

Алгоритмы и технические средства повышения безопасности движения на регулируемых перекрестках

А. М. ПЛОТНИКОВ, канд. техн. наук, доцент, ведущий науч. сотрудник института БДД СПбГАСУ, генеральный директор ООО «СПбГАСУ-ТУДД»



Проблема заторов на одноуровневых транспортных узлах остается актуальной во всех крупных российских городах. Одна из ее ключевых причин — многолетнее отставание темпов строительства многоуровневых дорожных развязок в транспортной инфраструктуре от темпов роста численности транспортных средств и подвижности населения. Средством ее решения могут стать инновационные алгоритмы оптимизации пропускной способности на одноуровневых регулируемых перекрестках.

ликтных точек в траекториях движения «транспорт — транспорт» и «транспорт — пешеход» — и тем самым существенно снизить устойчиво высокий в России общий уровень ДТП со смертельным исходом (более 26 тыс. человек за 2010 г.) [2].

Внедрение таких методик потребует инвентаризационной модернизации

На сегодняшний день не удается добиться того, чтобы перетекание транспортно-пешеходных потоков (ТПП) через транспортные узлы осуществлялось быстро и без заторов, с поддержанием заданных требований к дорожной безопасности и без превышения времени терпеливого ожидания водителей и пешеходов. В связи с этим приходится констатировать стабильно высокие показатели смертности и тяжелых увечий в ДТП в зонах перекрестков — более 13 тыс. случаев за 2010 г.

Исследования показывают, что существенного — до 50–70% — снижения числа тяжких ДТП на улично-дорожной сети (УДС) Российской Федерации можно достичь за счет внедрения более совершенных, инновационных алгоритмов управления движением в одноуровневых узлах пересечений, ответвлений и примыканий. Данные алгоритмы позволяют, с одной стороны, минимизировать или полностью исключить негативный вклад человеческого фактора в ДТП [1], а с другой — максимизировать пропускную способность транспортных узлов.

Создав такие алгоритмы и доведя их по статусу до федерального норматива, мы получим основу для разработки типовых научно обоснованных методик (методических указаний) по проектированию безопасных схем организации движения (СОД) для узловых пересечений. Эти методические указания, в свою очередь, позволят свести к минимуму основную причину опасности — наличие в СОД зон перекрестков конф-

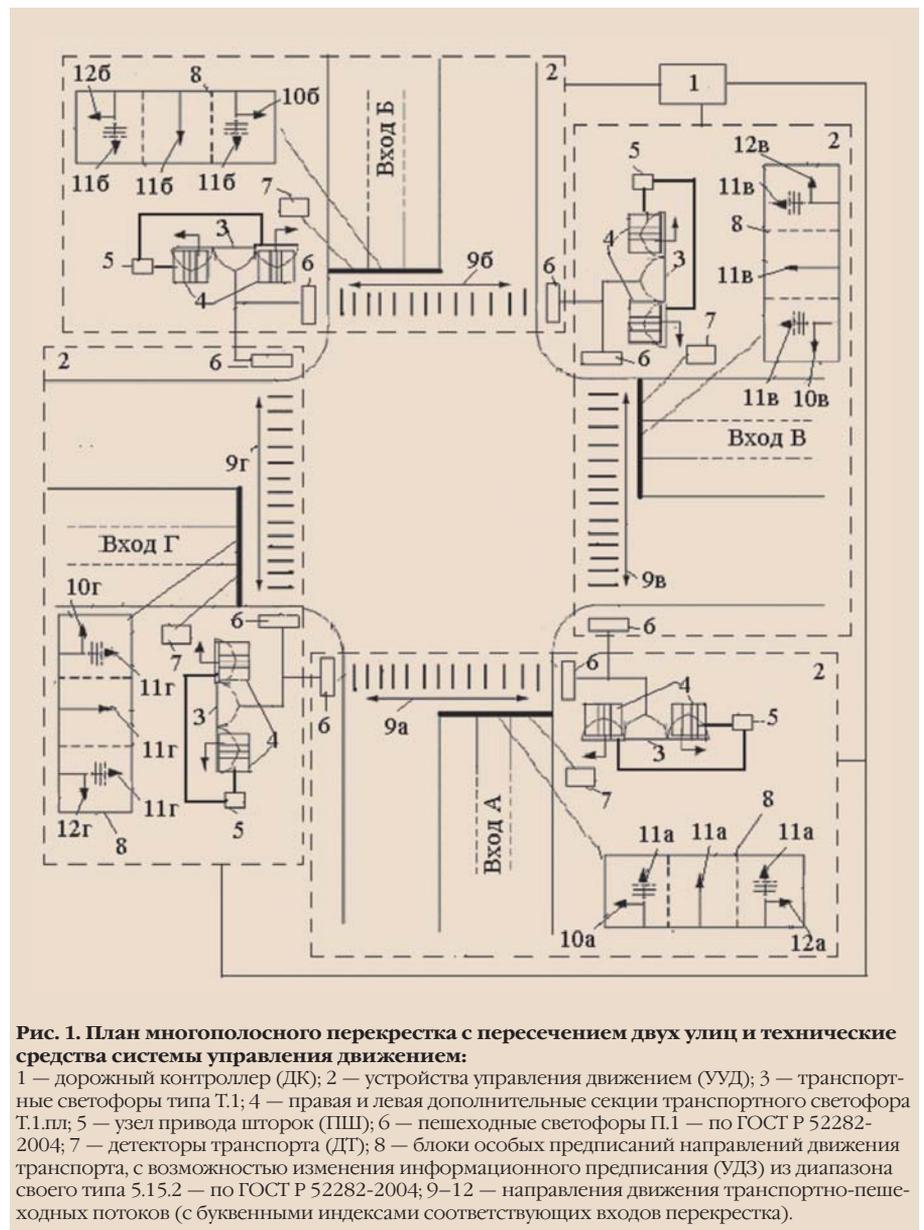


Рис. 1. План многополосного перекрестка с пересечением двух улиц и технические средства системы управления движением:

1 — дорожный контроллер (ДК); 2 — устройства управления движением (УУД); 3 — транспортные светофоры типа Т.1; 4 — правая и левая дополнительные секции транспортного светофора Т.1.пл; 5 — узел привода шторок (ПШ); 6 — пешеходные светофоры П.1 — по ГОСТ Р 52282-2004; 7 — детекторы транспорта (ДТ); 8 — блоки особых предписаний направлений движения транспорта, с возможностью изменения информационного предписания (УДЗ) из диапазона своего типа 5.15.2 — по ГОСТ Р 52282-2004; 9–12 — направления движения транспортно-пешеходных потоков (с буквенными индексами соответствующих входов перекрестка).

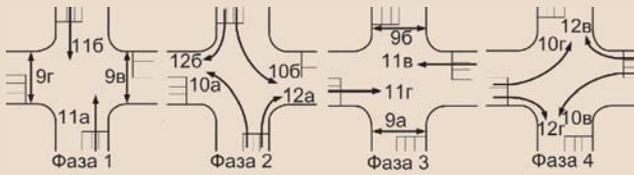


Рис. 2. Алгоритм работы четырехфазной СОД на перекрестке, где запрещено просачивание транспортных потоков между собой и с пешеходными потоками. В дорожном контроллере он записан программой № 1 [6], реализующей технологию неопасного пересечения [5], т. е. концепцию нулевой смертности на РП [3] с конфликтной загрузкой $R = 0$ и длительностью цикла светофорной сигнализации $T_c = 127$ с)

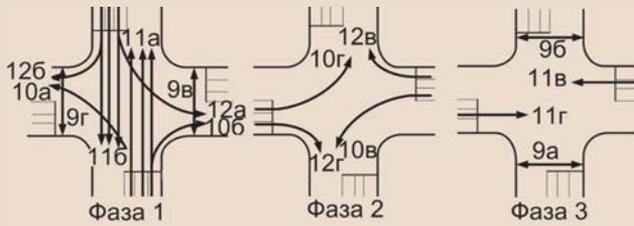


Рис. 4. Алгоритм работы трехфазной СОД на перекрестке, где разрешено просачивание транспортных потоков между собой и с пешеходными потоками в первой фазе. В дорожном контроллере он записан программой № 3 (вариант 2) [6], реализующей технологию малоопасного пересечения [5], т. е. концепцию с допустимым уровнем требований к дорожной безопасности на РП [3] при конфликтной загрузке $R_2 = 5,9$ ед. и длительности цикла светофорной сигнализации $T_c = 95$ с

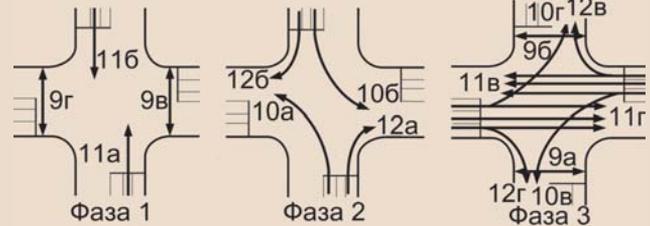


Рис. 3. Алгоритм работы трехфазной СОД на перекрестке, где разрешено просачивание транспортных потоков между собой и с пешеходными потоками в третьей фазе. В дорожном контроллере он записан программой № 2 (вариант 1) [6], реализующей технологию малоопасного пересечения [5], т. е. концепцию с допустимым уровнем требований к дорожной безопасности на РП [3] при конфликтной загрузке $R_1 = 3,6$ ед. и длительности цикла светофорной сигнализации $T_c = 95$ с

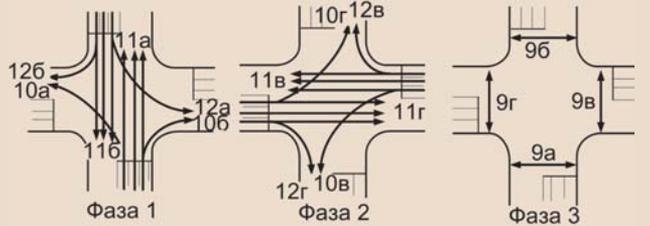


Рис. 5. Алгоритм работы трехфазной СОД на перекрестке, где разрешено просачивание транспортных потоков между собой и не разрешено с пешеходными потоками в первой и второй фазах. В дорожном контроллере он записан программой № 4 [6], реализующей технологию неопасного пересечения [5], т. е. концепцию с промежуточным уровнем требований к дорожной безопасности на РП [3] при конфликтной загрузке $R_3 = 3$ ед. и длительности цикла светофорной сигнализации $T_c = 86$ с

УДС и нового подхода к выполнению проектной документации. Последняя разрабатывается в виде пакета альтернативных СОД, причем в первую очередь СОД для регулируемых перекрестков (РП) как самых аварийных звеньев УДС, являющихся сегодня базой для внедрения интеллектуальных транспортных систем (ИТС).

Общие вопросы такого подхода в различных вариантах постановки задачи для разработки безопасных СОД, вплоть до СОД, реализующих известную идею шведской концепции «нулевой смертности» (стратегию «нулевой цели» — Vision Zero), изложены в авторских работах [3; 4]. Главным из них является вопрос формализации задач с изначальным акцентом на инновационных возможностях адаптивного управления движением на регулируемых перекрестках. При этом формализация сопровождается обязательной — для каждого из вариантов постановки задачи — оценкой обеспечиваемого на перекрестках уровня дорожной безопасности. Алгоритмы безопасного управления движением на РП в зависимости от интенсивности транспортно-пешеходных потоков реализуются различными модификациями СОД — с повышенным, промежуточным и допустимым уровнями

требований к дорожной безопасности.

Эта статья развивает тему, заявленную в публикации [3]. В качестве примера мы продемонстрируем подход к решению одного из вариантов поставленной задачи, суть которого — в обеспечении максимальной пропускной способности многополосного РП при поддержании на нем в динамике и по фазном управлении некоторого уровня требований к дорожной безопасности в пределах нормативного [5].

Всем водителям транспортных средств РФ, проезжающим через РП, понятно назначение «черных мешков» на добавочных секциях транспортных светофоров Т.1.пл ГОСТ Р 52282-2004. Такой прием транспортных проектировщиков с разрешения ГИБДД субъектов РФ применяется для перевода транспортных светофоров указанного типа с добавочными секциями в другой тип транспортных светофоров Т.1, у которых нет правых и левых дополнительных секций. В результате, в соответствии с правилами дорожного движения (ПДД), на РП происходит изменение СОД. При этом по правилам разрешено движение транспортных потоков (ТП) в разных направлениях с одной полосы, т. е. одновременное прямое движение с лево- и с правопо-

ротным ТП на соответствующих крайних полосах движения. В таких СОД не удастся избежать влияния человеческого фактора на показатели ДТП в конфликтных точках двух маневров:

- «транспорт — транспорт» при пересечении левоповоротного ТП с просачиванием через встречный ТП;
- «транспорт — пешеход», где лево- и правоповоротным ТП разрешается пересекать пешеходные потоки (ПП); эти движения разрешаются даже на пешеходных переходах типа зебра, но при предъявлении к транспортным средствам требования уступать дорогу пешеходам.

Исследования показывают, что такую организацию движения на РП можно обеспечить с использованием СОД с допустимым или промежуточным уровнем требований к дорожной безопасности.

Если же на РП с добавочных секций транспортного светофора Т.1 снимаются «черные мешки», то он меняет свой статус на транспортный светофор Т.1.пл с правой и левой добавочными секциями. При одновременном наличии соответствующей разметки или дорожных знаков направления движения по полосе в номенклатурном диапазоне своего типа 5.15.2 (по ГОСТ Р 52290-2004) меняется и СОД. На та-

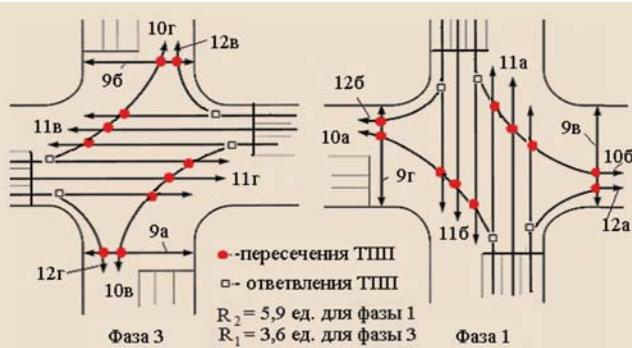


Рис. 6. Конфликтная нагрузка схем организации движения для фаз 3 и 1. Численная оценка проведена по методике обеспечиваемого уровня дорожной безопасности регулируемого перекрестка [4] для программы № 2, вариант 1 (рис. 3) и программы № 3, вариант 2, (рис. 4)

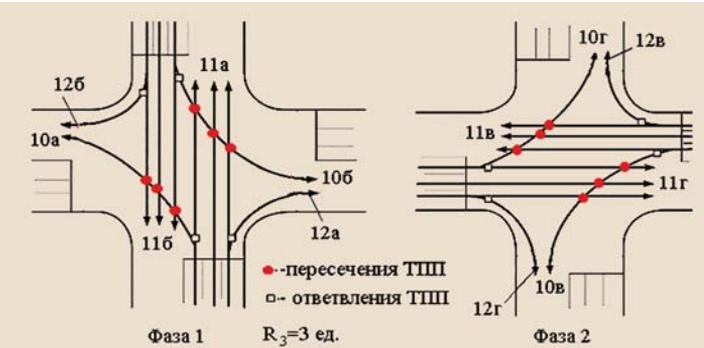


Рис. 7. Конфликтная нагрузка схем организации движения для фаз 1 и 2. Численная оценка проведена по методике обеспечиваемого уровня дорожной безопасности регулируемого перекрестка [4] для программы № 4 (рис. 5)

ком РП удастся достичь либо полного удаления конфликтных точек в траекториях пересечений «транспорт — транспорт» и «транспорт — пешеход» во всех фазах цикла светофорной сигнализации, либо их минимизации, когда допускаются только некоторые конфликтные точки с несущественным влиянием человеческого фактора на безопасность движения. Такая организация движения на РП позволяет реализовать СОД с повышенным уровнем требований к дорожной безопасности, т. е. приблизиться к концепции нулевой смертности.

Если использовать алгоритмы автоматизированных процессов открытия и закрытия добавочных секций в транспортных светофорах Т.1.пл с одновременным включением по полосе типа 5.15.2 управляемых дорожных знаков (т. е. способных менять направления движения транспорта в каждой полосе в зависимости от интенсивности ТПП), то можно решить инновационную задачу максимизации пропускной способности на РП при соблюдении требований концепции нулевой смертности. На рис. 1 представлен практический пример для решения такой задачи [6].

В организации движения (рис. 1) используются однотипные системы управления (2), которые могут безопасно регулировать транспортно-пешеходные потоки и оптимизировать пропускную способность в зависимости от их интенсивности на входах (А, Б, В и Г).

Каждое типовое устройство управления движением (УУД, 2) состоит из узла привода шторок (ПШ, 5) и транспортного светофора Т.1.пл с правой и левой дополнительными секциями. Штриховкой на дополнительных секциях (4) условно показаны шторки черного цвета для закрытия и открытия правой

и левой дополнительных секций соответственно. Узел привода шторок позволяет осуществлять соответствующий перевод транспортных светофоров типа Т.1.пл в другой тип Т.1, без правых и левых дополнительных секций (4), и наоборот. При этом блоки особых предписаний направлений движения транспорта (УДЗ, 8) могут одновременно с изменением типа светофора менять направления движения транспорта по полосам. Штриховые линии на всех прямых направлениях предписаний движения транспортных потоков на УДЗ (11а–11г) условно указывают на изменение предписания: одновременно на прямые движения с поворотными налево (10а–10г) и направо (12а–12г) или только на поворотные движения. Детекторы транспорта (ДТ, 7) снимают данные об интенсивности движения транспортных потоков по каждой выделенной полосе движения в виде текущей и интегральной информации для передачи ее на дорожный контроллер (ДК, 1).

Алгоритмы безопасного управления движением на РП в зависимости от интенсивности транспортно-пешеходных потоков реализуются различными модификациями СОД, записанными заранее в ДК (рис. 2–7).

Все расчеты численных значений Тц и R для программ № 1–4 произведены априорно, исходя из статистики пиковых интенсивностей для ТПП на примере перекрестка, рассмотренного в работах [3; 4].

Современные промышленные технологии и материалы позволяют организовать серийное производство и внедрение в Российской Федерации предлагаемого инновационного решения безопасного управления. Оно может использоваться на Т-образных (с примыканием) перекрестках и перекрестках с пересечением улиц, в частности

если хотя бы одна из улиц имеет три полосы движения и более, а другая — не менее двух полос и более во встречных направлениях движения.

Таким образом, описанные инновационные технологии использования алгоритмов СОД на РП, позволяющие адаптировать оценку опасности конфликтных пересечений ТПП и автоматизацию процессов изменения конструкции технических средств (светофора Т.1.пл в Т.1 и наоборот), позволяют максимизировать пропускную способность РП и существенно повысить безопасность дорожного движения на узловых пересечениях УДС России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самойлов Д. С., Юдин В. А. Организация и безопасность городского движения: учебник для вузов. — М.: Высшая школа, 1972.
2. Асаул Н. А. Участие России в программе ООН по повышению безопасности дорожного движения // Транспорт Российской Федерации. — 2011. — № 2 (33). — С. 37–39.
3. Плотников А. М. О приложении концепции нулевой смертности на дорогах к задачам разработки схем организации движения на регулируемых перекрестках // Транспорт Российской Федерации. — 2010. — № 2 (27). — С. 24–27.
4. Плотников А. М. Разработка схем организации движения транспортных и пешеходных потоков на регулируемых перекрестках: учеб. пособие для вузов — СПб.: Нестор-История, 2010.
5. Рекомендации по обеспечению БД на автомобильных дорогах (Росавтодор). Утверждено распоряжением Минтранса России № ОС-557-р от 24.06.2002.
6. Плотников А. М., Кравченко П. А., Архестов Р. М., Андреев А. В. Система управления движением на многополосных перекрестках. ФИПС (Роспатент). Решение от 12 мая 2011 г. о выдаче патента на полезную модель. Заявка № 2011113715. Дача подачи 04.2011.