

пользования. В задаче уровня «схема доставки груза» потребная вместимость железнодорожных путей для временного размещения собственных вагонов напрямую зависит от доли этих вагонов в общем парке.

#### Список литературы

1 Еловой, И. А. Интегрированные логистические системы доставки ресурсов : теория, методология, организация / И. А. Еловой, И. А. Лебедева ; под науч. ред. В. Ф. Медведева. – Минск : Право и экономика, 2011. – 461 с. – (Сер. «Мировая экономика»).

2 Потылкин, Е. Н. Закономерности технологических параметров в логистических системах доставки грузов с использованием железнодорожных путей необщего пользования / Е. Н. Потылкин // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2016. – № 2. – С. 51–53.

УДК 656.08

### ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ГОРОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ, ОСНОВАННЫХ НА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

*С. А. РЫНКЕВИЧ, С. С. СЕМЧЕНКОВ, Н. М. ПРИБЫШИ*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Одним из направлений применения интеллектуальных транспортных систем является использование их для создания систем обеспечения приоритетного проезда маршрутных транспортных средств (далее – МТС) на перекрёстках, оборудованных светофорным регулированием.

В свою очередь, приоритетное движение МТС планируется и осуществляется в целях уменьшения затрат времени пассажиров на поездки в МТС, повышения эффективности использования подвижного состава МТС, формирования оптимальной структуры транспортного потока, повышения безопасности движения на маршрутах следования МТС.

Очевидно, что предоставление приоритета позволит обеспечить не только основные условия соблюдения расписания движения МТС, но и будет способствовать повышению безопасности движения.

В данном контексте следует рассмотреть понятие приоритета как предоставление МТС определённого преимущества на перекрёстках со светофорным регулированием, путём изменения режима работы светофорного объекта таким образом, чтобы МТС могли как можно быстрее и с минимальными задержками проследовать перекрёсток.

Сложность при решении данной проблемы всегда состоит в том, что режим движения МТС априори значительно отличается от режима движения транспорта, формирующего основной транспортный поток. Речь идёт, в первую очередь, о средней скорости движения МТС: её значительный разброс со скоростями движения основного транспортного потока обусловлен наличием остановочных пунктов и соответственно временем, которое затрачивается на высадку и посадку пассажиров, а также большой степенью влияния со стороны других транспортных средств. Значительное различие данных скоростей приводит к тому, что МТС в принципе тяжело включить в систему координированного управления транспортными потоками, в основу расчёта которой положены характеристики основного транспортного потока, формируемого более-менее однородными транспортными средствами со схожими техническими характеристиками. В результате частыми получаются ситуации, когда МТС, начиная движение на предыдущем светофорном объекте в составе группы немаршрутных транспортных средств, за счёт задержки при посадке-посадке пассажиров на остановочном пункте, расположенном на перегоне между светофорными объектами, прибывает к следующему светофорному объекту, включённому в систему координированного управления, после окончания такта разрешающего сигнала в следующем направлении.

При этом стоит заметить, что длительность задержек МТС на светофорных объектах, составляет большую долю в длительности всех задержек при движении по маршруту (проведённые авторами экспериментальные исследования показывают, что для трамвая в г. Минске эта доля составляет до 60 % длительности всех задержек).

Принимая во внимание особенности технологии работы МТС, можно выстроить ряд стратегий обеспечения приоритета при построении интеллектуальных транспортных систем городов, основывающихся на предоставлении МТС пассивного или активного приоритетов. Также названные стратегии можно разделить по характеру управляющих воздействий на стратегии с абсолютным и условным приоритетом.

В основу обеспечения пассивного приоритета положена разработка режимов светофорного регулирования на основе статистического обследования режимов движения маршрутных транспортных средств. На основании данных обследований составляется диаграмма движения маршрутного транспортного средства по перегону.

Светофорное регулирование при реализации данного направления рассчитывается на основании диаграммы таким образом, чтобы учесть наиболее вероятный момент прибытия МТС к светофорному объекту, полученный на основе анализа времени движения. Стоит заметить, что методы данного направления никогда не будут учитывать фактическое местонахождение МТС в режиме реального времени, а будут только предполагать его. К основным методам реализации пассивного приоритета относятся изменение продолжительности цикла светофорного регулирования, деление фаз (выделение специальных фаз для МТС), изменение продолжительности фазы с учётом скорости МТС, изменение порядка фаз (с учётом скорости МТС), выделение специальных полос движения, создание «ускоренных» маршрутов объезда для МТС.

В основу обеспечения активного приоритета положена разработка режимов светофорного регулирования на основе адаптивного управления с вызывными устройствами и специальными детекторами, идентифицирующими МТС. Программы светофорного регулирования предусматривают различные варианты включения, причём управляющим воздействием в данных схемах всегда будет являться сигнал о приближении МТС, поступающий от детектора. Таким образом управление в данных системах ведётся в режиме реального времени. Методологически обеспечение активного приоритета МТС возможно путём оперативного увеличения продолжительности фазы (основного такта), опережения разрешающего сигнала («выпуск» МТС перед основным потоком), применения специальной «монопольной» фазы (обеспечения проследования светофорного объекта МТС при одновременном включении запрещающего сигнала для других транспортных средств во всех направлениях), исключения определённых фаз из текущего цикла для «приближения» времени включения фазы разрешающей проезд МТС. В случае применения некоторых из данных методов в последующих циклах при отсутствии в них МТС целесообразно предусматривать применение мер компенсационного воздействия (удлинение фаз для немаршрутных транспортных средств и т.д.).

В то же время по характеру управляющих воздействий можно выделить абсолютный и условный приоритеты. В случае предоставления абсолютного приоритета система управления светофорным объектом не учитывает маршрут, наполняемость салона, отклонение от расписания МТС и т.п. В случае предоставления условного приоритета интеллектуальная система управления дорожным движением учитывает названные факторы и определяет необходимость и очерёдность предоставления приоритета.

Перспективным направлением для обеспечения приоритетного движения маршрутных транспортных средств в интеллектуальных транспортных системах городов является использование именно активного приоритета маршрутных транспортных средств с условным или абсолютным характером управляющих воздействий.

#### Список литературы

1 О мерах по повышению безопасности дорожного движения : Указ Президента Республики Беларусь от 28 ноября 2005 г. № 551.

2 О дорожном движении : закон Республики Беларусь от 05.01.2008 № 313-З (ред. от 13.07.2016).

3 Тарасик, В. П. Интеллектуальные системы управления автотранспортными средствами : [монография] / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич. – Минск : Технопринт, 2004. – 511 с.

4 Рынкевич, С. А. Новые технологии и проблемы науки на транспорте : [монография] / С. А. Рынкевич. – Могилев : Белорусско-Российский университет, 2009. – 336 с.

5 Тарасик, В. П. Технологии искусственного интеллекта в диагностировании автотранспортных средств : [монография] / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич. – Могилев : Белорусско-Российский университет, 2007. – 279 с.

6 Автоматизированные системы управления дорожным движением : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности "Организация дорожного движения" / Д. В. Капский [и др.]. – Минск–Москва : Новое знание–Инфра-М, 2015. – 367 с.

7 Кот, Е. Н. Трамвайная система г. Минска – проблемы и перспективы / Е. Н. Кот, С. С. Семченков, В. Ю. Ромейко // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XXIV Междунар. (XXVII Екатеринбургской, II Минской) науч.-практ. конф. / междунар. редкол. : Д. В. Капский [и др.]. – Минск : БНТУ, 2018. – С. 197–222.

УДК 656.11.05

## **ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ЭТАПАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ**

*С. В. СКИРКОВСКИЙ, А. Б. НЕВЗОРОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Тендер на проектирование дорог, как правило, выигрывают проектные организации, имеющие в штате сертифицированных специалистов по строительству и реконструкции автомобильных дорог. За последнее время была создана обширная база типовых решений, которые для ускорения процесса проектирования используются для новых проектов. Но в реальности, после строительства дорог очень часто вскрываются неучтенные факторы, связанные со спецификой организации безопасности дороги с позиции восприятия её всеми категориями участников дорожного движения и выявления дефектов, которые могут стать причиной ошибок пользователей и привести к дорожно-транспортным происшествиям [1].

Это связано с тем, что в команде проектировщиков проектной организации, как правило, отсутствует специалист по безопасности дорожного движения (БДД) или его не привлекают из-за финансовых проблем, а сам проектировщик не владеет полным спектром знаний в области БДД и прогнозирования развития дорожной ситуации на дороге в будущем. Поэтому зачастую ещё на стадии проектирования закладывается основа низкой безопасности дорог. Одним из решений по повышению БДД дорожных проектов может быть привлечение в белорусские проектные команды по проектированию дорог специалистов по БДД и проведение совместного аудита инфраструктурных проектов автомобильной сети для определения влияния различных альтернатив планирования на безопасность.

Аудит безопасности дорожного движения определяется как формальная и независимая техническая проверка проектирования и строительства дорожной схемы с целью выявления любых небезопасных элементов или потенциальных опасностей и предоставления рекомендаций по их устранению на всех этапах, от планирования до начала эксплуатации (PIARC, 2011; ETSC, 1997; NRA, 2012).

Основной целью аудита БДД является выявление и решение любых вопросов безопасности дорожного движения, т. к. парк автомобильного транспорта в Беларуси увеличился за последние десять лет более чем на 30 %. Аудит БДД – это не проверка на соответствие стандартам проектирования, а средство обнаружения опасности. Схема дорожного движения, когда проводится аудит, должна анализироваться при всех условиях эксплуатации и учитывать всех участников дорожного движения [2].

Аудит безопасности дорожного движения считается экономически эффективной мерой для выявления и решения вероятных проблем безопасности. Чем раньше будет проведен аудит, тем больше будет выгода, поскольку корректировка планов проектирования может быть более дешевым вариантом, чем модернизация функций безопасности после построения схемы.

Аудит дорожной безопасности применения типового проектного решения к реальным условиям без адаптации и консультации с инженерами по БДД выявил следующие специфические задачи, которые требовали своего решения:

- непонимание вероятности возникновения ДТП на стадии пользования дорогой в данной топографической локализации;
- отсутствие экспертных заключений по выбору результативного варианта проекта;
- обоснование снижения затрат на последующих этапах технологического развития дорожного проекта за счет выявления и исключения дефектов на этапах планирования, эскизного и детального (рабочего) проектирования, строительства или реконструкции дороги, открытия движения и эксплуатации, а также развития прилегающих территорий в будущем.