

Оценка ресурса безопасности дорожного движения на регулируемых перекрестках с надземными переходами

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

В. С. ГРИГОРЬЕВА, аспирант, СПбГАСУ,

А. В. АНДРЕЕВ, аспирант, СПбГАСУ



Многополосные одноуровневые регулируемые перекрестки являются особо аварийным сегментом транспортной инфраструктуры. Используемые сегодня в российской практике

методы повышения их безопасности обладают целым рядом недостатков и нуждаются в модернизации. Авторы предлагают комплексный подход к обнаружению и оценке законсервированного (неиспользуемого) ресурса дорожной безопасности регулируемого перекрестка: помимо строительства надземного перехода он предполагает изменение схемы организации движения. В результате безопасность движения на перекрестке возрастет в 2–3 раза.

Уровень безопасности на большинстве регулируемых перекрестков (РП) в городах Российской Федерации является крайне низким [1]. Связано это с тем, что зачастую на них реализуется алгоритм пофазного разъезда транспортно-пешеходных потоков (ТПП). Он содержит в себе, как правило, две фазы и, в соответствии с действующими правилами дорожного движения (ПДД), допускает конфликтные пересечения траекторий ТПП. Принципиальным для пофазного разъезда транспортных средств является равенство длительностей основных тактов зеленых сигналов светофоров в каждой фазе для всех направлений движения; светофоры при этом настроены на максимально загруженное направление в конкретной фазе.

Причинами наиболее частых и опасных ДТП при пофазном разъезде в конфликтных пересечениях ТПП является человеческий фактор. Он проявляется в таких типовых и опасных пересечениях на РП, как «транспорт — транспорт» и «транспорт — пешеход» с просачиванием, т. е. в пересечениях с движением транспортных средств (ТС) сквозь встречный поток ТС и пешеходные потоки (ПП) при условии обеспечения безопасности.

Обеспечение безопасности, в свою очередь, зависит от качества разработки проектов схем организации движения (СОД) на регулируемых перекрестках с такими пересечениями. Для данных схем рекомендуемая оценка степени (уровня) опасности движения (Ka) [2] или эквивалентная ей динамическая конфликтная нагрузка (R) [3; 4] определяются путем расчета, при котором учитывается известная схема конфликтных точек. Расчеты оценок (Ka или R) в разрабатываемых проектах организации дорожного движения (ПОДД) по части СОД нацелены на достижение требуемых (или заданных) уровней опасности пересечений — например, менее опасных согласно табл. 1 [2]. Это должно обеспечить существенное ежегодное снижение количества ДТП на регулируемых перекрестках Российской Федерации.

В настоящее время в российской практике отсутствует нормативный методический материал, который бы позволил протестировать (инвентаризировать по безопасности), а при

необходимости и повысить потенциал безопасности таких РП, а также дать численную оценку его заданного уровня. К нетрадиционным способам управления движением на регулируемых перекрестках в России на сегодняшний день можно отнести разработку СОД с управлением по отдельным направлениям [4; 5]. Практическое внедрение этого типа управления реализуется за счет многофазного разъезда ТПП. Такая организация дорожного движения позволяет не только существенно снизить уровень аварийности, но и решить еще одну актуальную задачу — оптимизировать пропускную способность РП.

Специфика управления движением ТПП по отдельным направлениям движения заключается в том, что в его алгоритмах длительности горения зеленых сигналов светофоров в каждой фазе определяются пропорционально транспортной нагрузке каждого из направлений. Для реализации данных алгоритмов требуется выполнение двух условий: наличие трех или более выделенных полос на одной из пересекающихся улиц и наличие на ней светофоров типа Т.1пл с правыми и левыми добавочными секциями по ГОСТ Р 52282-2004.

Ресурс «законсервированных» вариантов повышения безопасности дорожного движения для нетрадиционных способов назревшей в России модернизации СОД на РП, включая оценку опасности РП, можно продемонстрировать на типовом, действующем сегодня в Санкт-Петербурге пересече-

Таблица 1. Уровни опасности пересечений на регулируемых перекрестках

Оценка опасности пересечения (Ka или R)	Неопасное	Малоопасное	Опасное	Очень опасное
	0–3	3,1–8	8,1–12	>12

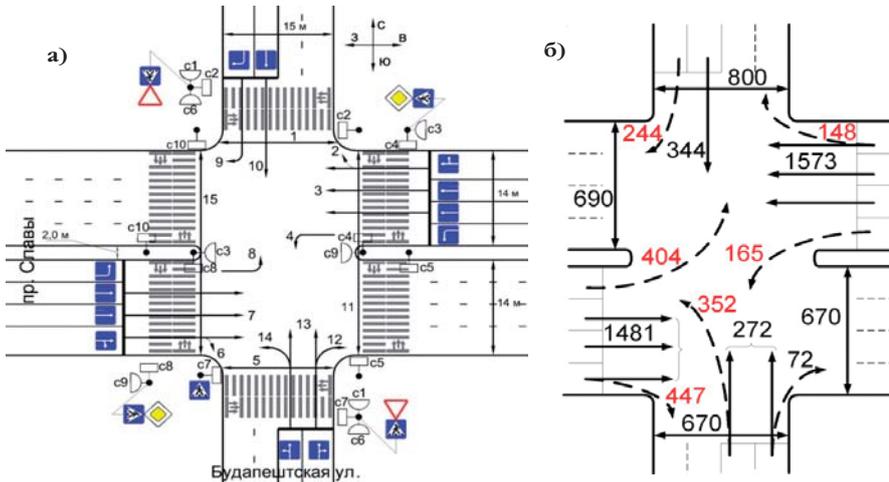


Рис. 1. План регулируемого перекрестка: а) с размещением на нем технических средств организации движения (транспортные светофоры типа Т.1: с1, с3, с6, с7, пешеходные светофоры типа П.1: с2, с4, с5, с8 по ГОСТ Р 52282-2004 и дорожные знаки по ГОСТ Р 52289-2004) и нумерацией разрешенных направлений движения; б) с пиковыми интенсивностями ТПП (красным обозначены превышающие допустимый уровень 120 ед./ч интенсивности поворотных потоков, которым не разрешается просачивание через встречные ТП и ПП)

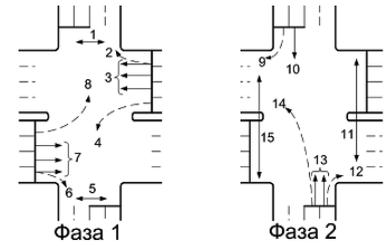


Рис. 2. Существующая в АСУ ДД двухфазная схема организации дорожного движения ТПП с разрешенными направлениями движения в каждой фазе

В дополнение к вышесказанному можно предположить, что именно на повышение безопасности дорожного движения нацелено строительство трех надземных переходов на двух регулируемых перекрестках пр. Славы (пр. Славы — Будапештская ул., Бел-

нии пр. Славы и Будапештской ул. (см. план на рис. 1 и двухфазную схему организации движения на рис. 2).

Этот перекресток включен в магистральную автоматизированную систему управления дорожным движением (АСУ ДД) и не является ключевым, поэтому длительность цикла его светофорной сигнализации не расчетная, а увеличена до длительности цикла ключевого перекрестка и равна 109 с. В полевых условиях на пр. Славы и Будапештской ул. был снят статистический материал по интенсивности движения транспортных потоков (ТП); гистограмма их суточной интенсивности представлена на рис. 3. Программа существующего режима светофорной сигнализации на системном РП, который работает в АСУ ДД, приведена на рис. 4.

Технико-планировочные параметры системного РП (рис. 1) таковы:

- количество полос движения — 8×4 ;
- системный режим работы светофорной сигнализации (в АСУ ДД) имеет длительность цикла светофорного регулирования $T_{ц} = 109$ с (рис. 4);
- расчетный [4] уровень существующей дорожной безопасности, выраженный через динамическую конфликтную загрузку, — $R = 17$ ед.; с точки зрения уровня опасности движения (Ка) такое пересечение квалифицируется как очень опасное.

Перекресток с таким уровнем конфликтной загрузки R для исходной СОД (рис. 5а) нельзя эксплуатировать, так как он является генератором ДТП и должен быть подвержен немедленной модернизации по [2] (табл. 1).

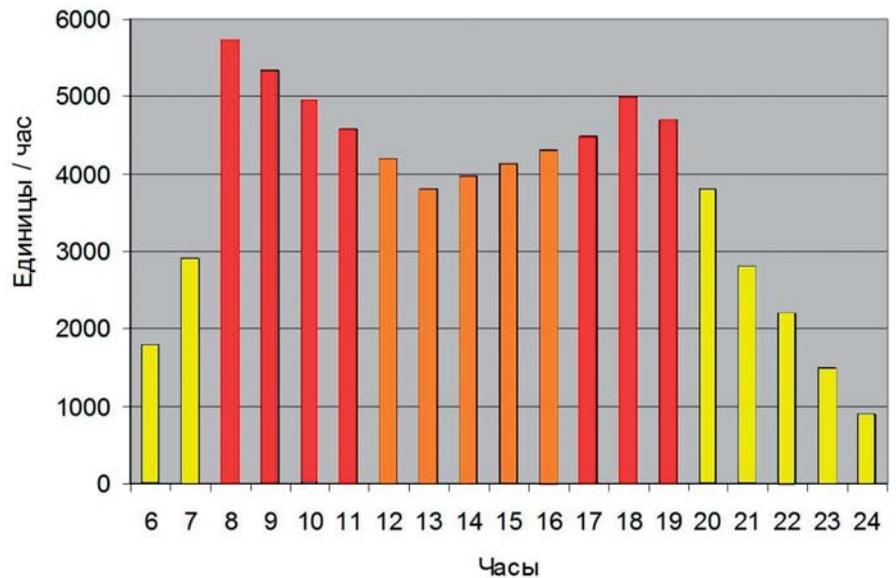


Рис. 3. Суточная интенсивность движения транспортных средств на РП. Данные используются для расчета $T_{ц}$ трех алгоритмов программ светофорного регулирования (красные — пиковые интенсивности движения — № 2; оранжевые — межпиковые интенсивности движения — № 3; желтые — минимальные интенсивности движения — № 1)

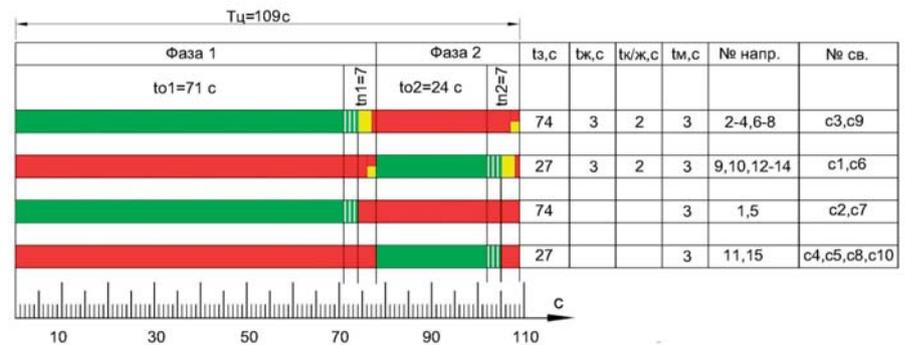


Рис. 4. Программа существующего режима светофорной сигнализации ($T_{ц} = 109$ с $R = 17$ ед.): t_3 — расчетное время горения зеленого сигнала светофора с учетом мигающего зеленого сигнала t_m, c ; t_o — время горения основного сигнала светофора без учета t_m, c ; $t_{ж}$ — время горения желтого сигнала светофора, c ; $t_{к/ж}/t_{ж}$ — время горения красно-желтого сигнала светофора, c ; № напр. — направление движения ТПП; № св. — номер светофора

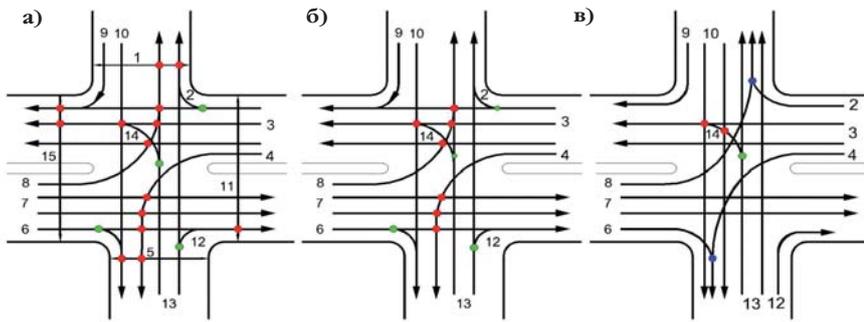


Рис. 5. Схемы организации движения с конфликтными точками и динамической конфликтной нагрузкой перекрестка (красные точки – пересечения ТПП, зеленые – ответвления, синие – слияния ТП): а) для исходной СОД $R = 17$ ед. (пересечений – 14 шт., ответвлений – 4 шт.); б) для СОД с надземным пешеходным переходом $R = 9,1$ ед. (пересечений – 7 шт., ответвлений – 4 шт.), в) для модернизированной СОД с надземным пешеходным переходом $R = 3,9$ ед. (пересечений – 2 шт., ответвлений – 1 шт., слияний – 2 шт.)

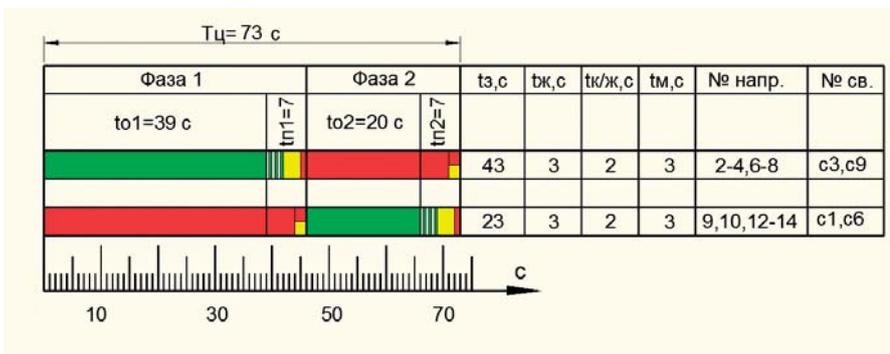


Рис. 6. Программа расчетной светофорной сигнализации РП в локальном режиме с надземным пешеходным переходом через пр. Славы – Будапештская ул. ($T_{ц} = 73 c$, $R = 9,1$ ед.)

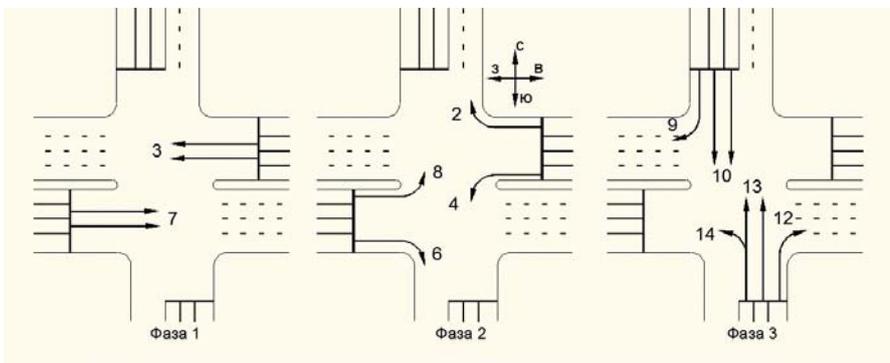


Рис. 7. Трехфазная СОД

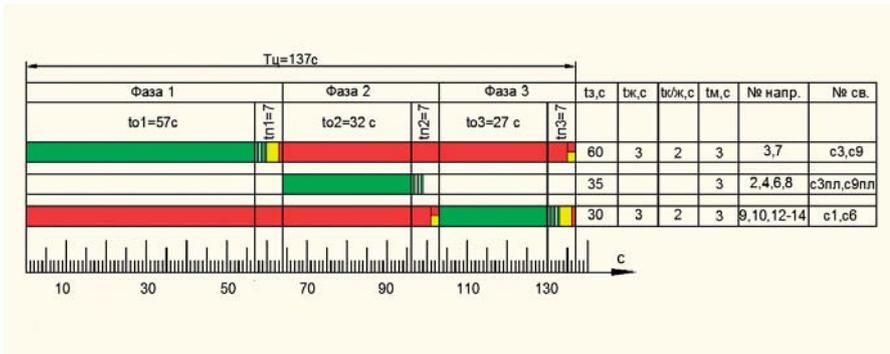


Рис. 8. Режим работы светофорной сигнализации для программы № 2 ($T_{ц} = 137 c$, $R = 3,9$ ед.)

градская ул. – пр. Славы) и одного на Таллинском шоссе (строительство ведет ЗАО «Институт Гипростроймост-СПб»). Как следует из публикации в газете «Метро» от 16 января 2012 г. (ст. «Проспект Славы украсят мостами»), такая реконструкция в Санкт-Петербурге запланирована впервые.

В связи с этим в Институте безопасности дорожного движения (БДД) СПбГАСУ провели оперативный анализ эффективности функционирования будущего надземного перехода над регулируемым перекрестком пр. Славы – Будапештской ул. Для этого, с проведением необходимых расчетов, были исследованы два варианта модернизации этого РП:

- без модернизации исходной СОД (рис. 2), но с обустройством перекрестка надземным пешеходным переходом над пр. Славы – Будапештской ул. (программа расчетной светофорной сигнализации в локальном режиме его работы (не с АСУ ДД) с надземным пешеходным переходом и динамическая конфликтная нагрузка РП представлены соответственно на рис. 6 и рис. 5б);

- с модернизацией исходной двухфазной СОД (рис. 2) в трехфазную СОД (рис. 7, 5в) с режимом светофорной сигнализации для программы № 2 (рис. 8) и с обустройством перекрестка надземным пешеходным переходом над пр. Славы – Будапештской ул.

Первый вариант (где не изменяется исходная двухфазная СОД на РП, рис. 2) был проанализирован с точки зрения разделения транспортных и пешеходных потоков во времени. В результате была выявлена длительность цикла светофорной сигнализации $T_{ц} = 73 c$ (рис. 6), а уровень динамической конфликтной нагрузки определен как опасный: $R = 9,1$ ед. (табл. 1 и рис. 5 б).

Таким образом, дорогостоящее строительство надземного пешеходного перехода не даст желаемого результата по обеспечению безопасности дорожного движения РП, хотя позволит перевести его из очень опасного пересечения в опасное [2] (табл. 1). При этом на РП будут исключены все шесть конфликтных точек пересечения пешеходных потоков с транспортными.

Анализ второго варианта модернизации РП показал, что опасную динамическую конфликтную нагрузку РП (9,1 ед.) и, соответственно, вероятность возникновения ДТП можно сни-

Таблица 2. Результаты расчета циклов режима светофорной сигнализации и конфликтной загрузки

№ программы	Временной интервал суток, ч	$T_{ц}$, с	R , ед.
1	6–8, 20–24	90	3,8
2	8–12, 17–20	137	3,9
3	12–17	105	3,5
4	0–6	Желтое мигание	Желтое мигание

зять до малоопасного уровня (3,9 ед. согласно табл. 1). Этот вариант предполагает, что, кроме обустройства перекрестка надземным пешеходным переходом в форме эллипса над всем пространством пр. Славы — Будапештская ул., необходимо будет модернизировать и существующую двухфазную СОД (рис. 2) с ее программой управления (рис. 4): перевести на управление по отдельным направлениям движения ТПП с реализацией трехфазного разъезда (рис. 7) и новым режимом работы для программы № 2 (рис. 8).

Для модернизации СОД по второму варианту транспортные светофоры типа Т.1 (с3 и с9, рис. 1) достаточно переоборудовать в транспортные светофоры типа Т.1пл по ГОСТ Р 52282-2004 с помощью подключения правых и левых светофорных головок, все пешеходные светофоры с4, с5, с8, с10, с2, с7 демонтировать, а также дорожными знаками особых предписаний серии 5.15.2 по ГОСТ Р 52289-2004 в полосах 2 и 6 закрепить крайние полосы для движения только поворотных потоков, запретив совмещение движений прямых и поворотных потоков, а левоповоротный транспортный поток 14 и правоповоротный 12 оставить без изменений. Организация трехфазной СОД (рис. 7) позволяет повысить безопасность движения на РП более чем в 2–3 раза и перевести его на малоопасный уровень (табл. 1). При этом только в фазах 2 и 3 допускаются пять конфликтных точек: одна — на разветвление транспортных потоков (ТП) 13, 14, две — на пересечение для 10 и 14 направлений и две — на слияние потоков 2 с 8 и 4 с 6 (рис. 5 в).

Увеличение количества фаз регулирования ведет к увеличению длительности цикла светофорного регулирования ($T_{ц} = 137$ с) только для пиковых интенсивностей движения, но обеспечивает оптимальную пропускную способность светофорного объекта в течение суток. Цикловой режим светофорной сигнализации для СОД (рис. 7) представлен на рис. 8 для программы № 2. Он рассчитан для вечернего вре-

мени и может быть использован в качестве одного из алгоритмов управления (программы) календарной автоматики для пиковой транспортной загрузки в интервале с 17 до 20 и с 8 до 12 ч. Результаты аналогичных расчетов, сделанных для других временных программ (рис. 3), представлены в табл. 2.

Программы, рассчитанные для точных временных интервалов, могут быть использованы в качестве календарной автоматики для локального режима работы РП. При этом средний цикл светофорной сигнализации будет находиться в пределах 111 с. Это позволяет принять длительность цикла светофорной сигнализации на уровне 109 с и значительно снизить вероятность аварий на РП за счет более чем 4-кратного снижения на нем уровня конфликтной загрузки.

Рассмотренный регулируемый перекресток пр. Славы — Будапештская ул., на котором запланировано построить надземный пешеходный переход, станет малоопасным только при его комплексной модернизации. При изменении его исходной СОД (рис. 2) на трехфазную СОД (рис. 7) будет значительно сокращено число конфликтных траекторий для пересечений ТПП. Перекресток перейдет из категории очень опасного в малоопасное пересечение при любой программе светофорного управления (табл. 2).

Приведенный пример демонстрирует эффективность приложения инновационного для России комплексного подхода к решению задач, связанных с повышением уровня безопасности дорожного движения до малоопасного (3,9 – 3,5 ед.). Кроме того, данный подход обеспечивает сохранение средней пропускной способности РП (109 с) при работе его в АСУ ДД.

Очевидно и то, что за пределами уровня аварийности в России требуется прекратить принятие спонтанных решений о строительстве как надземных, так и подземных пешеходных переходов на РП. Такие решения должны основываться на комплексном обследовании

существующей и предлагаемой организации движения, которое бы проводилось специалистами по дорожному движению и включало в себя инженерные расчеты оценок уровня дорожной безопасности СОД и пропускной способности РП. В противном случае строительство «красивых» надземных переходов может привести лишь к ненужным тратам денежных средств при отсутствии значимого эффекта в повышении БДД.

Плановая инвентаризация одноуровневых РП с применением описанного выше подхода к их модернизации позволит достичь существенного снижения числа аварий со смертельным исходом и тяжелыми последствиями на этом особо аварийном сегменте объектов транспортной инфраструктуры.

Проведенное исследование позволяет утверждать, что использование системы календарной автоматики или детекторов транспорта для адаптивного выбора безопасных алгоритмов (программ) управления светофорной сигнализацией [1] способно обеспечить на многополосных РП, в зависимости от интенсивности ТПП, требуемый уровень дорожной безопасности, вплоть до желаемого — с «нулевой смертностью» — и оптимизировать или увеличить их пропускную способность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плотников А. М. Алгоритм и технические средства повышения безопасности движения на регулируемых перекрестках // Транспорт Российской Федерации. — № 5(36). — 2011. — С. 28–30.
2. Рекомендации по обеспечению БД на автомобильных дорогах (Росавтодор). Утверждено распоряжением Минтранса России № ОС-557-р от 24.06.2002 г.
3. Организация дорожного движения в городах: методическое пособие / под общ. ред. Ю. Д. Шелкова. — М.: Транспорт, 1995.
4. Плотников А. М. Разработка схем организации движения транспортных и пешеходных потоков на регулируемых перекрестках: учеб. пособие для вузов. — СПб.: Нестор-История, 2010.
5. Плотников А. М., Кравченко П. А., Архестов Р. М., Григорьева В. С. Система управления транспортными и пешеходными потоками через перекресток. Патент на полезную модель № 114203. Российская Федерация. Зарегистрирован и опубликован 10.03.2012 г. Бюлл. № 7.