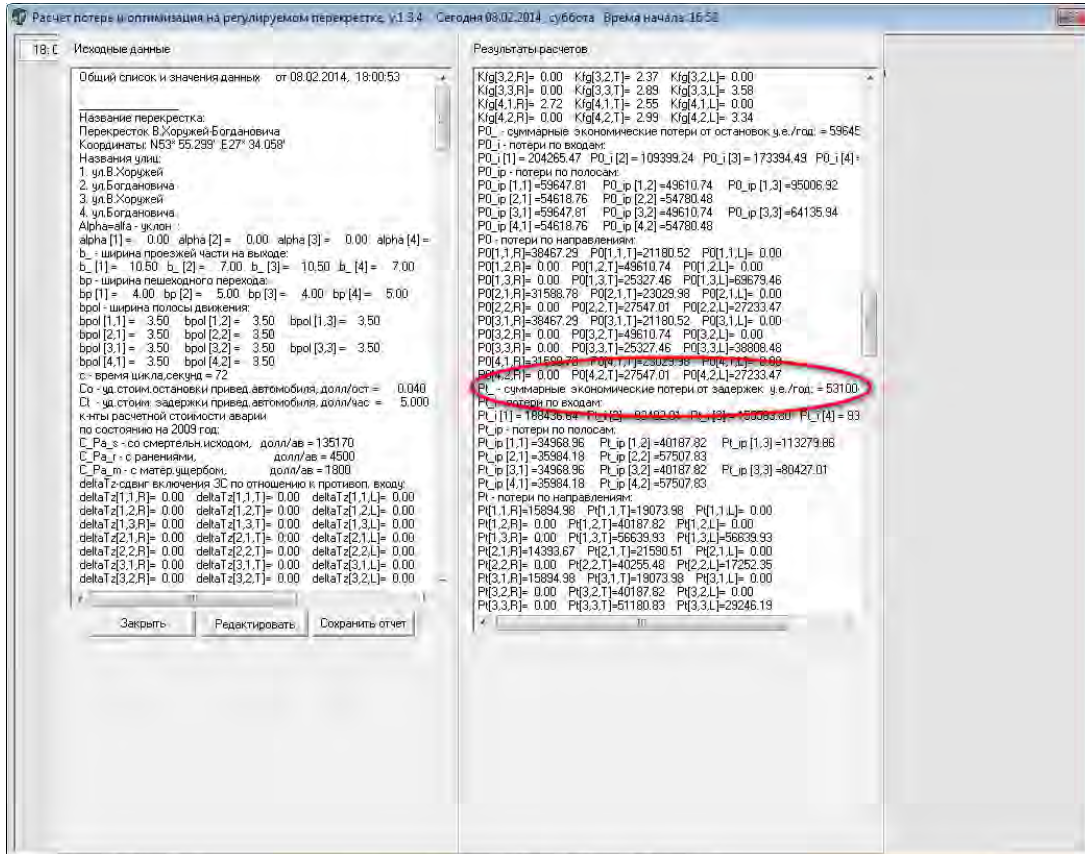


Рисунок И.39



Расчет экологических потерь вызывается нажатием кнопки «Расчет эколог.» в главном окне (рисунок И.1 или рисунок И.38).

Расчет потерь от аварийности вызывается нажатием кнопки «Аварийность».

Результаты расчета отображаются после вызова режима «Показать данные».

На рисунках И.40 – И.43 показаны различные участки окна «Результаты расчета», которые появляются при смещении кнопки лифта справа от указанного окна.

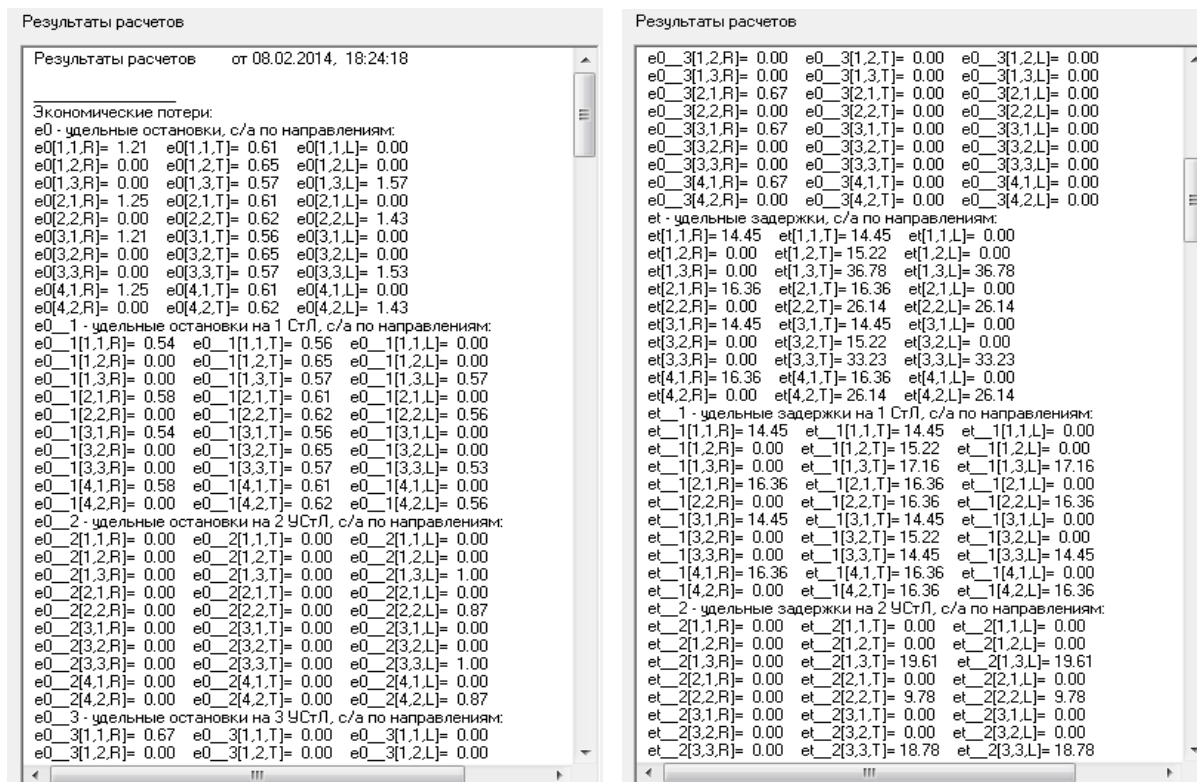


Рисунок И.40

При полном расчете в режиме «Расчет полный», а также при расчете потерь от аварийности в режиме «Аварийность» расчет сопровождается появлением графических и числовых иллюстраций выполняемых этапов расчета в соответствии с методикой, которая приведена в настоящей монографии.

Появляющиеся окна с результатами расчетов и графическим отображением показаны на рисунках И.44 – И.51.

Результаты расчетов

```

et_2[3,3,R]= 0.00 et_2[3,3,T]= 18.78 et_2[3,3,L]= 18.78
et_2[4,1,R]= 0.00 et_2[4,1,T]= 0.00 et_2[4,1,L]= 0.00
et_2[4,2,R]= 0.00 et_2[4,2,T]= 9.78 et_2[4,2,L]= 9.78
et_3 - удельные задержки на 3УСтЛ, с/а по направлениям:
et_3[1,1,R]= 0.00 et_3[1,1,T]= 0.00 et_3[1,1,L]= 0.00
et_3[1,2,R]= 0.00 et_3[1,2,T]= 0.00 et_3[1,2,L]= 0.00
et_3[1,3,R]= 0.00 et_3[1,3,T]= 0.00 et_3[1,3,L]= 0.00
et_3[2,1,R]= 0.00 et_3[2,1,T]= 0.00 et_3[2,1,L]= 0.00
et_3[2,2,R]= 0.00 et_3[2,2,T]= 0.00 et_3[2,2,L]= 0.00
et_3[3,1,R]= 0.00 et_3[3,1,T]= 0.00 et_3[3,1,L]= 0.00
et_3[3,2,R]= 0.00 et_3[3,2,T]= 0.00 et_3[3,2,L]= 0.00
et_3[3,3,R]= 0.00 et_3[3,3,T]= 0.00 et_3[3,3,L]= 0.00
et_3[4,1,R]= 0.00 et_3[4,1,T]= 0.00 et_3[4,1,L]= 0.00
et_3[4,2,R]= 0.00 et_3[4,2,T]= 0.00 et_3[4,2,L]= 0.00
Lambda - доля ЗС в цикле:
Lamb[1,1,R]= 0.46 Lamb[1,1,T]= 0.46 Lamb[1,1,L]= 0.00
Lamb[1,2,R]= 0.00 Lamb[1,2,T]= 0.46 Lamb[1,2,L]= 0.00
Lamb[1,3,R]= 0.00 Lamb[1,3,T]= 0.46 Lamb[1,3,L]= 0.46
Lamb[2,1,R]= 0.42 Lamb[2,1,T]= 0.42 Lamb[2,1,L]= 0.00
Lamb[2,2,R]= 0.00 Lamb[2,2,T]= 0.42 Lamb[2,2,L]= 0.42
Lamb[3,1,R]= 0.46 Lamb[3,1,T]= 0.46 Lamb[3,1,L]= 0.00
Lamb[3,2,R]= 0.00 Lamb[3,2,T]= 0.46 Lamb[3,2,L]= 0.00
Lamb[3,3,R]= 0.00 Lamb[3,3,T]= 0.46 Lamb[3,3,L]= 0.46
Lamb[4,1,R]= 0.42 Lamb[4,1,T]= 0.42 Lamb[4,1,L]= 0.00
Lamb[4,2,R]= 0.00 Lamb[4,2,T]= 0.42 Lamb[4,2,L]= 0.42
Lambda_ = 0.417
I_v - к-нт вариации скорости:
I_v[1,1,R]= 1.24 I_v[1,1,T]= 1.23 I_v[1,1,L]= 0.00
I_v[1,2,R]= 0.00 I_v[1,2,T]= 1.25 I_v[1,2,L]= 0.00
I_v[1,3,R]= 0.00 I_v[1,3,T]= 1.31 I_v[1,3,L]= 1.73
I_v[2,1,R]= 1.29 I_v[2,1,T]= 1.28 I_v[2,1,L]= 0.00
I_v[2,2,R]= 0.00 I_v[2,2,T]= 1.26 I_v[2,2,L]= 1.50
I_v[3,1,R]= 1.24 I_v[3,1,T]= 1.23 I_v[3,1,L]= 0.00
I_v[3,2,R]= 0.00 I_v[3,2,T]= 1.25 I_v[3,2,L]= 0.00
I_v[3,3,R]= 0.00 I_v[3,3,T]= 1.23 I_v[3,3,L]= 1.65
I_v[4,1,R]= 1.29 I_v[4,1,T]= 1.28 I_v[4,1,L]= 0.00
I_v[4,2,R]= 0.00 I_v[4,2,T]= 1.26 I_v[4,2,L]= 1.50
Kfg - к-нт изменения расхода топлива:
Kfg[1,1,R]= 2.64 Kfg[1,1,T]= 2.48 Kfg[1,1,L]= 0.00
Kfg[1,2,R]= 0.00 Kfg[1,2,T]= 2.37 Kfg[1,2,L]= 0.00

```

Результаты расчетов

```

Kfg[1,2,R]= 0.00 Kfg[1,2,T]= 2.37 Kfg[1,2,L]= 0.00
Kfg[1,3,R]= 0.00 Kfg[1,3,T]= 3.01 Kfg[1,3,L]= 3.70
Kfg[2,1,R]= 2.72 Kfg[2,1,T]= 2.55 Kfg[2,1,L]= 0.00
Kfg[2,2,R]= 0.00 Kfg[2,2,T]= 2.99 Kfg[2,2,L]= 3.34
Kfg[3,1,R]= 2.64 Kfg[3,1,T]= 2.48 Kfg[3,1,L]= 0.00
Kfg[3,2,R]= 0.00 Kfg[3,2,T]= 2.37 Kfg[3,2,L]= 0.00
Kfg[3,3,R]= 0.00 Kfg[3,3,T]= 2.89 Kfg[3,3,L]= 3.58
Kfg[4,1,R]= 2.72 Kfg[4,1,T]= 2.55 Kfg[4,1,L]= 0.00
Kfg[4,2,R]= 0.00 Kfg[4,2,T]= 2.99 Kfg[4,2,L]= 3.34
P0_ - суммарные экономические потери от остановок у.е./год: = 5964
P0_i - потери по входам:
P0_i[1]= 204265.47 P0_i[2]= 109399.24 P0_i[3]= 173394.49 P0_i[4]
P0_ip - потери по полосам:
P0_ip[1,1]= 59647.81 P0_ip[1,2]= 49610.74 P0_ip[1,3]= 95006.92
P0_ip[2,1]= 54618.76 P0_ip[2,2]= 54780.48
P0_ip[3,1]= 59647.81 P0_ip[3,2]= 49610.74 P0_ip[3,3]= 64135.94
P0_ip[4,1]= 54618.76 P0_ip[4,2]= 54780.48
P0 - потери по направлениям:
P0[1,1,R]= 38467.29 P0[1,1,T]= 21180.52 P0[1,1,L]= 0.00
P0[1,2,R]= 0.00 P0[1,2,T]= 49610.74 P0[1,2,L]= 0.00
P0[1,3,R]= 0.00 P0[1,3,T]= 25327.46 P0[1,3,L]= 69679.46
P0[2,1,R]= 31588.78 P0[2,1,T]= 23029.98 P0[2,1,L]= 0.00
P0[2,2,R]= 0.00 P0[2,2,T]= 27547.01 P0[2,2,L]= 27233.47
P0[3,1,R]= 38467.29 P0[3,1,T]= 21180.52 P0[3,1,L]= 0.00
P0[3,2,R]= 0.00 P0[3,2,T]= 49610.74 P0[3,2,L]= 0.00
P0[3,3,R]= 0.00 P0[3,3,T]= 25327.46 P0[3,3,L]= 38808.48
P0[4,1,R]= 31588.78 P0[4,1,T]= 23029.98 P0[4,1,L]= 0.00
P0[4,2,R]= 0.00 P0[4,2,T]= 27547.01 P0[4,2,L]= 27233.47
Pt_ - суммарные экономические потери от задержек у.е./год: = 53100
Pt_i - потери по входам:
Pt_i[1]= 188436.64 Pt_i[2]= 93492.01 Pt_i[3]= 155583.80 Pt_i[4]= 9
Pt_ip - потери по полосам:
Pt_ip[1,1]= 34968.96 Pt_ip[1,2]= 40187.82 Pt_ip[1,3]= 113279.86
Pt_ip[2,1]= 35984.18 Pt_ip[2,2]= 57507.83
Pt_ip[3,1]= 34968.96 Pt_ip[3,2]= 40187.82 Pt_ip[3,3]= 80427.01
Pt_ip[4,1]= 35984.18 Pt_ip[4,2]= 57507.83
Pt - потери по направлениям:
Pt[1,1,R]= 15894.98 Pt[1,1,T]= 19073.98 Pt[1,1,L]= 0.00
Pt[1,2,R]= 0.00 Pt[1,2,T]= 40187.82 Pt[1,2,L]= 0.00
Pt[1,3,R]= 0.00 Pt[1,3,T]= 56639.93 Pt[1,3,L]= 56639.93

```

Рисунок И.41

Результаты расчетов

```

P[1,3,R]= 0.00 P[1,3,T]= 56639.93 P[1,3,L]= 56639.93
P[2,1,R]= 14393.67 P[2,1,T]= 21590.51 P[2,1,L]= 0.00
P[2,2,R]= 0.00 P[2,2,T]= 40255.48 P[2,2,L]= 17252.35
P[3,1,R]= 15894.98 P[3,1,T]= 19073.98 P[3,1,L]= 0.00
P[3,2,R]= 0.00 P[3,2,T]= 40187.82 P[3,2,L]= 0.00
P[3,3,R]= 0.00 P[3,3,T]= 51180.83 P[3,3,L]= 29246.19
P[4,1,R]= 14393.67 P[4,1,T]= 21590.51 P[4,1,L]= 0.00
P[4,2,R]= 0.00 P[4,2,T]= 40255.48 P[4,2,L]= 17252.35
qn - поток насыщения для нелинейного значения:
qn[1,1,R]= 0.50 qn[1,1,T]= 0.50 qn[1,1,L]= 0.00
qn[1,2,R]= 0.00 qn[1,2,T]= 0.50 qn[1,2,L]= 0.00
qn[1,3,R]= 0.00 qn[1,3,T]= 0.50 qn[1,3,L]= 0.50
qn[2,1,R]= 0.50 qn[2,1,T]= 0.50 qn[2,1,L]= 0.00
qn[2,2,R]= 0.00 qn[2,2,T]= 0.50 qn[2,2,L]= 0.50
qn[3,1,R]= 0.50 qn[3,1,T]= 0.50 qn[3,1,L]= 0.00
qn[3,2,R]= 0.00 qn[3,2,T]= 0.50 qn[3,2,L]= 0.00
qn[3,3,R]= 0.00 qn[3,3,T]= 0.50 qn[3,3,L]= 0.50
qn[4,1,R]= 0.50 qn[4,1,T]= 0.50 qn[4,1,L]= 0.00
qn[4,2,R]= 0.00 qn[4,2,T]= 0.50 qn[4,2,L]= 0.50
S - путь от начала торможения до выезда по скорости:
S[1,1,R]= 142.77 S[1,1,T]= 153.27 S[1,1,L]= 0.00
S[1,2,R]= 0.00 S[1,2,T]= 153.20 S[1,2,L]= 0.00
S[1,3,R]= 0.00 S[1,3,T]= 153.26 S[1,3,L]= 156.78
S[2,1,R]= 143.26 S[2,1,T]= 153.27 S[2,1,L]= 0.00
S[2,2,R]= 0.00 S[2,2,T]= 153.26 S[2,2,L]= 156.32
S[3,1,R]= 142.77 S[3,1,T]= 153.27 S[3,1,L]= 0.00
S[3,2,R]= 0.00 S[3,2,T]= 153.20 S[3,2,L]= 0.00
S[3,3,R]= 0.00 S[3,3,T]= 153.26 S[3,3,L]= 156.78
S[4,1,R]= 143.26 S[4,1,T]= 153.27 S[4,1,L]= 0.00
S[4,2,R]= 0.00 S[4,2,T]= 153.26 S[4,2,L]= 156.32
trx_i - среднее время перекрытия пешеходных потоков на входе i:
trx_i[1]= 6.61 trx_i[2]= 7.41 trx_i[3]= 0.74 trx_i[4]= 8.73
v_sr - средняя скорость указанного потока:
v_sr[1,1,R]= 4.09 v_sr[1,1,T]= 4.39 v_sr[1,1,L]= 0.00
v_sr[1,2,R]= 0.00 v_sr[1,2,T]= 4.93 v_sr[1,2,L]= 0.00
v_sr[1,3,R]= 0.00 v_sr[1,3,T]= 4.08 v_sr[1,3,L]= 2.71
v_sr[2,1,R]= 3.85 v_sr[2,1,T]= 4.16 v_sr[2,1,L]= 0.00
v_sr[2,2,R]= 0.00 v_sr[2,2,T]= 4.12 v_sr[2,2,L]= 3.31
v_sr[3,1,R]= 4.09 v_sr[3,1,T]= 4.39 v_sr[3,1,L]= 0.00
v_sr[3,2,R]= 0.00 v_sr[3,2,T]= 4.93 v_sr[3,2,L]= 0.00

```

Результаты расчетов

```

v_sr[4,2,R]= 0.00 v_sr[4,2,T]= 4.12 v_sr[4,2,L]= 3.31
x - к-нт загрузки полосы движением при расчете по полосам:
x[1,1]= 0.51 x[1,2]= 0.56 x[1,3]= 0.65
x[2,1]= 0.52 x[2,2]= 0.52
x[3,1]= 0.51 x[3,2]= 0.56 x[3,3]= 0.51
x[4,1]= 0.52 x[4,2]= 0.52
x_ - к-нт загрузки (x_ = q_ip / (qn_ip * Lambda_)) = 0.515
Экология:
Cm1: if M1 <= 7 then Cm1 := 0 else Cm1 := 0.02 * Cb * Sqrt(M1 - 7) = 0.304
Ht - коэффициент возраста ТС = 0.480
S_sr_1 - средняя длина исследуемого участка_1 = 151.857
S_sr_2 - средняя длина исследуемого участка_2 = 151.526
q_summa_1 - интенсивность_1 = 0.710
q_summa_2 - интенсивность_2 = 0.400
Kpn_summa_1 - к-нт приведения дин._1 = 1.000
Kpn_summa_2 - к-нт приведения дин._2 = 1.000
lv_summa_1 - вариация скорости по направл._1 = 1.293
lv_summa_2 - вариация скорости по направл._2 = 1.303
Kfg_summa_1 - к-нт изменения расхода топлива_1 = 2.670
Kfg_summa_2 - к-нт изменения расхода топлива_2 = 2.843
Kz2 = exp(-0.04 * (R2 + 5 * I2)) = 0.819
M0 - удельный объем произведенных выбросов, кг/км^3 = 197.428
M1 = M0 * Kz1 = 197.428
N1 - удельное (на 1 км) число водителей и пассажиров, чел./км. = 117.1
(N1 = (38 * Delta_0 + 2) * q_summa_1 * 1000 / v_sr_summa_1)
N2 - удельное (на 1 км) число пешеходов, чел./км. = 37.500
(N2 = Qp_summa / Vp)
N3 - удельное (на 1 км) число жителей, чел./км. = 85.000
(N3 = 3 * Nok; // для детских учреждений)
(N3 = 0.85 * Nok)
Q_gas - расчетная интенсивность движения, авт./ч = 1411.200
v_sr_summa_1 - ср. скорость по направл._1 = 4.249
v_sr_summa_2 - ср. скорость по направл._2 = 3.959
P_me_1 - годовые нормат. потери1 в эталонных условиях = 27211.087
P_me_2 - годовые нормат. потери2 в эталонных условиях = 18164.636
P_mi_1 - годовые нормат. потери1 в исследуемых условиях = 237860.569
P_mi_2 - годовые нормат. потери2 в исследуемых условиях = 174848.534
P_m - суммарные годовые экологич. потери, долл/год = 367333.380

```

Рисунок И.42

Результаты расчетов

Потери от шума:  
 $P_{le\_1}$  - годовые нормат. потери1 в эталонных условиях = 146222.658  
 $P_{le\_2}$  - годовые потери2 от шума в эталонных условиях = 139994.480  
 $P_{l\_1}$  - годовые нормат. потери1 в исследуемых условиях = 59182.550  
 $P_{l\_2}$  - годовые нормат. потери2 в исследуемых условиях = 54311.266  
 $P_{l\_суммарные}$  годовые потери от шума, долл./год = -172723.321

Аварийность.  
 Угол между траекториями движения конфликтующих автомобилей,  
 (все данные ниже для последней пары из рассчитанных), (рад):  
 $\alpha = 0.017$   
 ИД главного конфликтующего потока (регулируемый режим), (а/с):  
 $q_1 = q[4, 2, 3] / \lambda_{ip}[4, 2] = 0.077$   
 ИД второстепенного конфликтующего потока, (а/с):  
 $q_2 = q[4, 2, 2] = 0.074$   
 $P_{op}$  - начальная вероятность конфликта:  
 $P_{op} = q_1 * q_2 = 0.006$   
 Скорости движения конфликтующих автомобилей, (м/с):  
 $v_1 = v_{st}[4, 2, 3] = 3.308$   
 $v_2 = v_{st}[4, 2, 2] = 4.123$   
 Средняя длина конфликтующих автомобилей, (м):  
 $L_1 = 5.000$   $L_2 = 5.000$   
 Средняя ширина конфликтующих автомобилей, (м):  
 $b_1 = 1.800$   $b_2 = 1.800$   
 $K_{b1}$  - коэффициент габаритов:  $K_{b1} = 1.029$   
 $K_{b2}$  - коэффициент уклончивых действий (на основе табл. 3.7):  
 $K_{b2} = 3.000$   
 $K_b$  - коэффициент вида конфликта  $K_b = Abs(K_{b1} * K_{b2})$ :  
 $K_b = 3.086$   
 Коэффициенты влияния конфликтующих потоков на вероятность  
 возникновения конфликта, ( $K_{bn1}, K_{bn2}$ ):  
 $K_{bn1} = 0.200$   $K_{bn2} = 1.000$   
 $K_{in}$  - коэффициент присутствия инспектора:  $K_{in} = 1.250$   
 $K_n$  - коэффициент нарушений:  $K_n = 1.043$   
 $K_p$  - коэффициент плотности:  $K_p = 0.719$   
 $K_v$  - коэффициент скоростей:  $K_v = 6.074$   
 Коэффициент видимости главного потока в направлении движения:  
 $K_{y11}$  (ввод) = 1.000  
 Коэффициент видимости второстеп. потока в направлении движения:  
 $K_{y12}$  (ввод) = 1.000

Результаты расчетов

$K_{b2} = 3.000$   
 $K_b$  - коэффициент вида конфликта  $K_b = Abs(K_{b1} * K_{b2})$ :  
 $K_b = 3.086$   
 Коэффициенты влияния конфликтующих потоков на вероятность  
 возникновения конфликта, ( $K_{bn1}, K_{bn2}$ ):  
 $K_{bn1} = 0.200$   $K_{bn2} = 1.000$   
 $K_{in}$  - коэффициент присутствия инспектора:  $K_{in} = 1.250$   
 $K_n$  - коэффициент нарушений:  $K_n = 1.043$   
 $K_p$  - коэффициент плотности:  $K_p = 0.719$   
 $K_v$  - коэффициент скоростей:  $K_v = 6.074$   
 Коэффициент видимости главного потока в направлении движения:  
 $K_{y11}$  (ввод) = 1.000  
 Коэффициент видимости второстеп. потока в направлении движения:  
 $K_{y12}$  (ввод) = 1.000  
 $K_{y1}$  - коэффициент видимости состоит из произведения восьми  
 частных коэффициентов. Сделано для отладки  $K_{y1} = K_{y11} * K_{y12}$ :  
 $K_{y1} = 1.000$   
 $K_{y2}$  - коэффициент проезжей части состоит из произведения  
 частных коэффициентов (ввод):  $K_{y2} = 2.000$   
 $K_y$  - коэффициент условий  $K_y = K_{y1} * K_{y2}$ :  
 $K_y = 2.000$   
 $K_t$  - коэффициент времени:  $K_t = 1E-3 * Ft = 4.400$   
 $P_o$  - потенциальная опасность (3.34) для последней конфликтной топ  
 (все значения см. в расчетах, табл. с КФТ):  $P_o = 0.241$   
 Суммарная аварийность:  
 $P_{an}$  - нерегулируемого режима (пр. ав./г.) = 18.465  
 $P_{ain}$  - внутрифазных режимов (пр. ав./г.) = 3.698  
 $P_{am}$  - межфазных режимов (пр. ав./г.) = 43.719  
 $P_a$  - общая суммарная аварийность (пр. ав./г.) = 65.882  
 Общее вероятное число аварий:  
 $P_{a_s}$  - со смертельным исходом (ав./г.) = 0.657  
 $P_{a_r}$  - с ранениями (ав./г.) = 13.246  
 $P_{a_m}$  - с материальным ущербом (ав./г.) = 52.347  
 $P_a$  - суммарные аварийные потери (долл./год) = 242583.096

Итого:  
 $P_{res}$  - результирующие суммарные потери (долл./год) = 1564656.045

Рисунок И.43

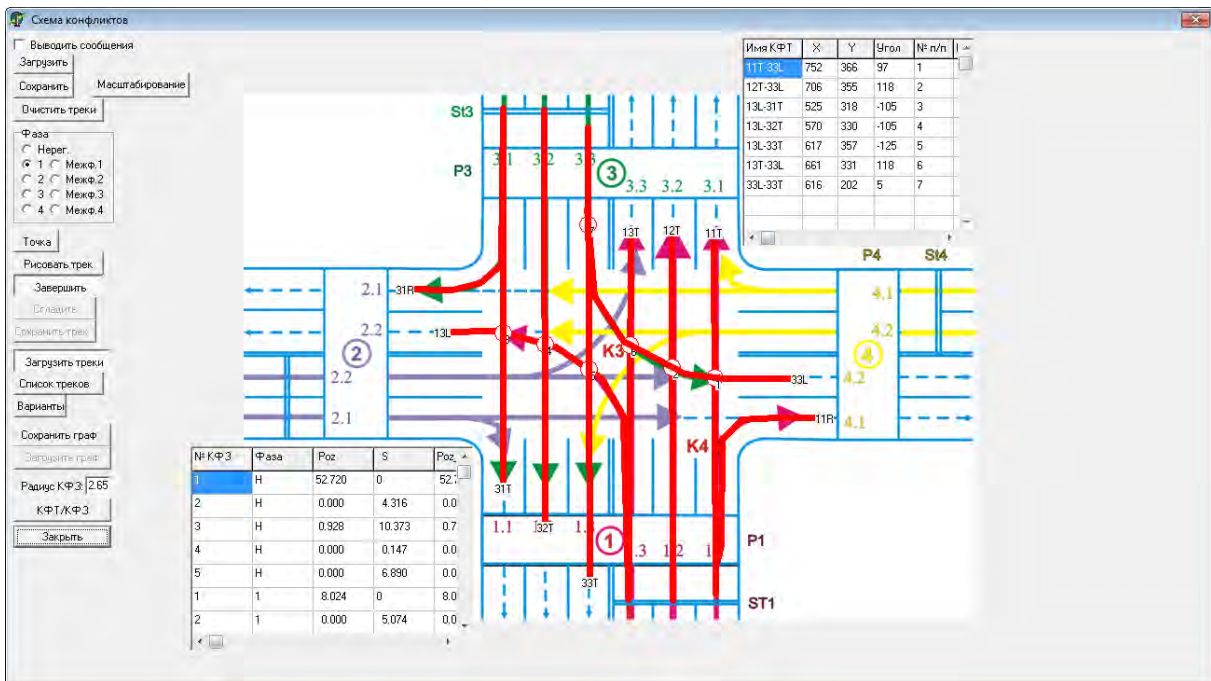


Рисунок И.44

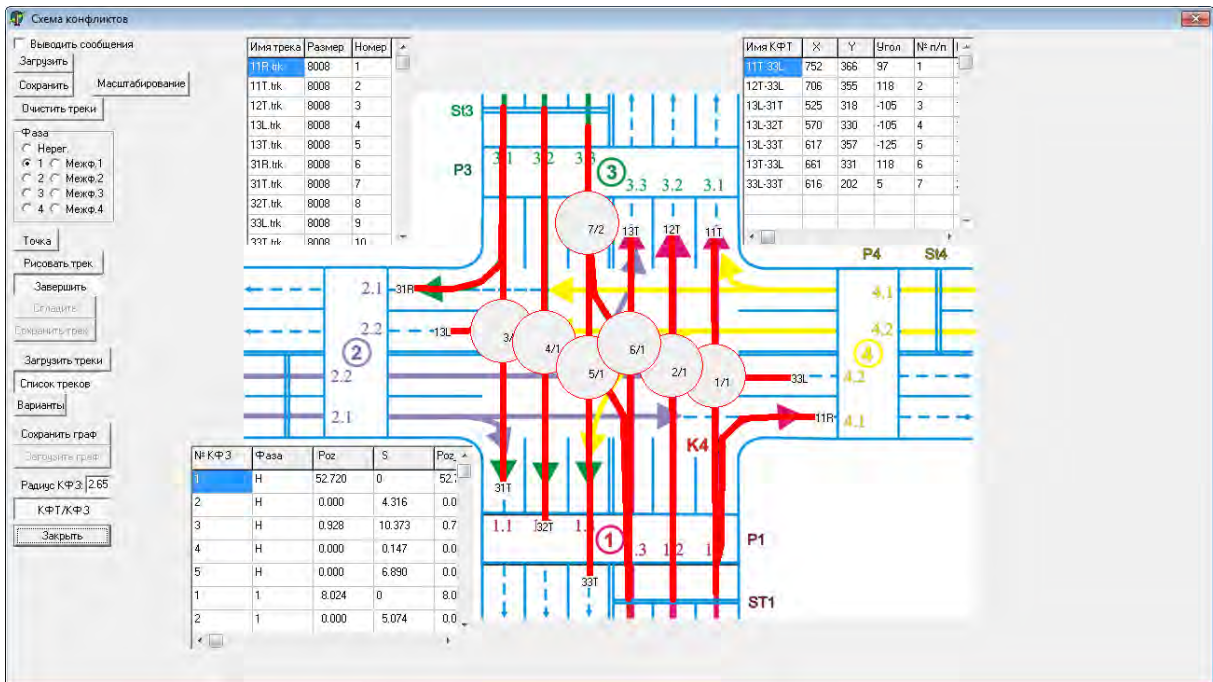


Рисунок И.45

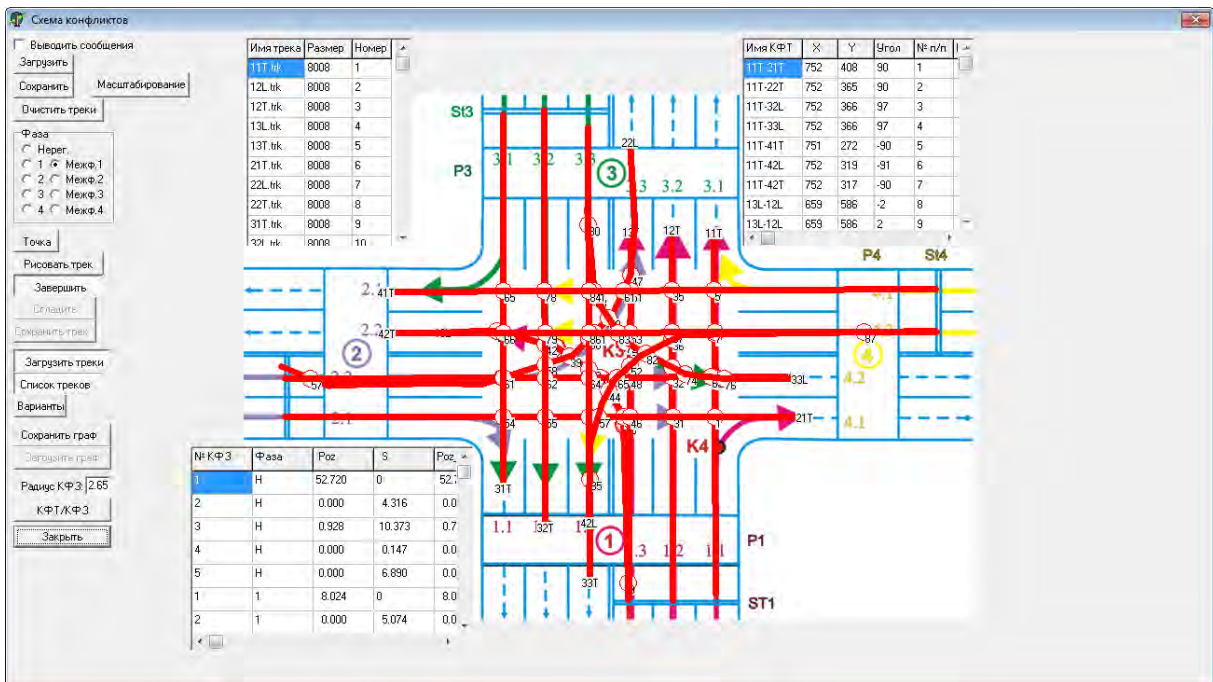


Рисунок И.46

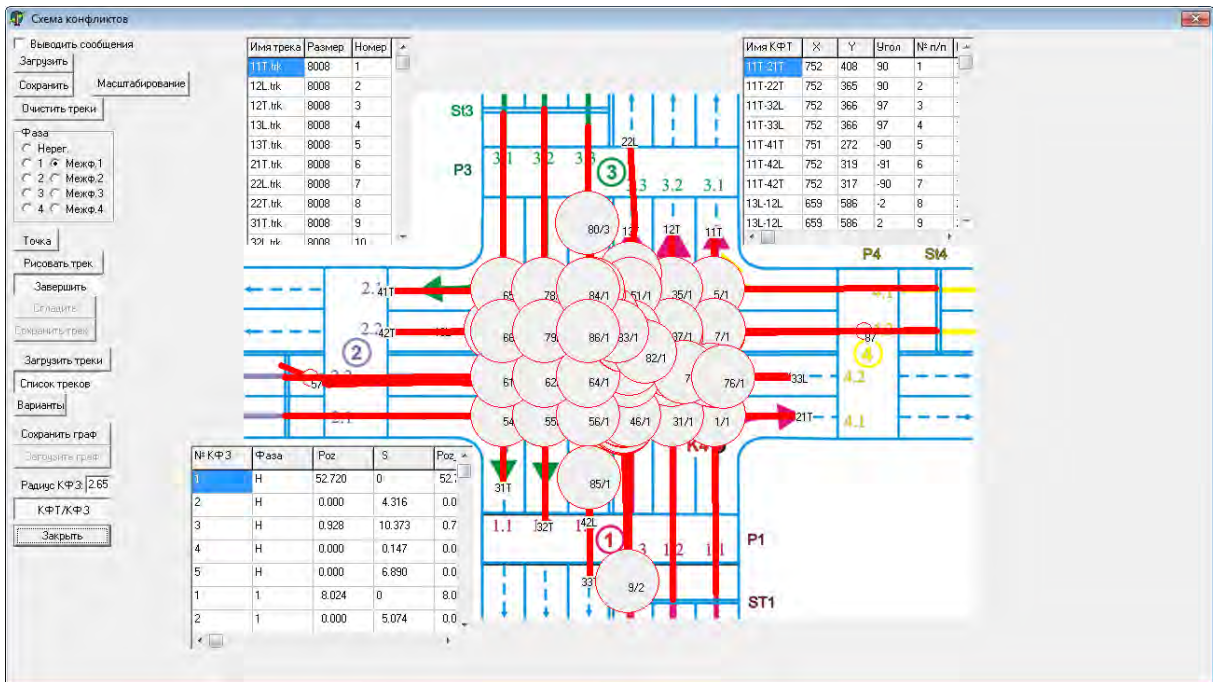


Рисунок И.47

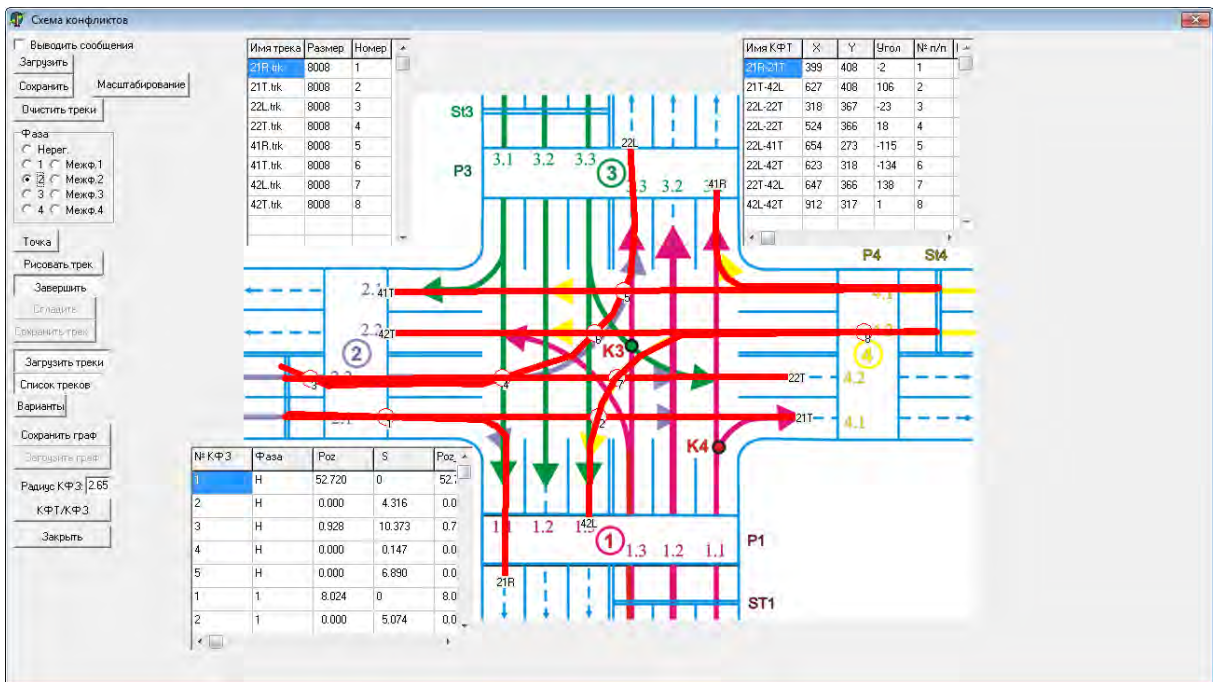


Рисунок И.48

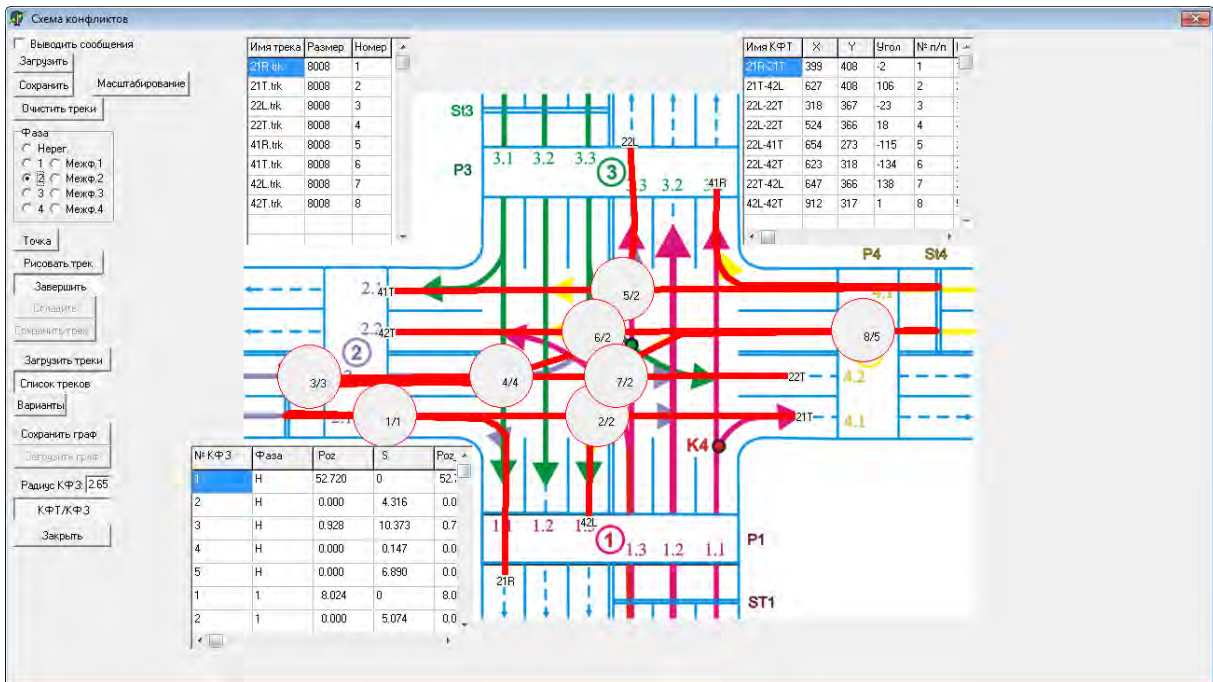


Рисунок И.49

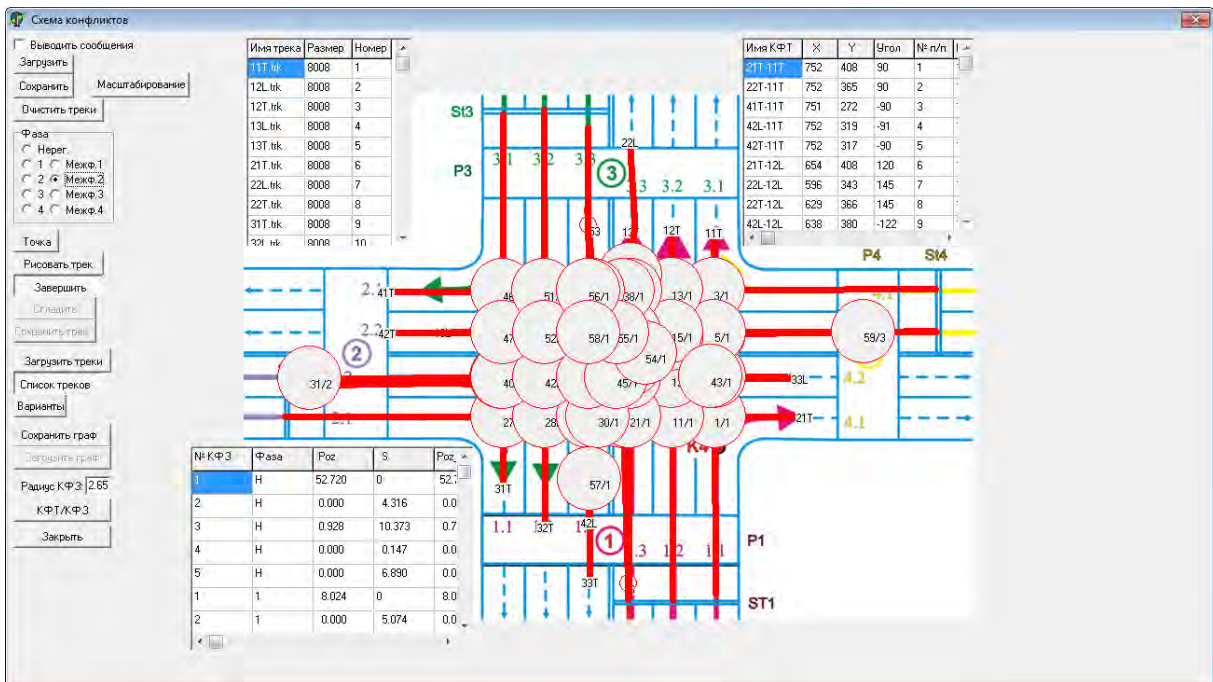


Рисунок И.50

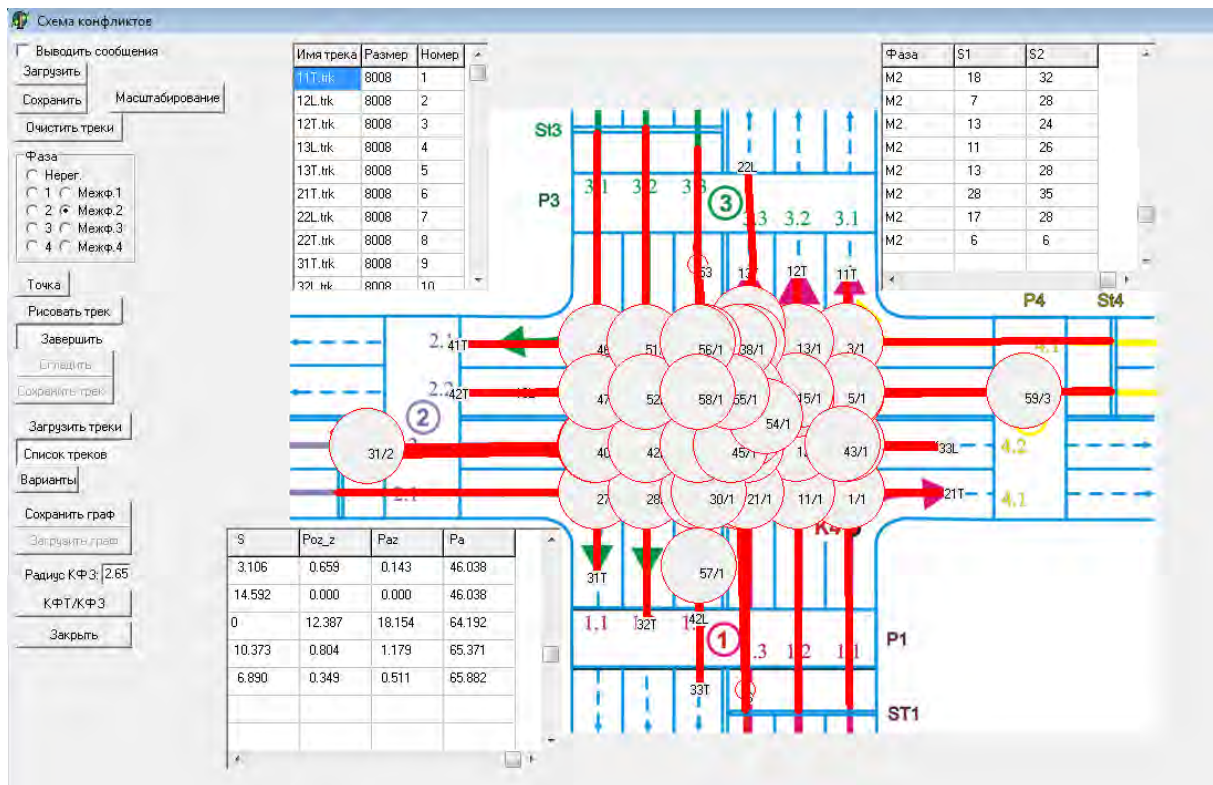


Рисунок И.51

Изменяя значения каких-либо параметров перекрестка из списка исходных данных можно анализировать влияние этих изменений на экономические показатели. На рисунках И.52–И.70 показаны результаты исследования зависимостей от различных входных параметров для 4-стороннего перекрестка. Такие исследования использовались для отладки программной модели расчета и анализа функциональных зависимостей для выбора рациональных диапазонов изменения.

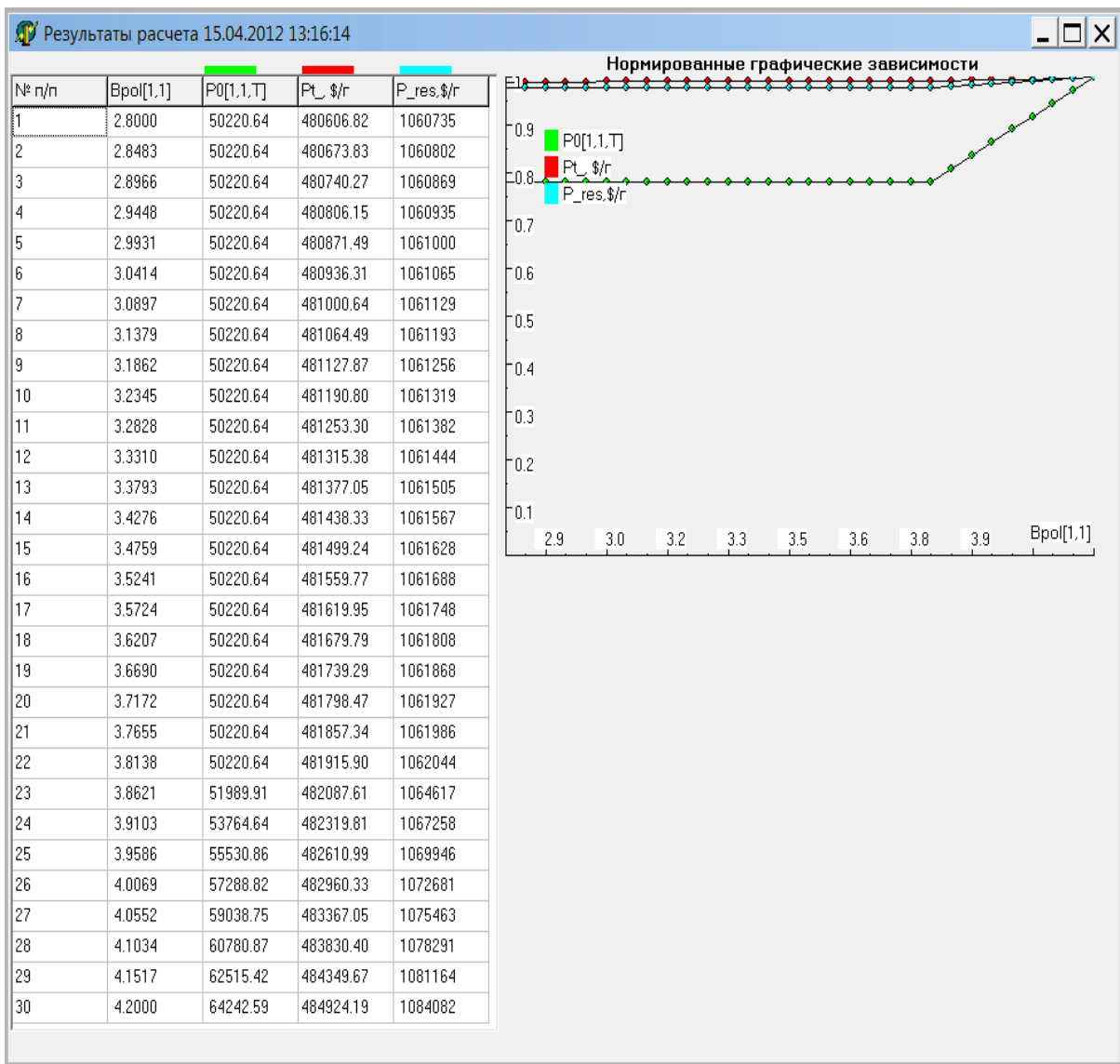


Рисунок И.52



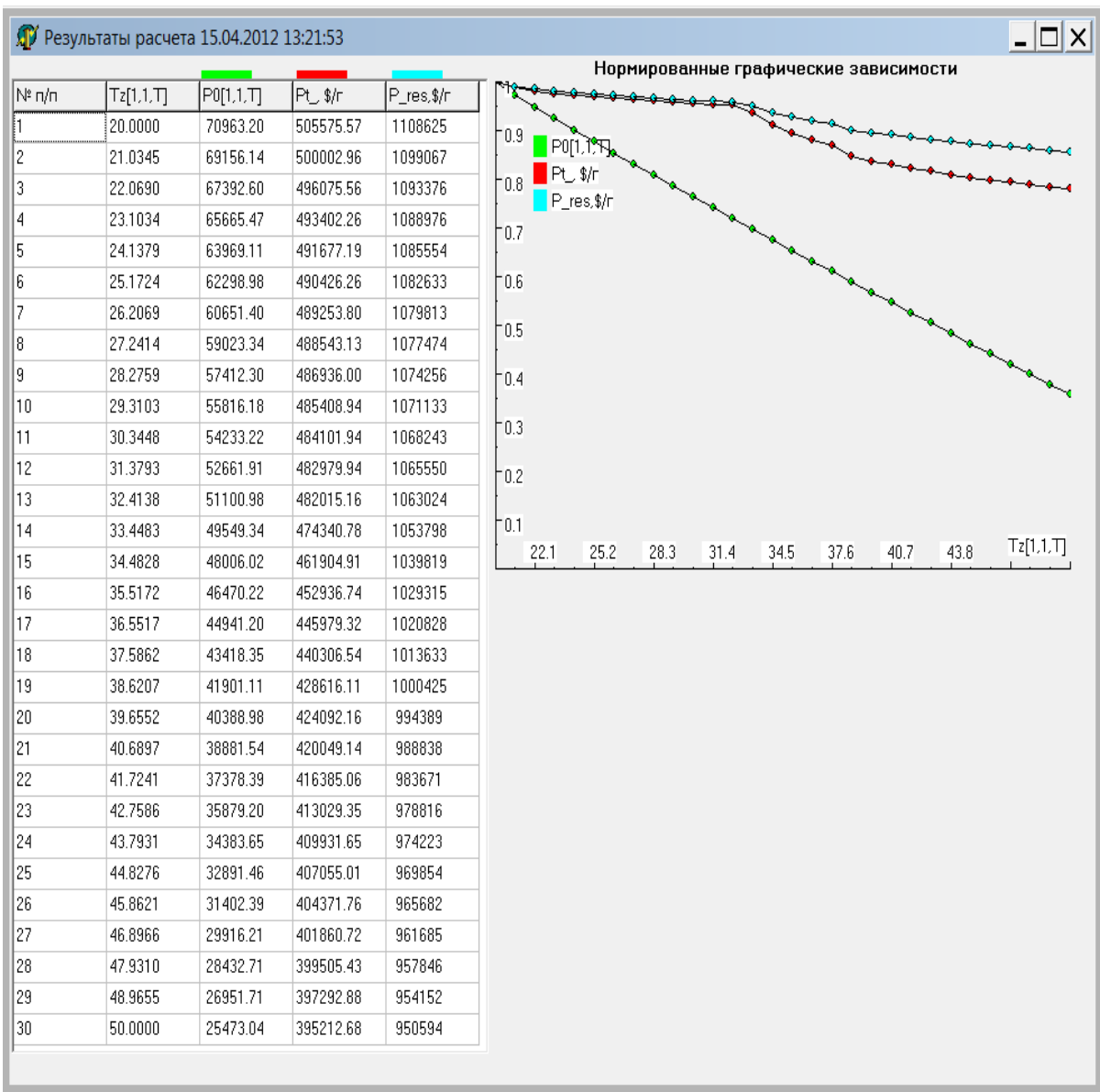


Рисунок И.53

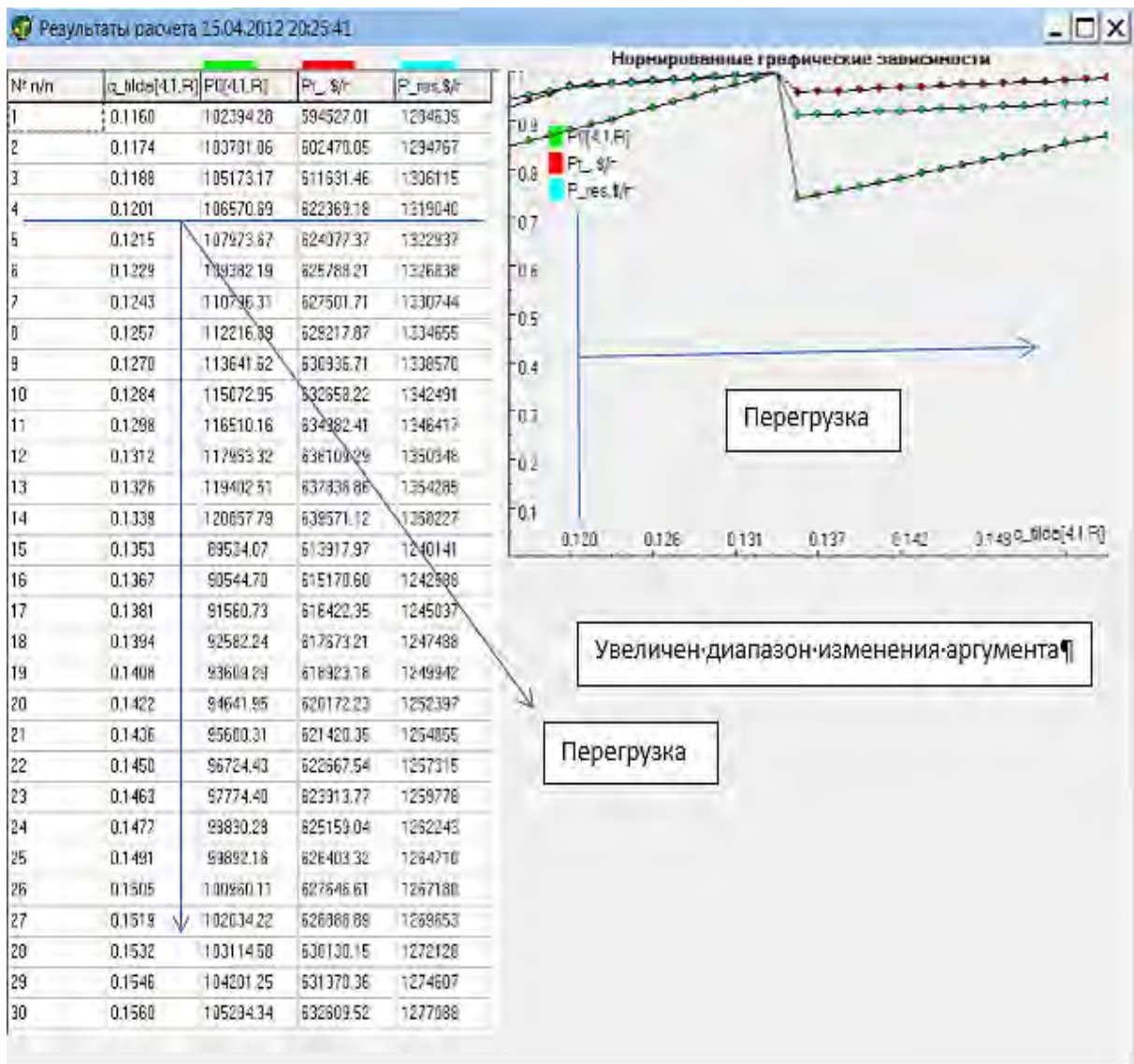


Рисунок И.54

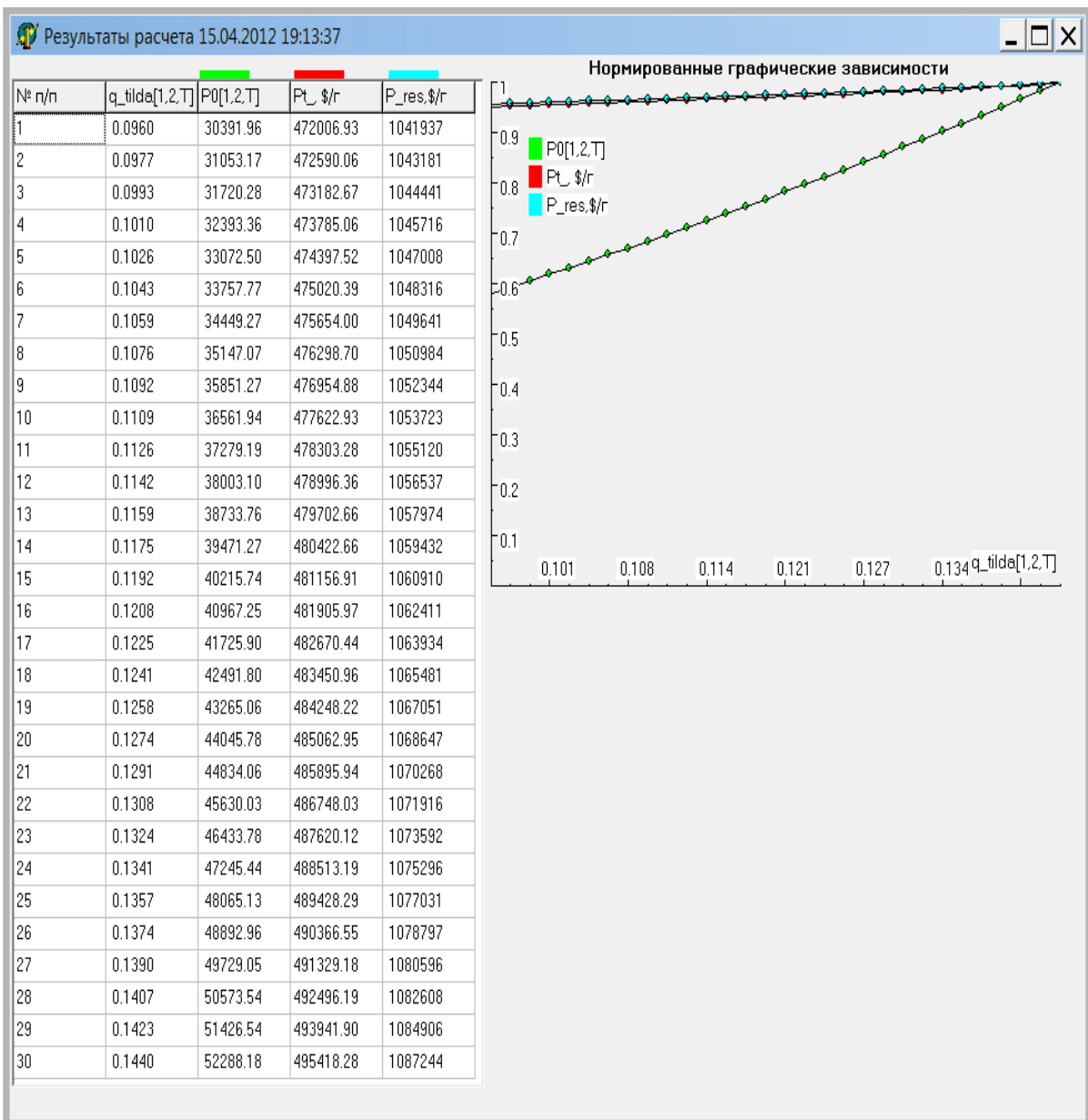


Рисунок И.55

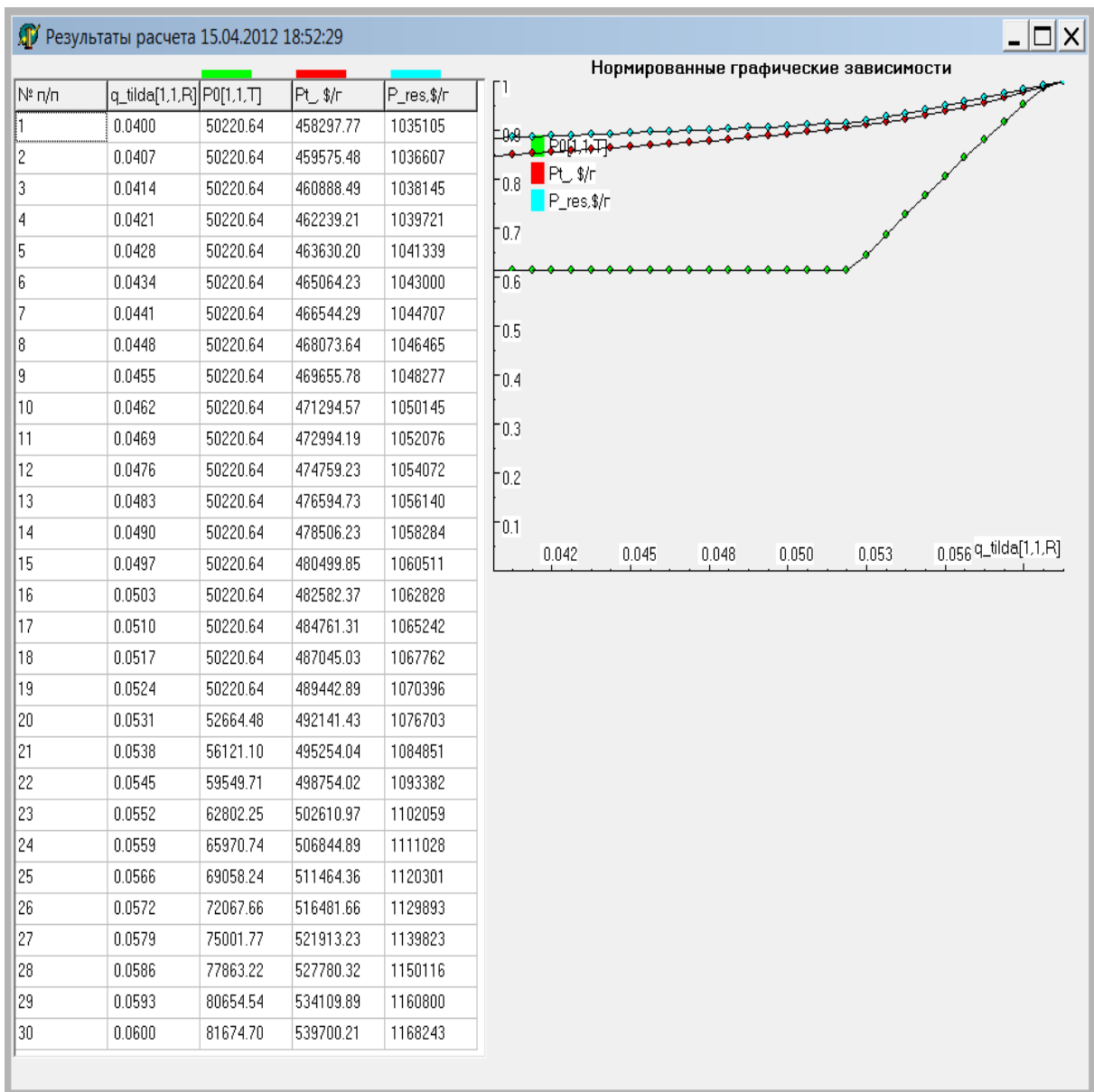


Рисунок И.56

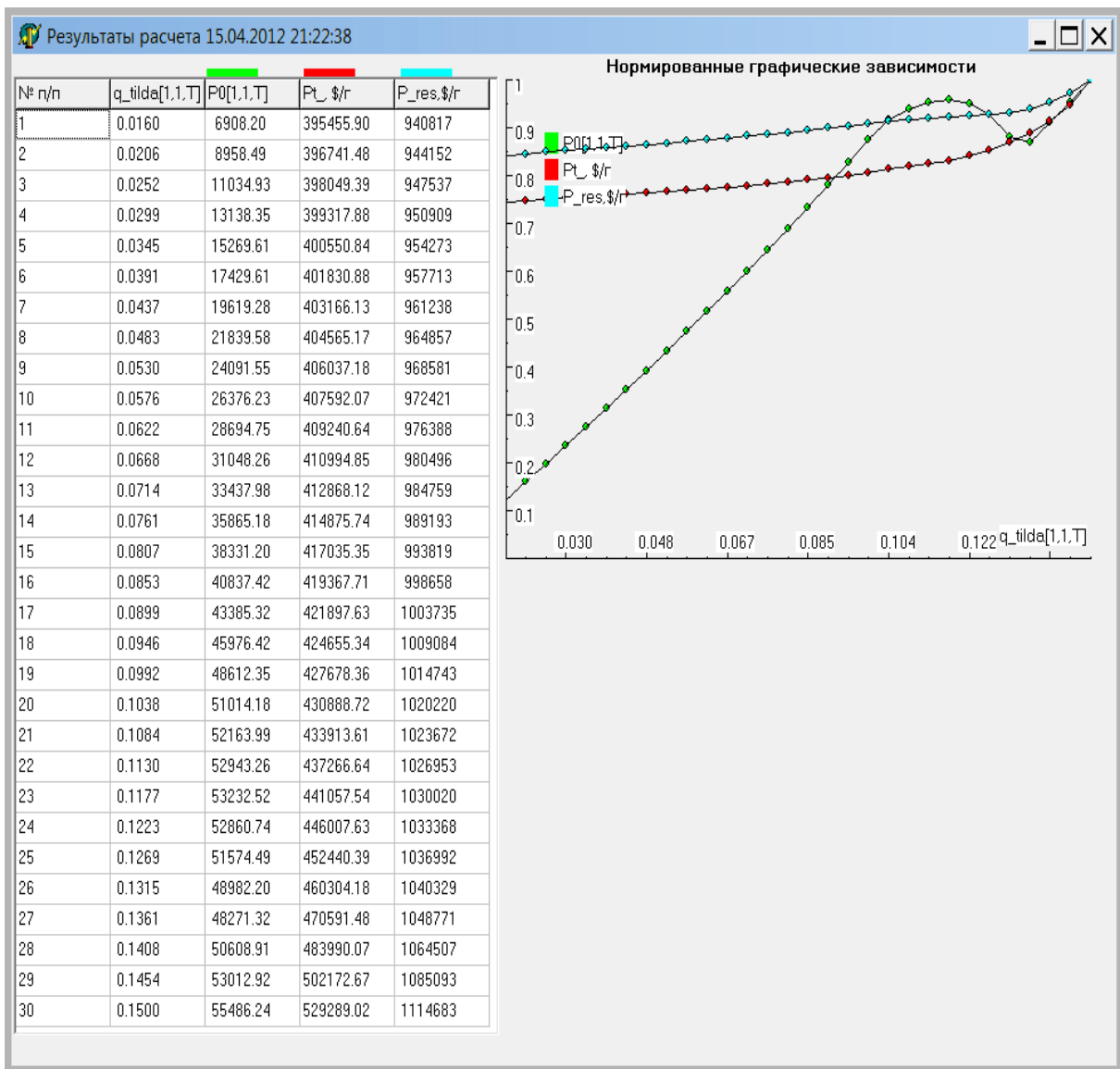


Рисунок И.57

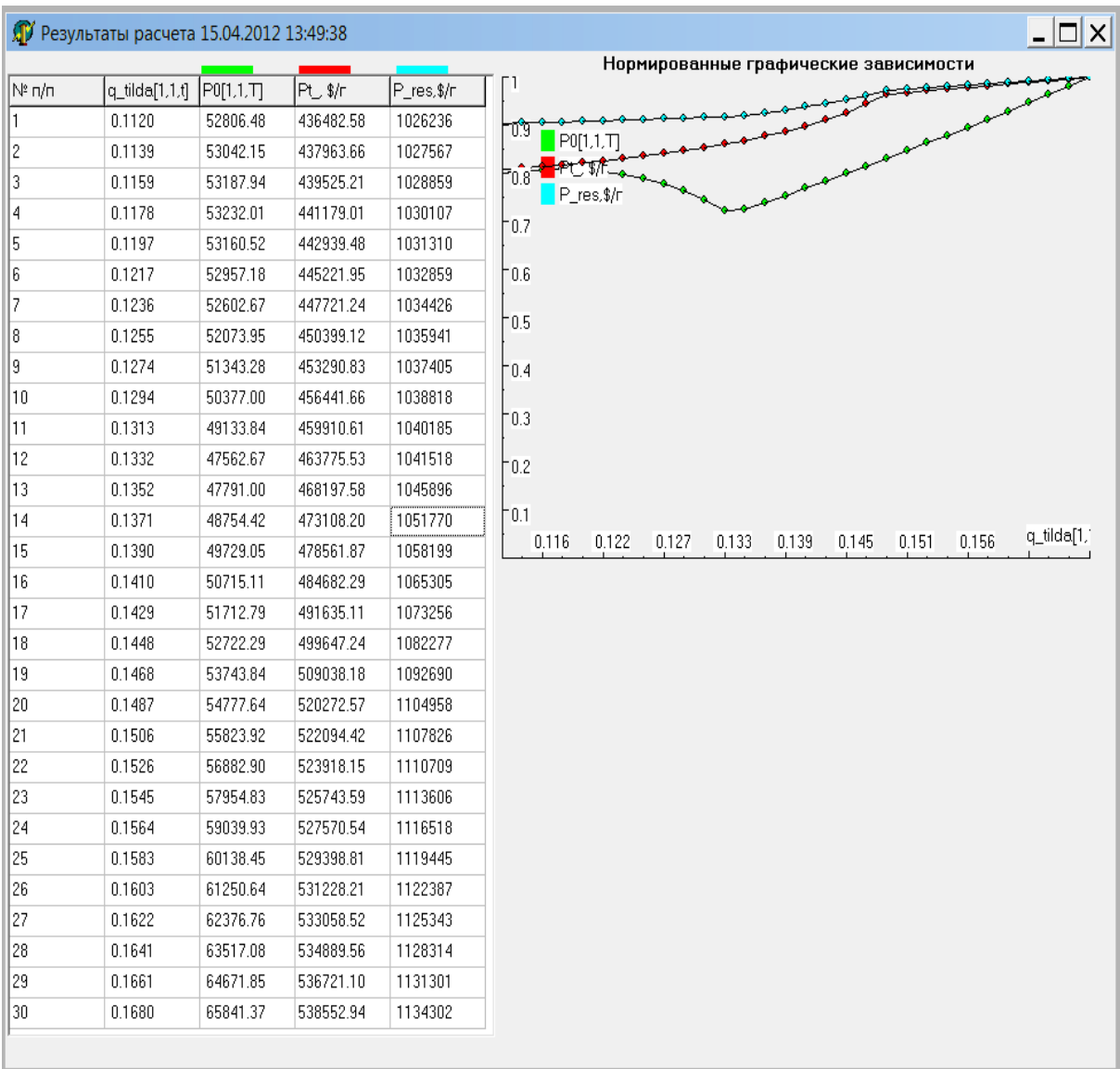


Рисунок И.58

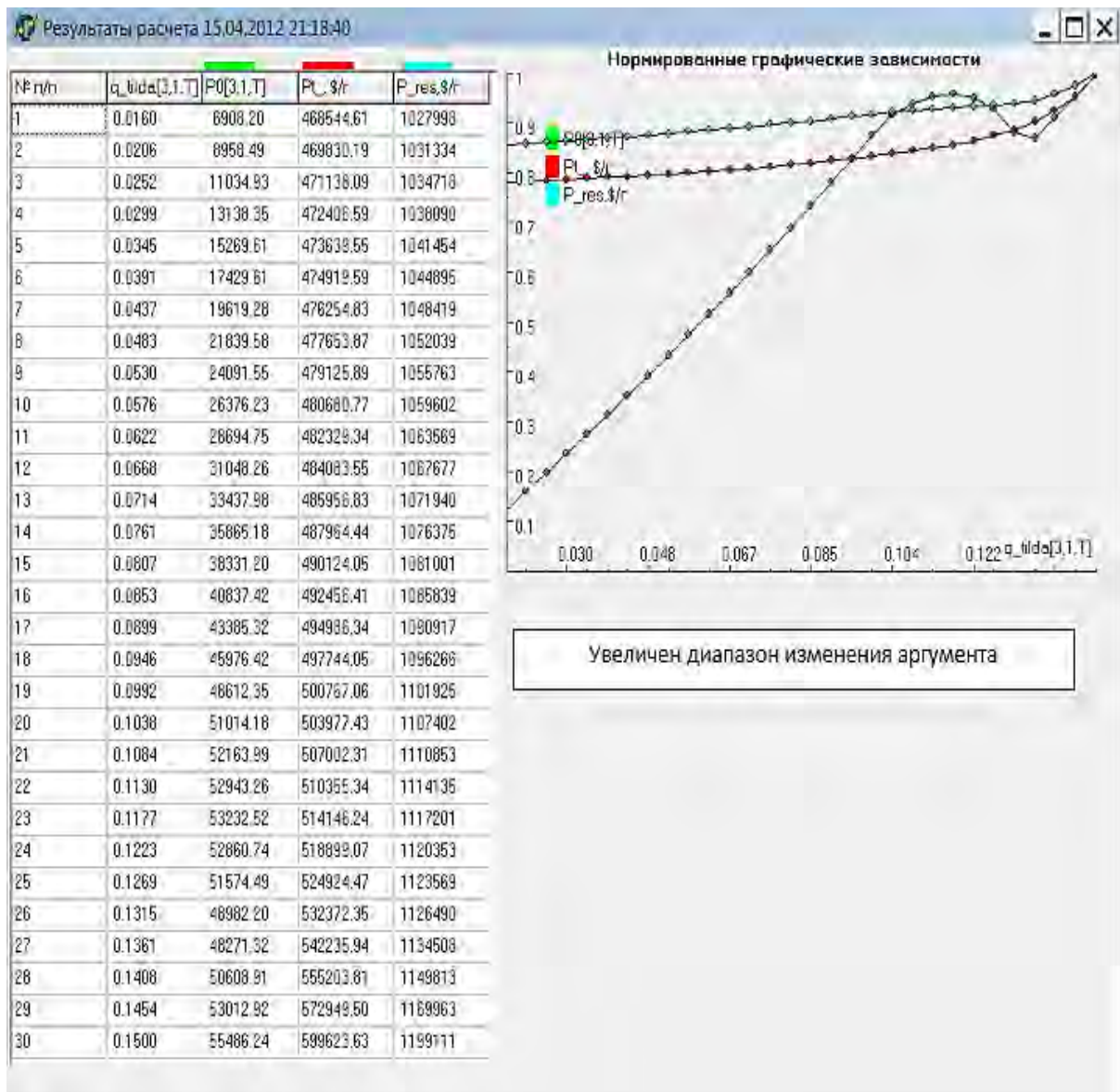


Рисунок И.59

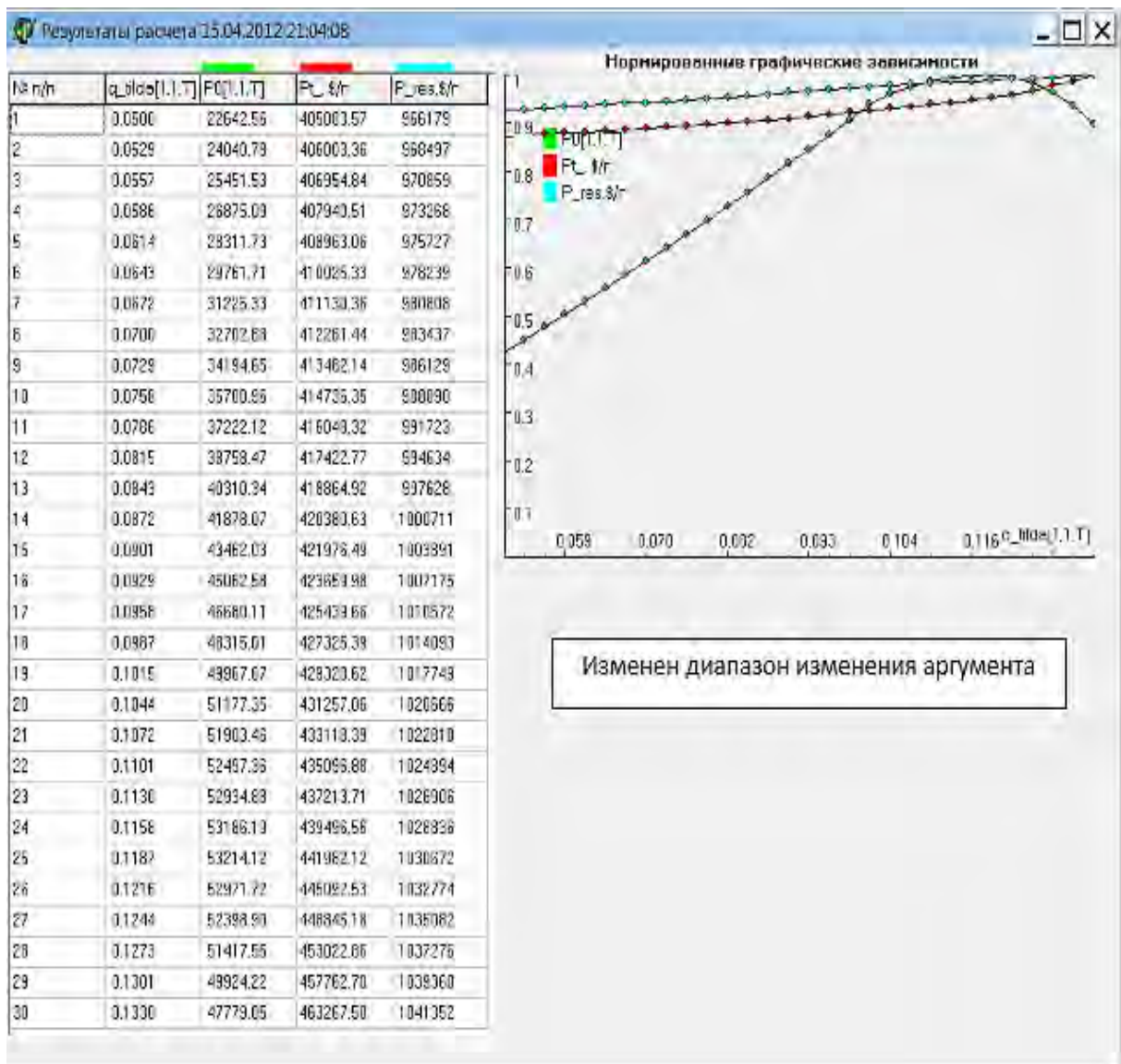


Рисунок И.60



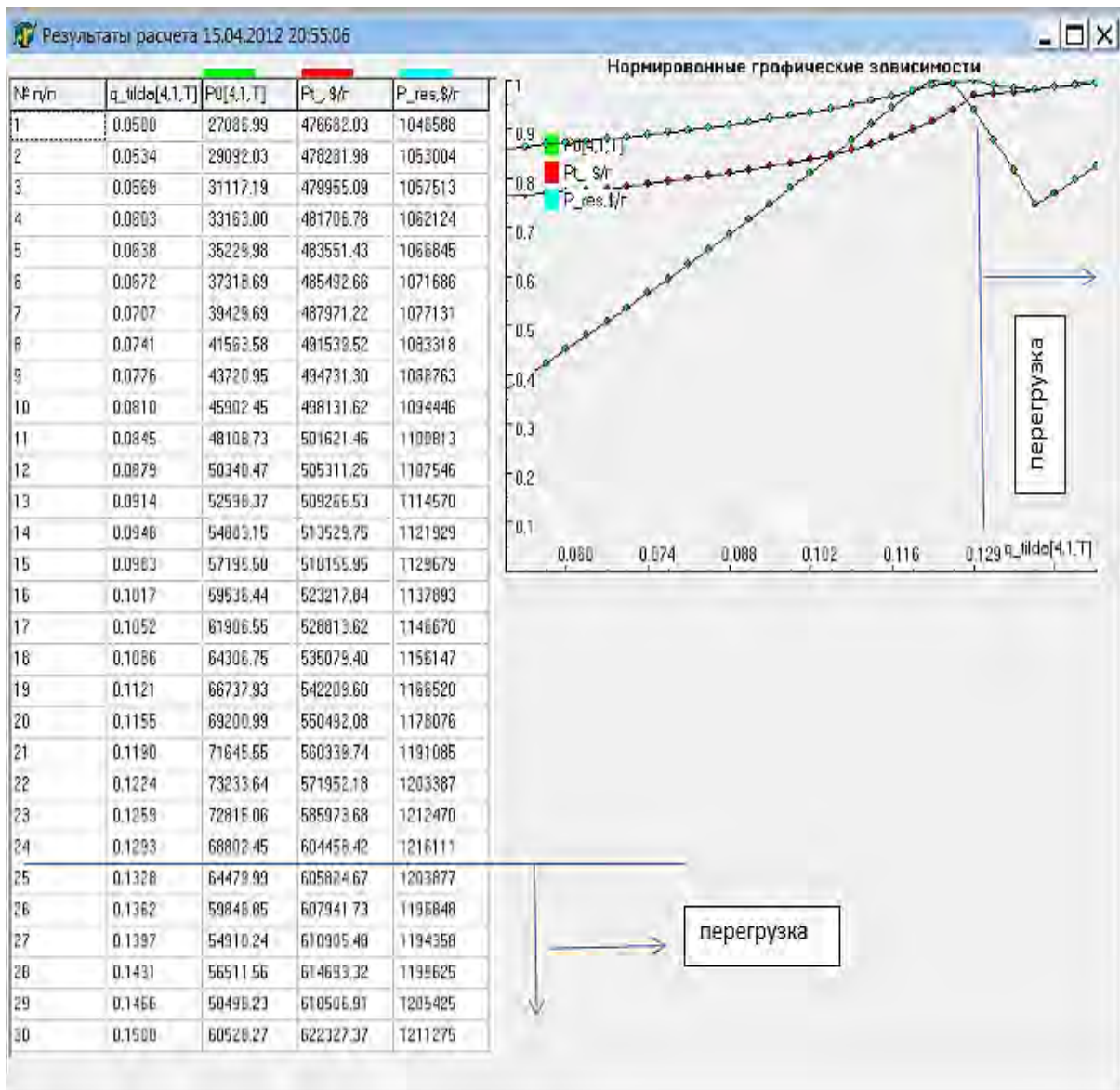


Рисунок И.61

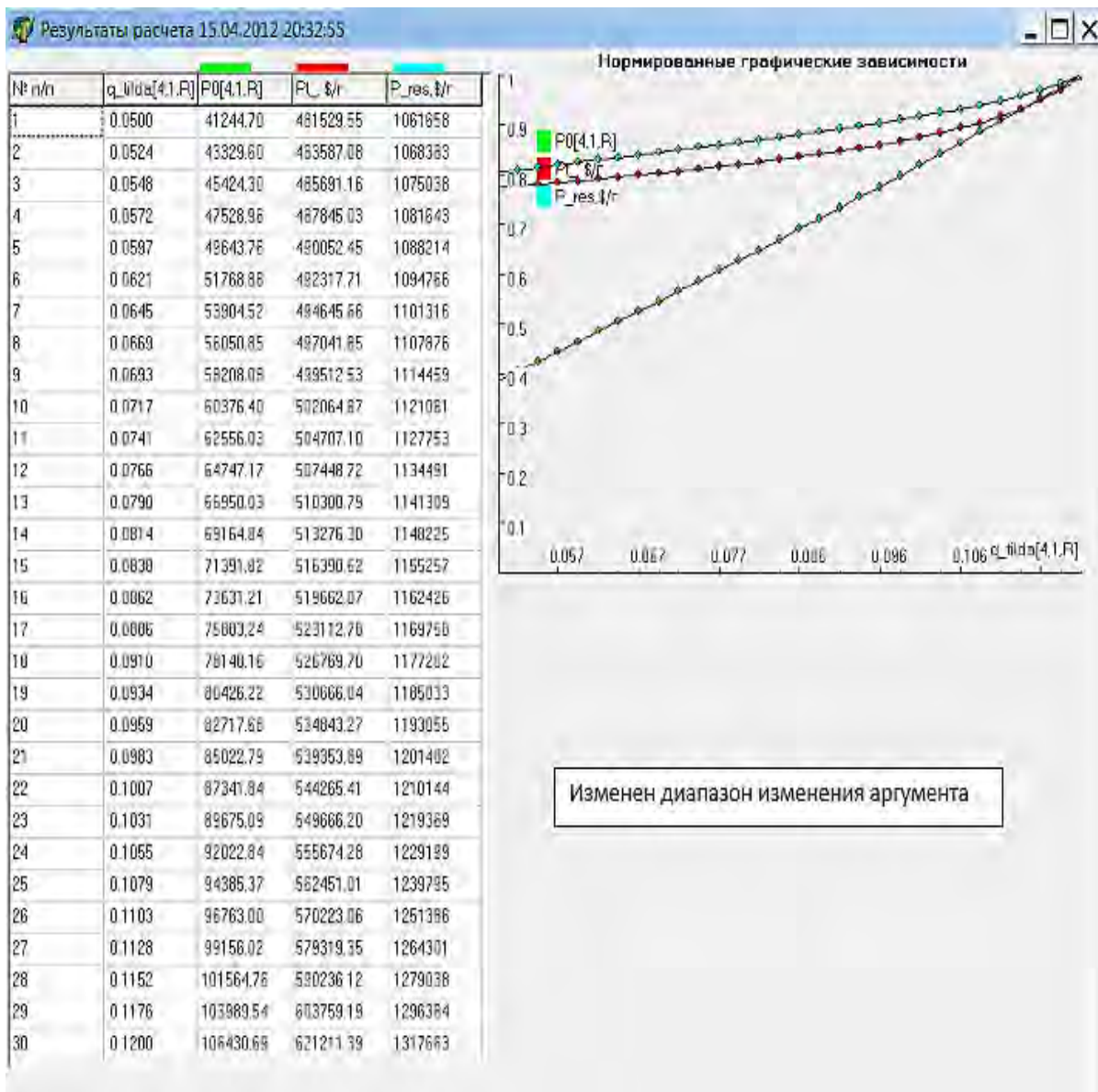


Рисунок И.62

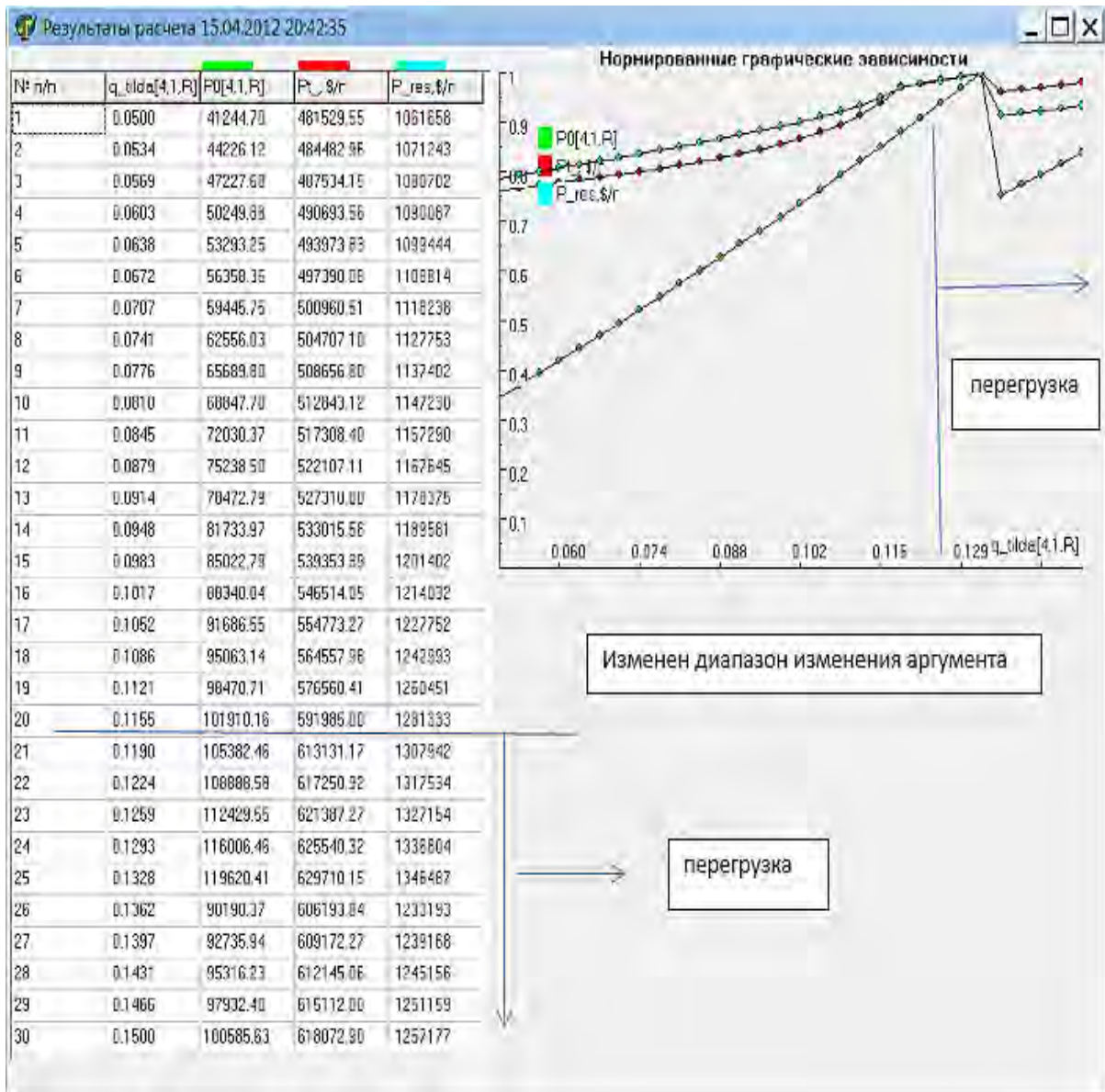


Рисунок И.63

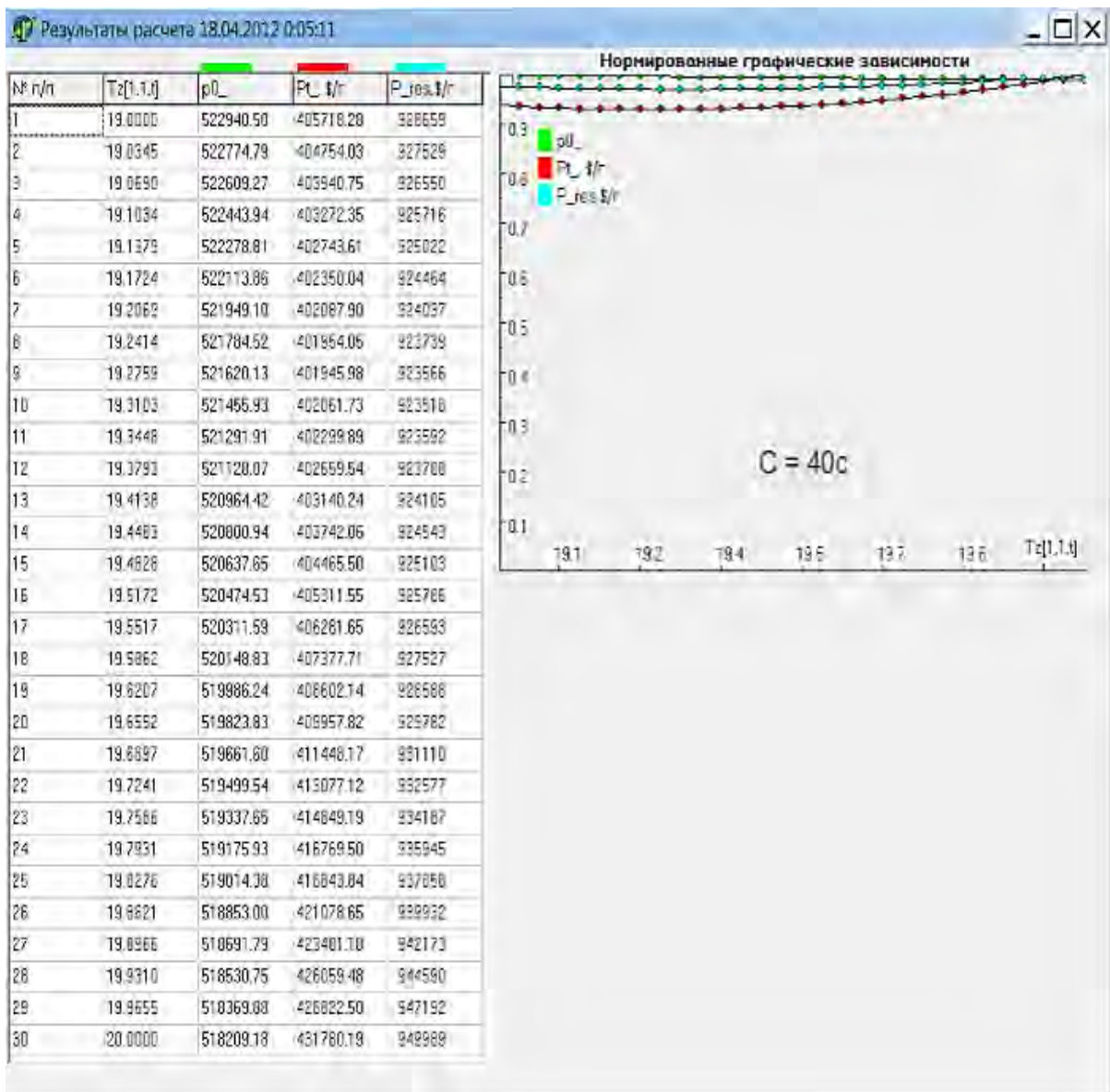


Рисунок И.64

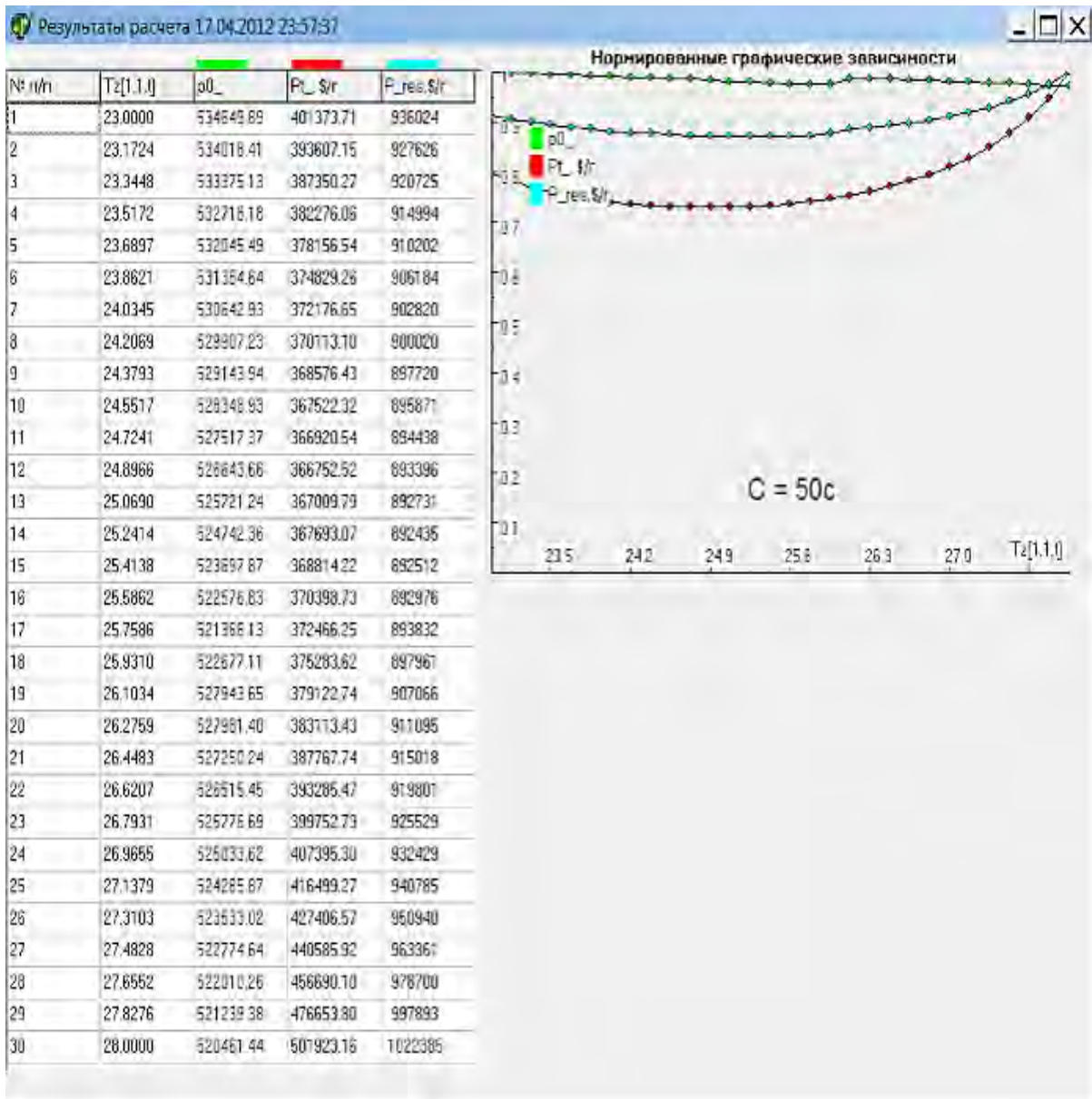


Рисунок И.65

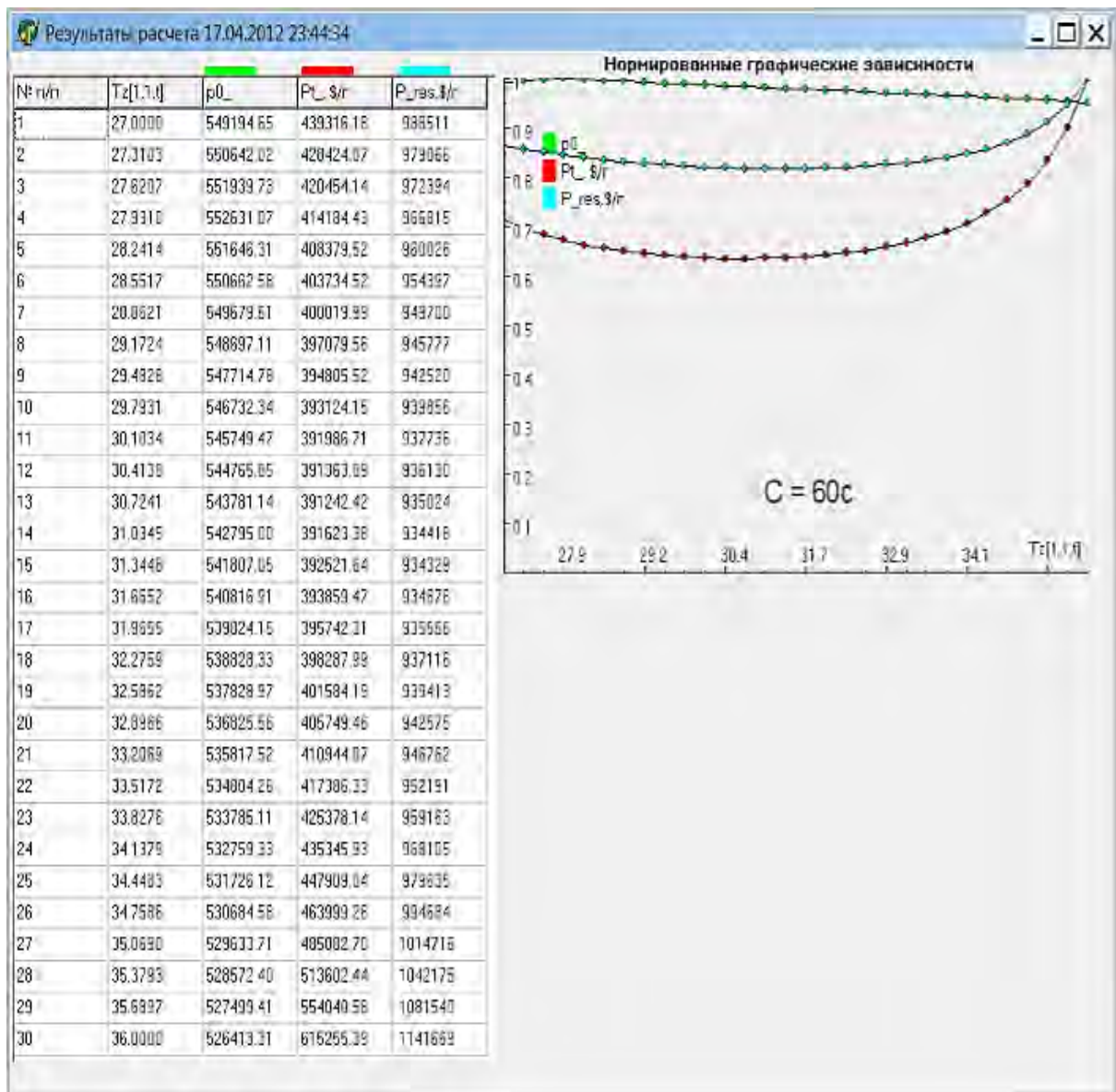


Рисунок И.66

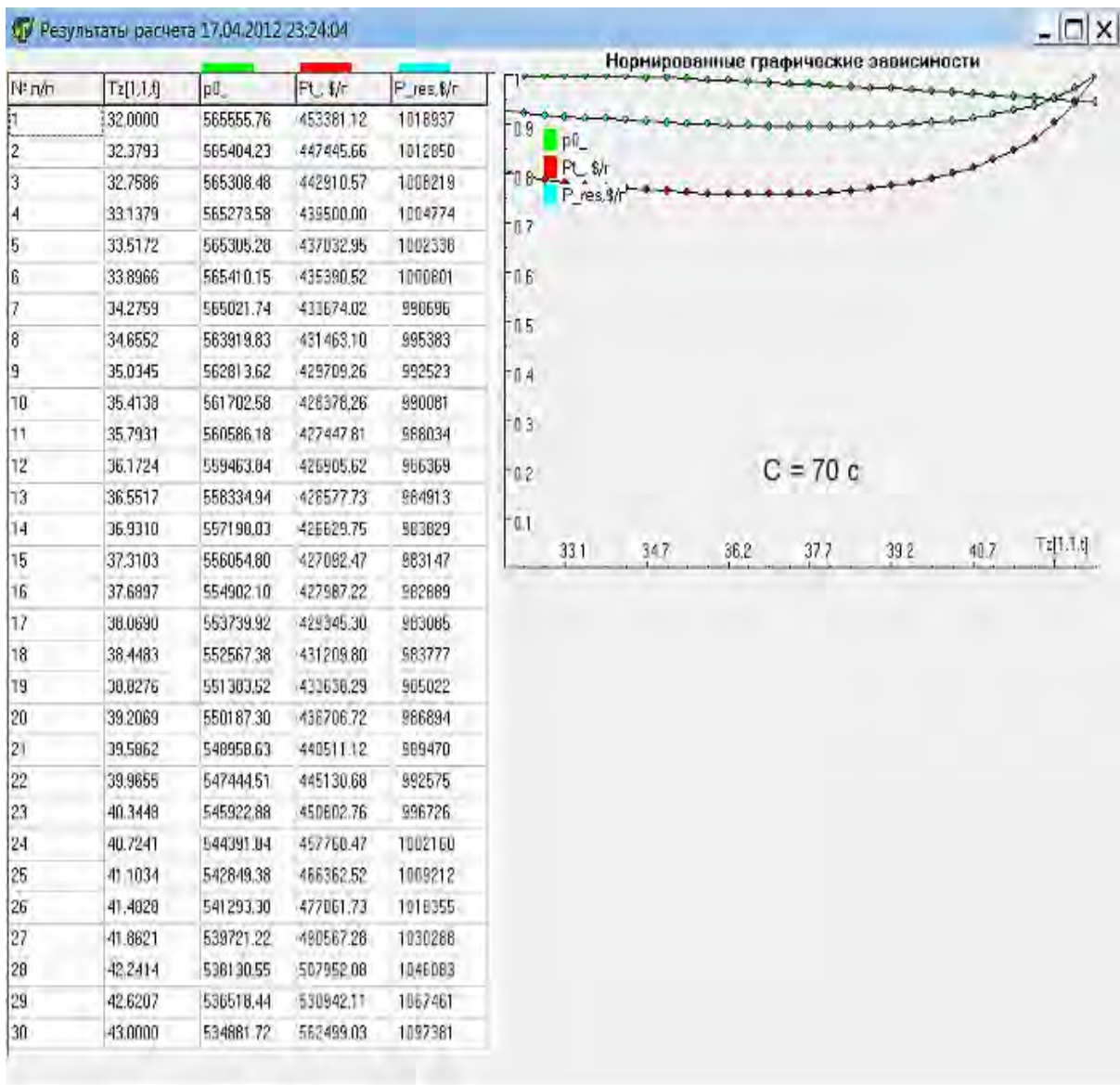


Рисунок И.67

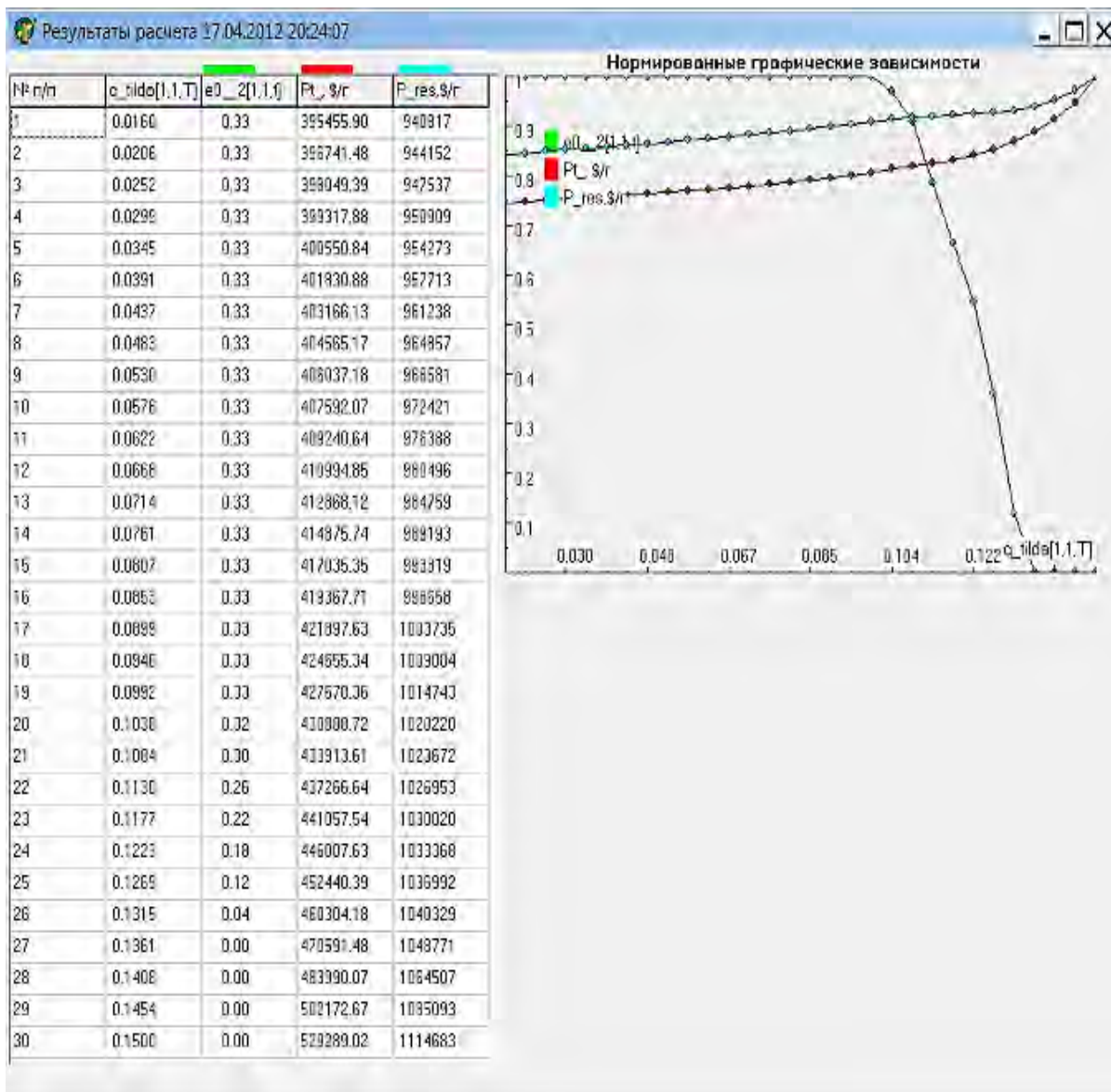


Рисунок И.68



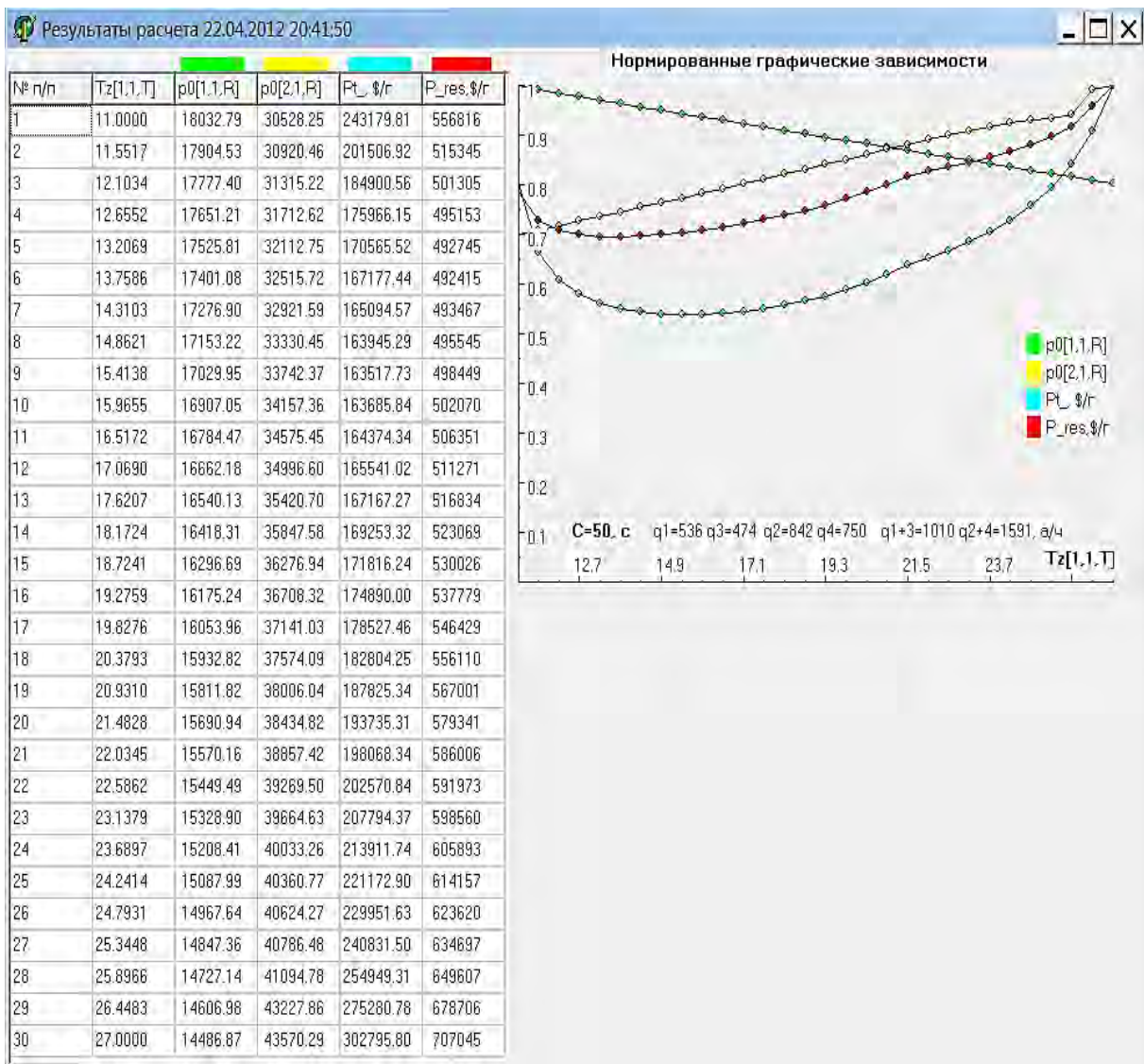


Рисунок И.69

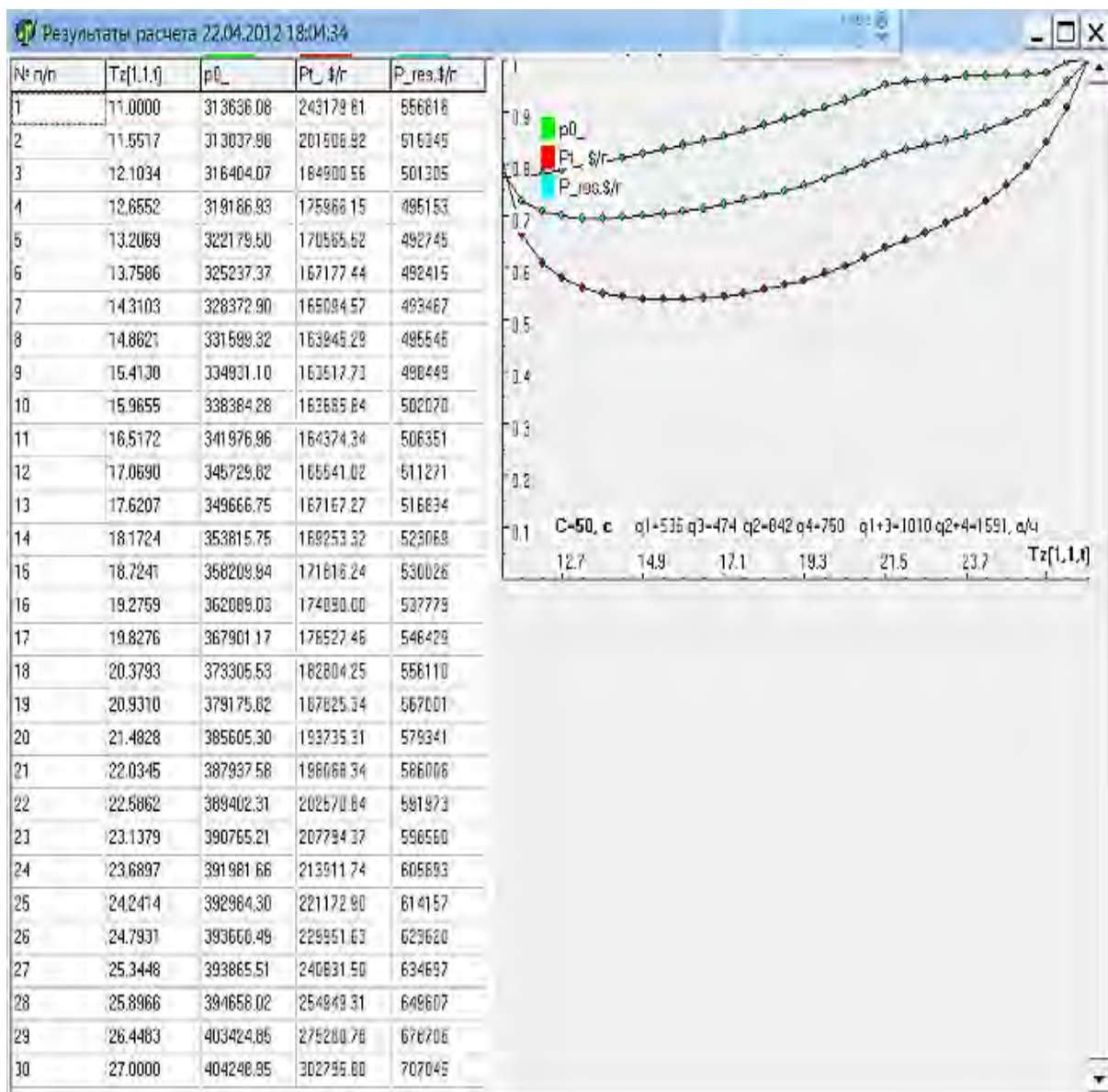


Рисунок И.70

На рисунке И.70 показаны зависимости для различных интенсивностей в прямом ( $q1 + 3$  – суммарная интенсивность по входам 1 и 3) и конфликтующем поперечном ( $q2 + 4$  – суммарная интенсивность по входам 2 и 4) направлении. Результирующие общие экономические потери  $P_{res}$  имеют минимум  $P_{res} = 492415$  при времени горения зеленого для прямого направления (которое совпадает по условиям варианта расчета с остальными временами горения зеленого для входов 1 и 3)  $Tz [1, 1, T] = 13,8$  с. На рисунке И.69 приведена зависимость суммарных годовых экономических потерь от времени горения зеленого  $Tz1$  в прямом направлении, определенная для различных значений времени цикла  $C$  на моделируемом перекрестке. Заметно влияние параметров управления светофорным регулированием на критериальную оценку, дающее нелинейное изменение с диапазоном изменения более 10 %. Это делает целесообразным последующую оптимизацию.

На рисунке И.71 для примера показано влияние изменения значений времени горения зеленого сигнала в направлении 1–3 и 3–1 на перекрестке  $Tz[1] = Tz[3]$  в диапазоне от 19 до 30 с. При этом время горения зеленого в направлении 2–4 и 4–2, разумеется, в программе корректировалось, исходя из общего заданного цикла  $C$ . В таблице слева приведены численные результаты расчета основных экономических критериев, а справа показаны графически изменения нормированных значений соответствующих критериев, изображенных различным цветом.

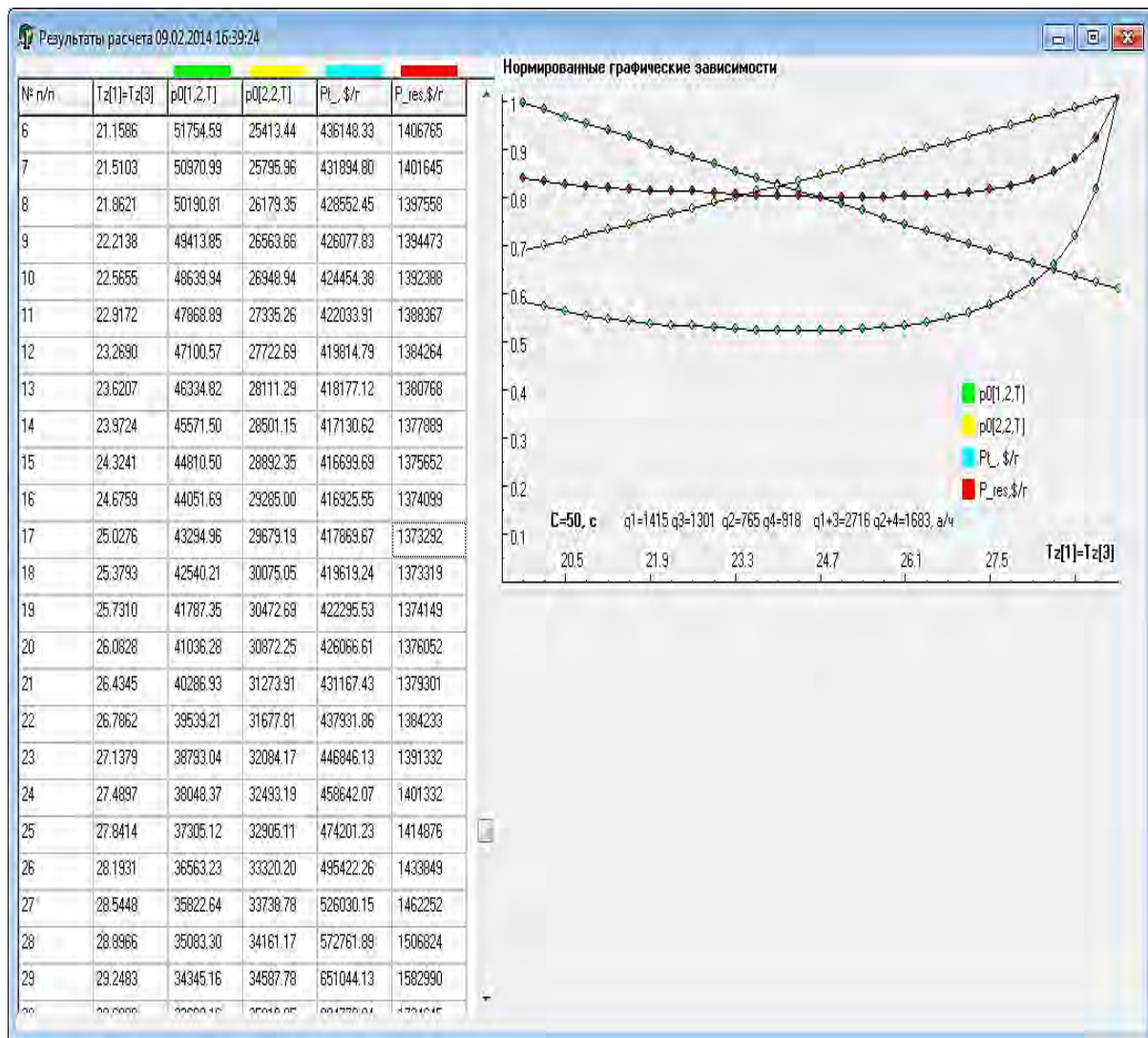


Рисунок И.71

Выведены значения для следующих показателей:

- $P0 [1, 2, T]$  – экономические потери от остановок по направлению 1, 2, T (вход 1, полоса 2, направление – прямо) – зеленый цвет;
- $P0 [2, 2, T]$  – экономические потери от остановок по направлению 2, 2, T (вход 2, полоса 2, направление – прямо) – желтый цвет;

–  $P_{t\_}$  – суммарные экономические потери от задержек у.е./год – голубой цвет;

–  $P_{res}$  – результирующие суммарные потери (у.е./год) – красный цвет.

Заметно, что при увеличении времени горения зеленого сигнала для направления 1–3 (и 3–1) монотонно уменьшаются значения экономических потерь  $P_0 [1, 2, T]$  от остановок по прямому направлению (1, 2, T), одновременно с этим монотонно увеличиваются значения экономических потерь  $P_0 [2, 2, T]$  от остановок по перпендикулярному направлению (2, 2, T).

Существенно при этом, что – суммарные экономические потери от задержек  $P_{t\_}$  (голубой цвет) и результирующие суммарные потери  $P_{res}$  (красный цвет) имеют нелинейный характер изменения с наличием минимума. Уменьшение при этом происходит примерно в диапазоне до 50 % для  $P_{t\_}$  (примерно на 390000 у.е./год) и 20 % для  $P_{res}$  – (примерно на 354000 у.е./год) при изменении времени горения зеленого сигнала в указанном диапазоне. Оптимальное значение времени горения зеленого сигнала – около 25 с.

По установленным наиболее значимым факторам построена трехмерная зависимость, показанная на рисунке И.72. Для возможности автоматической компьютерной оптимизации в модель введено дополнение по условиям ограничения: при появлении перегрузок ( $x > 0,93$ ) в любом направлении моделирование продолжается, но критерий оценки (результирующие годовые потери  $P_{res}$ ) принудительно задается равным значению, превышающему максимальные значения при движении без перегрузок. Для данного примера выбрано значение  $P_{res}$ , равное 1500 у.е./год (см. таблицу). В 3-мерной зависимости эти значения самые верхние (показаны на цветном графике светло-коричневым цветом) позволяют автоматически находить минимум зависимости при последующей оптимизации. Овражная форма показанных результатов расчета имеет минимум, что подтверждает целесообразность проведения дальнейших оптимизационных расчетов.

Таким образом, программа позволяет также реализовывать режимы управления с помощью оптимизационного расчета параметров светофоров, осуществляемых подобной моделью расчета, причем адаптивно пересчитываемых и изменяемых в зависимости от дорожно-транспортной ситуации.

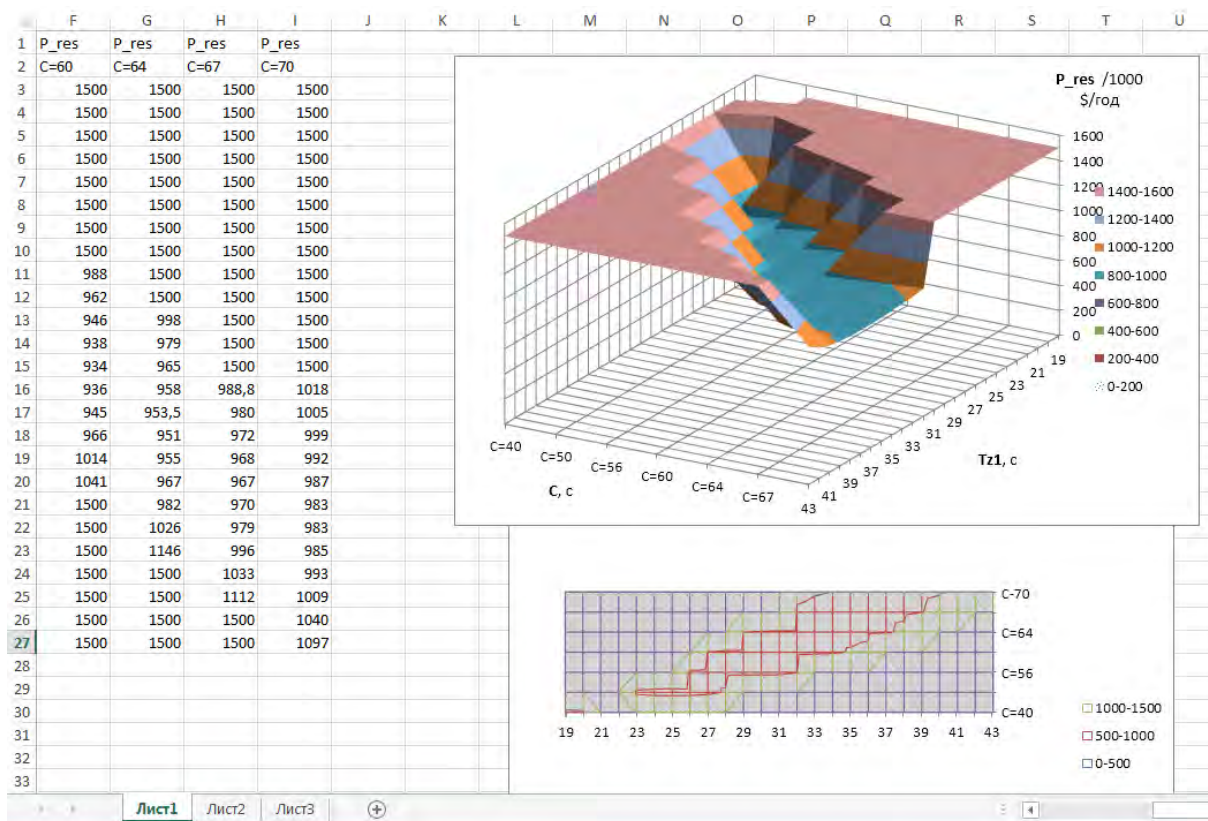


Рисунок И.72

**ПРИЛОЖЕНИЕ К.  
СТАТИСТИКА АВАРИЙНОСТИ С ПОСТРАДАВШИМИ  
В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

Таблица К.1 – Численность населения Республики Беларусь, тыс. человек

Годы	Численность населения
2003	9848,8
2004	9800,1
2005	9750,5
2006	9714,2
2007	9689,7
2008	9671,4
2009	9480,2
2010	9481,1
2011	9465,4
2012	9463,3
2013	9468,1
2014	9481,0
2015	9489,8
2016	9504,7

Таблица К.2 – Сведения о количестве транспортных средств в Республике Беларусь

Год	Количество транспортных средств						Всего автомо- билей	Всего мото- циклов	Всего ТС
	индивидуальных			предприятий, органи- заций и учреждений					
	автомо- били	мото- циклы	прице- пы	авто- мобили	мото- циклы	при- цепы			
2003	1677633	493547	144495	369410	10599	49763	2047043	504146	2745447
2004	1754176	479528	189685	355397	11297	56397	2109573	490825	2846480
2005	1901916	449340	130372	367628	12152	55187	2269544	461492	2916595
2006	2023298	422221	124384	382542	13642	59151	2405840	435863	3025238
2007	2181372	382807	128949	381012	12328	61157	2562384	395135	3147625
2008	2301804	360860	135032	403561	12890	62092	2868464	360068	3426035
2009	2464903	347178	135411	405771	13209	66549	2870674	360387	3433021
2010	2631452	332399	142921	411213	12917	68602	3042665	345316	3599504
2011	2777149	366675	149920	412945	12601	69629	3190094	379276	3788919
2012	2774832	383348	152686	421700	12684	72542	3196532	396032	3817792
2013	2810248	376984	156409	421308	10964	77477	3231556	387948	3853390
2014	2965701	394984	164201	437198	11449	80509	3402899	406052	4053661
2015	3067524	401309	171135	439350	11948	77760	3507864	413257	4170016
2016	3100736	404187	173327	424731	11574	77736	3525467	415761	4192291
<b>В сравнении с 2007 г. (в %)</b>	42,1	5,6	34,4	11,5	-6,1	27,1	37,6	5,2	33,2

Таблица К.3 – Относительные показатели уровня автомобилизации

Показатель	Год													
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Коэффициент степени автомобилизации (кол-во всех авто на 1 тыс. жит.)	207,8	215,3	232,8	247,7	264,4	279,7	302,8	320,9	337,0	337,8	341,3	358,9	369,5	370,9
Число индивидуальных автомобилей на 1 тыс. жит.	170,3	179,0	195,1	208,3	225,1	238,0	260,0	277,5	293,4	293,2	296,8	312,8	323,2	326,2

Таблица К.4 – ДТП с пострадавшими и пострадавшие за период с 2003 по 2015 гг.

Число	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ДТП	7194	7218	7717	8283	7501	7238	6739	6363	5897	5187	4730	4550	4151	3654
Погибло	1764	1688	1673	1726	1518	1564	1322	1190	1200	1039	894	757	664	588
Ранено	7361	7522	8047	8832	7990	7577	7198	6832	6334	5569	5033	4854	4424	3923
ДТП в н/с	722	755	822	867	855	1012	1022	893	894	702	577	529	497	380
Тяжесть последствий	19,3	18,3	17,2	17,5	16,3	16,0	17,1	15,5	14,8	15,9	15,7	15,1	13,5	13,1

Таблица К.5 – Относительные показатели аварийности с пострадавшими за период с 2003 по 2015 гг.

Показатель	Годы													
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Число ДТП с пострадавшими на 100 тыс. жителей	73,0	73,7	79,1	85,3	77,5	74,8	71,1	67,1	62,3	54,8	50,0	48,0	43,7	38,4
Число ДТП с пострадавшими на 10 тыс. автомобилей	35,1	34,2	34,0	34,4	29,3	26,8	23,5	20,9	18,5	16,2	14,6	13,4	11,8	10,4
Число погибших в ДТП с пострадавшими на 10 тыс. автомобилей	8,6	8,4	7,4	7,2	5,9	5,8	4,6	3,9	3,8	3,3	2,8	2,2	1,9	1,7

Таблица К.6 – Распределение ДТП с пострадавшими по элементам улиц и дорог за период с 2003 по 2016 гг.

Наименование объекта	Год													
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Пешеходный переход нерегулируемый	304 (0,04)	350 (0,05)	395 (0,05)	473 (0,06)	496 (0,07)	550 (0,08)	486 (0,07)	512 (0,08)	606 (0,10)	478 (0,09)	543 (0,11)	538 (0,11)	457 (0,08)	362 (0,07)
Пешеходный переход регулируемый	115 (0,02)	120 (0,02)	173 (0,02)	129 (0,02)	147 (0,02)	152 (0,02)	129 (0,02)	153 (0,02)	226 (0,04)	189 (0,04)	185 (0,04)	202 (0,04)	185 (0,06)	197 (0,05)

Таблица К.7 – Распределение ДТП с пострадавшими и пострадавших за период с 2003 по 2015 гг.

Год	1 ТС и пешеход / Всего		
	ДТП	Погибло	Ранено
2003	3371 / 7194	760 / 1764	2809 / 7361
2004	3361 / 7218	739 / 1688	2831 / 7522
2005	3370 / 7717	729 / 1673	2855 / 8047
2006	3513 / 8283	749 / 1726	2945 / 8832
2007	3103 / 7501	606 / 1518	2671 / 7990
2008	2872 / 7238	596 / 1564	2431 / 7576
2009	2684/6739	520/1322	2300/7198
2010	2517 / 6363	485 / 1190	2178 / 6832
2011	2361 / 5897	478 / 1200	2021 / 6334
2012	2010 / 5187	396 / 1039	1710 / 5569
2013	1834/4730	371/894	1537/5033
2014	1756/4550	293/757	1555/4854
2015	1586/4151	283/664	1382/4424
2016	1353/3654	244/588	1172/3923



Таблица К.8 – Распределение участников ДТП с пострадавшими по категориям за период с 2003 по 2016 гг.

Категории участников дорожного движения	Всего пострадали													
	Погибло													
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Водители</b>	8826	8932	9648	10474	9477	9270	8796	8421	7696	6881	6400	6013	5460	4917
	440	397	413	437	398	430	369	329	315	304	247	222	192	169
	1796	1879	2105	2400	2181	2171	2052	1999	1828	1605	1496	1419	1331	1188
<b>Пешеходы</b>	3524	3508	3529	3647	3236	3011	2806	2638	2455	2095	1901	1842	1660	1417
	756	725	720	745	601	596	518	483	474	396	371	293	277	243
	2757	2773	2803	2897	2631	2411	2280	2147	1978	1695	1527	1548	1379	1174
<b>Пассажиры</b>	2712	2742	2995	3376	3052	2984	2785	2577	2471	2239	1898	1748	1566	1420
	367	393	374	358	365	391	302	256	287	241	194	170	127	116
	2302	2308	2591	2975	2649	2560	2448	2286	2162	1989	1691	1567	1425	1297
<b>Велосипедисты</b>	638	624	644	671	612	512	484	468	440	336	355	361	323	294
	184	149	152	173	138	127	119	112	115	85	71	67	62	54
	450	468	488	493	466	382	358	350	323	249	281	288	258	239
<b>Возчики</b>	87	114	74	74	74	60	55	51	45	44	32	27	21	15
	17	19	12	12	11	12	7	5	8	10	4	4	4	1
	48	73	44	47	45	33	39	33	25	22	19	18	15	12
<b>Иные участники</b>	8	27	25	26	23	27	30	25	20	12	26	15	18	18
	0	5	2	1	5	8	7	5	1	3	7	1	2	5
	8	21	16	20	18	19	21	17	18	9	19	14	16	13
<b>Всего</b>	15795	15947	16915	18268	16474	15864	14956	14180	13127	11607	10612	10006	9048	8081
	1764	1688	1673	1726	1518	1564	1322	1190	1200	1039	894	757	664	588
	7361	7522	8047	8832	7990	7576	7198	6832	6334	5569	5033	4854	4424	3923

Таблица К.9 – Распределение ДТП с пострадавшими по вине основных категорий участников дорожного движения за период с 2003 по 2015 гг.

Категории участников	ДТП													
	Погибло							Ранено						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Водители	5013	5226	5857	6247	5680	5695	5334	4949	4655	4112	3737	3623	3330	2950
	1232	1223	1222	1225	1106	1201	966	831	862	769	628	557	471	429
	5578	5866	6559	7210	6462	6326	6083	5715	5370	4718	4278	4097	3767	3351
Пешеходы	1844	1882	1793	1863	1521	1309	1236	1193	1027	890	787	750	665	524
	434	454	446	482	388	356	324	319	313	248	244	192	176	144
	1476	1495	1409	1441	1184	993	942	903	746	664	564	574	508	392
Велосипедисты	300	288	303	327	292	241	218	235	201	156	185	179	157	143
	78	60	68	76	60	55	52	52	51	31	32	30	25	24
	228	242	243	255	234	192	173	185	154	127	154	153	135	125
Возчики	34	44	36	34	20	22	24	21	18	17	14	8	10	7
	11	14	8	9	9	8	4	4	4	4	4	0	3	1
	27	46	36	32	18	19	27	27	19	21	14	12	12	7

Таблица К.10 – Распределение ДТП с пострадавшими и пострадавших по причинам нарушения требований ПДД пешеходами за период с 2003 по 2015 гг.

Причина	ДТП													
	Погибло							Ранено						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>
Переход через проезжую часть в неустановленном месте	1228	1102	1055	1154	907	710	682	605	507	442	369	379	330	213
			216	230	198	153	132	119	123	102	94	86	87	41
			872	958	728	573	559	505	403	347	283	303	254	177
Нетрезвое состояние пешехода	575	650	533	547	498	400	411	369	314	298	289	239	214	178
			101	105	87	74	83	66	76	64	71	59	51	46
			453	459	436	343	335	314	247	245	226	183	167	136
Неожиданный выход из-за ТС, сооружений, деревьев и др.	298	296	217	217	213	202	156	167	146	104	77	81	104	87
			37	39	45	43	22	34	31	14	14	6	13	8
			183	181	176	166	135	134	124	92	63	76	94	81
Неподчинение сигналам регулирования дорожного движения	71	88	135	79	77	86	73	75	83	81	63	73	72	53
			11	5	4	11	7	6	10	12	8	4	10	7
			126	77	79	80	70	70	75	70	70	58	70	63
Игра на проезжей части	120	262	239	235	163	156	156	165	178	70	57	31	19	16
			106	117	64	70	71	72	100	33	27	12	9	7
			150	132	106	95	93	97	84	38	33	19	10	9

Окончание таблицы К.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Пешеход в возрасте до 7 лет без сопровождения взрослого	26	36	37 6 35	26 1 26	19 1 18	17 1 16	10 0 10	14 3 11	16 1 15	9 1 8	8 0 8	8 3 5	4 0 4	4 0 4
Иные нарушения ПДД пешеходами	226	222	330 90 146	236 105 135	386 172 228	350 164 195	336 143 203	342 155 192	306 151 165	243 117 131	177 84 97	153 68 85	142 57 88	136 73 63

## ПРИЛОЖЕНИЕ Л. НЕКОТОРЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Ниже будут приведены некоторые определения, которые позволят внести бóльшую смысловую ясность в применяемой терминологии. Сразу же оговоримся, что приведенные термины не претендуют на нормативность.

*Исследование дорожного движения* – деятельность по получению необходимой и достоверной информации.

*Регулирование дорожного движения* – деятельность по реализации управленческих воздействий на участников движения с целью формирования заданных характеристик дорожного движения.

*Контроль дорожного движения* – деятельность по проверке фактического положения по отношению к заданному.

*Обеспечение дорожного движения* – вспомогательная деятельность и средства по созданию необходимых предпосылок для реализации основной деятельности.

*Управление дорожным движением* – деятельность по формированию оптимальных характеристик дорожного движения в заданных условиях. Управление включает исследование, регулирование и контроль.

*Дорожные условия* – связанная с дорогой и погодно-климатическими условиями обстановка, в которой происходит дорожное движение.

*Условия движения* – связанная с дорожными условиями и транспортно-пешеходной нагрузкой обстановка, в которой происходит дорожное движение.

*Среда движения* – совокупная обстановка, в которой происходит дорожное движение. Включает материальную, организационно-управленческую и социальную составляющие.

*Обслуживание дорожного движения* – комплексная вспомогательная деятельность в сфере обслуживания участников движения с целью повышения качества дорожного движения.

*Управление дорожным транспортом* – системная деятельность по управлению системой дорожного транспорта.

*Экономичность* – степень разумности (оптимальности) использования и расходования располагаемых ресурсов для достижения функциональных целей. Определяется высокой и равномерной скоростью движения, отсутствием перепробега и перепрохода.

*Экологичность* – степень загрязнения окружающей среды. определяется скоростью и равномерностью движения и уровнем экологической защиты, в первую очередь, человека.

*Безопасность* – степень физической защищенности субъектов и объектов транспортировки и элементов инфраструктуры от криминальных посягательств, ненадлежащей транспортировки и аварий.

*Социологичность* – степень соответствия социальных отношений объективно необходимым в дорожном движении. Определяется направленностью и качеством отношений «власти–участники» и «участники–участники».

*Производительность* – способность производить необходимый (требующийся) объем транспортной услуги в единицу времени. Применительно к организации дорожного движения – это техническая скорость, которая определяется, в основном, качеством дорог, транспортных средств и организации движения.

*Надежность* – способность стабильно выполнять свои функции в заданных условиях и быстро восстанавливаться в случае отказов. Определяется, в основном, организацией движения (наличие резервных возможностей), а также готовностью и функциональностью специализированных служб дорожников, МЧС и др.

*Комфортабельность* – степень психофизиологического напряжения участников движения, особенно, водителей. Определяется качеством организации движения (равномерная высокая скорость движения, приемлемый уровень загрузки полос движением), транспортных средств, дороги и торгово-бытового обслуживания.

*Совместимость* – эффективность взаимодействия подвидов дорожного транспорта между собой и с другими видами транспорта, например, городской маршрутный и пригородный железнодорожный. Определяется качеством организации движения и управления системой дорожного транспорта.

## ВЫВОДЫ

1. Анализ достижений науки и практики исследования процессов дорожного движения показал, что оно происходит в сформировавшейся среде, включающей материальную и организационно-управленческую составляющие. Материальная составляющая среды движения оценивается как удовлетворительная, а организационно-управленческая – как неудовлетворительная. Вследствие этого качество дорожного движения, в целом, также оценивается как неудовлетворительное. В результате потери в дорожном движении в большинстве стран составили до 10 % ВВП. При этом около 50 % всех потерь (а в городах до 75 %) происходит по причине неудовлетворительной организации дорожного движения.

2. На основе комплексного анализа процесса дорожного движения разработана **методология повышения качества дорожного движения в городах**, базирующаяся на комплексе новых методологических принципов и на новой научно-методологической системе, включающая оценку качества и оптимизацию принимаемых решений по критерию минимизации суммарных потерь, оценку качества и оптимизацию внедряемых мероприятий по критерию минимизации суммарной стоимости функционирования объекта и обязательную оперативную контрольную оценку аварийности при внедрении мероприятий, что в совокупности обеспечивает разработку и внедрение рациональных мероприятий по повышению безопасности движения при одновременном снижении суммарных потерь и *позволяет* решить важнейшую социально-экономическую и научно-техническую проблему – повышение безопасности дорожного движения.

3. Разработан **комплекс новых методологических принципов**, включающий:

– принцип *сбалансированного учета аварийных и экологических потерь*, который применяется при выборе решений по повышению безопасности движения и заключается в том, что в случае равенства суммарных потерь в дорожном движении, проводится ранжирование аварийных и экологических потерь и выбор осуществляется по ранжированным суммарным потерям, что позволяет повысить точность оценки и вероятность выбора рациональных решений;

– принцип *минимизации суммарной стоимости функционирования объекта*, основанный на учете капитальных вложений на внедрение мероприятий, затрат на эксплуатацию объекта и связанных с объектом суммарных потерь в дорожном движении, что позволяет выбрать наилучшее мероприятие по повышению безопасности дорожного движения;

– принцип *обязательной оперативной контрольной оценки аварийности*, основанный на проведении этой оценки на реальном объекте по усовершенствованному методу конфликтных ситуаций в процессе внедрения мероприятий, что позволяет оперативно обнаружить и устранить возможные недоработки или ошибки, допущенные в процессе выбора решений,

разработки или внедрения мероприятий, и тем самым повысить безопасность дорожного движения на объекте.

4. Предложена **научно-методологическая система повышения качества дорожного движения в городских очагах аварийности**, базирующаяся на современных методах анализа и прогнозирования аварийности, расчета потерь и выбора принимаемых решений. Она состоит из 20 элементов, в том числе программно-методического и нормативного обеспечений, трех методов прогнозирования аварийности, метода расчета аварийных потерь, 17 различных моделей, 8 из которых объединены в комплекс моделей прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон, и две – в комплекс моделей расчета аварийных, экономических и экологических потерь на исследуемых объектах, одной методики. Научно-методологическая система включает 4 этапа работ: выбор объекта исследования, оценка существующего положения на объекте, поиск и выбор решений, выбор и внедрение мероприятий, учитывает теоретическую и практическую стороны деятельности по повышению безопасности движения в городских очагах аварийности.

Предложенный системный подход к повышению безопасности движения в очагах аварийности, заключающийся в учете взаимовлияния элементов в исследуемой системе, позволяет резко снизить аварийность (в 1,5 раза и более), вплоть до ликвидации очага.

5. Проведенные исследования аварийности и причин возникновения аварий позволили реализовать комплексный подход по выявлению очагов и разработать **методику очагового анализа аварийности**, которая включает предварительное установление причин с использованием разработанного перечня типовых причин аварий, натурное обследование очага с использованием разработанного перечня вопросов (бланков аудита), заключительное установление причин аварий. Отличительной особенностью является предварительный выбор решений по повышению безопасности движения с использованием разработанного специального перечня типовых решений с указанием их эффективности. Методика позволяет при относительно невысоких требованиях к специальной подготовке исполнителей оценить капиталовложения и разработать предварительные решения по повышению безопасности дорожного движения.

6. Адаптирован к городским условиям Республики Беларусь **метод статистического прогнозирования аварийности**, касающийся применения искусственных неровностей, который учитывает условия дорожного движения, что позволяет относительно точно установить аварийную эффективность установки искусственных неровностей в городах страны.

7. Усовершенствован **метод расчета аварийных потерь** на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях, включающий прогнозирование аварийности и определение расчетной стоимости аварийных издержек, что позволяет еще на стадии принятия решений или разработки мероприятий по повышению безопасности движения оценить аварийные

потери при любых изменениях регулирования, транспортной и пешеходной нагрузки и дорожных условий.

8. Показано, что отсутствие данных о социально-экономической стоимости аварийных издержек процесса дорожного движения делает невозможным выбор и снижает качество принимаемых решений по повышению безопасности движения. Разработаны *модели определения расчетной социально-экономической стоимости аварийных издержек*, включающие экономическую и социальную составляющие стоимости, отличающиеся наличием корреляционной зависимости расчетной стоимости аварий от удельной величины ВВП (на одного человека). Это позволило впервые определить расчетную стоимость аварий различной тяжести последствий и аварийные потери в зависимости от текущей величины ВВП и тем самым повысить качество принимаемых решений по безопасности дорожного движения.

9. Разработан *комплекс моделей прогнозирования аварийности* на основе авторского *метода конфликтных зон* для различных типов и видов конфликтов и режимов движения. Установлены статистически значимые зависимости аварийности от потенциальной опасности (критерий Фишера  $\geq 200$ ; коэффициент корреляции  $\geq 0,74$ ; коэффициент линейной ошибки аппроксимации  $\leq 0,74$ ), характеризующие опасность конфликтного взаимодействия в конфликтах «транспорт–транспорт», «поворотный транспорт–пешеход», «транзитный транспорт–пешеход» при формировании конфликтных зон на исследуемых объектах. Установлено, что многие конфликтные объекты работают безаварийно в течение длительного времени, и при определении потенциальной опасности конфликтных зон необходимо учитывать порог чувствительности, значения которого находятся в пределах 0,01–3,79 ед. (в зависимости от типа и вида конфликтов и режима движения). Разработаны математические модели определения потенциальной опасности, включающие взаимодействие участников движения в различных видах конфликтов «транспорт – транспорт», «поворотный транспорт – пешеход», «транзитный транспорт – пешеход» на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях для каждого режима движения (нерегулируемого, регулируемого межфазного и регулируемого внутрифазного). Разработанные модели отличаются учетом большого количества факторов (более 10), характеризующихся около 110 параметрами, влияющих на аварийность, и высокой точностью прогноза (более чем в пять раз по сравнению с известным методом), что позволяет прогнозировать аварийность на стадиях выбора решений, проектирования, реконструкции или функционирования объекта и повысить путем разработки технических решений безопасность движения не менее чем на 15 %.

10. Исследовав процесс дорожного движения в зоне размещения искусственной неровности, установлено:

– поток насыщения на искусственной неровности значительно меньше, чем на ровном покрытии, – соответственно 0,33 и 0,55 авт./с. Поэтому



при проезде через искусственную неровность плотных пачек автомобилей (интервал прибытия  $\approx 2$  с, интервал убытия – 3 с) начинают формироваться небольшие очереди – эти дополнительные издержки учтены в *модели расчета потерь от остановок и задержек транспорта*;

– из-за неоднозначности приоритета в конфликте «транспорт–пешеход» на нерегулируемом пешеходном переходе невозможно применение известных формул расчета удельных задержек и остановок транспорта и пешеходов в нерегулируемом конфликте, когда один из конфликтующих участников имеет однозначный приоритет. Поэтому разработана *модель псевдорегулируемого режима движения для определения величины экономических издержек*, учитывающая специфику пересечения проезжей части пешеходами по нерегулируемому переходу. Это позволило установить соответствующие зависимости удельной задержки и удельной остановки автомобилей от соотношения интенсивности движения пешеходов (в пределах от 50 до 1000 чел./ч) и приведенной (по динамическому коэффициенту приведения) интенсивности движения транспорта (в пределах от 50 до 1000 ед./ч), которые позволяют определять экономические потери как при нормальной транспортно-пешеходной нагрузке, так и при перегрузке ( $x > 0,93$ ).

11. Необходим учет выбросов вредных веществ независимо от интенсивности их происхождения. С этой целью усовершенствована *модель расчета экологических потерь на регулируемых перекрестках* путем ввода коэффициента годового фонда времени КТФ, увеличивающего расчетный объем произведенных выбросов (1,14–1,20 раза) в зависимости от загруженности улицы. Проведены экспериментальные исследования транспортного шума, которые показали, что шумовое воздействие в данной конкретной точке перекрестка имеет циклический характер и зависит от времени прохождения через перекресток транспортных (транзитных и поворотных) потоков. Поэтому в новой модели потери на перекрестке определяются суммированием потерь для транспортных потоков на каждой из пересекающихся (примыкающих) улиц с учетом доли зеленого сигнала в цикле, т.е. с учетом времени нахождения на перекрестке. Также учитывается интенсивность поворотных потоков с пересекающихся улиц, что повышает точность расчета издержек в среднем в 1,3 раза. Модель адаптирована к расчету экологических потерь на искусственных неровностях.

12. Разработано программно-методическое обеспечение, позволяющее формализовать работу и значительно сократить трудозатраты по определению потерь, оценить и оптимизировать (по критерию минимизации аварийных, экономических и экологических потерь) принимаемые решения по повышению безопасности дорожного движения. Это сделало возможным внедрить разработанные методы и модели в практику организации дорожного движения и обеспечило снижение экологических потерь на 12–32 %, экономических – на 18–38 % за счет внедрения оптимальных режимов регулирования, технических и проектных решений по устройству

транспортных объектов и размещению технических средств регулирования. Разработанное программно-методическое обеспечение используется в реальном секторе экономики при обосновании эффективности внедряемых мероприятий по организации дорожного движения.

13. Выполнены исследования конфликтных ситуаций и разработана **модель оперативной контрольной оценки аварийности** по усовершенствованному *методу конфликтных ситуаций*, которая учитывает динамическое приведение конфликтных ситуаций по степени опасности (риск аварии  $R_a$ ) к легкой конфликтной ситуации, динамическое приведение аварий по тяжести последствий к аварии с материальным ущербом, порог чувствительности конфликта (0,04–0,30 кфс/ч) в каждой конфликтной точке, представляющая собой наибольшее число приведенных конфликтных ситуаций в данной конфликтной точке, не вызывающих в ней аварий. Это позволяет учитывать конфликтное взаимодействие участников движения в каждом виде конфликта «транспорт – транспорт» и «транспорт – пешеход». Установлены зависимости аварий от конфликтных ситуаций с учетом динамических коэффициентов приведения и порога чувствительности, которые адекватно учитывают происходящие на существующих объектах процессы в дорожном движении (критерий Фишера – 169–378; коэффициент корреляции – 0,79–0,89; коэффициент линейной ошибки аппроксимации – 0,61–0,74), повышают точность прогноза в среднем в 4 раза по сравнению с известным методом и позволяют выполнить оперативную контрольную оценку аварийности, оперативно обнаружить и устранить возможные недоработки или ошибки, допущенные в процессе выбора решений, разработки или внедрения мероприятий по повышению безопасности движения в существующих городских очагах.

14. Разработаны рекомендации и внедрены различные технические, планировочные и организационно-технические решения по повышению безопасности и качества дорожного движения на регулируемых перекрестках, касающиеся параметров светофорного регулирования, совершенствования светофорного регулирования путем оптимизации продолжительности переходного интервала в светофорном цикле, улучшения информированности и своевременного оповещения водителей о предстоящей смене сигналов светофора разделения транспортных и пешеходных потоков, дорожных условий, транспортной планировки и технических средств организации дорожного движения.

15. Разработаны рекомендации и внедрены различные технические, планировочные и организационно-технические решения по применению искусственных неровностей в населенных пунктах, допуская их установку только после доказанной невозможности или неэффективности использования других мер по повышению безопасности движения и ограничивая их применение жилыми зонами и приравненными к ним дворовыми территориями и, как исключение, на двухполосных улицах или дорогах с малоинтенсивным движением.

16. Рекомендации позволили создать, оценить, спроектировать и внедрить безопасные схемы организации движения на улично-дорожной сети городов Республики Беларусь и тем самым снизить аварийность на 15–100 % и повысить качество дорожного движения в целом не менее чем на 10 % на объектах внедрения.

17. Разработано (в соавторстве), включено в норматив СТБ 1300–2007 и широко применяется для организации дорожного движения запатентованное техническое средство регулирования движения транспортных потоков на перекрестках – светофор с дополнительной многофункциональной секцией, предоставляющей водителям информацию об изменении режимов светофорного регулирования на перекрестке.

18. Результаты исследований использованы и внедрены более чем в 200 проектах, разработанных при участии и под руководством автора, во многих проектных и научно-исследовательских организациях, а именно в ТКП 45-3.03-227–2010 «Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования», ТКП 45-3.01-116–2008 «Градостроительство. Населенные пункты. Нормы планировки и застройки», ДМД 02191.3.020–2009 «Методика оценки эффективности внедрения мероприятий по организации дорожного движения» и др. Имеется значительный суммарный экономический эффект от внедрения результатов работы.

19. Научная методология рекомендована для оценки принимаемых решений по организации движения при разработке Генеральных планов, Комплексных транспортных схем различных городов, Комплексных схем организации движения, а также проектов реконструкции и развития транспортных систем различного уровня.

20. Одним из путей развития предложенного направления исследования является целесообразным дальнейшее совершенствование метода конфликтных ситуаций прогнозирования аварийности путем более детальной классификации конфликтов по видам и введения в расчетную модель прогнозирования новых факторов, влияющих на аварийность, в частности, скорости движения и конфликтных зон.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Врубель, Ю.А. Водителю о дорожном движении: пособие для слушателей учебного центра подготовки, повышения квалификации переподготовки кадров автотракторного факультета / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский. – 3-е изд., дораб. – Минск: БНТУ, 2010. – 139 с.
2. Врубель, Ю.А. Потери в дорожном движении / Ю.А. Врубель. – Минск: БНТУ, 2003. – 380 с.
3. Блинкин, М.Я. Безопасность дорожного движения: история вопроса, международный опыт, базовые институты / М.Я. Блинкин, Е.М. Решетова. – М.: Высшая школа экономики, 2013. – 240 с.
4. Об утверждении Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 14 июня 2006 г., № 757 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2006. – № 5/22459.
5. Глобальный кризис в области безопасности дорожного движения. Повышение безопасности дорожного движения во всем мире / Пункт 46 повестки дня 24 февраля 2010 года // Шестидесят четвертая сессия Генеральной ассамблеи ООН [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://www.unecce.org/trans/doc/2010/wp1/WP1-59-INF1e.pdf>. – Дата доступа: 11.04.2010.
6. Global status report on road safety 2013: supporting a decade of action / world health organization/ department of violence and injury prevention and disability (vip) / world health organization, 2013. – 318 p.
7. Improving global road safety: Note by the Secretary-General // United Nations General Assembly Norway [Electronic resource]. – 2011. – Mode of access: [http://www.unecce.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2011/wp1/Improving\\_Global\\_Road\\_Safety\\_2011.pdf](http://www.unecce.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2011/wp1/Improving_Global_Road_Safety_2011.pdf). – Date of access: 20.03.2012.
8. Состояние безопасности дорожного движения в Республике Беларусь в 1999–2008 годах и наметившиеся тенденции: аналитический сб. / сост.: В.В. Бульбенков, А.А. Сушко, О.Г. Ливанский; под общ. ред. А.Н. Кулешова. – Минск: Полиграфический Центр МВД Респ. Беларусь, 2009. – 144 с.
9. Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2010 году: аналитический сб. / сост.: В.В. Бульбенков, О.Г. Ливанский; под общ. ред. Е. Е. Полудня. – Минск: МВД Респ. Беларусь, 2011. – 89 с.
10. Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2011 году: аналитический сб. / сост.: В.В. Бульбенков, О.Г. Ливанский; под общ. ред. Н.А. Мельченко. – Минск: Полиграфический Центр МВД Респ. Беларусь, 2012. – 89 с.
11. Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2016 году: аналитический сб. / сост.: Сороговец М.Ю.; под общ. ред. Н.А. Мельченко. – Минск: Полиграфический Центр МВД Респ. Беларусь, 2017. – 92 с.

12. Капский, Д.В. Совершенствование метода прогнозирования аварийности на регулируемых перекрестках для повышения безопасности дорожного движения: дис....канд. техн. наук: 05.22.10 / Д.В. Капский. – Минск, 2003. – 132 л.
13. Сведения о дорожно-транспортных происшествиях на автомобильных дорогах общего пользования Республики Беларусь в 2009 году: аналитический сб. – Минск: РУП «Белдорцентр», 2010. – 113 с.
14. Сведения о дорожно-транспортных происшествиях на автомобильных дорогах общего пользования Республики Беларусь в 2011 году: аналитический сб. – Минск: РУП «Белдорцентр», 2012. – 114 с.
15. Сведения о дорожно-транспортных происшествиях на автомобильных дорогах общего пользования Республики Беларусь в 2013 году: аналитический сб. – Минск: РУП «Белдорцентр», 2014. – 116 с. (с вклейкой).
16. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения = Тэхнічныя сродкі арганізацыі дарожнага руху. Правілы прымянення: СТБ1300-2007. – Введ. 01.09.2007. – Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. – 118 с.
17. Организация дорожного движения: справочное пособие / А.Л. Рыбин [и др.]; под общ. ред. С.В. Федотова. – М.: ФГУП «РОСДОРНИИ», 2010. – 432 с.
18. Рябчинский, А.И. Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса: учебник / А.И. Рябчинский, В.А. Губков, Е.А. Кравченко. – М.: Академия, 2011. – 256 с.
19. Горев, А.Э. Организация и безопасность дорожного движения / А.Э. Горев, И.Н. Пугачев, Е.М. Олещенко. – М.: Академия, 2009. – 272 с.
20. Руководство по регулированию дорожного движения в городах. – М.: Стройиздат, 1974. – 97 с. (М-во внутренних дел СССР, М-во жил.-коммун. хоз-ва РСФСР).
21. Условия введения различных режимов регулирования дорожного движения / под ред. М.Б. Афанасьева. – М.: ВНИИ БД МВД СССР, 1976. – 319 с.
22. Правила дорожного движения и меры ответственности за их нарушение: по состоянию на 4 янв. 2011 г. – Минск: Нац. Центр правовой информ. Респ. Беларусь, 2011. – 144 с.
23. Комментарий к правилам дорожного движения / В.В. Бируля [и др.]. – Минск: Тонпик, 2009. – 560 с.
24. Основные показатели работы по проведению обязательного страхования гражданской ответственности владельцев транспортных средств в Республике Беларусь за 2008 г.: аналитический сб. / сост.: С.В. Рабецкий [и др.]; под общ. ред. А.П. Авсейко. – 7-е изд. – Минск: Белорус. бюро по транспортному страхованию, 2009. – 79 с.
25. Основные показатели работы по проведению обязательного страхования гражданской ответственности владельцев транспортных средств в

Республике Беларусь за 2011 год: аналитический сб. / сост.: С.В. Рабецкий [и др.]; под общ. ред. А.П. Авсейко. – 9-е изд. – Минск: ББТС, 2012. – 78 с.

26. Основные показатели работы по проведению обязательного страхования гражданской ответственности владельцев транспортных средств в Республике Беларусь за 2013 год: аналитический сб. / сост.: С.В. Рабецкий [и др.]; под общ. ред. А.П. Авсейко. – 12-е изд. – Минск: ББТС, 2014. – 76 с.

27. Недведский А. Анализ рынка добровольного страхования наземных транспортных средств / А. Недведский // Страхование в Беларуси. – 2010. – № 05(90). – С. 14–17.

28. Использование специальных познаний в расследовании и ДТП / А.М. Кривицкий [и др.]; под общ. ред. А.М. Кривицкого и Ю.И. Шапорова. – Минск: Харвест, 2004. – 128 с.

29. Селюков, Д.Д. Решение проблемы преступления против безопасности дорожного движения / Д.Д. Селюков // Безопасные дороги: сб. докладов науч.-практ. конференции 22 апреля 2014 года гл. ред. Б.Б. Каримов.– Международный совет дорожников. – Москва, 2014. – с. 50–57.

30. Врубель, Ю.А. Организация дорожного движения: в 2 ч. / Ю.А. Врубель. – Минск: Белорус. Фонд безопасности дорожного движения, 1996. – Ч.1. – 328 с.

31. Бадалян, А.М. Определение степени опасности конфликтных ситуаций в дорожном движении / А.М. Бадалян // Проектирование автомобильных дорог: сб. науч. тр. МАДИ (ГТУ) / МАДИ (ГТУ). – М., 2002. – С. 87–96.

32. The Hand book of road safety measures / R. Elvick [et al.]. – Second edition. – Bingley: Emerald Group Published Limited, 2009. – 1124 p.

33. Laureshyn, A. Application of automated video analysis to road user behaviour: doctoral thesis / A. Laureshyn. – Lund, 2010. – 202 p.

34. Лукьянов, В.В. Безопасность дорожного движения / В.В. Лукьянов. – М.: Транспорт, 1982. – 262с.

35. Arranz, J.M. Traffic accidents, deaths and alcohol consumption / J.M. Arranz, A.I. Gil // Applied Economics. – 2009. – 41(20). – Pp. 2583–2595.

36. Road safety 2010: IRTAD annual report [Electronic resource] / OECD/ITF. – 2011. – Mode of access: <http://www.internationaltransportforum.org/irtad/pdf/10IrtadReport.pdf>. – Date of access: 10.03.2016.

37. James Lenard, Alexandro Badea-Romerob, Russell Dantonc // Typical pedestrian accident scenarios for the development of autonomous emergency braking test protocols // Accident Analysis and Prevention, 73, 2014. – P. 73–80.

38. О введении в практику правил судебно-медицинской экспертизы характера и тяжести телесных повреждений в Республике Беларусь: Приказ М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 14 нояб. 1991 г., № 200 // Бюллетень нормативно-правовой информации. – 1992. – №3.

39. О нормативных правовых актах и методических документах Белорусской государственной службы судебно-медицинской экспертизы: Приказ Белорус. гос. службы судебно-медицинской экспертизы, 01 июля 1999 г., № 38-с // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2001. – № 10/45.

40. Об утверждении Инструкции о порядке учета дорожно-транспортных происшествий: Приказ М-ва внутр. дел Респ. Беларусь, 21 марта 2013 № 97.

41. Mid Term Review of the European Commission Transport White Paper 2011-2020 Briefing – European Parliament Own Initiative Report January 2015/European Transport Safety Council/http // Режим доступа: [etsc.eu/wp-content/uploads/2015\\_02\\_mtr\\_transport\\_white\\_paper.pdf](http://etsc.eu/wp-content/uploads/2015_02_mtr_transport_white_paper.pdf) – Дата доступа: 20.01.2017.

42. CSNg dati Latvijā (2000–2011g.) / /CSDD [Electronic resource]. – 2012. – Mode of access: [http://www.csdd.lv/lat/noderiga\\_informacija/statistika/celu\\_satiksmes\\_negadijumi/?doc=523](http://www.csdd.lv/lat/noderiga_informacija/statistika/celu_satiksmes_negadijumi/?doc=523). – Date of access: 20.03.2017.

43. Road traffic accidents involving personal injury, February 2012 // Statistics Norway [Electronic resource]. – 2012. – Mode of access: [http://www.ssb.no/vtu\\_en/tab-2012-02-24-01-en.html](http://www.ssb.no/vtu_en/tab-2012-02-24-01-en.html). – Date of access: 20.03.2017.

44. Дорожно-транспортні пригоди за 12 місяців 2011 року // Управління ДАІ МВС України [Електронний ресурс]. – 2011. – Режим доступа : [http://www.sai.gov.ua/uploads/filemanager/file/dtp12\\_2011.pdf](http://www.sai.gov.ua/uploads/filemanager/file/dtp12_2011.pdf). – Дата доступа: 20.03.2017.

45. Общее количество ДТП, число погибших и раненых (за 2011 г.) // Госавтоинспекция МВД России. Уважение, профессионализм, безопасность [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.gibdd.ru/stat/1/2011.pdf>. – Дата доступа: 20.03.2017.

46. Accident rate information // Lithuanian Road Administration under the Ministry of Transport and Communications [Electronic resource]. – 2012. – Mode of access: [http://www.lra.lt/en.php/traffic\\_safety/accident\\_rate\\_information/106](http://www.lra.lt/en.php/traffic_safety/accident_rate_information/106). – Date of access: 20.03.2017.

47. Организация дорожного движения в городах: метод. пособие / под ред. Ю.Д. Шелкова. – М.: НИЦ МВД России, 1995. – 143 с.

48. Михайлов, А.Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов / А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.

49. Новиков, А.В. Оценка мероприятий по управлению и безопасности движения на многополосных дорогах: автореф. дис...канд. техн. наук: 05.22.10 / А.В. Новиков; МАДИ (ГТУ). – М., 2005. – 23 с.

50. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах: ОДМ 218.4.005-2010. – Введ. 12.01.2011. – М.: Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2011. – 187 с.

51. Рекомендации по выявлению участков концентрации дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах общего пользования и повышению безопасности дорожного движения на них: ДМД 02191.3.015-2011. – Введ. 01.01.2012. – Минск: ОНТИ РДУП «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ», 2011. – 32 с.

52. Бабков, В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В.Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1982. – 288 с.

53. Бондарь, Т.В. Аварийность на дорогах Украины / Т.В. Бондарь, В.К. Вырожемский // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 5-й Междунар. науч.-техн. конф. / Бел. нац. техн. ун-т. – Минск, 2007. – Т. 1. – С. 546–554.

54. Бульбенков, В.В. Графические методы представления показателей безопасности дорожного движения / В.В. Бульбенков, А.А. Сушко, В.А. Трухов. – Минск: Управление гос. автомобильной инспекции МВД Респ. Беларусь, 2007. – 40 с.

55. Ваулин, Э.М. Теоретические и практические основы выявления и устранения топографических очагов дорожно-транспортных происшествий / Э.М. Ваулин, А.П. Юров. – М.: Минавтотранс РСФСР, 1989. – 107 с.

56. Волошин, Г.Я. Анализ дорожно-транспортных происшествий / Г.Я. Волошин, В.П. Мартынов, А.Г. Романов. – М.: Транспорт, 1987. – 240 с.

57. Road accident data in the enlarged European Union. Learning from each other [Electronic resource]. – Brussels: European Transport Safety Council, 2006. – Mode of access: [http://www.etsc.eu/documents/Road\\_accident\\_data\\_in\\_the\\_Enlarged\\_European\\_Union.pdf](http://www.etsc.eu/documents/Road_accident_data_in_the_Enlarged_European_Union.pdf). – Date of access : 10.04.2016.

58. Verma Saurabh / COMMON ACCIDENT DATA SET / Reference Guide / Version 3.2 – February 2013 / Directorate-General for Mobility and Transport/ – 133 p.

59. Highway Safety Manual [Electronic resource]. – First Edition. – Current as of April 6, 2009. – PARTD: Accident modification factors. – Mode of access: [ftp://ftp.granit.sr.unh.edu/pub/submissions/NHDOTOUT/craig/HSM/Chapter%2017\\_RoadNetworks.pdf](ftp://ftp.granit.sr.unh.edu/pub/submissions/NHDOTOUT/craig/HSM/Chapter%2017_RoadNetworks.pdf). – Date of access: 11.08.2009.

60. Бондар, Т.В. Ступені небезпечності дорожніх умов на ділянках концентрації ДТП, визначених з урахуванням аварійності з постраждалими та матеріальним збитком / Т.В. Бондар // Дороги і мости: зб. наук. пр. / ДерждорНДІ. – К., 2008. – Вип. 10. – С. 43–50.

61. Справочная энциклопедия дорожника [Электронный ресурс] / А.П. Васильев [и др.]; под ред. А.П. Васильева. – М., 2004. – Т. 2: Ремонт и содержание автомобильных дорог. – Режим доступа: [http://www.complex-doc.ru/ntdtext/539298#\\_Тoc190842146](http://www.complex-doc.ru/ntdtext/539298#_Тoc190842146). – Дата доступа: 12.01.2008.

62. Tu H. The Effects of Traffic Accidentson Travel Time Reliability / H. Tu, H. van Lint, H. van Zuylen // Proceedings of the 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Beijing, China, October 12–15, 2008 [Electronic resource]. – 2008. – Mode of access: <http://www.asmemesa.org/itsc08/ITSC2008/papers/0111.pdf>. – Date of access : 13.04.2009.

63. Методические рекомендации по назначению мероприятий для повышения безопасности движения на участках концентрации дорожно-транспортных происшествий / Росавтодор (Российское дорожное агентство). – М.: Информавтодор, 2000. – 63 с.

64. Комплексная методика программно-целевого сокращения аварийности в местах концентрации ДТП / НИИАТ. – М.: Рекламно-информационное бюро «Турист», 1994. – 96 с.



65. Коломієць, С.Г. До питання діяльності Державтоінспекції по попередженню аварійності на автомобільному транспорті / С.Г. Коломієць // Безпека дорожнього руху України. – 2001. – №1(9). – С. 22–28.
66. Живогляд, В.Г. Теория движения транспортных и пешеходных потоков / В.Г. Живогляд. – Ростов н/Д.: Изд-во журн. «Известия вузов. Северо-Кавказский регион», 2005. – 1082 с.
67. Розробити стандарт організації України (СОУ) «Порядок визначення ділянок і місць концентрації ДТП на дорогах загального користування» взамін ГСТУ 218-03450778.090» Звіт НДР / Держ. дорожній наук.-досл. ін-т; Керівник роботи Т.В. Бондар. – К., 2005 – 48 с.
68. Клебельсберг, Д. Транспортная психология / Д. Клебельсберг; пер. с нем. – М.: Транспорт, 1989. – 367 с.
69. Справочник по безопасности дорожного движения / под ред. В.В. Сильянова. – М.: Транспорт, 2001. – 754 с.
70. Рекомендации по обеспечению безопасности дорожного движения на участках концентрации ДТП на автомобильных дорогах общего пользования: утв. Приказом Комитета по автомобильным дорогам М-ва транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь № 43 от 27.03.01 г. – 54 с.
71. Руководство по устранению и профилактике возникновения участков концентрации ДТП при эксплуатации автомобильных дорог: ОДМ 218.4.004-2009. – Введ. 01.08.09. – М.: Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2009. – 118 с.
72. Рыбин, А.Л. Совершенствование модели прогноза эффективности мероприятий по безопасности дорожного движения в очаге аварийности / А.Л. Рыбин // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: сб. докл. шестой Междунар. конф. / СПбГАСУ. – СПб., 2004. – С. 271–273.
73. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: справочник / В.У. Рэнкин [и др.]; пер. с англ. – М.: Транспорт, 1981. – 592 с.
74. Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автомобильного движения / А.П. Буслаев [и др.]. – М.: МИР. – 2003. – 376 с.
75. Гаврилов, Э.В. Прогнозирование расчетных характеристик для проектирования и эксплуатации автомобильных дорог / Э.В. Гаврилов, М.А. Григоров, В.К. Доля. – Одесса, 2006. – 190 с.
76. ЛИННИК И.Э. Теоретические основы прогнозирования эволюции эргономичной системы «водитель–транспортное средство–транспортная сеть – среда»: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.01.04 / И.Э. Линник; ИВЦ ХНАГХ. – Х., 2013. – 46 с.
77. Давидич, Ю.А. Теоретические основы эргономического обеспечения автотранспортных технологических процессов: автореф. дис.... д-ра техн. наук: 05.22.01; 05.01.04 / Ю.А. Давидич; ИВЦ ХНАГХ. – Х., 2007. – 44 с.
78. Репік, А. Рівень аварійності і стаж водія / А. Репік // Безпека дорожнього руху України. – 2001. – № 2(10). – С. 93–96.

79. Короткова, Ю.А. Разработка и обоснование методики профессионального подбора водителей на специализированном подвижном составе: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08; 05.22.10 / Ю.А. Короткова; Московский автомобильно-дорожный госуд. техн. ун-т (МАДИ). – М., 2012. – 23 с.

80. Уткин, А.В. Определение показателей безопасности движения с учетом оценки водителями взаимодействий в транспортном потоке: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / А.В. Уткин. – М.: Технополиграфцентр, 2008. – 22 с.

81. Батракова, А.Г. Оценка безопасности движения на автомобильных дорогах с учетом факторов риска / А.Г. Батракова, Л.О. Коваленко // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: сб. наук. праць. – К., 2004. – Вып. 72. – С. 237–243.

82. Björklund, G.M. Driver behavior in intersections: formal and informal traffic rules / G. M. Björklund, L. Åberg // Transportation Research. – 2005. – Part F8. – P. 239–253.

83. Активная безопасность автомобиля. Основы теории / М.С. Высоцкий [и др.]. – Минск: НИРУП «Белавтотракторостроение», 2002. – 184 с.

84. Поліщук, В.П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху: навч. посіб / В.П. Поліщук, О.П. Дзюба. – К.: Знання України, 2008. – 175 с.

85. Леонович, И.И. Погодно-климатическое районирование территории Республики Беларусь и учет его в дорожной практике / И.И. Леонович // Наука – образованию, производству, экономике: материалы Третьей междунар. науч.-техн. конф., Минск, 2006: в 2т. / Белорус. нац. техн. ун-т; редкол.: Б.М. Хрусталева, Ф.А. Романюк, А.С. Калиниченко. – Минск, 2006. – Т. 1. – С. 359–363.

86. Инструкция по учету потерь народного хозяйства от дорожно-транспортных происшествий при проектировании автомобильных дорог: ВСНЗ-81. – Введ. 01.04.82. – М.: Минавтодор РСФСР: Транспорт, 1982. – 128 с.

87. The Swedish Traffic Conflict Technique // Department of Technology and Society Lund University in Sweden [Electronic resource]. – Mode of access: [http://www.tft.lth.se/fileadmin/tft/dok/Brochure\\_ConflictTechnique.pdf](http://www.tft.lth.se/fileadmin/tft/dok/Brochure_ConflictTechnique.pdf). – Date of access: 09.03.2005.

88. Archer, J. Traffic Conflict Technique: Historical to current State-of-the-Art / J. Archer // Institutionen för Infrastruktur KTH [Electronic resource]. – Stockholm, 2001. – Mode of access: [http://www.ctr.kth.se/publications/ctr2001\\_05.pdf](http://www.ctr.kth.se/publications/ctr2001_05.pdf). – Date of access: 12.07.2005.

89. Hydén, C. Evaluation of traffic safety, based on micro-level behavioural data: Theoretical framework and first implementation / C. Hydén, A. Laureshyn, Å. Svensson // Elsevier, Accident Analysis and Prevention [Electronic resource]. – 2010. – Mode of access: [http://www.tft.lth.se/fileadmin/tft/video\\_in\\_traffic/Publications/Laureshyn\\_Svensson\\_Hyden\\_2010.pdf](http://www.tft.lth.se/fileadmin/tft/video_in_traffic/Publications/Laureshyn_Svensson_Hyden_2010.pdf). – Date of access: 30.03.2010.

90. Еремин, В.М. Компьютерные эксперименты с моделями транспортных потоков для оценки степени опасности движения на двухполосных нерегулируемых пересечениях / В.М. Еремин, П.Н. Королев // Транспорт: наука, техника, управление: науч. информ. сб. / ВИНТИРАН. – М., 2007. – № 3. – С. 33–35.

91. Кот, Е.Н. Исследование взаимодействия пешеходных и поворотных транспортных потоков методом конфликтных ситуаций / Е.Н. Кот // Безопасность дорожного движения в Украине. – 2005. – № 3-4(21). – С. 16–24.

92. Егоров, В.А. Представление знаний в диагностической экспертной системе / В.А. Егоров, Я.С. Шатило, И.В. Рыжик // Проблемы автомобильного комплекса Саратовской области и пути их решения: материалы Региональной науч.-практ. конф., Саратов, 16–17 мая 1996 г. / Саратовский гос. техн. ун-т. – Саратов, 1996. – Ч. 1. – С. 86–87.

93. Білятинський, О.А. Діапазон підсумкових коефіцієнтів аварійності, при яких доцільно виводити транзитні автомобілі з в'їзних на об'їзні дороги / О.А. Білятинський, В.П. Старовойда // Безпека дорожнього руху України. – 1999. – № 4(5). – С. 30–35.

94. Rappoport, H.A. Die Ausbildung plangeicher Knotenpunkte im Landstrassennetz / H.A. Rappoport. – Strassen und Tiefbau, 1955. – № 8. – S. 499–510.

95. Лобанов, Е.М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя / Е.М. Лобанов. – М.: Транспорт, 1980. – 311 с.

96. Рябец, Я.В. Комплексная оценка потенциальной опасности движения на перекрестке: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Я.В. Рябец. – К.: ГП «ДрукарняМВС», 2009. – 20 с.

97. О дорожном движении: Закон Респ. Беларусь, 5 янв. 2008 г., № 313-З // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 2/1410.

98. Альгин, В.Б. Концепция ассистента водителя для критических ситуаций и ее реализация на примере экстренного торможения автомобиля / В.Б. Альгин, Д.В. Третьяк, О.В. Дробышевская // Механика машин, механизмов и материалов. – 2010. – № 4(13). – С. 11–17.

99. Болбас, М.М. Транспорт и окружающая среда: учебник / М.М. Болбас, Е.Л. Савич, Г.М. Кухаренок. – Минск, 2003. – 262 с.

100. Моделирование и анализ процесса трогания автопоезда с места / О.С. Руктешель [и др.] // Механика машин, механизмов и материалов. – 2011. – № 4(17). – С. 19–23.

101. Русаков, В.З. Безопасность автотранспортных средств в эксплуатации: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.10 / В.З. Русаков; МАДИ (ГТУ). – М., 2005. – 36 с.

102. Рябчинский, А.И. Оценка эффективности ремней безопасности и удерживающих систем / А.И. Рябчинский, К.Л. Бидинский // Автомоб. пром-сть. – 2001. – № 2. – С. 36–37.

103. Тенденции развития автоматизированных систем управления механическими коробками передач большегрузных автомобилей / В.Л. Со-

ломахо [и др.] // Известия Национальной академии наук Беларуси. – Сер. физ.-техн. наук. – 2006. – № 2. – С. 50–54.

104. Ярошевич, В.К. Улучшение технико-экономических и экологических показателей высокофорсированных дизелей регулированием температуры наддувочного воздуха / В.К. Ярошевич, Г.А. Вершина, Е.С. Тамкович // Двигателестроение. – 2006. – № 4. – С. 25–28.

105. Ваксман, С.А. Моделирование ДТП – градостроительный аспект / С.А. Ваксман, Л.И. Свердлин // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: сб. докл. шестой Междунар. конф. / СПб ГАСУ. – СПб., 2004. – С. 305–307.

106. Немчинов, Д.М. Принципы и методы планирования сетей автомобильных дорог / Д.М. Немчинов. – М., ТехПолиграфЦентр, 2014. – 199 с.

107. Яромко, В.Н. Ремонт цементобетонных покрытий / В.Н. Яромко // Автомобильные дороги. – 2009. – № 3. – С. 64–68.

108. Комаров, Ю.Я. Повышение уровня безопасности на пассажирском автотранспорте с использованием комплексного подхода к профессиональному отбору водителей / Ю.Я. Комаров, М.Н. Дятлов // Автотранспортное предприятие. – 2014. – № 10. – С. 18–22.

109. Поліщук, В.П. Інформаційне забезпечення учасників дорожнього руху: навч. посібник / В.П. Поліщук, Н.Т. Кунда. – К.: ІЗМН, 1998. – 132 с.

110. Сушко, А.А. Правила дорожного движения Республики Беларусь с подробными разъяснениями и комментариями / А.А. Сушко, М.М. Сосно, В.Г. Пикульский. – Минск: Харвест, 2011. – 304 с.

111. Жук, И.В. Опыт оценки качества подготовки водителей механических транспортных средств в учебных организациях Республики Беларусь / И.В. Жук, В.С. Миленский // Автотранспортное предприятие. – 2011. – № 1. – С. 27–29.

112. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий в примерах и задачах: учеб. пособ. (гриф). Доп. УМО вузов РФ по образованию в области транспортных машин и транспортно-технологических комплексов / Ю.Я. Комаров [и др.]. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 290 с.

113. Енин, Д.В. Город равных возможностей: доступная пешеходная инфраструктура / Д.В. Енин, Е.И. Енина, А.В. Евстигнеева. – Воронеж, 2011. – 179 с.

114. Енглезі, І.П. Ефективність координованого управління транспортними потоками: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / І.П. Енглезі. – К., 2004. – 21 с.

115. Системологія на транспорті. Підручник у 5 кн. / Під заг. ред. Дмитриченка М. Ф. – Кн. IV: Організація дорожнього руху / Е.В. Гаврилов [і ін.] – К.: Знання України, 2007. – 451 с.

116. Лобашов, О.О. Моделювання впливу мережі паркування на транспортні потоки в містах: монографія / О.О. Лобашов. – Харьков: ХНАМГ, 2010. – 170 с.

117. Методика оценки эффективности внедрения мероприятий по организации дорожного движения: ДМД 02191.3.020-2009. – Введ. 01.11.2009. – Минск: ОНТИ РДУП «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ», 2009. – 40 с.

118. Аудит дорожной безопасности. Практический опыт и рекомендации. – Архангельск: ООО «Автодорожный консалтинг», 2007. – 64 с.

119. Räsänen, M. Effects of a rumble strip barrier line on lane keeping in a curve / M. Räsänen // *Accident Analysis & Prevention*. – 2005. – 37(3). – P. 575–581.

120. R. Jaeger, Randel. Traffic calming – speed humps effect / Randel R. Jaeger // Des Plaines Fire Department, Illinois [Electronic resource]. – 2008. – Mode of access: <http://www.usfa.dhs.gov/pdf/efop/efo42774.pdf>. – Date of access: 14.10.2009.

121. Literature Review on Vehicle Travel Speeds and Pedestrian Injuries: Final Report / U. S. Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration [Electronic resource]. – October 1999. – DOT HS 809021. – Mode of access: <http://www.nhtsa.gov/people/injury/research/pub/hs809012.html>. – Date of access: 24.04.2010.

122. Manual for Gloucestershire Streets / (3rd Edition Adopted 12th June 2013) / Gloucestershire county council / 2013. – 187 p.

123. Handbook for Local and Inter-Community Transportation Planning in **Maine // Implementing Maine’s Sensible Transportation Policy Act through Coordinated Transportation and Land Use Planning** [Electronic resource]. – 2008. – Mode of access: <http://www.maine.gov/mdot/planningdocuments/stpa/handbook/SensibleTransportation092908.pdf>. – Date of access: 25.07.2009.

124. **Чикалина, С.Л. Методика выделения зон успокоения движения и мест размещения пешеходных зон в центральной части г. Иркутска / С.Л. Чикалина // Вестн. ИрГТУ. – 2007. – № 2(30). – С. 11–13.**

125. A Study on Speed Humps // Center for Transportation Research and Education; Iowa State University [Electronic resource]. – 2007. – Mode of access: <http://www.ctre.iastate.edu/research/roadhump/>. – Date of access: 31.03.2016.

126. Speed Humps // Traffic Calming. Org [Electronic resource]. – 2012. – Mode of access: <http://trafficcalming.org/measures/speed-humps/>. – Date of access: 31.03.2016.

127. Traffic Calming. Roadway Design to Reduce Traffic Speeds and Volumes // Victoria Transport Policy Institute [Electronic resource]. – 2012. – Mode of access: <http://www.vtpi.org/tm/tm4.htm>. – Date of access: 31.03.2016.

128. Road traffic claimed 272 lives in 2010 // Transport and Tourism: Road traffic accidents. Statistics Finland. – [Electronic resource]. – 2010. – Mode of access: [http://www.stat.fi/til/ton/2010/ton\\_2010\\_2011-06-17\\_tie\\_001\\_en.html](http://www.stat.fi/til/ton/2010/ton_2010_2011-06-17_tie_001_en.html). – Date of access: 31.03.2016.

129. Interim Evaluation of the Implementation of 20 mph Speed Limits in Portsmouth: Final Report // Department for Transport [Electronic resource]. –

2010. – Mode of access: <http://www.dft.gov.uk/pgr/roadsafety/speedmanagement/20mphPortsmouth/pdf/20mphzoneresearch.pdf>. – Date of access: 12.04.2010.

130. N. Nadesan-Reddy / The effect of traffic calming on pedestrian injuries and motor vehicle collisions in two areas of the eThekweni Municipality: A before-and-after study / Vol 103, No 9 (2013) / The South African Medical Journal / <http://www.samj.org.za/index.php/samj/article/view/7024/5367>.

131. Guide for the Geometric Design of Driveways: Report 659 // Transportation research board of the National Academies [Electronic resource]. – Washington, 2010. – Mode of access: [http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp\\_rpt\\_659.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_659.pdf). – Date of access: 10.04.2010.

132. Traffic Calming Statistics // Traffic Logix [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.trafficlogix.com/statistics.asp>. – Date of access: 10.04.2010.

133. Urban Traffic Calming and Urban Traffic Calming and Health: A Literature Review Health: A Literature Review & Urban Traffic Calming and Urban Traffic Calming and Health Inequalities Health Inequalities / Olivier Bellefleur / CPHA, Edmonton June 13th, 2012 / Mode of access: <http://resources.cpha.ca/CPHA/Conf/Data/2012/A12-069e.pdf> – Date of access: 26.01.2016.

134. Fazzalano, J. Speed Bumps and Speed Humps: old research hreport [Electronic resource] / J. Fazzalano. – 2006. – Mode of access: <http://www.cga.ct.gov/2006/rpt/2006-r-0567.htm>. – Date of access: 12.11.2007.

135. Smith P. The Question of Speed Humps / P. Smith // Safe Speed Road Safety Campaign [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.bmj.com/content/330/7487/331/reply>. – Date of access: 18.09.2006.

136. Robinson, G. Speed Bumps and Humps / G. Robinson // Gotham Gazette: The Place for NYC Politics and policy [Electronic resource]. – May 05, 2003. – Mode of access: <http://www.gothamgazette.com/article/iotw/20030505/200/375#>. – Date of access: 26.01.2004.

137. Stephen, M. Wheele / Planning for Sustainability: Creating Livable, Equitable and Ecological communities / Second edition / Routledge – 2013. – 401 p.

138. **Приложение 2. Меры сдерживания скорости движения транспортных средств // Разработка программы мероприятий по повышению безопасности движения на участках концентрации ДТП на дорогах общего пользования Архангельской области [Электронный ресурс]. – 2003. – Режим доступа: [http://www.ador.ru/data/files/static/audit\\_07.pdf](http://www.ador.ru/data/files/static/audit_07.pdf). – Дата доступа: 10.05.2007.**

139. Litman, T. Safe Travels: Evaluating Mobility Management Traffic Safety Impacts / T. Litman, S. Fitzroy // Victoria Transport Policy Institute [Electronic resource]. – 18 February 2011. – Mode of access: <http://www.vtpi.org/safetrav.pdf>. – Date of access: 10.03.2011.

140. Traffic Engineering Handbook. – 6th Edition. – Washington: Institute of Transportation Engineers, 2009. – 717 p.

141. Концепция нулевой смертности // Vision Zero Initiative Traffic Safety by Sweden [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vision-zeroinitiative.com/ru/concept/>. – Дата доступа: 19.03.2016.
142. Tingvall, C. Time to say goodbye / C. Tingvall // Vision Zero International. – A traffic technology international publication. – January 2015. – P. 15.
143. ERIC GOLDWYN Can New York City Achieve Vision Zero? / The New Yorker / June 4, 2014 / <http://www.newyorker.com/tech/elements/can-new-york-city-achieve-vision-zero>
144. Рекомендации для решения задач по повышению безопасности дорожного движения на уровне местного самоуправления. Интегрированный подход. – 2-изд., перераб. / ООО «Автомобильный консалтинг»; Rouru Finland Oy. – Архангельск, 2010. – 191 с.
145. Сарбаев, В.И. Теоретические основы обеспечения экологической безопасности автомобильного транспорта: монография / В.И. Сарбаев. – М.: МГИУ, 2003. – 144 с.
146. Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов механическими транспортными средствами в населенных пунктах = Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Атмасфера. Выкіды забруджвальных рэчываў і цяплічных газаў у атмасфернае паветра. Правілы разліку выкідаў механічнымі транспартнымі сродкамі ў населенных пунктах: ТКП 17.08-03-2006(02120). – Введ. 28.06.06. – Минск: РУП «БелНИЦ «Экологія». – 18с.
147. Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2014. Вып. 3(34). Выпуск: 3(34), 2014. Серия: Политематическая Миненко Е. Ю., Курамшин Д. Ю. Воздействие автомобильного транспорта на окружающую среду и здоровье населения Пензы [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/22MinenkoKuramshin-2014\\_3\\_34\\_.pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/22MinenkoKuramshin-2014_3_34_.pdf)
148. Highway Capacity Manual / TRB. NRC. – Washington, 2000. – 1134 p.
149. Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice / A.E. Boardman [et al.]. – 3rd edition. – Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 2005. – 560 p.
150. Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen / Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen. – Köln, 2005. – 384 s.
151. Traffic control systems handbook // FHWA Office of Operations / Department of transportation federal highway administration. – 2005. – 256 p.
152. Ермакова, А. Пути совершенствования методики оценки и прогноза уровня безопасности движения в городских условиях / А. Ермакова, А. Матинян // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: материалы четвертой Междунар. конф., Санкт-Петербург, 28–29 сентября 2000 г. / СПбГ АСУ. – СПб., 2000. – С. 49–50.
153. Живоглядова, Л.В. Оценка безопасности движения на основе моделирования конфликтной загрузки перекрестков: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Л.В. Живоглядова. – М., 2005. – 204 л.

154. ОДМ 218.6.011-2013. Методика оценки влияния дорожных условий на аварийность на автомобильных дорогах федерального значения для планирования мероприятий по повышению безопасности дорожного движения. – М.: Росавтодор, 2013. 58 с.
155. Поліщук, В.П. Методи моделювання оптимального розподілу транспортних потоків по вулично-дорожній мережі при впливі перешкод руху / В.П. Поліщук, О.О. Бородуля // Вісник Національного транспортного університету. – 2006. – Вип. 13. – С. 88–93.
156. Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю; пер. с англ. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
157. Сильянов, В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В.В. Сильянов. – М.: Транспорт, 1977. – 303 с.
158. Зырянов, В.В. Критерии оценки условий движения и модели транспортных потоков / В.В. Зырянов. – Кемерово: Кузбас. политех. ин-т, 1993. – 164 с.
159. Сопильнык, Л.И. Анализ задач описания дорожно-транспортной среды / Л.И. Сопильнык // Моделювання та інформаційні технології: збірн. наук. Праць ІПМЕ НАН України. – К., 2000. – Вип. 5. – С. 135–143.
160. Shakil M. Rifaat, Md. H. Rahman, Mohammed, Mosabbir Pasha / Study on the Effect of Road Infrastructure, Socio-Economic and Demographic Features on Road Crashes in Bangladesh // World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Social, Education, Economics and Management Engineering Vol:8 No:4, 2014 – International Scholarly and Scientific Research & Innovation 8(4) 2014 1159 – 1164 / <http://waset.org/publications/9998643/study-on-the-effect-of-road-infrastructure-socio-economic-and-demographic-features-on-road-crashes-in-bangladesh>.
161. Левашев, А.Г. Проектирование регулируемых пересечений: учеб. пособие / А.Г. Левашев, А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. – 208 с.
162. Elvik, R. Laws of accident causation / R. Elvik // Road safety issues [Electronic resource]. – Mode of access: [www.ictct.org/dlObject.php?document\\_nr=57&/S7\\_Elvik.pdf](http://www.ictct.org/dlObject.php?document_nr=57&/S7_Elvik.pdf). – Date of access: 10.04.2009.
163. Блинкин, М.Я. Качество институтов и транспортные риски / М.Я. Блинкин, А.В. Сарычев. – М.: Некоммерческое партнерство «Научно-исследовательский институт транспорта и дорожного хозяйства», 2008. – 90 с.
164. Traffic Calming in Delhi – a Feasibility Study of Traffic Safety Measures: Final Thesis of Martin Kristian Kallesen / Aalborg University, Department of Development and Planning. – Denmark, August 2006. – 141 p.
165. Meng Lu. Modelling and evaluation of the effects of traffic safety measures. Comparative analysis of driving assistance systems and road infrastructure : doctoral thesis / Lu. Meng. – Lund, 2007. – 65 p.



166. **Современные кольцевые пресечения / А.В. Зедгенизов [и др.]. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. – 103 с.**

167. **Расчет числа погибших в ДТП на основе социально-экономических показателей / А.Б. Чубуков [и др.] // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2014 (69). – № 3. – С. 3–5.**

168. The effects of road infrastructure and law enforcement on traffic accidents on intercity roads in Israel / 25/03/2014 / <http://www.boi.org.il/en/NewsAndPublications/PressReleases/Pages/25-03-2014-AnnualReportCarAccidents.aspx>.

169. Annual road fatalities / Transparency data / From: Department for Transport Last updated: 29 September 2014, see all updates / <https://www.gov.uk/government/publications/annual-road-fatalities>.

170. **The No. 1 Cause of Traffic Fatalities? It's Not Texting** It's driving / PHILIP N. COHEN / OCT 9, 2014 / <http://www.psmag.com/health-and-behavior/1-cause-traffic-fatalities-texting-92121>.

171. Michael Grimm and Carole Treibich Determinants of Road Traffic Crash Fatalities across Indian States / Working Paper No. 531. – January 2012. – <file:///C:/Users/den/Downloads/wp531.pdf>.

172. Mohamed Omer ESMAEL, Kuniaki SASAKI, Kazuo NISHII Road Traffic Accident Trend in Developing Countries – The Policy Implications / Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.9, 2013/ <http://east.info/on-line/proceedings/vol9/PDF/P384.pdf>. – Date of access: 12.08.2015.

173. Trends in Road Traffic Accidents in Ghana; Implications for Improving Road User Safety Nicholas Apreh Siaw, Emmanuel Duodu, Samuel Kwakye Sarkodie / International Journal of Humanities and Social Science Invention ISSN (Online): 2319 – 7722, ISSN (Print): 2319 – 7714 [www.ijhssi.org](http://www.ijhssi.org) Volume 2 Issue 11 November. 2013 – PP. 31–35. [http://www.ijhssi.org/papers/v2\(11\)/Version-3/G021103031035.pdf](http://www.ijhssi.org/papers/v2(11)/Version-3/G021103031035.pdf)

174. Traffic Accidents Trends and Characteristics in Jordan / Bashar AL-Omari , Khalid Ghuzlan , Hala Hasan / International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS Vol:13 No:05 / PP. 9–16. [http://www.ijens.org/Vol\\_13\\_I\\_05/136205-8484-IJCEE-IJENS.pdf](http://www.ijens.org/Vol_13_I_05/136205-8484-IJCEE-IJENS.pdf)

175. Malkhamah, S. The Development of automatic method of safety monitoring at pelican crossing / S. Malkhamah, M. Tight, F. Montgomery // University of Leeds. – Leeds, 2005. – P. 1–28.

176. **Калугин, А.В. Разработка методов и средств для автоматической регистрации параметров ДТП: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / А.В. Калугин. – М.: Технополиграфцентр, 2009. – 25 с.**

177. Road safety evaluation using traffic conflicts: pilot comparison of micro-simulation and observation – Jiří Ambros, Richard Turek, Jiří Paukert /International Conference on Traffic and Transport Engineering – Belgrade, November 27-28, 2014 / – P. 221–227. <http://konflikt.cdvinfo.cz/file/road-safety-evaluation-using-traffic-conflicts/>.

178. Saunier N. Using Data Mining Techniques to Understand Collision Processes [Electronic resource] / N. Saunier, N. Mourji, B. Agard. – CIRRELT, 2011. – Mode of access: [http://www.pdaja.info/Read/\\_xsd.d3d3LmNpcnJlbHQY2E\\_xsd.dw\\_DocumentsTravail.dw\\_CIRRELT-2011-32.pdf.html](http://www.pdaja.info/Read/_xsd.d3d3LmNpcnJlbHQY2E_xsd.dw_DocumentsTravail.dw_CIRRELT-2011-32.pdf.html). – Date of access: 19.03.2012.

179. Crosswalk Safety evaluation using a Pedestrian Risk Index as Traffic Conflict Measure [Electronic resource] / S. Cafiso [et al.] – Indianapolis, USA, 2011. – Mode of access: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/conferences/2011/RSS/2/Cafiso,S.pdf>. – Date of access: 19.03.2012.

180. A Microscopic Analysis of Traffic Conflict Caused by Lane-Changing Vehicle at Weaving Section / N. Uno [et al.] // Department of Civil Engineering, Kyoto University [Electronic resource]. – Mode of access: [http://www.iasi.cnr.it/ewgt/13conference/25\\_uno.pdf](http://www.iasi.cnr.it/ewgt/13conference/25_uno.pdf). – Date of access: 20.03.2010.

181. Ismail, K. Automated Pedestrian Safety Analysis Using Video Data in the Context of Scramble Phase Intersections: 2009 Annual Conference of the Transportation Association of Canada [Electronic resource] / K. Ismail, T. Sayed, N. Saunier / The University of British Columbia. – Mode of access: <http://n.saunier.free.fr/saunier/stock/ismail09automated-tac.pdf>. – Date of access: 20.03.2010.

182. Klunder, G. Development of a micro-simulation model to predict road traffic safety at intersections: TNO report / G. Klunder, A. Abdoelbasier, B. Immers / TNO Built environment and Geosciences [Electronic resource]. – 2006. – Mode of access: <http://www.transumofootprint.nl/Documentbibliotheek/03%20Projecten/Ad-vanced%20Traffic%20Monitoring/03%20Output/02%20Wetenschappelijke%20publicatie/Paper%20Microsimulation%20safety%20intersections%20ATMO.pdf>. – Date of access: 22.10.2007.

183. Traffic Safety Measures with Image Processing Sensors: And Analysis of Vehicle Behaviors [Electronic resource] / H. Hatakenaka [et al.]. – 2003. – Mode of access: [http://www.nilim.go.jp/japanese/its/3paper/pdf/061220wc\\_3.pdf](http://www.nilim.go.jp/japanese/its/3paper/pdf/061220wc_3.pdf). – Date of access: 20.10.2004.

184. **Шештокас, В.В. Конфликтные ситуации и безопасность движения в городах / В.В. Шештокас, Д.С. Самойлов. – М.: Транспорт, 1987. – 207 с.**

185. Comparative Analysis of Safety Performance Indicators Based on Inductive Loop Detector Data / R. Mamdoohi [et al.] // Traffic & Transportation, Vol. 26, 2014, No. 2, 139-149. file:///C:/Users/den/Downloads/12%20Promet%20Falah%202014.pdf.

186. **Hydén Christer. Traffic Conflict Techniques Theory and Practise / Christer Hydén // ICTCT's fifth International Course for Early Career Road Safety Researchers, 25th of October 2011. – Warsaw, Poland, 2011. – 48 p.**

187. **Селюков, Д.Д. Автомобильно-дорожно-климатическое районирование территории Беларуси и эффективность транспортных услуг / Д.Д. Селюков, И.И. Леонович // Вестн. БНТУ. – 2005. – № 5. – С. 10–15.**

188. **Аксенов, В.А. Экономическая эффективность рациональной организации дорожного движения / В.А. Аксенов, Е.Л. Попова, О.А. Дивочкин. – М.: Транспорт, 1987. – 128 с.**

189. Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах: ВСН 25-86. – Введ. 01.05.87. – М.: Транспорт, 1988. – 191 с.

190. Чванов, В.В. Нормирование итогового коэффициента вариации / В.В. Чванов, И.Ф. Живописцев // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2009. – № 3. – С. 12–16.

191. Методика оценки и расчета нормативов социально-экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий: Р-03112199-0502-00. – М.: Трансконсалтинг, 2001. – 44 с.

192. External Costs of the Belgian Interurban Freight Traffic: A Network Analysis of Their Internalization / M. Beuthel [et al.] // Transportation Research. – 2002. – Vol. 7, Issue 4. – P. 285–301.

193. Silcock, R. Guidelines for Estimating the Cost of Road Crashes in Developing Countries: Final Report [Electronic resource] / R. Silcock. – London: Department for International Development, 2003. – Mode of access: [http://www.transportlinks.org/transport\\_links/filearea/publications/1\\_807\\_R%207780.PDF](http://www.transportlinks.org/transport_links/filearea/publications/1_807_R%207780.PDF). – Date of access: 12.04.2004.

194. Cost Benefit Framework and model for the evaluation of transit and highway investments: Final Report / HLB Decision Economics Inc. – 2002. – 163 p.

195. The economic impact of motor vehicle crashes 2000 [Electronic resource] / L. Blincoe [et al]. – Washington: National Highway Traffic Safety Administration, 2002. – Mode of access: <http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/Communication%20&%20Consumer%20Information/Articles/Associated%20Files/EconomicImpact2000.pdf>. – Date of access: 04.10.2004.

196. Update of the Handbook on External Costs of Transport / Final Report / Ricardo-AEA/R/ ED57769 Issue Number 1 8 th January 2014 / <http://ec.europa.eu/transport/themes/sustainable/studies/doc/2014-handbook-external-costs-transport.pdf>.

197. Evaluating Safety and Health Impacts. TDM Impact on Traffic Safety, Personal Security and Public Health. TDM Encyclopedia // Victoria Transport Policy Institute [Electronic resource]. – 2010. – Mode of access: <http://www.vtpi.org/tdm/tdm58.htm>. – Date of access: 10.04.2010.

198. Венгеров, И.А. Риски возникновения ДТП на автомобильном транспорте в России и зарубежных странах / И.А. Венгеров, Н.А. Корошушкина, А.П. Юров. – М.: НИИАТ, 2004. – 50 с.

199. Литвин, Ю.А. Предотвращенный ущерб в дорожно-транспортных происшествиях как индикатор эффективности реализации концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь / Ю.А. Литвин, А.А. Сушко / Проблемы управления 2 (39) 2011 / серия а (экономические науки, социологические науки, психологические науки). – 2011. – С. 80–87.

200. Котляр, А. Цена человеческой жизни / А. Котляр // Демоскоп weekly [Электронный ресурс]. – 2008. – 18–31 августа. – № 341-342. – Ре-

жим доступа: <http://demoscope.ru/weekly/2008/0341/gazeta020.php>. – Дата доступа: 14.02.2009.

201. Прохоров, Б.Б. Причины гибели людей в мирное время и экономическая оценка стоимости потерь / Б.Б. Прохоров, Д.И. Шмаков // Проблемы прогнозирования. – 2013. – № 3. – С. 139–147.

202. Craig Milligan. Value of a statistical life in road safety: A benefit-transfer function with risk-analysis guidance based on developing country data / Craig Milligan, Andreas Kopp, Said Dahdah, Jeannette Montufar // Accident Analysis & Prevention, Volume 71, October 2014. – P. 236–247.

203. Mrozek, J.R. What Determines the Value of Life? A Meta-Analysis / J.R. Mrozek, L.O. Taylor // Journal of Policy Analysis and Management. – 2002. – № 21(2). – P. 253–270.

204. The Role of Publication Selection Bias in Estimates of the Value of a Statistical Life W. Kip Viscusi American Journal of Health Economics. – Winter 2015. – Vol. 1, No. 1. – P. 27–52.

205. Evaluating Safety and Health Impacts. TDM Impactson Traffic Safety, Personal Security and Public Health // Victoria Transport Policy Institute [Electronic resource]. – 2012. – Mode of access: <http://www.vtpi.org/tdm/tdm58.htm>. – Date of access: 14.08.2006.

206. Добро пожаловать в путешествие «Мельбурн – Москва». Автомобиль [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://melbournetomoscov.com/ruscar.html>. – Дата доступа: 31.03.2012.

207. Производство автомобилей в России выросло на 44,5 % // Авто.Вести.Ru – специальный проект веб-сайта Вести.Ru [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://auto.vesti.ru/doc.html?id=436413>. – Дата доступа: 31.03.2012.

208. Fact Check: how many CCTV cameras? // Channel 4 News [Electronic resource]. – 2008. – Mode of access: <http://www.channel4.com/news/articles/society/factcheck+how+many+cctv+cameras/2291167.html>. – Date of access: 20.03.2012.

209. Искусственные неровности на автомобильных дорогах и улицах. Технические требования и правила применения. Штучныя няроўнасці на аўтамабільных дарогах і вуліцах. Тэхнічныя патрабаванні і правілы прымянення: СТБ 1538-2005. – Введ. 01.11.2005. – Минск: Бел. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2005. – 7 с.

210. Философский энциклопедический словарь / гл. ред. Л.Ф. Ильичева [и др.]. – М.: Сов. энциклопедия, 1983. – 840 с.

211. Природа. Состояние окружающей среды и охрана природы // Россия. Электронный энциклопедический словарь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.novrosen.ru/Russia/nature/condition.htm>. – Дата доступа: 13.03.2012.

212. Загрязнения окружающей среды // www.Grandars.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnost>

zhiznedeyatelnosti/ zagryazneniya-okruzhayushchey-sredy.html. – Дата доступа: 13.03.2012.

213. Загрязнение атмосферного воздуха от автотранспорта. Причины // Экологический союз [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://www.ecounion.ru/ru/site.php?&blockType=254>. – Дата доступа: 13.03.2012.

214. Толковый словарь Ефремовой [Электронный ресурс]. – 2005. – Режим доступа: <http://www.efremova.info/word/sistema.html>. – Дата доступа: 20.02.2012.

215. О порядке государственного учета основных показателей в области дорожного движения и обеспечения его безопасности: Постановление Министерства внутренних дел Республики Беларусь от 28 мая 2003 г. № 129 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 13 июня 2003. – № 8/9638 (в ред. Постановления МВД от 27.11.2008 № 347).

216. Fletcher, J. Data underload / J. Fletcher // Intertraffic world. 2012 Showcase. – 2012. – P. 192–195.

217. Врубель, Ю.А. Организация дорожного движения: в 2ч. / Ю.А. Врубель. – Минск: Белорус. Фонд безопасности дорожного движения, 1996. – Ч. 2. – 306 с.

218. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – 12-е изд., перераб. – М.: Высшее образование, Юрайт-Издат, 2009. – 479 с.

219. Кремер, Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для вузов / Н.Ш. Кремер. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 543 с.

220. Данилов, А.М. Теория вероятностей и математическая статистика с инженерными приложениями: учеб. пособие / А.М. Данилов, И.А. Гарькина. – Пенза: ПГУАС, 2010. – 228 с.

221. Road traffic injuries / Fact sheet N°358 / World Health Organization (WHO) / March 2013 / <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/>

222. Dr Joanne Hill & Caroline Starrs Saving Lives, Saving Money: The costs and benefits of achieving safe roads / Road Safety Foundation and Royal Automobile Club Foundation for Motoring Limited / April 2011 – 83 p. <http://www.reesjeffreys.co.uk/wp-content/uploads/2010/10/RJRFSavingLivesSavingMoney.pdf>.

223. Кот, Е.Н. Усовершенствованная модель взаимодействия пешеходного и поворотного транспортных потоков для определения экономических издержек движения / Е.Н. Кот // Вестн. Белорус. нац. техн. ун-та. – 2004. – № 3. – С. 5–8.

224. Кот, Е.Н. Повышение эффективности и безопасности движения пешеходных и транспортных потоков на перекрестках совершенствовани-ем средств и режимов светофорного регулирования: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Е.Н. Кот. – Минск, 2006. – 172 л.

225. Гук, В. Транспортні потоки: теорія та її застосування в урбаністиці: монографія / В. Гук, Ю. Шкодовський. – Х.: Золоті сторінки, 2009. – 232 с.

226. Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования = Вуліцы населенных пунктаў. Будаўнічыя нормы праектавання: ТКП 45-3.03-227-2010 (02250). – Введ. 01.07.2011. – Минск: М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2011. – 46 с.

227. Устройство для управления светофором: пат. 16877 Респ. Беларусь, МПК G 08G 1/07 (2006.01) / В.Н. Шуть, С.В. Анфилец, В.В. Касьяник, Д.П. Лисаневич, В.С. Партин, Д.В. Капский; заявитель УО «Брестский гос. техн. ун-т. – № а 20110570; заявл. 04.05.2011; опубл. 28.02.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 1. – С. 128.

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

229. 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.

230. 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.

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

232. 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.

233. 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.

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

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

236. 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.

237. 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.

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

239. 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.

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

241. 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.

242. 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». – К.: Техніка, 2010. – Вып. 95. – С. 193–198.

243. 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.

244. Координированное управление дорожным движением: монография / Ю.А. Врубель [и др.]. – Минск: БНТУ, 2011. – 230 с.

245. 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.

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

247. Капский, Д.В. Методика оперативной оценки эффективности мероприятий по повышению безопасности движения / Д.В. Капский // Вестник Полоц. гос. ун-та. – Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2011. – № 11. – С. 17–24.

248. Капский, Д.В. Методика определения экологических потерь с учетом транспортного шума // Д.В. Капский, А.И. Рябчинский // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2012. – № 1 (24) – С. 39–42.

249. Капский, Д.В. Методология повышения безопасности движения в городских очагах аварийности: принципы и способы / Д.В. Капский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 3/3 (57). – С. 65–69.

250. Капский, Д.В. Перспективные направления развития методологии повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности и аспекты ее практического применения / Д.В. Капский // Вестн. Московского автом.-дор. гос. техн. ун-т. – 2012. – Вып. 3(30). – С. 109–112.

251. Совершенствование организации дорожного движения на магистральной улице общегородского значения / Д.В. Капский [и др.] // Вестник Полоц. гос. ун-та. – Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2012. – № 3. – С. 15–20.

252. Капский, Д.В. Прогнозирование аварийности по потенциальной опасности – направления совершенствования / Д.В. Капский // Вестник Полоц. гос. ун-та. – Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2012. – № 11. – С. 67–73.

253. Капский, Д.В. Учет «человеческого фактора» в модели определения потенциальной опасности при прогнозировании аварийности по методу «Конфликтных зон» / Д.В. Капский // Вестн. тихоокеан. гос. ун-та. – 2012. – № 2 (25). – С. 123–126.

254. Рябчинский, А.И. Повышение безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности Республики Беларусь / А.И. Рябчинский, Д.В. Капский // Вестн. тихоокеан. гос. ун-та. – 2012. – № 3 (26). – С. 91–98.

255. 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.

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

257. 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.

258. 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.

259. 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. – Х., 2008. – С. 227–231.



260. Исследование аварийности и конфликтного взаимодействия транспортных и пешеходных потоков в зоне искусственных неровностей на пешеходных переходах / Ю.А. Врубель [и др.] // 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.

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

262. 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.

263. Мочалов, В.В. Влияние на безопасность движения автомобильных телематических систем / В.В. Мочалов, А.Я. Андреев, Д.В. Капский // Вместе к эффективному 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.

264. Капский, Д.В. Повышение эффективности дорожного движения путем координированного регулирования с учетом трамвайного движения / Д.В. Капский // Сталій розвиток міст. Електричний транспорт – перспективі розвитку та кадровезабезпечення: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвячується 75-річчю кафедри електричного транспорту ХНАМГ, Харків, 1–3 жовтня 2009 р. / Харківська нац. акад. міського господарства. – Х., 2009. – С. 82–83.

265. 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.

266. 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.

267. 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 про-

граммы «Повышение безопасности дорожного движения в 2006–2012 годах», Санкт-Петербург, 27–29 апр. 2009 г. / Моск. автом.-дор. ин-т (гос. техн. ун-т) ; Ин-т безопасности дорожного движения СПбГАСУ. – СПб., 2009. – С. 51–53.

268. 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.

269. Kapski, Denis. The theory and practice of improving road traffic safety at accident sites through methods of road traffic organization / Denis Kapski, Vasily Kuzmenko, Antonina Korzhova, Anna Polhovskaya, Katerina Kostyukovich, Dmitry Mozalevskiy, Eugeny 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.

270. 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.

271. Совершенствование пешеходного движения в г. Минске на нерегулируемых переходах / Д.В. Мозалевский [и др.] // 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.

272. Анализ условий движения по ул. К. Цеткин в г. Минске / Д.В. Капский [и др.] // 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.

273. 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.

274. 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 / Нац. трансп. ун-т; редколегія: М.М. Дмитрієв, М.О. Білякович. – Київ, 2010. – С. 204.

275. 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.

276. 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.

277. 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.

278. Капский, Д.В. Повышение качества дорожного движения в городах / Д.В. Капский // Транспортные системы мегаполисов. Проблемы и пути решения: тр. Междунар. науч.-практ. конф., Харьков, 11-12 октября 2011 г. / Харьков. нац. автом.-дор. ун-т; редкол.: А. Н. Туренко [и др.]. – Х., 2011. – С. 20–26.

279. Капский, Д.В. Роль организации дорожного движения на современном этапе развития населенных пунктов / Д.В. Капский // Наука – образованию, производству, экономике: материалы Девятой междунар. науч.-техн. конф.: в 4т. / Белорус. нац. техн. ун-т; редкол.: Б.М. Хрусталеv, Ф.А. Романюк, А.С. Калиниченко. – Минск, 2011. – Т. 3. – С. 169.

280. Kapski, Denis. Working out a new model of forecasting of road accidents on a method of conflict situations for city conditions / Denis Kapski, Antonina Korzhova // Reliability and Statistics in Transportation and Communication: Proceedings of the 11th International Conference (RelStat'11), 19–22 October 2011 / Transport and Telecommunication Institute. – Riga, 2011. – P. 165–172.

281. Капский, Д.В. Зависимости аварийности от потенциальной опасности конфликтных зон / Д.В. Капский // Транспортные проблемы крупнейших городов: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Харьков, 12–16 марта 2012 г. / Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва; редкол.: В.К. Доля [и др.]. – Х., 2012. – С. 67–69.

282. Капский, Д.В. Проблема выбора оценочных критериев качества дорожного движения / Д.В. Капский // LXVIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей / Нац. техн. ун-т; редкол.: М.М. Дмитриев, М.О. Билякович. – К., 2012. – С. 234.

283. Реализация методологии повышения безопасности движения (на примере нерегулируемого пешеходного перехода) / Д.В. Капский, [и др.] // Социально-экономические проблемы развития и функционирования

транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XVIII Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16-17 июня 2012 г. / Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург, 2012. – С. 278–286.

284. Капский, Д.В. Прикладные вопросы методологии принятия решений по повышению безопасности дорожного движения / Д.В. Капский, [и др.] // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов: сб. науч. тр. / Белорус. нац. техн. ун-т; редкол.: Ф. А. Романюк [и др.]. – Минск, 2012. – С. 331–339.

285. Повышение качества дорожного движения на ул. Гагарина в г. Борисове / Д. В. Капский [и др.] // Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем: материалы четвертой Междунар. науч.-практ. конф., Челябинск, 3 мая 2012 г. / Южно-Уральский гос. ун-т; под ред. О.Н. Ларина, Ю.В. Рождественского. – Челябинск, 2012. – С. 205–217.

286. Капский, Д.В. Методы оценки эффективности координированного регулирования / Д.В. Капский, Е.Н. Кот, Д.В. Рожанский // Сталый розвиток міст. Управління проектами і програмами міського і регіонального розвитку: матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; редкол.: В. М. Бабаєв [и др.]. – Х., 2012. – С. 160.

287. Леонович, И.И. Теоретические основы аудита безопасности дорожного движения и его практическое применение / И.И. Леонович, Д.В. Капский, А.И. Рябчинский / Современные тенденции и направления строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог и искусственных сооружений: материалы науч.-техн. конф., посвящ. 50-летию респ. дочернего унитарного предприятия «Белорус. дорожный науч.-исслед. ин-т «БелдорНИИ», Минск, 25-26 окт. 2012 г. / ОНТИ респ. дочернего унитарного предприятия «Белорус. дорожный науч.-исслед. ин-т «БелдорНИИ». – Минск, 2012. – С. 125–130.

288. Методика исследования и анализа условий движения в районе торгового центра с многоуровневой автостоянкой сопутствующим сервисом в районе станции метро / Д.В. Капский [и др.] // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах – инновации: ресурс и возможности: сб. докл. десятой междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 20–22 сент. 2012 г. / СПбГАСУ. – СПб., 2012. – С. 138–145.

289. Капский, Д.В. Оптимизация светофорного регулирования по критерию минимизации потерь в дорожном движении / Д.В. Капский, В.В. Мочалов // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Десятой междунар. науч.-техн. конф.: в 4 т. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2012. – Т. 3. – С. 166.

290. Практическое применение методологии повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности при выборе проектного решения транспортной развязки в разных уровнях / Д.В. Капский [и др.] // Автомобильный транспорт Дальнего Востока: материалы шестой

Международ. науч.-практ. конф., Хабаровск, 13–16 сент. 2012 г. / Тихоокеан. гос. ун-т; под общ. ред. А. В. Фейгена. – Хабаровск, 2012. – С. 139–148.

291. Капский, Д.В. Городской дизайн – способ повышения качества дорожного движения / Д.В. Капский, А.В. Коржова // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VI Международ. науч.-практ. конф. / Белорус. гос. ун-т транспорта; под общ. ред. В.И. Сенько. – Гомель, 2012. – С. 18–19.

292. 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.

293. 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.

294. 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.

295. 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.

296. Совершенствование комплексной схемы организации движения в городе Гомель // Д.В. Капский [и др.] // Безпека дорожнього руху України. – 2006. – № 3-4(23). – С. 41–52.

297. 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.

298. Капский, Д.В. 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.

299. 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. – № u 20060833; заявл. 07.12.2006; опубл. 30.06.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 3. – С. 230.

300. 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.

301. 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.

302. 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.

303. 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.

304. Дорожный пешеходный светофор: пат. 11685 Респ. Беларусь, МПК (2006) G 08G 1/095, G 08G 1/005, G 09F 9/00 / Д.В. Капский, В.Н. Седюкевич; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № а 20070663; заявл. 31.05.2007; опубл. 28.02.2009 // *Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці*. – 2009. – № 1. – С. 127.

305. 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.

306. 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.

307. 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.

308. 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.

309. 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.

310. 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.

311. Дорожный светофор с дополнительной секцией: пат. 7332 Респ. Беларусь, МПК G 08G 1/095 (2006.01) / А.А. Кустенко, Д.В. Капский; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № и 20100952; заявл. 17.11.2010; опубл. 30.06.2011 // *Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці*. – 2011. – № 3. – С. 224.

312. Капский, Д.В. Направленность работ по повышению безопасности дорожного движения / Д.В. Капский // *Дальний восток. Автомобильные дороги и безопасность движения: Междунар. сб. науч. тр. / Тихоокеан.*

гос. ун-т; редкол.: А.И. Ярмолинский, И.Ю. Белуцкий, П.А. Пегин. – Хабаровск, 2011. – № 11. – С. 137–145.

313. Капский, Д.В. Определение экономических потерь в дорожном движении на нерегулируемых пешеходных переходах в местах установки искусственных неровностей / Д.В. Капский, А.И. Рябчинский, П.А. Пегин // Мир транспорта и технологических машин. 2012. – № 3 (38). – С. 103–112.

314. Капский, Д.В. Разработка методик прогнозирования аварийности на различных типовых городских объектах / Д.В. Капский // Наука и техника. – 2012. – № 4. – С. 58–63.

315. Транспортный светофор: пат. 16614 Респ. Беларусь, МПК G 08G 1/095 (2006.01) / А.А. Кустенко, Д.В. Капский; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № а 20101639; заявл. 17.11.2010; опубл. 30.12.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 6. – С. 158–159.

316. Капский Д. В. Разработка методологии повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности / Д. В. Капский // Современные проблемы транспортного комплекса России: Межвуз. сб. науч. тр. молодых ученых, магистрантов и аспирантов / Магнитогорский гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова; под ред. А.Н. Рахмангулова. – Магнитогорск, 2012. – Вып. 2. – С. 118–127.

317. Капский, Д.В. Системный подход к повышению безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности / Д.В. Капский // Междунар. технико-экон. журнал. – 2012. – № 2. – С. 99–104.

318. Рябчинский, А.И. Разработка и апробация методик прогнозирования аварийности по методу «Конфликтных зон» в городских очагах аварийности / А.И. Рябчинский, Д.В. Капский // Междунар. научн. журнал. – 2012. – № 4. – С. 81–86.

319. Капский, Д.В. Внедрение методологии повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности / Д.В. Капский, А.И. Рябчинский // Наука и техника. – 2013. – № 1. – С. 71–79.

320. Капский, Д.В. Метод прогнозирования дорожно-транспортной аварийности по потенциальной опасности / Д.В. Капский. – М.: Новое знание, 2015. – 327 с.

321. Транспортный комплекс республики // [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://www.baif.by/novosti/transportnyi-kompleks-respubliki/>. – Дата доступа: 20.02.2016.

322. Автомобиль – самый дешевый и быстрый вид транспорта в Минске // [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <https://auto.tut.by/news/road/411885.html#co>. – Дата доступа: 20.02.2016.

323. Беларусь уступила Украине в рейтинге социального развития 2015 // [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <https://news.tut.by/society/443538.html>. – Дата доступа: 20.07.2016.

324. Безопасность дорожного движения: парадигмы развития: учебное пособие / Д.В. Капский [и др.] / Минск: Капитал Принт, 2017. – 264 с.

325. Правовые основы дорожного движения: учеб. / Л.М. Рябцев [и др.]; под общ. ред. Л.М. Рябцева. – Минск: РИПО, 2015. – 163.

326. Европейские факты и Доклад о состоянии безопасности дорожного движения в мире 2015 / [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0009/298386/European-facts-Global-Status-Report-road-safety-ru.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/298386/European-facts-Global-Status-Report-road-safety-ru.pdf?ua=1).

327. Сводная резолюция о дорожном движении (СР.1) Многопрофильное исследование аварий (МПИА) (Организация Объединенных Наций ECE/TRANS/WP.1/2013/6/Rev.2 Экономический и Социальный Совет Distr.: General 5 August 2015 Russian Original: English GE.15-12859 (R) 150915 160915 \*1512859\* Европейская экономическая комиссия Комитет по внутреннему транспорту Рабочая группа по безопасности дорожного движения Семьдесят первая сессия Женева, 5–7 октября 2015 года Пункт 7 b) предварительной повестки дня Сводная резолюция о дорожном движении (СР.1): Многопрофильное исследование аварий (МПИА)). [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2015/wp1/ECE-TRANS-WP1-2013-6-Rev2r.pdf>.

328. Эксперт: не может большинство водителей нарушать, это значит, трактовка и правила неверные – [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <https://auto.onliner.by/2016/02/05/ekspert-10>.

329. Автоэкспорт Александр Коноплицкий: в конфликте, возникшем между BMW и Porsche, дорогу должна была уступить Калина Вардомская – [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <https://people.onliner.by/opinions/2014/09/11/mnenie-50>.

330. Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2014 году: аналитический сб. / сост.: О.Г. Ливанский, В.В. Хаустович; гл.ред. Ю.А. Литвин; под общ. ред. Н.А. Мельченко. – Минск: Полиграфический Центр МВД Респ. Беларусь, 2015. – 89 с.

331. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 31 декабря 2014 г. № 1296 Об утверждении государственной программы по развитию и содержанию автомобильных дорог в Республике Беларусь на 2015–2019 годы (зарегистрировано в Национальном реестре правовых актов Республики Беларусь 9 января 2015 г. № 5/39982).

332. Профилактика травматизма и предупреждение его последствий (инвалидности и смертности) в Республике Беларусь / А.В. Белецкий, Л.Н. Ломать / – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://minzdrav.gov.by/ru/static/kultura\\_zdorovia/travmatizm/travma\\_2](http://minzdrav.gov.by/ru/static/kultura_zdorovia/travmatizm/travma_2).

333. История краш-тестов машин: от мертвых человеческих тел за рулем до испытаний мотоциклов – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://auto.onliner.by/2014/12/01/crush>.

334. Булавко, В.Г. Транспортная безопасность: монография / В.Г. Булавко, Ф.Ф. Иванов. – Минск : ГИУСТ БГУ, 2013. – 316 с.

335. В Беларуси рекорд: одно ДТП с пострадавшим за сутки. В последний раз такое было три года назад – [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <https://auto.tut.by/news/accidents/481252.html>.



336. Global health risks Mortality and burden of disease attributable to selected major risks / World Health Organization / 2009. – [http://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/GlobalHealthRisks\\_report\\_full.pdf](http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/GlobalHealthRisks_report_full.pdf).

337. Global Status Report on Road Safety 2013: Supporting a Decade of Action (Nonserial Publications) 1st Edition / Publisher: World Health Organization; 1 edition (June 24, 2013) – 312 pages.

338. **108 лет назад в Минске произошла первая автомобильная авария: такси Mercedes врезалось в столб** – [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://auto.onliner.by/2014/08/20/dtp-5332/>.

339. Manual of Uniform Traffic Control Devices (MUTCD) / <https://www.tmr.qld.gov.au/business-industry/Technical-standards-publications/Manual-of-uniform-traffic-control-devices.aspx>.

340. **На участке улицы Притыцкого за полчаса произошло три ДТП. Дважды досталось BMW, снесли ограждение** – [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <https://auto.onliner.by/2016/09/09/dtp-7660#comments>.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	7
<b>РАЗДЕЛ 1. ПРОБЛЕМЫ В ОБЛАСТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ .....</b>	<b>5</b>
1.1. Дорожное движение и правовые и организационно-технические аспекты его организации в Республике Беларусь .....	5
1.2. Аварийность в дорожном движении .....	33
1.3. Повышение качества дорожного движения методами организации дорожного движения .....	48
1.3.1. Исследования в области «успокоения» движения .....	51
1.3.2. Исследования в области оценки качества дорожного движения .....	53
1.3.3. Исследования в области прогнозирования аварийности .....	55
1.3.4. Исследования в области оценки стоимости аварийных издержек .....	57
1.4. Пути повышения качества дорожного движения .....	62
1.5. Выводы по разделу .....	66
<b>РАЗДЕЛ 2 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДАХ .....</b>	<b>68</b>
2.1. Основные методологические принципы повышения качества дорожного движения .....	68
2.1.1. Принцип максимизации опасности при выборе объекта исследования .....	69
2.1.2. Принцип минимизации суммарных потерь при оценке качества и выборе решений .....	70
2.1.3. Принцип сбалансированного учета аварийных и экологических потерь при выборе решений .....	72
2.1.4. Принцип минимизации стоимости функционирования объекта при выборе мероприятий .....	73
2.1.5. Принцип обязательной оперативной контрольной оценки аварийности на основе метода конфликтных ситуаций при внедрении мероприятий .....	74
2.2. Научно-методологическая система .....	74
2.2.1. Элементы научно-методологической системы .....	75
2.2.2. Этапы научно-практических работ .....	77
2.3. Определение исходных данных .....	82
2.3.1. Геометрические характеристики .....	82
2.3.2. Светофорное регулирование .....	84
2.3.3. Обустройство очага аварийности и дорожные условия .....	85
2.3.4. Транспортно-пешеходная нагрузка .....	86
2.4. Выводы по разделу .....	93
<b>РАЗДЕЛ 3. ОЧАГОВЫЙ АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ .....</b>	<b>95</b>
3.1. Исследование аварийности и установление причин аварий .....	95

3.1.1. Предварительное установление причин аварий .....	97
3.1.2. Обследование очага аварийности .....	98
3.1.3. Заключительное установление причин аварий .....	102
3.2. Предварительный выбор решений по повышению безопасности дорожного движения .....	103
3.3. Исследование статистического метода прогнозирования аварийности на искусственных неровностях .....	104
3.4. Методика очагового анализа аварийности .....	106
3.5. Выводы по разделу .....	107
<b>РАЗДЕЛ 4. РАСЧЕТ АВАРИЙНЫХ ПОТЕРЬ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВАРИЙНОСТИ ПО МЕТОДУ КОНФЛИКТНЫХ ЗОН .....</b>	
4.1. Расчет аварийных потерь .....	109
4.2. Определение социально-экономической стоимости аварийных издержек .....	110
4.3. Прогнозирование аварийности по методу конфликтных зон на регулируемых перекрестках .....	116
4.3.1. Позирование аварийности в конфликте «транспорт– транспорт», столкновения с ударом сзади и попутные .....	119
4.3.2. Прогнозирование аварийности в конфликте «поворотный транспорт–пешеход» .....	129
4.3.3. Прогнозирование аварийности в конфликте «транзитный транспорт – пешеход» .....	140
4.4. Прогнозирование аварийности по методу конфликтных зон на искусственных неровностях .....	146
4.4.1. Прогнозирование аварийности в конфликте «транспорт – транспорт», столкновения с ударом сзади и попутные ....	147
4.4.2. Прогнозирование аварийности в конфликте «транзитный транспорт–пешеход» .....	148
4.5. Выводы по разделу .....	153
<b>РАЗДЕЛ 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ДОРОЖНОМ ДВИЖЕНИИ .....</b>	
5.1. Расчет экономических потерь на искусственных неровностях .....	154
5.1.1. Исследование процесса дорожного движения в зоне размещения искусственных неровностей .....	155
5.1.2. Исследование и расчет потерь от остановок и задержек транспорта .....	163
5.2. Расчет экологических потерь на регулируемых перекрестках .....	165
5.2.1. Определение расчетного суммарного транспортного потока .....	167
5.2.2. Исследования и расчет потерь от выбросов вредных веществ в атмосферу .....	169

5.2.3. Исследование и расчет потерь от транспортного шума .....	172
5.3. Выводы по разделу .....	175
<b>РАЗДЕЛ 6. КОНТРОЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЯЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ .....</b>	<b>177</b>
6.1. Оперативная контрольная оценка аварийности при внедрении мероприятий .....	177
6.2. Исследование и разработка модели прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям .....	178
6.3. Оценка адекватности разработанной модели .....	187
6.4. Модель оперативной контрольной оценки аварийности при внедрении мероприятий .....	193
6.5. Выводы по разделу .....	195
<b>РАЗДЕЛ 7. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДАХ .....</b>	<b>196</b>
7.1. Рекомендации по повышению качества дорожного движения на регулируемых перекрестках .....	196
7.2. Рекомендации по применению искусственных неровностей ..	209
7.3. Паспортизация нагруженных городских улиц .....	212
7.4. Предложения по типовым городским конфликтным объектам .....	215
7.5. Выводы по разделу .....	220
<i>Приложение А. Статистическое прогнозирование аварийности</i> ....	221
<i>Приложение Б. Результаты расчета потерь в местах установки искусственных неровностей</i> .....	223
<i>Приложение В. Исходные данные для расчета потерь в дорожном движении</i> .....	231
<i>Приложение Г. сновные причины аварий в городских очагах</i> .....	235
<i>Приложение Д. Бланки обследования (аудита) в типовых очагах аварийности</i> .....	244
<i>Приложение Е. Типовые решения по повышению качества дорожного движения в городских очагах аварийности</i> .....	263
<i>Приложение Ж. Предложения по совершенствованию нормативной базы в дорожном движении</i> .....	267
<i>Приложение И. Краткое описание и пример работы компьютерной программы по оценке эффективности вариантов организации дорожного движения</i> .....	269
<i>Приложение К. Статистика аварийности с пострадавшими в Республике Беларусь</i> .....	325
<i>Приложение Л. Некоторые термины и определения</i> .....	331
<b>ВЫВОДЫ .....</b>	<b>333</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>339</b>

Научное издание

**КАПСКИЙ** Денис Васильевич

**МЕТОДОЛОГИЯ  
ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА  
ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Технический редактор *Е. О. Германович*

Подписано в печать 07.03.2018. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 43,25. Уч.-изд. л. 16,91. Тираж 100. Заказ 40.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.