

УДК 656.13

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДСКИХ ОЧАГАХ АВАРИЙНОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Канд. техн. наук, доц. КАПСКИЙ Д. В.*

*Белорусский национальный технический университет*

В Республике Беларусь работы по повышению безопасности движения в городских очагах аварийности методами организации дорожного движения ведутся в результате спонтанно выработанных решений. Это ведет к тому, что при довольно высоких темпах автомобилизации происходит рост очаговой аварийности, особенно в городах [1, 2]. Вот почему важно разработать научно-методическую систему повышения безопасности движения в городских очагах аварийности, базирующуюся на современных методах прогнозирования аварийности, расчета потерь оптимизации принимаемых решений.

Структурная схема системы повышения безопасности движения в городских очагах аварийности приведена на рис. 1.

Комплекс деятельности по повышению безопасности движения условно можно подразделить на четыре этапа:

- сбор и систематизация исходных данных;
- установление причин аварийности и выработка предварительных решений;
- оценка эффективности и оптимизация принимаемых решений;

- разработка и внедрение мероприятий.

Исходные данные включают в себя не только статистику аварийности, но и другие параметры дорожного движения в очаге, необходимые для прогнозирования аварийности, расчета потерь и оптимизации принимаемых решений. Проблема получения исходных данных стоит чрезвычайно остро. Сегодняшняя статистика аварийности непригодна для работ по повышению безопасности движения в городе хотя бы потому, что не учитывает аварии с материальным ущербом и около 17 % наездов на пешехода, не повлекших значимых телесных повреждений), которые составляют более 90 % всех аварий в городах.

Среди причин аварийности – неудовлетворительные дорожные условия, неисправности транспортных средств, ошибки человека (нарушения Правил дорожного движения), но нет ни одной причины, относящейся к организации дорожного движения. Управленческие решения, установленные и принятые на таких исходных данных, не могут быть оптимальными. Не производится и оценка комплексной эффективности с учетом основных составляющих качеств дорожного движения, как того

требует Концепция обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь [3].

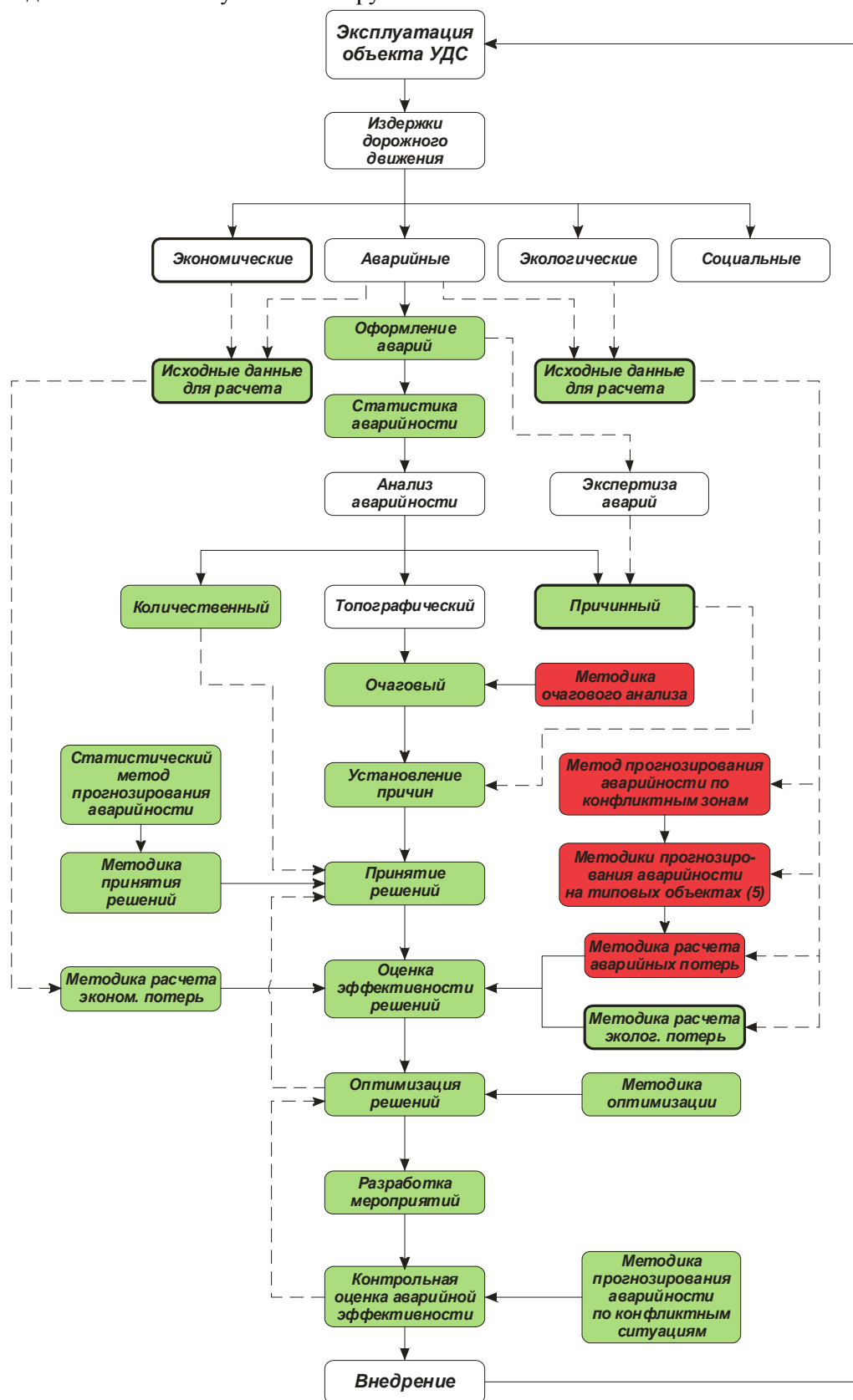


Рис. 1. Система повышения безопасности движения в городских очагах аварийности:

■ – внесены изменения или предложения; ■ – разработаны

В лучшем случае проводятся исследования безопасности по статистическому методу прогнозирования аварийности, которые не связаны с экономикой, экологией и социологией и годятся только для предварительной оценки при принятии решений. Совершенно очевидно, что если приняты решения, не подвергающиеся оценке эффективности и оптимизации, то разработанные на их основе мероприятия не могут быть оптимальными. Тем более что при внедрении они не подвергаются контрольной проверке даже на предмет аварийной эффективности.

Как видно, на всех этапах работ имеются серьезные проблемы, в результате чего очаговая аварийность в населенных пунктах является неоправданно высокой.

Под термином «городской очаг аварийности» понимают место концентрации не менее трех аварий в год [2, 5, 6]. К городским очагам аварийности относятся зоны конфликтных объектов – перекрестков, пешеходных переходов, остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта, железнодорожных переездов, выездов из прилегающих территорий, мест установки искусственных неровностей, популярных мест несанкционированного перехода улиц и др. Аварии в городских очагах, как правило, являются следствием конфликтного маневрирования, вызванного различными причинами. Отличительная особенность этих очагов – относительно невысокая скорость движения и большая интенсивность движения конфликтующих участников.

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

В результате регулируемые перекрестки, за редким исключением, стали основными очагами аварийных, экономических и экологических

потерь. Кроме того, поскольку в городских условиях именно регулируемые перекрестки определяют пропускную способность улиц, при перегрузках, кроме указанных выше потерь, они являются еще и значительным источником социальных потерь. Как следствие, регулируемый перекресток стал основным объектом улично-дорожной сети, определяющим качество дорожного движения в городах, включая безопасность. Именно поэтому регулируемые перекрестки были выбраны в качестве основного объекта исследования.

Регулируемые перекрестки условно подразделяются на стандартные и нестандартные. Стандартные перекрестки имеют по три-четыре стороны, расположенные примерно под прямым углом, и по одной проезжей части на каждой стороне. Управление стандартными перекрестками более простое и зависит в основном от интенсивности движения и соотношения транзитных (прямых) и поворотных транспортных потоков, а также от наличия и интенсивности пешеходных потоков.

Нестандартные перекрестки отличаются наличием: смещения одной или нескольких сторон по отношению к центру; разделительных полос, иным углом (не равным 90°) схождения сторон; пяти сторон и т. д. Нестандартные перекрестки очень индивидуальны, а управление ими значительно сложнее, чем стандартными.

Светофорное регулирование на регулируемых перекрестках подразделяются на два основных класса – локальное и системное [2, 7–9]. Локальное регулирование имеет место на отдельном перекрестке, управление которым не согласовано с управлением на соседних перекрестках. Как правило, оно применяется тогда, когда перекрестки расположены на значительном удалении (более 800 м) друг от друга и работа одного из них не оказывает заметного влияния на работу других перекрестков. Системное (координированное) регулирование предполагает согласованное управление несколькими соседними объектами, расположенными либо вдоль одной улицы (магистральное), либо на нескольких, возможно, пересекающихся улицах (сетевое). В городах, осо-

бенно больших, применяется, как правило, координированное регулирование.

Структура светофорного цикла подразделяется на двух- и многофазную. Двухфазное регулирование характеризуется тем, что в одной фазе движутся все транспортные и пешеходные потоки одной из пересекающихся улиц, а во второй фазе – другой. Многофазное регулирование характеризуется тем, что в нем можно выделить отдельные фазы для поворотных потоков, пешеходов, транспортных потоков каждого отдельного входа и т. д., что позволяет создать множество комбинаций регулирования с учетом особенностей конкретного перекрестка. Двухфазные циклы более просты, экономичны и экологичны. Однако иногда они содержат очень опасные конфликты внутри самой фазы (внутрифазные), скажем, левоповоротный транспорт – встречный транзитный транспорт, поэтому они часто недопустимы по условиям безопасности. Многофазное регулирование снимает наиболее опасные, недопустимые конфликты, поэтому оно, казалось бы, более безопасное. Однако оно весьма неэкономично, неэкологично, часто сопровождается перегрузками, что нередко вызывает значительное количество нарушений (социальные потери), которые, в свою очередь, ведут к росту аварийности.

Как следует из изложенного, выбор параметров светофорного цикла на регулируемом перекрестке, особенно на нагруженном, – дело чрезвычайно сложное и полностью зависит от опыта инженера. Поскольку сегодня отсутствуют действенные методики оценки качества организации дорожного движения и оптимизации принимаемых решений, можно утверждать, что организация движения на регулируемых перекрестках далеко не оптимальна. Именно это обстоятельство является основной причиной неприемлемо высоких потерь всех видов, включая аварийные.

Чтобы разрешить сложившуюся ситуацию в области создания системы повышения дорожного движения в городских очагах аварийности в Беларуси, необходимо:

- разработать метод прогнозирования аварийности на конфликтных объектах, пригодный для получения приемлемого по точности

прогноза как на действующем объекте, так и на стадии его разработки;

- разработать методики прогнозирования аварийности для основных типовых конфликтов «транспорт – транспорт» и «транспорт – пешеход», имеющих место на регулируемых перекрестках (четыре методики);

- разработать методику расчета аварийных потерь;

- разработать методику выбора и оптимизации принимаемых решений по организации дорожного движения на основе разработанной методики расчета аварийных потерь и уже имеющихся методик расчета экономических и экологических потерь;

- для внедрения разработанных метода и методик прогнозирования аварийности, а также методик расчета потерь и оптимизации принимаемых решений создать комплекс компьютерных программ, доступных инженерам по организации дорожного движения;

- для контрольной проверки адекватности эффективности внедряемых мероприятий уже на реальных объектах модифицировать существующий метод прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям с тем, чтобы повысить точность прогноза, сделав его приемлемым для практического использования в организации дорожного движения.

Искусственная неровность – это специально устроенное на постоянной основе препятствие для движения в виде выступающего над проезжей частью возвышения сегментного или трапециевидного сечения. Изготовлено оно из асфальтобетона или иных прочных материалов, устанавливается поперек дороги (улицы) без возможности объезда, вынуждающее водителей под угрозой аварии или поломки автомобиля резко снизить скорость движения, независимо от дорожно-транспортной ситуации.

Возникновение и применение искусственной неровности вызваны значительным ростом аварийности во второй половине прошлого столетия, ставшим в ряде государств национальной проблемой [4, 10, 11]. Больше всего это коснулось западноевропейских стран с высокой плотностью населения и особенностями планировки населенных пунктов с узкими улицами старинной застройки. Поиски решения проблемы привели к необходимости резкого

снижения скорости движения автомобилей. Вначале это снижение пытались реализовать путем установки множества дорожных знаков ограничения скорости. Однако особого эффекта это не дало, поскольку чем больше вводилось ограничений и чем эти ограничения были жестче, тем больше водителей их нарушало. Примерно 75–95 % водителей в разных странах нарушало требования резкого ограничения скорости.

Тогда стали искать и находить способы принудительного ограничения скорости. К первому способу, психологическому принуждению, 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.

Ко второму способу, физическому принуждению, относятся различного рода устройства, вызывающие физическую потребность снижения скорости под угрозой аварии или поломки автомобиля. Это, например, кольцевые перекрестки с малым диаметром центрального островка; физическое сужение или искривление полосы движения; приподнятые над проезжей частью пешеходные переходы; поперечные углубления (канавы) на проезжей части и, наконец, выступающие препятствия (искусственные неровности) самых разнообразных конструкций и размеров [4, 11–13]. Последние оказались дешевыми и легко приспособляемыми к различным условиям, поэтому получили наибольшее распространение.

Казалось бы, решение проблемы повышения безопасности движения наконец найдено – дешевое, эффективное, не требующее контроля. И в Европе начался настоящий бум искусственных неровностей. Разрабатывались все новые и новые модификации, исследовался процесс их взаимодействия с автомобилем, рекламировалась их эффективность в деле повышения безопасности движения и т. д. Однако применение искусственных неровностей, кроме положительного воздействия на безопасность движения, имеет и негативные воздействия в области экономики, экологии и социальных отношений. Применение искусственных неров-

ностей вступает в противоречие с фундаментальными задачами дорожного транспорта – повышение качества и снижение себестоимости транспортной услуги, которые базируются не на одной лишь безопасности, как казалось многим, а на сбалансированном соотношении основных свойств дорожного движения – безопасности, экономичности, экологичности. Не имея возможности точно оценить это сбалансированное соотношение, они начали ограничивать применение искусственных неровностей в «очевидных» типовых ситуациях. В частности, во многих странах, разумеется, с разными вариациями, установка искусственных неровностей запрещена на всех загородных дорогах, городских улицах с интенсивным и умеренным движением, улицах с движением маршрутного пассажирского и грузового транспорта. Постепенно область применения искусственных неровностей сузилась и теперь ограничивается улицами старинной застройки, дворовыми территориями и районами школ. Считается, что «искусственная неровность – последний инструмент из набора инструментов, предназначенных для повышения безопасности движения» [14–16]. Поэтому сегодня ищут другие способы повышения безопасности движения, в том числе снижение скорости в нужных местах и пределах и в нужное время, например с помощью гибкого регулирования с обязательным автоматическим видеоконтролем.

Таким образом, обязательно необходимо иметь действенную методику оценки качества дорожного движения, в том числе и оценки эффективности применения искусственных неровностей, что позволит более осмысленно подходить к принятию управленческих решений и сбалансировать все основные свойства дорожного движения.

С учетом изложенного было решено выбрать искусственную неровность вторым (после регулируемого перекрестка) объектом исследования и разработать для нее комплексную методику оценки эффективности применения. Для этого необходимо разработать методику:

- прогнозирования аварийности по статистическому методу для предварительного выбора решений;

- прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон для оценки и оптимизации принимаемых решений;

- расчета аварийных, экономических и экологических потерь для оценки социально-экономической эффективности и оптимизации принимаемых решений.

Таким образом, проводимые исследования базируются на основных объектах конфликтного взаимодействия транспортных и транспортно-пешеходных потоков.

Основные методологические положения организации дорожного движения в городских очагах аварийности Республики Беларусь должны включать в себя следующие разделы: терминологию; методологию и идеологию; технологию; нормативное обеспечение; структуру; положение по контролю и финансированию. Кратко рассмотрим их.

Необходимо разработать, согласовать и утвердить термины, применяемые в системе дорожного транспорта и, в частности, в подсистеме организации дорожного движения с обязательным выполнением международного согласования. Ориентировочное количество унифицированных терминов – не менее 500.

Методология организации движения должна базироваться на следующих аспектах:

1. Определение исходных данных для оценки качества дорожного движения на основе разработанных и утвержденных в установленном порядке методик.

2. Расчет потерь всех видов (в том числе социальных).

3. Анализ источников повышенного уровня потерь в дорожном движении.

4. Оценка качества дорожного движения и его составляющих по величине потерь.

5. Оптимизация по критерию минимизации потерь всех предполагаемых управленческих воздействий.

6. Разработка мероприятий по организации дорожного движения.

7. Оптимизация по критерию минимизации потерь от возможных возмущающих воз-

действий на процесс дорожного движения.

8. Разработка перспективных мер организации дорожного движения.

9. Разработка предложений по корректировке нормативов (ТНПА, ПДД).

Для четкой реализации всех положений системы повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности методиками организации дорожного движения должна быть разработана идеология, которая включала бы в себя: основные цели и задачи; роль и место в системе дорожного транспорта составляющей «Организация дорожного движения»; основные составляющие оценки качества и принципы организации дорожного движения и, конечно, раздел «Ответственность».

В БНТУ разработаны базовые положения по технологии организации движения, а именно: сбор и обработка информации о качестве (характеристиках) дорожного движения и ее составляющих; оценка качества существующей организации дорожного движения; анализ существующего положения в очагах аварийности; методика внедрения оперативных мероприятий; методика внедрения перспективных мероприятий; положение по контролю за исполнением управленческих решений.

В целях упорядочения всех нормативов в организации дорожного движения необходимо разработать нормативную иерархию в системе дорожного транспорта, в которой четко определить правовые, методические и технические нормативы, ответственность и порядок их изменения, а также разработать Руководство по организации дорожного движения в городах – единый основной методологический документ по организации движения.

Структура управления в системе организации дорожного движения упрощенно может быть представлена следующим образом (рис. 2).

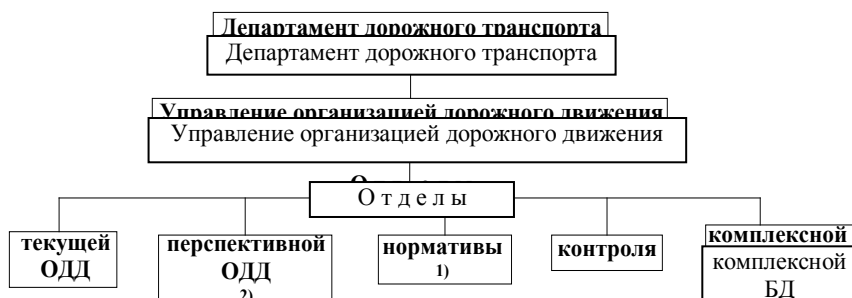


Рис. 2. Структура управления организацией дорожного движения: в областях, столице (1) и районах (2) могут быть упрощения. На переходный период структуры могут быть рассредоточены в двух министерствах

Контроль в организации дорожного движения можно представить следующим образом:

|                                                          |     |
|----------------------------------------------------------|-----|
| за состоянием организации дорожного движения – $v + g$ ; | } o |
| за соблюдением предписаний – $g + v$ ;                   |     |
| за состоянием проектирования – $v + g$ ;                 |     |
| за научными исследованиями – $v + g$ ;                   |     |
| за подготовкой специалистов – $v + g$ ,                  |     |

где  $v$  – ведомственный;  $g$  – государственный;  $o$  – общественный.

В системе организации дорожного движения финансирование может быть предусмотрено как бюджетное, так и за счет внебюджетных поступлений. При этом необходимо предусмотреть систему поощрения за счет снижения аварийных, экономических, экологических и социальных потерь. Возврат эффекта в государственное распоряжение возможно через повышение: налогов на дорожные транспортные средства; доли отчислений от обязательных видов страхования; цены на топливо; цены на проезд

(в центральной части городов, в рамках стоянки (парковки) и т. д.); экологического налога, а также через введение дорожного сбора и т. д.

## ВЫВОДЫ

Для решения проблем и разработки действенной научно-методической системы повышения безопасности движения необходимо решить ряд практических, научных и научно-методических задач:

- ввести обязательную статистическую отчетность о всех авариях, включая аварии без пострадавших;
- придать очагу аварийности надлежащий статус, который потребовал бы рецензируемую отчетность, оценку эффективности, оптимизацию решений и внедрение мероприятий;
- разработать методику очагового анализа аварийности;
- адаптировать статистический метод прогнозирования аварийности к условиям Республики Беларусь в части применения искусственных неровностей;

- создать методику разработки предварительных решений по повышению безопасности в городских очагах аварийности методами организации дорожного движения;

- разработать метод прогнозирования аварийности по потенциальной опасности повышенной точности, пригодный для практического использования при оценке эффективности и оптимизации принимаемых решений как на существующих, так и на проектируемых конфликтных объектах (метод конфликтных зон);

- разработать методики прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон для искусственных неровностей и четырех типовых конфликтов на регулируемых перекрестках: «транспорт – транспорт» (боковые, поворотные, встречные и попутные столкновения), «транспорт – транспорт» (столкновения с ударом сзади), «транспорт – пешеход» (транзитный транспорт – пешеход) и «транспорт – пешеход» (поворотный транспорт – пешеход);

- разработать раздел методики расчета аварийных потерь, касающийся определения величины ущерба от аварий различной тяжести последствий;

- разработать методику расчета экономических потерь на искусственных неровностях;

- разработать методику оптимизации принимаемых решений по повышению безопасности движения методами организации дорожного движения на регулируемых перекрестках и пешеходных переходах, искусственных неровностях и иных конфликтных объектах;

- разработать методику контрольной оценки эффективности мероприятий в процессе их внедрения по критерию безаварийности;

- с целью внедрения разработанной системы повышения безопасности движения разработать пакет компьютерных программ по прогнозированию аварийности, оценке эффективности и оптимизации принимаемых решений, а также расчету экологических и экономических потерь на конфликтных объектах;

- разработать предложения по совершенствованию нормативной базы в дорожном движении.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2008 г.: аналит. сб. – Минск: МВД Респ. Беларусь, 2009.

2. Врубель, Ю. А. Определение потерь в дорожном движении / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот. – Минск: БНТУ, 2006.
3. Концепция обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь, 2006 г.: постановление Совета Министров Респ. Беларусь 14 июня 2006 г., № 757.
4. Moeur, R. Analysis of Gap Patterns in Longitudinal Rumble Strips to Accommodate Bicycle Travel / R. Moeur // Transportation Research Record. – No. 1705. – Pedestrian and Bicycle Transportation Research 2000. – P. 93–98.
5. Pande, A. Assessment of freeway traffic parameters leading to lane-change related collisions / A. Pande, M. Abdel-Aty // Accid. Anal. Prev. 38. – 2006. – P. 936–948.
6. Island-wide Traffic Calming programs status report [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.co.honolulu.hi.us/dts/tcalming.pdf> – Date of access: 16.03.2009.
7. Highway Capacity Manual // TRB. – Washington, DC, 2004. – 1134 p.
8. Powell, T. The Transport System: Markets, Models and Policies / T. Powell. – PTRC Education and Research Services Ltd., 2001. – 302 p.
9. Teply, S. Second Edition of the Canadian Capacity Guide for Signalized Intersection / S. Teply, D. Allingham // Institute of Transportation Engineers. – Canada, 1995. – 115 p.
10. Michael, S. Griffith. Safety Evaluation of Rolled-In Continuous Shoulder Rumble Strips Installed on Freeways / S. Griffith Michael // Statistical Methods in Transportation and Safety Data Analysis for Highway Geometry, Design, and Operations. Transportation Research Record. – October 1999. – No. 1665. – P. 28–34.
11. Speed humps [Electronic resource]. – Mode of access: [http://www.mn-traffic-calming.org/cgi-bin/search.cgi?by\\_device=1;device=4](http://www.mn-traffic-calming.org/cgi-bin/search.cgi?by_device=1;device=4) – Date of access: 16.03.2009.
12. Compton Speed Bumps [Electronic resource]. – Mode of access: [http://library.wustl.edu/units/spec/archives/facts/compton\\_bumps.html](http://library.wustl.edu/units/spec/archives/facts/compton_bumps.html) – Date of access: 16.03.2009.
13. Traffic Calming Protocol Manual [Electronic resource] / DOWL Engineers 4040 B Street Anchorage. – Alaska – March 2001. – Mode of access: <http://www.ci.anchorage.ak.us/iceimages/traffic/trafcalm.pdf> / Date of access: 16.03.2009.
14. A Technical Reference and Technology Transfer Synthesis for Caltrans Planners and Engineers // Pedestrian and Bicycle Facilities in California // California Department of Transportation // July, 2005// [http://www.dot.ca.gov/hq/traffops/survey/pedestrian/TR\\_MAY0405.pdf](http://www.dot.ca.gov/hq/traffops/survey/pedestrian/TR_MAY0405.pdf) – Date of access: 16.03.2009.
15. Ewing, R. Pedestrian and transitfriendly design. Joint Center for Environmental and Urban Problems / R. Ewing. – Florida Atlantic University / Florida International University. – March 1996. – 103 p.
16. PIARC: Reduction of car traffic in city centers. Reference: 10.01. B, Routes / Roads 1990. – P. 1–48, 181. PIARC: XXth World Road Congress. Montreal, 3–9 September / Transportation and Urban Space Planning / National Reports. 20.22.E – 1995. – 487 p.

Поступила 01.06.2009

УДК 629.113-592.004.58

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ РАБОТЫ ТРЕНИЯ КАК ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРИ БОРТОВОМ ДИАГНОСТИРОВАНИИ СТЕПЕНИ ИЗНОСА ТОРМОЗНЫХ НАКЛАДОК

*Докт. техн. наук, доц. КАРПИЕВИЧ Ю. Д.*

*Белорусский национальный технический университет*

Автором разработан метод бортового диагностирования степени износа тормозных накладок, отличающийся от традиционных, которые основаны на непосредственном измере-

нии толщины накладок. При этом предполагается, что износ тормозных накладок зависит линейно от работы трения.