

пассажи́рского транспорта определить сферы работы, которые требуют повышенного внимания и совместного вмешательства как производителей, так и представителей органов городского управления [4]. Это позволит исключить позднее принятие решений, когда уже наступила сложная ситуация и перевозки перешли в разряд убыточных. В результате использования логистических принципов управления ресурсами для внутригородских пассажирских перевозок большей части транспортных предприятий удалось исключить убыточность при выполнении внутригородских пассажирских перевозок и сохранить рентабельность их выполнения на уровне 7-9%.

1. Логистика / Под ред. Б.А.Аникина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Инфра-М, 2001. – 352 с.

2. Гетьман А.А. Прогноз основных фондов и его увязка с трудовыми ресурсами на региональном транспорте. – Владивосток, 1995. – 122 с.

3. Еловой И.А. Эффективность логистических транспортно-технологических систем (теория и методы расчётов). В 2 ч. – Гомель: БелГУТ, 2000. – 536 с.

4. Смоляр Л.И. Модели оперативного планирования в дискретном производстве. – М.: ФТЛ-М, 1988. – 320 с.

Получено 01.02.2006

УДК 656

Г.М.КУХАРЕНОК, д-р техн. наук, В.Ю.КАРПИЛОВИЧ, Е.Н.ПУСТОВОЙТ
Белорусский национальный технический университет и КБСТ БГУ, г.Минск

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СЕКЦИЙ СВЕТОФОРОВ

Рассматриваются вопросы конфликтного взаимодействия пешеходного потока с поворотным транспортным потоком, предложены новые технические средства организации дорожного движения.

Светофорное регулирование является распространенным методом организации дорожного движения, применяемым для повышения пропускной способности отдельных участков улично-дорожной сети населенных пунктов, а также для обеспечения безопасных перемещений различных категорий участников дорожного движения. Повышение безопасности движения обеспечивается путем разделения транспортных (либо транспортных и пешеходных) потоков во времени [1].

Примерно 75% светофорных объектов устанавливается на пересечениях улично-дорожной сети [2]. На таких участках полная ликвидация всех конфликтных точек требует применения сложных схем регулирования и приводит к резкому сокращению пропускной способности узлового пункта [3, 7, 9]. Поэтому некоторые (менее опасные) конфликтные точки на пересечениях во многих случаях признаются

допустимыми и сохраняются. К этой группе, как правило, относятся и конфликтные точки при взаимодействии транспортных потоков, выполняющих на перекрестках правый или левый повороты, с пешеходами, переходящими проезжую часть, на которую выполняется поворот. Особенностью таких конфликтов является однозначное предоставление Правилами дорожного движения (ПДД) преимущества незащищенным участникам движения – пешеходам, но использовать это преимущество им следует с осторожностью, так как невыполнение водителями требований ПДД наносит наибольший ущерб именно пешеходам [8]. Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) с участием поворотных транспортных средств составляют 8-10% из всех наездов на пешеходов на регулируемых перекрестках, или 1-1,5% от общего числа ДТП с пешеходами в городах [3]. Поэтому одной из насущных задач является повышение безопасности таких конфликтов.

Движение направо или налево может регулироваться либо сигналами основного светофора, либо сигналом дополнительной секции (рис.1, а, б, рис.2, а). В соответствии с ПДД Республики Беларусь, "при движении по сигналу стрелки, включенной в дополнительной секции светофора одновременно с желтым или красным сигналом, водитель должен уступить дорогу транспортным средствам, движущихся с других направлений" (пункт аналогичного содержания есть и в ПДД Российской Федерации). С учетом этого пункта движение по сигналу стрелки, включенной одновременно с зеленым сигналом светофора, воспринимается большинством водителей как бесконфликтное, особенно с учетом практически повсеместной в Республике Беларусь организации движения левоповоротных транспортных потоков по сигналу дополнительной секции именно как движения без конфликта с другими транспортными потоками. За последние годы проведена работа по изменению схем организации светофорного регулирования для устранения имевшихся конфликтов левоповоротных потоков, движущихся по сигналу дополнительной секции светофора, и с пешеходами [5].

Однако при движении направо полное разделение во времени поворотного транспортного потока с пешеходами приводит во многих случаях к неоправданному снижению пропускной способности правоповоротных направлений, увеличению экономических и экологических потерь в дорожном движении. Например, на Т-образном перекрестке движение направо может быть разрешено либо по сигналу основного светофора (рис.1, а), либо по сигналу дополнительной секции без конфликта с пешеходами одновременно с потоками, выезжающими с боковой улицы (рис.1, б).

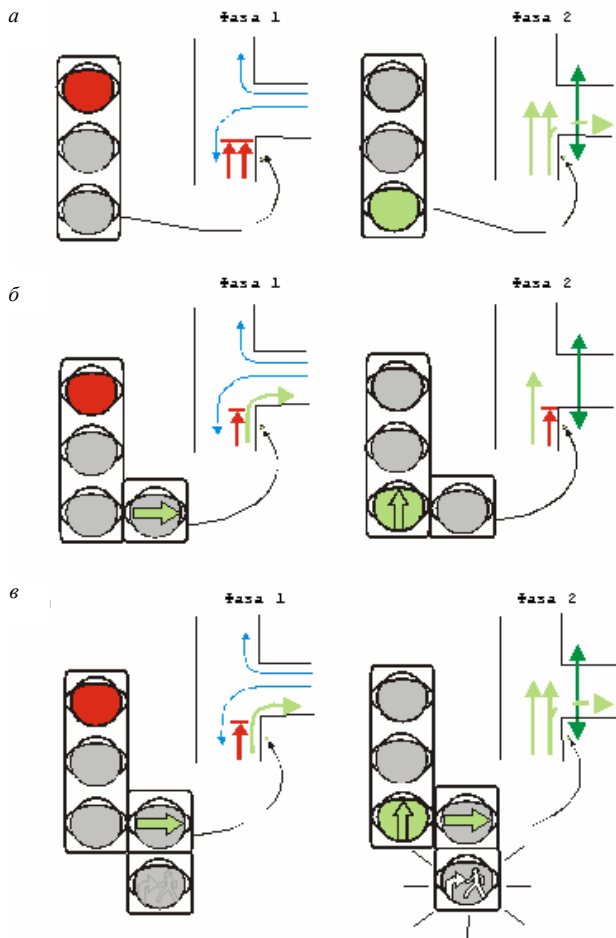


Рис.1 – Варианты организации движения правоповоротных транспортных потоков при двухфазной схеме светофорного регулирования на Т-образном перекрестке:
a – в первой фазе по сигналу основного светофора в конфликте с пешеходами; *б* – по сигналу дополнительной секции, включенной с красным сигналом основного светофора; *в* – схема с переменным приоритетом (в первой фазе движение в бесконфликтном режиме, во второй – в конфликте с пешеходами, обозначенном сигналом информационной секции).

В обоих вариантах движение разрешается только в одной из двух фаз светофорного цикла. В результате в первом варианте не используется возможность бесконфликтного поворота направо в первой фазе, а во втором варианте запрещается поворот направо при зеленом сигнале

основного светофора во второй фазе, и, соответственно, блокируется возможность движения в прямом направлении из правой полосы. На регулируемых пересечениях с трехфазными схемами регулирования ситуация аналогична – движение направо разрешается только в одной фазе из трех (рис.2, *a*).

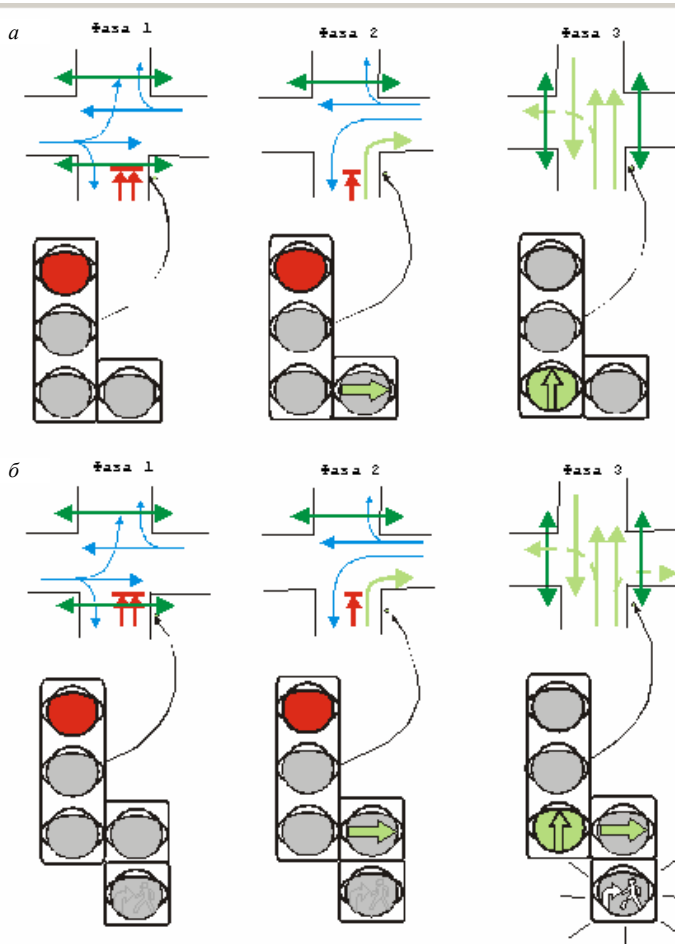


Рис.2 – Варианты организации движения правоповоротных транспортных потоков по сигналу дополнительной секции при трехфазной схеме светофорного регулирования: *a* – движение разрешено только в одной из трех фаз; *б* – движение разрешено в двух фазах их трех с переменным приоритетом (в одной фазе движение в бесконфликтном режиме, в другой – в конфликте с пешеходами, обозначенном сигналом информационной секции).

В то же время разрешение движения направо по сигналу дополнительной секции, включенной одновременно с зеленым сигналом основного светофора (рис.1, *в*; рис.2, *б*), при наличии конфликта с пешеходами, переходящими проезжую часть, на которую выполняется поворот, приводит к увеличению доли водителей, нарушивших требования ПДД и не уступивших дорогу пешеходам. При этом к нарушениям относились и ситуации, когда пешеходы отказывались от юридически предоставленного приоритета в целях собственной безопасности. Изменение поведения водителей было подтверждено путем экспериментальных исследований конфликтных ситуаций, в результате которых установлено, что при повороте направо по сигналу основного светофора доля водителей-нарушителей составляет 21-28%, а при движении направо по сигналу дополнительной секции светофора, включенной одновременно с зеленым сигналом основного светофора, достигает 36-41% [10].

Различия являются статистически значимыми. Таким образом, подтвердилось приведенное выше предположение о том, что движение по сигналу дополнительной секции, включенной одновременно с зеленым сигналом основного светофора, воспринимается водителями как бесконфликтное, и их готовность уступить дорогу другим участникам движения при этом уменьшается [6].

Целью данной работы является разработка новых схем организации движения правоповоротных потоков на регулируемых перекрестках с переменным приоритетом для увеличения пропускной способности и повышения безопасности участников дорожного движения.

Схемой предусматриваются два периода разрешенного движения направо в течение цикла светофорного регулирования (рис.1, *в*; рис.2, *б*). В одном из периодов движение выполняется без взаимодействия с пешеходами ("бесконфликтный период"), в другом – одновременно с пешеходами, переходящими проезжую часть, на которую поворачивает транспортное средство ("конфликтный" период). Пропускная способность правоповоротного направления при такой схеме представляет собой сумму транспортных средств, которые могут проехать перекресток в бесконфликтном и конфликтном периодах, поэтому она больше, чем при чисто конфликтной или чисто бесконфликтной схемах.

Схема может применяться для организации взаимодействия правоповоротных потоков не только с пешеходами, но и с другими участниками движения, движущимися в параллельном направлении справа от проезжей части (велосипедистами на велодорожке, трамваями на обособленном полотне). Для реализации таких схем при разработке

Государственного стандарта Республики Беларусь СТБ 1300-2002 "Технические средства организации дорожного движения. Правила применения" создана система технических средств, включающая информационные секции трех модификаций и их упрощенный вариант - информационные таблички [11].

Для обозначения конфликтного периода при взаимодействии правоповоротных транспортных и пешеходных потоков базовым техническим средством является информационная секция ИС.1.п с белолунными символами правоповоротной стрелки и пешехода на черном фоне. Конструктивно информационная секция аналогична дополнительной секции светофора и устанавливается под ней. Режим работы секции – мигающий с частотой 60 миганий в минуту. Сигнал информационной секции должен работать в период светофорного цикла, в котором предусмотрен конфликтный режим движения правоповоротного потока с пешеходами. При экспериментальных исследованиях конфликтных ситуаций установлено, что наиболее опасные ситуации происходят при переходе от бесконфликтного периода регулирования к конфликтному. Такие переходы возможны, если схемой регулирования на перекрестке предусмотрено включение сигнала правой дополнительной секции раньше по сравнению с моментом разрешения движения пешеходов (рис.3). Наличие информационной секции позволяет своевременно предупредить водителей правоповоротных транспортных средств о том, что начинается период светофорного цикла, в котором будет разрешено движение пешеходов через проезжую часть, на которую поворачивает водитель. В результате уменьшается количество конфликтных ситуаций и степень их опасности, что подтверждено экспериментальными исследованиями.

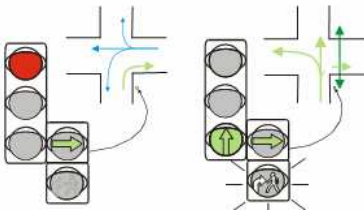


Рис.3 – Очередность фаз светофорного регулирования, при которой необходимо применение информационной секции ИС.1.п (конфликтный период следует после бесконфликтного)

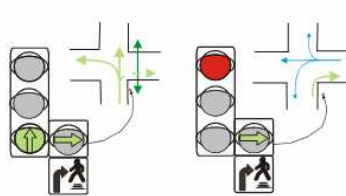


Рис. 4 – Очередность фаз светофорного регулирования, при которой возможно применение информационной таблички ИТ.1.п (конфликтный период перед бесконфликтным)

Разработанная система регулирования правоповоротного движе-

ния к началу 2006 г. реализована на 70 пешеходных переходах, расположенных на регулируемых перекрестках в четырех городах Республики Беларусь. Применение схем регулирования правоповоротного движения с переменным приоритетом уже обеспечивает снижение экономических издержек движения на этих перекрестках более чем на 500 млн. белорусских рублей (250 тыс. долл.) за год. При этом на переходах с новыми схемами регулирования с 1991 г., когда такие схемы начали применяться в экспериментальном порядке, зафиксировано только одно дорожно-транспортное происшествие с участием пешехода и правоповоротного транспортного средства.

Затраты на проектирование не превысили 40 долл. на одну секцию и 10 долл. на табличку. Внесение изменений в нормативные документы (СТБ 1300, ПДД 2003 г.) произведено при плановой их разработке или переработке, поэтому каких-либо специальных затрат не потребовало (без учета затрат на научно-исследовательские работы и незначительного увеличения расходов на издание из-за большего объема текста).

По результатам опытной эксплуатации информационных технических средств в раздел "Проезд перекрестков" Правил дорожного движения Республики Беларусь 2003 г. был включен новый пункт следующего содержания: *"113. На регулируемых перекрестках могут применяться информационные секции с бело-лунным мигающим сигналом на черном фоне или информационные таблички белого цвета с черными символами. Информационные секции могут размещаться под правой дополнительной секцией транспортных светофоров либо перед пешеходным переходом совместно с дорожными знаками "Пешеходный переход". Информационная секция или табличка не изменяет значения сигналов светофоров, требований дорожных знаков, настоящих Правил и дополнительно предупреждает водителей о необходимости уступить дорогу пешеходам, велосипедистам, трамваям"*.

В процессе эксплуатации установленных информационных секций с ламповым светосигнальным устройством основным их недостатком является низкая надежность ламп накаливания. Указанный недостаток хорошо известен специалистам, однако эксплуатация информационных секций выявила некоторые особенности.

В последние годы в Республике Беларусь дорожные светофоры с ламповыми светосигнальными устройствами активно заменяются светофорами со светодиодными светосигнальными устройствами (светодиодные светофоры) разных изготовителей. Кроме технических преимуществ (хорошие светотехнические характеристики, отсутствие "фантом"-эффекта, низкое энергопотребление), светодиодные свето-

форы отличаются более высокой надежностью светосигнальных устройств и отсутствием катастрофических отказов. В результате предприятия, занимающиеся обслуживанием технических средств организации дорожного движения, имеют возможность увеличить периодичность осмотров оборудования светофорных объектов для экономии эксплуатационных расходов.

Информационные секции со светодиодными светосигнальными устройствами в Республике Беларусь в настоящее время не производятся, так как для них требуются светодиоды с бело-лунным спектром свечения, стоимость которых примерно в 2 раза больше, чем у светодиодов других цветов (красного и желтого или зеленого). Поэтому при замене светофоров на светодиодные конструкции информационные секции сохраняются в ламповом варианте, что в дальнейшем приводит к тому, что они оказываются "слабым" звеном, требующем более частой замены источника света по сравнению с основными светофорами. Увеличенный период между осмотрами светофорных объектов со светодиодными светофорами приводит к тому, что вышедший из строя источник света в информационной секции на таком объекте заменяется после длительной задержки.

Поэтому актуальной является разработка конструкций для информационных секций, обеспечивающих уровень надежности, соответствующий показателю для основных и дополнительных секций светофоров. При этом необходимо учитывать, что изготовление информационных секций в виде матриц со светодиодами белого цвета резко увеличивает их стоимость и сдерживает возможность массового применения схем ОДД с переменным приоритетом [12].

Для решения поставленной задачи унитарным предприятием "Конструкторское бюро специальной техники" Белорусского государственного университета совместно с кафедрой "Организация автомобильных перевозок и дорожного движения" Белорусского национального технического университета разработана многофункциональная дополнительная секция светофора (МФДС) с использованием светодиодных сигнальных устройств.

МФДС обеспечивает выполнение функций дополнительной и информационной секций светофора, но размещается в одном корпусе. По сравнению с существующими конструкциями (дополнительная секция и размещенная под ней информационная секция) такая компоновка приводит к снижению стоимости секции, упрощению установки, монтажа и коммутации, уменьшению нагрузок, действующих на корпус светофора при его эксплуатации.

Кроме того, МФДС позволяет устранить недостаток существую-

щих конструкций дополнительных секций светофоров (в том числе и светодиодных устройств) – отсутствие сигнала в период запрещения движения в направлении, которое регулируется дополнительной секцией. Необходимость повышения видимости дополнительных секций в этот период требует применения экранов светофоров, что приводит к дополнительным расходам при строительстве светофорного объекта и его дальнейшей эксплуатации.

МФДС обеспечивает включение и выключение по командам, поступающим из дорожного контроллера (ДК), трех сигналов:

- сигнала, обозначающего дополнительную секцию при выключенном разрешающем сигнале (кольцо красного цвета по контуру светосигнального устройства, рис.5, *а*);
- зеленой стрелки, разрешающей движение в указанном направлении (рис.5, *б*);
- сигнала, обозначающего период светофорного цикла с "конфликтным" режимом движения (кольцо желтого цвета по контуру светосигнального устройства, рис.5, *в*).

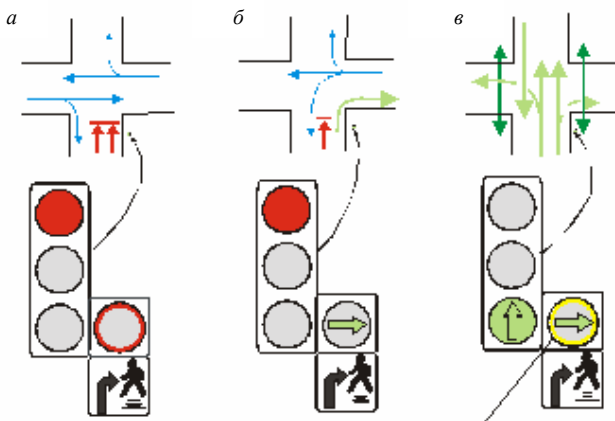


Рис. 5 – Сигналы многофункциональной дополнительной секции:
а – движение направо запрещено; *б* – движение направо разрешено в бесконфликтном режиме; *в* – движение направо разрешено в "конфликтном режиме" с пешеходами.

Любой из сигналов может работать в постоянном или мигающем режиме либо обеспечивать их комбинацию (например, постоянный режим с миганием сигнала в течение 3 с перед выключением).

Применение в качестве сигнала, обозначающего "конфликтный" режим движения, желтого кольца по периметру светосигнального устройства связано с тем обстоятельством, что аналогичный сигнал по

периметру разрешающего сигнала пешеходного светофора уже предусмотрен действующими в Республике Беларусь нормативными документами для обозначения "конфликтного" режима движения пешеходов. В разделе "Сигналы регулировщика и светофоров" ПДД Республики Беларусь 2006 г. предусмотрен подпункт следующего содержания: *"42.7. Для информирования пешеходов о том, что в период разрешенного для них движения по пешеходному переходу через переход могут двигаться транспортные средства, выполняющие на перекрестке правый и (или) левый поворот, разрешающий сигнал пешеходного светофора может быть дополнен по периметру кольцом желтого цвета"*.

После завершения опытной эксплуатации МФДС и исследования условий движения на перекрестках, оборудованных этими техническими средствами, планируется внесение дополнений в ПДД, относящихся к новым сигналам. Таким образом, применение МФДС позволит ускорить формирование системы сигналов, разрешающих движение пешеходов или транспортных средств, но дополнительно предупреждающих об опасности. Для обозначения вида конфликта (с пешеходом, велосипедистом, трамваем, транспортным средством, движущимся с другого направления) целесообразно использовать информационную табличку соответствующей модификации, предусмотренную СТБ 1300, устанавливаемую непосредственно под МФДС (рис.5). Для реализации максимального набора функций МФДС должна быть подключена к трем управляющим каналам ДК. При ограниченном количестве управляющих каналов в ДК либо отсутствии свободных жил в контрольном кабеле может быть реализована одна либо две функции МФДС. Для регулирования движения поворотных потоков только в бесконфликтном режиме разработана конструкция дополнительной секции МФДС-2, которая обеспечивает включение и выключение двух сигналов – зеленой стрелки и красного кольца. МФДС-2 целесообразно использовать в качестве левых дополнительных секций светофоров, так как левый поворот по сигналу дополнительной секции практически всегда организуется в бесконфликтном режиме. Следующим этапом явилась разработка дополнительной секции светофора с "интеллектуальными" функциями (МФДС-И). В такой секции может отсутствовать управляющий канал, обеспечивающий включение и выключение запрещающего сигнала, так как этот сигнал автоматически формируется при отсутствии разрешающего сигнала. Применение МФДС-И целесообразно при установке на уже функционирующем светофорном объекте, не имеющем свободных управляющих силовых каналов ДК или свободных жил контрольного кабеля.

В МФДС-И реализованы также встроенная функция контроля входного напряжения, исключающая одновременное включение сегментов красного и зеленого цветов, и функция, запрещающая работу зеленого сигнала при подаче напряжения питания ниже 160 В. Наличие в МФДС-И встроенного стабилизатора напряжения защищает светодиоды от перенапряжения и кратковременных перепадов напряжения и в результате обеспечивает повышение срока службы светодиодов.

На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что применение разработанных конструкций дополнительных секций в практике организации дорожного движения позволит:

- улучшить видимость дополнительных секций светофоров (особенно в темное время суток) и одновременно исключить затраты, связанные с изготовлением, установкой и эксплуатацией экранов светофоров;
- повысить информативность при работе дополнительных секций за счет наличия двух сигналов вместо одного, а также обозначения при необходимости обоих переходных интервалов (от зеленого сигнала к красному и от красного к зеленому);
- увеличить количество перекрестков с переменными схемами организации движения правооборотных транспортных потоков, сохранив при этом надежность работы всех светосигнальных устройств на уровне светодиодных светофоров за счет устранения "слабых" звеньев в виде информационных секций с ламповыми светосигнальными устройствами;
- уменьшить количество установленных секций светофоров за счет совмещения функций дополнительной и информационной секций в одном конструктивном модуле – МФДС.

1. СНБ 3.03.02-97 Улицы и дороги городов, поселков и сельских населенных пунктов.

2. Капский Д., Кот Е. Концепция развития автоматизированных систем управления дорожным движением в Республике Беларусь // Научно-технический журнал «Вестник БНТУ». – Минск, 5*2005. – С. 63-66.

3. Капский Д. Прогнозирование аварийности на регулируемых конфликтных объектах // Безопасность дорожного движения Украины. – К.: ГНИЦ БДД ДДПСММ МВС Украины. – 2005. – №3-4 (21). – С. 78-88.

4. Аналитический сборник по аварийности. – Минск.: Полиграфический Центр МВД РБ, 2005. – 80 с.

5. Кот Е.Н. Конфликтные ситуации "пешеход - поворотный транспорт" // Материалы Республиканской НПК "Современные проблемы автомобильного транспорта". – Красноярск, 1991. – С.110.

6. Клеббельсберг Д. Транспортная психология: Пер. с нем. – М.: Транспорт, 1989. – 367 с.

- 7.Шештокас В.В., Самойлов Д.С. Конфликтные ситуации и безопасность движения в городах. – М.: Транспорт, 1987. – 207 с.
- 8.Врубель Ю.А. Потери в дорожном движении: – Минск: БНТУ, 2003. – 380 с.
- 9.Zimolong B., Gstalter H. Gefahrenkognition bei Fahrzeug-Fussgänger-Konflikten. // Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 1984.- №2, p.62-66.
- 10.Кот Е.Н, Шамрук Е.А., Юшкевич Н.А. Оценка водителями новых технических средств на регулируемых пересечениях // Проблемы безопасности на транспорте: Тез. докл. на междунар. научн.- практ. конф., Гомель, 18-20 окт. 2000 г. / Белорус. гос. ун-т транспорта. – Гомель, 2000. – С.127.
- 11.СТБ 1300-2002 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения. – Минск: Госстандарт, 2002. – 96 с.
- 12.Кот Е.Н. Совершенствование нормативной базы по применению технических средств организации дорожного движения // Автотракторный факультет на рубеже столетий: Сб. докл. / Под ред. Н.М.Капустина. – Минск: УП «Технопринт», 2002. – С.62.
- 13.Закон Республики Беларусь о дорожном движении. Правила дорожного движения (Новая редакция). – Минск: Беларусь, 2003. – 160 с.

Получено 14.02.2006

УДК 656.11

Д.В.КАПСКИЙ, канд. техн. наук

Белорусский национальный технический университет, г.Минск

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ НА АВТОМАГИСТРАЛИ

Рассматриваются вопросы создания автоматизированной системы управления дорожным движением автомагистрали на примере вылетной автомобильной дороги М2, которая связывает Минск и Национальный аэропорт «Минск», даются рекомендации по ее разработке.

Как известно, одним из механизмов повышения качества дорожного движения является введение автоматизированного управления движением на улично-дорожной сети города (региона) и на участках автомобильных дорог. При этом задачи, которые решаются на «городском» уровне при создании автоматизированных систем, похожи с системами управления загородными автомобильными дорогами, и, тем не менее, достаточно различные [1, 3]. Однако в связи с постоянным ростом спроса на перевозки, обусловленным развитием экономики, автоматизация управления процессом дорожного движения на автомобильной дороге, которая является вылетной – осуществляет вывод и ввод в город грузо- и пассажиропотоков, является актуальной задачей, которая успешно решается при применении подходов, изложенных в [2-4].

Целью данной работы является разработка требований по созданию системы управления дорожным движением на загородной автомобильной магистрали.