

УДК 656

С.Л.ЛАПСКИЙ, Д.П.ХОДОСКИН

Белорусский государственный университет транспорта, г.Гомель

**РАЗРАБОТКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ
ПО УЛУЧШЕНИЮ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ
НА ПЕРЕКРЕСТКЕ ул.ИЛЬИЧА – ул.ЗАЙЦЕВА г.ГОМЕЛЯ**

Анализируются характеристики транспортных и пешеходных потоков на объекте улично-дорожной сети, рассмотрено предложение по изменению цикла светофорного регулирования с целью снижения задержек транспортных средств, а также числа дорожно-транспортных происшествий.

Аналізуються характеристики транспортних і пішохідних потоків на об'єкті вулично-дорожньої мережі, розглянуто пропозицію щодо зміни циклу світлофорного регулювання з метою зниження затримок транспортних засобів, а також числа дорожньо-транспортних випадків.

The analysis of descriptions of transport and pedestrian streams is resulted on an object to street-road networks and suggestion on the change of cycle of the traffic-light adjusting is considered with the purpose of decline of delays of transport vehicles, and also number of road traffic accidents.

Ключевые слова: улично-дорожная сеть, организация дорожного движения, задержки транспортных средств, светофорное регулирование.

С ростом города увеличивается и число автомобилей на его улицах. На сегодняшний день перекрестки, спроектированные даже в новых, развивающихся районах, уже не могут в полной мере справиться с потоком автомобилей. На исследуемом перекрестке наблюдается рост потерь от задержек автомобилей в главном направлении и увеличение количества аварий. Одним из путей решения такой проблемы является оптимизация светофорного регулирования.

Техническая характеристика перекрестка. Перекрёсток улиц Ильича и Зайцева является Т-образным регулируемым (РПК). Ул.Ильича имеет по две полосы движения в соответствующих направлениях. Ширина полос составляет по 3,5 м. По краям дорог с одной стороны расположены пешеходные тротуары шириной 2 м, с другой стороны такие же тротуары отделены от проезжей части газоном шириной 5 м. Проезжая часть находится в хорошем состоянии. На протяжении всей улицы уложено новое асфальтовое покрытие, на одном уровне с которым установлены канализационные люки и ливневые решетки. Для разделения транспортных потоков противоположных направлений нанесена дорожная разметка 1.3 (двойная сплошная линия), а для разделения транспортных потоков попутного направления – 1.5 (прерывистая линия), пешеходные переходы обозначены разметкой 1.14.3

(две прерывистые линии). Ул.Зайцева имеет по одной полосе движения в соответствующих направлениях шириной по 5,1 м. В месте при-
мыкания ул.Зайцева к ул.Ильича транспортные потоки разделяются на
три полосы: две полосы при выезде на ул.Ильича и одна полоса при
въезде на ул.Зайцева, ширина полос при этом составляет 3,5м. С обеих
сторон улицы идут тротуары шириной 2-4 м. Дорожное покрытие на-
ходится в неудовлетворительном состоянии – имеются ямы, выбоины,
провалившиеся люки, плохо организована ливневая канализация. До-
рожная разметка практически отсутствует.

Перекресток оборудован дорожными знаками в соответствии с
правилами дорожного движения. Все знаки находятся в надлежащем
состоянии и хорошо видны. Имеется частичное дорожное ограждение
металлического перильного типа.

Характеристика существующего светофорного регулирования.
Данная характеристика приведена на рис.1, 2.




Номер свето- фора	График включения сигналов	Длительность, с			
		T_3	$T_ж$	T_{KP}	$T_{КЖ}$
T1,T2		28	3	18	3
T3		18	3	28	3
П1,П2		10	6	36	
П3		T_3	$T_ж$	T_{KP}	
		21	6	25	

Рис.1 – График существующего режима работы светофорной сигнализации

Длительность циклов светофорного регулирования составляет
52 с. Перекресток оборудован транспортными и пешеходными свето-
форами, которые работают в двухфазном режиме (рис.2).

При нерегулируемом режиме работы светофоров преимущество
имеют транспортные средства, движущиеся по главной дороге – улице
Ильича.

*Расчет оптимального режима работы светофорной сигнализа-
ции.* Процессу организации и регулирования дорожного движения дол-
жно предшествовать всестороннее его изучение с целью определения
параметров транспортных потоков и оптимального светофорного ре-
гулирования. Для определения данных параметров были выполнены
экспериментальные исследования по методике, изложенной в [1, 2].
Исследования выполняли в период с 17 до 18 ч.

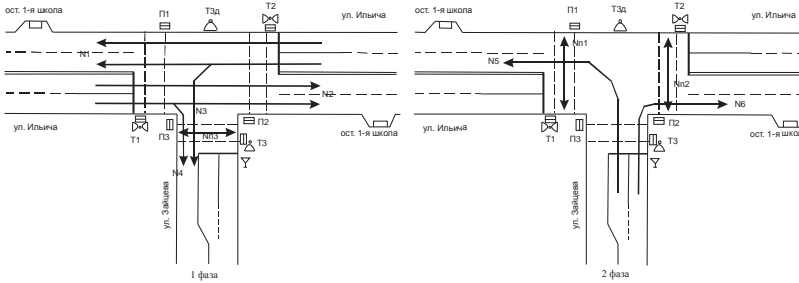


Рис.2 – Схема пофазного движения на исследуемом РПК

На основании экспериментальных данных по интенсивности движения определяется приведенная интенсивность движения транспортных средств по формуле

$$N_{ПР} = N_{Л} \cdot K_{Л} + N_{Г} \cdot K_{Г} + N_{А} \cdot K_{А} + N_{П} \cdot K_{П}, \text{ авт./ч}, \quad (1)$$

где $N_{Л.Г.А.П.}$ – интенсивность движения соответственно легковых автомобилей, грузовых автомобилей, автобусов и автопоездов в данном направлении за час в физических единицах, ед./ч; $K_{Л.Г.А.П.}$ – коэффициенты приведения соответственно легковых, грузовых автомобилей, автобусов и автопоездов к легковым автомобилям. Принимаются равными соответственно 1; 2; 2,5; 3.

Приведенная интенсивность движения транспортных средств по направлениям составила: по главному – $N_{1ПР} = 588$ авт./ч; $N_{2ПР} = 655$ авт./ч; $N_{3ПР} = 191$ авт./ч; $N_{4ПР} = 258$ авт./ч; по второстепенному – $N_{5ПР} = 305$ авт./ч; $N_{6ПР} = 137$ авт./ч.

Часовая приведенная интенсивность по главному и второстепенному направлениям определяется путем суммирования значений приведенной интенсивности направлений движения входящих соответственно в главное и второстепенное направление.

Далее рассчитывается суточная приведенная интенсивность движения по главной и второстепенной дорогам по формуле

$$N_{сут} = N_{ПП} / K_{Н}, \text{ авт./сут.}, \quad (2)$$

где $N_{ПП}$ – приведенная интенсивность движения в час «пик» по главному и второстепенному направлениям, авт./ч; $K_{Н}$ – коэффициент неравномерности, принимается равным 0,1.

Суточная приведенная интенсивность движения по главному и второстепенному направлениям соответственно равна:

$$N_{\text{сум}} = (588 + 655 + 191 + 258)/0,1 = 16920 \text{ авт./сут.};$$

$$N_{\text{сум}} = (305 + 137)/0,1 = 4420 \text{ авт./сут.}$$

Интенсивность движения пешеходных потоков составила: для ул.Ильича – $N_{\text{сумП1}} = 805$ пеш./сут., $N_{\text{сумП2}} = 1597$ пеш./сут.; для ул.Зайцева – $N_{\text{сумП3}} = 964$ пеш./сут.

При обследовании состава транспортного потока было выявлено, что он является преимущественно легковым (доля легковых автомобилей составляет 88, грузовых – 7 и автобусов – 5%).

Анализ аварийности на данном перекрестке показал, что все аварии происходят из-за конфликта между транспортными потоками, поэтому еще и по этой причине необходимо пересмотреть режим работы светофорной сигнализации.

Длительность цикла можно определить по формуле, предложенной Ф. Вебстером [2]

$$T_{\text{ц}} = (1,5 \cdot T_{\text{п}} + 5)/(1 - Y), \quad (3)$$

где $T_{\text{п}}$ – суммарная длительность промежуточных тактов, с; Y – сумма всех фазовых коэффициентов.

В свою очередь, суммарная длительность промежуточных тактов

$$T_{\text{п}} = \sum_1^n t_{ni}, \quad (4)$$

где n – число фаз.

По соображениям безопасности дорожного движения длительность цикла не может быть менее 25 и более 120 с [2].

Длительность основного такта t_{oi} в i -й фазе регулирования обратнорасчетнопропорциональна расчетному фазовому коэффициенту этой фазы и определяется как:

$$t_{oi} = (T_{\text{ц}} - T_{\text{п}}) y_i / Y. \quad (5)$$

В целях безопасности дорожного движения t_{oi} обычно принимается не менее 7 с [1]. Расчетную длительность основных тактов необходимо проверить на обеспечение ими пропуска пешеходов в соответствующих направлениях. Время, необходимое для пропуска пешеходов по какому-либо направлению t_{nu} , рассчитывается по эмпирической формуле

$$t_{nu} = (5 + B_{nu}) / v_{nu}. \quad (6)$$

Интенсивность убывания автомобилей из очереди в условиях

максимально возможной загрузки характеризуется потоком насыщения. Величина потока насыщения определяется множеством факторов: геометрическими параметрами пересечения, составом транспортного потока, коэффициентом сцепления и другими.

Для случая движения в прямом направлении по дороге без продольных уклонов поток насыщения рассчитывается по формуле

$$M_{H.прям} = 525B_{пч}, \quad (7)$$

где $M_{H.прям}$ – поток насыщения, авт./ч; $B_{пч}$ – ширина проезжей части в данном направлении движения, м.

Для случая движения транспортных средств прямо, а также налево и (или) направо по одним и тем же полосам движения, если интенсивность лево- и правоповоротных потоков составляет более 10% от общей интенсивности движения в рассматриваемом направлении данной фазы, приближенная оценка потока насыщения может быть определена как [2]:

$$M_H = M_{H.прям} \frac{N_{прям} + N_{пр} + N_{лев}}{N_{прям} + 1,75N_{лев} + 1,25N_{пр}}, \quad (8)$$

где $N_{прям}$ – интенсивность прямого направления, авт./ч; $N_{лев}$, $N_{пр}$ – интенсивность лево- и правоповоротных потоков соответственно, авт./ч.

Для право- и левоповоротных потоков, движущихся по специально выделенным полосам, поток насыщения $M_{H.пов}$ определяется в зависимости от радиуса поворота R [1]:

$$M_{H.пов} = \frac{1800}{1 + 1,525R}. \quad (9)$$

Фазовые коэффициенты определяются для каждого из направлений движения на перекрестке в данной фазе регулирования из выражения

$$y_{ij} = N_{ij} / M_{H.ij}, \quad (10)$$

где y_{ij} – фазовый коэффициент j -го направления i -й фазы; N_{ij} , $M_{H.ij}$ – соответственно, интенсивность движения и поток насыщения для j -го направления i -й фазы регулирования, авт./ч.

За расчетный (определяющий длительность основного такта) фазовый коэффициент принимается наибольшее его значение в данной фазе. Меньшие значения могут быть использованы для определения минимально необходимой длительности разрешающего сигнала в соответствующих этим коэффициентам направлениях движения.

Результаты расчетов потока насыщения и фазового коэффициента для каждого из направлений, а также принятие максимального коэффициента приведены в таблице.

Расчет потока насыщения и фазовых коэффициентов на РПК

Направление движения	Поток насыщения в данном направлении авт./ч	Фазовый коэффициент для данного направления	Принятый максимальный фазовый коэффициент
1	1800	0,163	0,454
1,3	1390	0,349	
2	1800	0,182	
2,4	1215	0,454	
5	1696	0,156	0,156
6	1542	0,068	

По результатам расчетов следует что, фазовый коэффициент для первой фазы принимаем равным 0,454, а для второй – 0,156.

В соответствии с назначением промежуточного такта его длительность должна быть такой, чтобы автомобиль, подходящий к перекрестку на зеленый сигнал с определенной скоростью, при смене сигнала с зеленого на желтый смог либо остановиться у стоп-линии, либо успеть освободить перекресток (миновать конфликтные точки пересечения с автомобилями, начинающими движение в следующей фазе). Остановиться у стоп-линии автомобиль сможет только в том случае, если расстояние от него до стоп-линии будет равно или больше остановочного пути.

В соответствии с вышесказанным, в работе [2] для определения длительности промежуточного такта в i -й фазе приводится формула

$$t_{ni} = v_a / (7,2 \cdot a_m) + 3,6(l_i + l_a) / v_a, \quad (11)$$

где v_a – средняя скорость транспортных средств на подходе к перекрестку и в зоне перекрестка без торможения, км/ч; a_m – среднее замедление транспортного средства при включении запрещающего сигнала (принимается 3-4 м/с²); l_i – расстояние от стоп-линии до самой дальней конфликтной точки, м; l_a – длина транспортного средства, наиболее часто встречающегося в потоке, м. Принимается в среднем равной 5 м.

В период промежуточного такта заканчивают движение и пешеходы, ранее переходившие улицу на разрешающий сигнал светофора. За время t_{ni} пешеход должен или вернуться на тротуар, откуда он начал движение, или дойти до середины проезжей части (островка безо-

пасности, центральной разделительной полосы, линии, разделяющей потоки встречных направлений). Максимальное время, которое потребуется для этого пешеходу, определяется по формуле

$$t_{ni(nu)} = B_{nu} / 4v_{nu} , \quad (12)$$

где B_{nu} – ширина проезжей части, пересекаемой пешеходами в i -й фазе регулирования, м; v_{nu} – расчетная скорость движения пешеходов (принимается 1,3 м/с).

В качестве промежуточного такта выбирается наибольшее значение из t_{ni} и $t_{ni(nu)}$.

Выполним расчет промежуточных тактов для РПК:

– для первой фазы: $t_{ni} = 45 / (7,2 \cdot 3,5) + 3,6(8 + 5) / 45 = 2,83$ с;

$$t_{ni(nu)} = 10,5 / 4 \cdot 1,3 = 2,02 \text{ с.}$$

– для второй фазы: $t_{ni} = 45 / (7,2 \cdot 3,5) + 3,6(9 + 5) / 45 = 2,91$ с;

$$t_{ni(nu)} = 14 / 4 \cdot 1,3 = 2,69 \text{ с.}$$

Рассчитав цикл светофорного регулирования на исследуемом РПК по приведенной выше формуле, получим длительность цикла, равную 52 с.

Длительность промежуточных тактов примем по 3 с. Тогда длительность основных тактов будет равна:

– для первой фазы: $t_{oi} = (52 - 6) \cdot 0,454 / (0,454 + 0,156) \approx 34$ с;

– для второй фазы: $t_{oi} = (52 - 6) \cdot 0,156 / (0,454 + 0,156) \approx 12$ с.

На рис.3 приведен предлагаемый график режима работы светофорной сигнализации. В качестве мероприятий по оптимизации светофорного регулирования предлагается время цикла светофорного регулирования оставить без изменения, а изменить времена основных тактов.

Номер светофора		Длительность, с			
		T_3	$T_Ж$	T_{KP}	$T_{КЖ}$
Т1, Т2		34	3	12	3
		T_3	$T_Ж$	T_{KP}	$T_{КЖ}$
Т3		12	3	34	3
		T_3	$T_Ж$	T_{KP}	$T_{КЖ}$
П1, П2		7	6	39	
		T_3	T_{3M}	T_{KP}	
П3		27	6	19	
		T_3	T_{3M}	T_{KP}	

Рис.3 – График предлагаемого режима работы светофорной сигнализации

Предлагаемая нами разработка позволит, согласно [3], снизить задержки транспортных средств, движущихся по главной дороге, и на 15% уменьшить количество всех аварий на данном светофорном объекте.

1. Врубель Ю.А. Организация дорожного движения. В 2 ч. – Минск: Фонд БДД, 1996. – 634 с.

2. Аземша С.А., Карасевич С.Н. Организация движения на регулируемых перекрестках. – Гомель: БелГУТ, 2007. – 56 с.

3. Врубель Ю.А. Потери в дорожном движении. – Минск: БНТУ, 2003. – 328 с.

Получено 27.04.2010

УДК 656.11

А.А.КУСТЕНКО

Белорусский национальный технический университет, г.Минск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА ПЕРЕД ОСТАНОВОЧНЫМ ПУНКТОМ ТРАМВАЯ

Рассматриваются задержки автомобильных транспортных средств, возникающих на остановочном пункте трамвая с посадкой пассажиров с проезжей части. Приведена методика расчета экономических потерь от указанных задержек.

Розглядаються затримки автомобільних транспортних засобів, що виникають на зупинному пункті трамвая з посадкою пасажирів із проїзної частини. Наведено методику розрахунку економічних втрат від зазначених затримок.

In article are considered delays of the automobile vehicles arising on tram-stop. Also is adduced procedure of economic losses from the specified delays.

Ключевые слова: трамвай, автомобиль, остановочный пункт, задержки, потери.

Стремительное развитие трамвайное движение обнажило ряд проблемных вопросов, таких как скорость сообщения, безопасность, конфликты с автомобильными потоками и т.д. При решении подобных проблем в Европейских странах применяют различные методы, от радикальных (выносят трамвайное полотно на обособленную территорию), так и более мягких (используют автоматизированные системы, обеспечивающие взаимодействие трамвайного движения и транспортного потока). В данной работе поставлена цель изучить и рассчитать потери автомобильного потока, возникающие на остановочном пункте трамвая. Это позволит определить пути решения подобной проблемы и снизить потери от задержек и остановок автомобильного потока.

В транспортном процессе любого маршрутного транспортного средства предусмотрены остановки с целью посадки и высадки пассажиров. В трамвайном движении можно выделить следующие типы остановочных пунктов (ОП):