

УДК 625.739:625.712.1:656.11

DOI: 10.30987/article_5c652636168de7.20823706

С.П. Шец, И.Л. Шупиков, Е.В. Справцева, В.Г. Кешенкова

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ВВЕДЕНИЯ КООРДИНИРОВАННОГО СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА БРЯНСКА

Описаны преимущества координированного светофорного регулирования движения транспортных потоков.

Ключевые слова: дорожное движение, задержка транспортных средств, «зеленая волна», координированное регулирование движения, светофорное регулирование, транспортный поток.

S.P. Shets, I.L. Shupikov, E.V. Spravtseva, V.G. Keshenkova

ASSESSMENT OF POSSIBILITY FOR INTRODUCTION OF COORDINATED TRAFFIC LIGHTS CONTROL IN BRYANSK STREET-ROAD NETWORK

The paper reports the consideration of the project for the street traffic improvement in the area of Obiezdnyaya Street in Bryansk at the expense of the introduction of coordinated traffic lights control at two neighboring controlled crossroads. The Street lights coordination at a number of controlled crossroads and pedestrian crossings is one of the urgent means to increase the effectiveness of street-road network network even under conditions of insufficient budget funds as it requires minimum of cash costs. During development of the coordinated control procedure in the area of Obiezdnyaya Street there were observed all essential requirements to the number of traffic lanes of the roadway, to the length of hauls between crossroads,

traffic flow transit. As a result of computations there was obtained equal duration of cycles of street lights control at crossroads (84с).

A “green wave” introduction in the area of Obiezdnyaya Street will allow increasing considerably highway capacity, decreasing fuel consumption and harmful emissions at the expense of the increase of motor car average speed and also at the expense of the decrease of acceleration-braking number at controlled cross-roads.

Key words: street traffic, vehicle delay, “green wave”, coordinated traffic control, street lights control, traffic flow.

Введение

Ежегодно возрастающая концентрация транспортных средств при значительном отставании темпов развития улично-дорожной сети в центральной части города Брянска приводит к снижению средней скорости движения автомобилей, а также повышению времени пребывания в пути, количества незапланированных остановок, расхода топлива автомобилем, износа как самих транспортных средств, так и дорожных одежд [1; 2].

В условиях дефицита средств в городском бюджете актуальным способом повышения эффективности функционирования УДС является координирование светофорного управления на ряде регулируемых перекрестков или пешеходных переходов, что требует минимума денежных затрат. Многими авторами [3-5] убедительно доказана эффективность применения координированного светофорного ре-

гулирования для снижения транспортных задержек на ряде участков улично-дорожной сети различных городов. Введение «зеленой волны» позволяет существенно повысить пропускную способность магистрали или улицы, снизить расход топлива и вредные выбросы в атмосферу за счет повышения средней скорости движения транспорта, а также снижения числа разгонов-торможений у регулируемых перекрестков [6].

В городе Брянске с точки зрения технической возможности введение «зеленой волны» возможно на некоторых участках улично-дорожной сети, в первую очередь на проспектах Московском, Станке Дмитрова и Ленина. В работе рассматривается возможность введения координированного светофорного регулирования на участке улицы Объездной.

Выявление недостатков в схеме организации движения на участке улицы Объездной города Брянска

До ноября 2013 года улица Объездная города Брянска представляла собой транспортную магистраль, соединяющую основные густонаселенные районы города – Бежицкий и Советский, по которой осуществлялось практически безостановочное движение между улицей Бежицкой и переулком Пилотов. После открытия торгово-развлекательного центра «Аэро Парк» и последовательного введения на участке четырех светофорных объектов транспортная ситуация значительно усложнилась. С развитием торговых площадей ТРЦ увеличивается приток транспорта и задержки на съездах с улицы Объездной.

Общий вид улицы Объездной показан на рис. 1. На рассматриваемом участке располагаются пять Т-образных въездов-выездов с территории ТРЦ «Аэро Парк», из которых четыре регулируемых, один нерегулируемый.

Проанализировав схему организации дорожного движения на участке улицы Объездной, включающем пять въездов на территорию ТРЦ «Аэро Парк», на сегодняшний день можно выявить следующие недостатки в ОДД:

- чрезмерная продолжительность цикла работы светофорных объектов (более 120 с);
- частые остановки транспортных средств на светофорах, связанные с отсутствием координированного управления при достаточно высоких скоростях движения транспортного потока на участке.

Для повышения пропускной способности участка, снижения транспортных

Необходимые условия для введения координированного управления на участке

Для обеспечения наиболее эффективной работы технических средств регулирования применяют организацию согласованной смены сигналов на группе перекрестков, осуществляемую в целях уменьшения времени движения транспортных средств в заданном районе. Речь идет о координированном управлении, или управлении по принципу «зеленой волны»: транспортные средства, следуя по маршруту, прибывают к очередному перекрестку

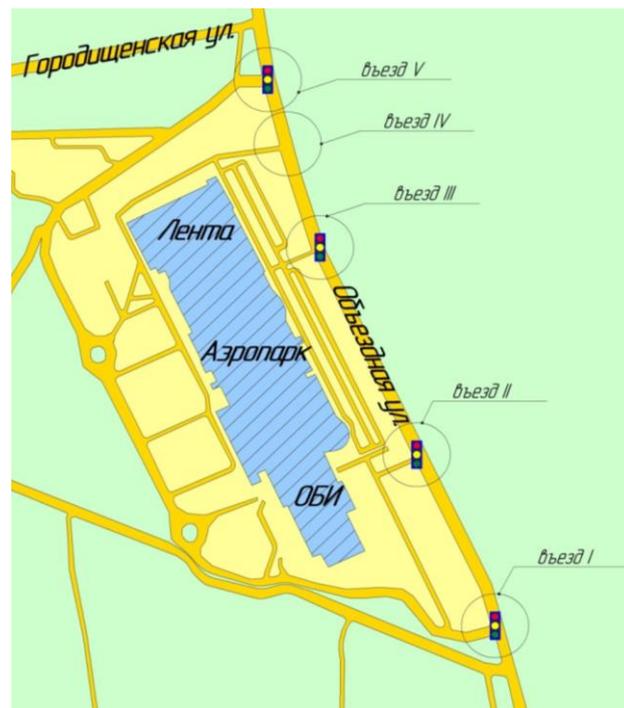


Рис. 1. Общий вид улицы Объездной задержек и повышения безопасности движения необходимо провести следующие мероприятия:

1. Скоординировать циклы работы светофорных объектов на въездах-выездах с территории ТРЦ.
2. На нерегулируемом въезде IV уменьшить избыточные радиусы скругления проезжих частей до минимально необходимых значений для сокращения длины пешеходного перехода вдоль улицы Объездной.
3. Нанести недостающую горизонтальную разметку.

ку в тот момент, когда на нем в данном направлении движения включается зеленый сигнал.

Для организации координированного управления необходимо выполнение следующих условий [7]:

- а) наличие не менее двух полос движения в каждом направлении;
- б) одинаковый или кратный цикл регулирования на всех перекрестках, входящих в систему координации;

в) транзитность потока не менее 70 %;

г) расстояние между соседними перекрестками не должно превышать 800 м.

При координированном управлении дорожным движением под перегоном по-

нимается участок магистральной улицы, ограниченный двумя стоп-линиями на соседних светофорных объектах. На рис. 2 показана схема для определения длины перегонов по улице Объездной.

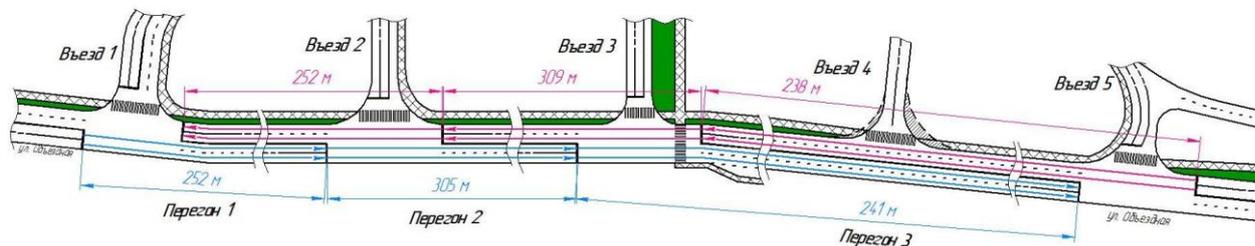


Рис. 2. Определение длины перегонов на участке

Поскольку перегоны всякий раз ограничиваются стоп-линиями на подходах к существующим соседним светофорным объектам (регулируемый перекресток,

регулируемый пешеходный переход), в рассматриваемом случае длина перегонов в прямом и обратном направлениях незначительно различается (табл. 1).

Таблица 1

Протяженность перегонов участка улицы Объездной

Направление	Длина перегонов, м			Сумма, м
	1	2	3	
Прямое	252	305	241	798
Обратное	252	309	238	799
Различие длины перегонов между прямым и обратным направлениями	0	-4	3	-1

С учетом указанного обстоятельства даже при движении транспортных средств по перегону в обоих направлениях с одинаковой средней скоростью требуемое для проследования перегона время в прямом и обратном направлениях движения может отличаться на величину от нескольких секунд (при высокой средней скорости движения и незначительном различии длин перегона по направлениям движения) вплоть до десятка секунд (при низкой средней скорости движения и значительном различии длин перегона по направлениям движения). При существенном различии в значениях средних скоростей при движении по перегону в прямом и обратном направлениях указанное расхождение может существенно усиливаться.

Учет влияния поворотного движения на эффективность координированного светофорного управления участка улицы Объездной

Интенсивные поворотные потоки с магистральной улицы и на нее ухудшают эффективность координированного управления. В качестве транзитных рассматриваются направления движения в потоках

При координации работы существующих светофорных объектов на участке магистральной улицы в ходе составления масштабной схемы учитывается фактическое местоположение стоп-линий на каждом светофорном объекте, являющемся односторонним ограничением для соответствующего перегона. По результатам измерения длин перегонов все три имеют протяженность в пределах 200..400 м, т.е. длина группы транспортных средств на перегоне увеличивается в 1,5-2 раза по сравнению с первоначальной, достигается умеренно высокая эффективность координации, следовательно, введение «зеленой волны» на рассматриваемом участке улицы Объездной будет целесообразно.

транспортных средств, проходящие предыдущий светофорный объект на участке улицы в магистральном направлении. Таким образом, транзитность потока напрямую связана с поворотным движением

ем на перекрестках автомобильных дорог с рассматриваемой магистральной улицей. Требование к транзитности потока означает преобладание на рассматриваемой магистрали потоков прямого направления.

При определении доли транзитного движения на регулируемых перекрестках участка улицы Объездной исходили из полученных данных о приведенной интенсивности движения транспортных потоков в пиковые периоды (табл. 2).

Учет фактической скорости транспортного потока в условиях движения на участке при разработке системы координированного регулирования

Расчетная скорость при построении графика координированного управления определяет величину сдвига включения зеленых сигналов на соседних светофорных объектах. В этой связи правильный выбор расчетной скорости оказывает определяющее влияние на эффективность координированного управления.

Первостепенной задачей при построении графика координированного управления на участках магистральных улиц является определение данных по распределению скоростей движения на отдельных перегонах. При этом объектом наблюдений, как правило, выступает техническая скорость движения транспортных средств на перегоне.

Таблица 2

Анализ транзитности движения на участке улицы Объездной в будний день

№ въезда	Интенсивность движения, ед/ч				Сумма, ед/ч	Транзитность, %
	Прямо	Ответвление		Слияние		
		Налево	Направо			
8 ⁰⁰ -9 ⁰⁰						
Прямое направление						
1	904	68	-	4	976	93
2	922	4	-	8	934	99
3	1017	36	-	12	1065	95
Обратное направление						
5	1150	-	8	60	1218	94
3	1132	-	24	34	1190	95
2	1086	-	8	8	1102	99
18 ⁰⁰ -19 ⁰⁰						
Прямое направление						
1	1204	210	-	16	1430	84
2	988	28	-	20	1036	95
3	872	92	-	64	1028	85
Обратное направление						
5	972	-	24	54	1050	93
3	956	-	24	76	1056	91
2	989	-	60	18	1067	93

Под технической скоростью понимается средняя скорость перемещения транспортного средства по участку УДС между двумя пунктами (например по перегону) с учетом задержек, связанных с регулированием движения и помехами, возникающими при движении в потоке. В качестве расчетной скорости может использоваться как единая скорость групп транспортных средств, движущихся по участку автомагистрали, так и индивидуальные значения расчетной скорости, определяемые конкретными условиями движения. При этом в каждом из указанных случаев для выбора

расчетной скорости на всем протяжении участка автомагистрали или на отдельных ее перегонах используются следующие принципы:

1) расчетная скорость принимается равной средней скорости движения транспортных средств, движущихся в группах по всей длине участка автомагистрали или на отдельных ее перегонах;

2) в качестве расчетной выбирают скорость, которую не превышают 85% автомобилей, движущихся в группах по всей длине участка автомагистрали или на отдельных ее перегонах.

При выборе в качестве расчетной средней скорости движения транспортных средств на участке будет наблюдаться задержка лидирующих автомобилей, которые, в свою очередь, помешают безостановочному проезду через светофорный объект основной части группы (поскольку будут прибывать к светофорному объекту до прибытия транспортных средств, скорость которых принята в качестве расчетной, т.е. до включения зеленого сигнала для соответствующего направления движения). Поэтому обычно расчетную скорость на участке при разработке программ координации принимают равной технической скорости, не превышаемой 85% автомобилей группы.

Техническая скорость характеризуется в наиболее общем случае длиной перегона, определяемой как расстояние между соседними стоп-линиями при движении в определенном направлении, и временем его прохождения, определяемым в результате натурных наблюдений с использованием синхронизированных часов.

Данные по длине перегона были получены ранее. Основную сложность представляет определение времени прохождения транспортными средствами перегона известной длины. Для измерения требуется наличие двух наблюдателей, находящихся по разные концы перегона и ведущих независимо друг от друга видеосъемку. При синхронном включении видеокамер, установленных в начале и конце перегона известной длины $S_{\text{пер}}$, м, время прохождения транспортным средством перегона определится по временной задержке между проследованием транспортным сред-

ством стоп-линии в начале перегона t_1 и в его конце t_2 :

$$t = t_2 - t_1.$$

Для получения выборки значений t_i объемом N требуется зафиксировать при помощи синхронной видеосъемки с двух точек (начало и конец перегона) значения времени t_{1i} , t_{2i} , определяемые моментом проследования через сечение соответствующих стоп-линий N транспортных средств. Синхронизацию видеокамер удобно осуществлять с использованием мобильного телефона.

Техническая скорость на участке, км/ч, тогда определится по формуле

$$v_i = \frac{3,6S_{\text{пер}}}{t_i} = \frac{3,6S_{\text{пер}}}{t_{2i} - t_{1i}}.$$

При получении представительной выборки технических скоростей движения транспортных средств в потоках на перегонах участка магистральной улицы с использованием методов статистического анализа определяется значение средней скорости движения на участке, не превышаемой 85% транспортных средств в потоке. С целью удобства последующей обработки выборки технических скоростей движения транспортных средств на перегоне они располагаются в ранжированном вариационном ряду в порядке возрастания (от медленных к быстроходным). Указанные значения для перегона участка улицы при движении в прямом и обратном направлениях представлены в табл. 3 (в прямом и обратном направлениях проводили исследование скоростей между стоп-линиями въездов 2 и 3).

Таблица 3

Технические скорости движения транспортных средств на перегоне

Направление	№ п/п	Техническая скорость, км/ч									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Прямое (длина перегона 305 м)	1	29,6	36,0	37,6	37,7	39,8	41,4	42,9	44,1	46,1	46,1
	2	46,7	48,6	49,2	49,5	49,9	50,6	50,8	50,8	51,1	51,3
	3	51,5	51,5	52,5	53,0	53,3	53,3	53,8	53,8	54,6	55,2
	4	55,7	56,0	56,3	56,9	56,9	57,2	57,2	57,2	57,5	58,7
	5	59,4	59,7	60,3	60,3	60,7	60,7	62,4	62,4	63,1	63,8
Обратное (длина перегона 306 м)	1	31,2	35,0	36,6	36,7	39,2	40,4	42,5	43,1	44,2	45,1
	2	45,7	47,6	48,2	48,4	48,9	49,6	49,8	49,9	50,0	50,3
	3	50,5	50,5	51,5	52,0	52,3	52,6	52,8	53,1	53,6	54,2
	4	54,7	55,0	55,3	55,9	55,9	56,2	56,2	56,4	56,5	57,7
	5	58,3	58,7	59,3	59,3	59,6	59,9	61,4	61,8	62,1	62,8

С целью визуализации полученных результатов и последующего определения расчетной скорости с использованием графического метода по каждой полученной в результате наблюдений выборке строится кумулятивная кривая распределения технических скоростей в потоках транспортных средств на перегонах в прямом и обратном направлениях (рис. 3), при этом по оси абсцисс откладываются полученные значения скоростей, а по оси ординат – накопленные частоты (%).

Расчетные скорости движения на перегонах участка улицы Объездной при построении графика координированного

управления $v_{0,85}$, не превышаемые 85% транспортных средств в потоках на перегонах при движении в заданном направлении, определяются по графикам, представленным на рис. 3. При этом графически для каждого направления заданного перегона на огибающей кривой определяется точка с ординатой 85%. Абсцисса полученной точки определяет расчетную скорость для направления перегона при построении графика координированного управления. Расчетная скорость для прямого направления – 59 км/ч, для обратного – 56,8 км/ч.

Разработка системы магистрального светофорного управления на участке улицы Объездной с применением графоаналитического метода

График координированного управления движением на магистральной улице представляет собой график зависимости «путь – время», выполняемый в системе прямоугольных координат. Благодаря своей простоте наиболее часто на практике для построения графика координированного управления используется графоаналитический метод, который эффективен при сравнительно небольшом числе светофорных объектов на участке.

Предварительно был произведен расчет циклов светофорного регулирования на четырех перекрестках с учетом интенсивностей транспортных потоков. В соответствии с условием введения координированного управления движением длительность циклов на перекрестках одинаковая – 84 с.

График координации строят в следующем порядке [8]. Слева от вертикальной оси графика «путь – время» с соблюдением его вертикального масштаба наносят схематический план рассматриваемой магистрали с указанием расстояний между светофорными объектами. Вправо через границы светофорных объектов проводятся линии, параллельные горизонтальной

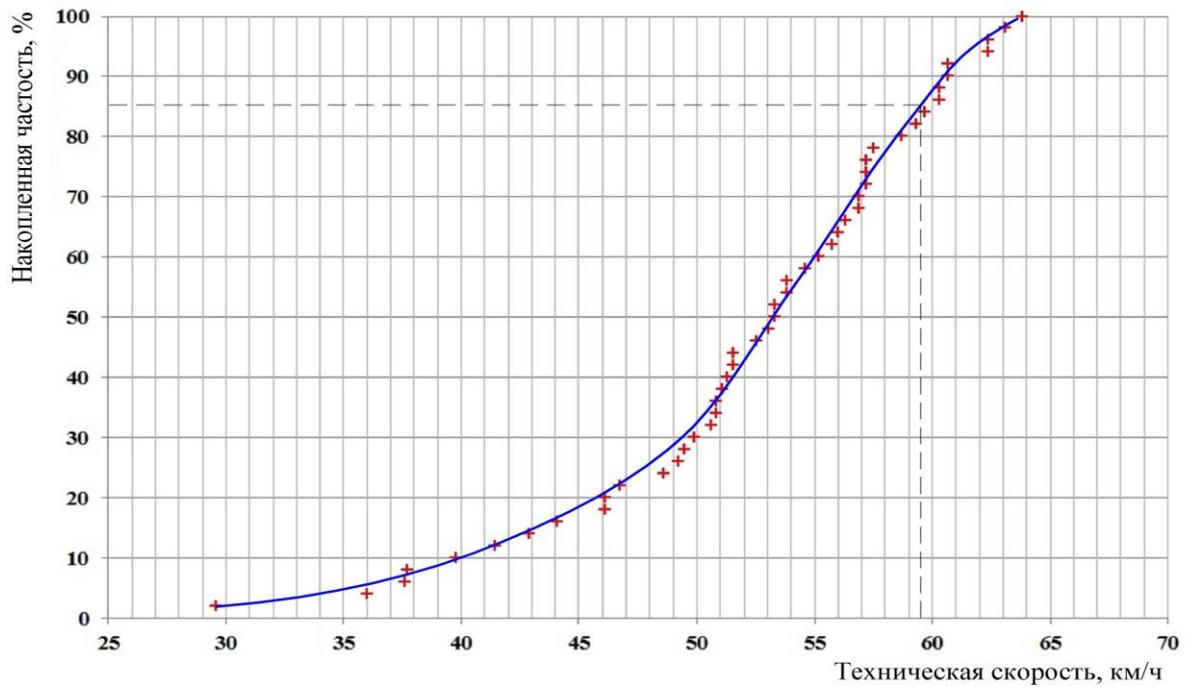
оси. На горизонтальной полоске, соответствующей первому перекрестку, наносится слева направо с соблюдением горизонтального масштаба схематичное изображение режима регулирования – повторяющаяся последовательность сигналов светофоров для потоков, движущихся по магистрали в транзитном направлении.

От начала зеленых сигналов и точек, отстоящих вправо на ширину $(0,2...0,4)T_{ц}$, проводят наклонные к горизонтали линии. Тангенс угла наклона линий соответствует расчетной скорости на перегоне:

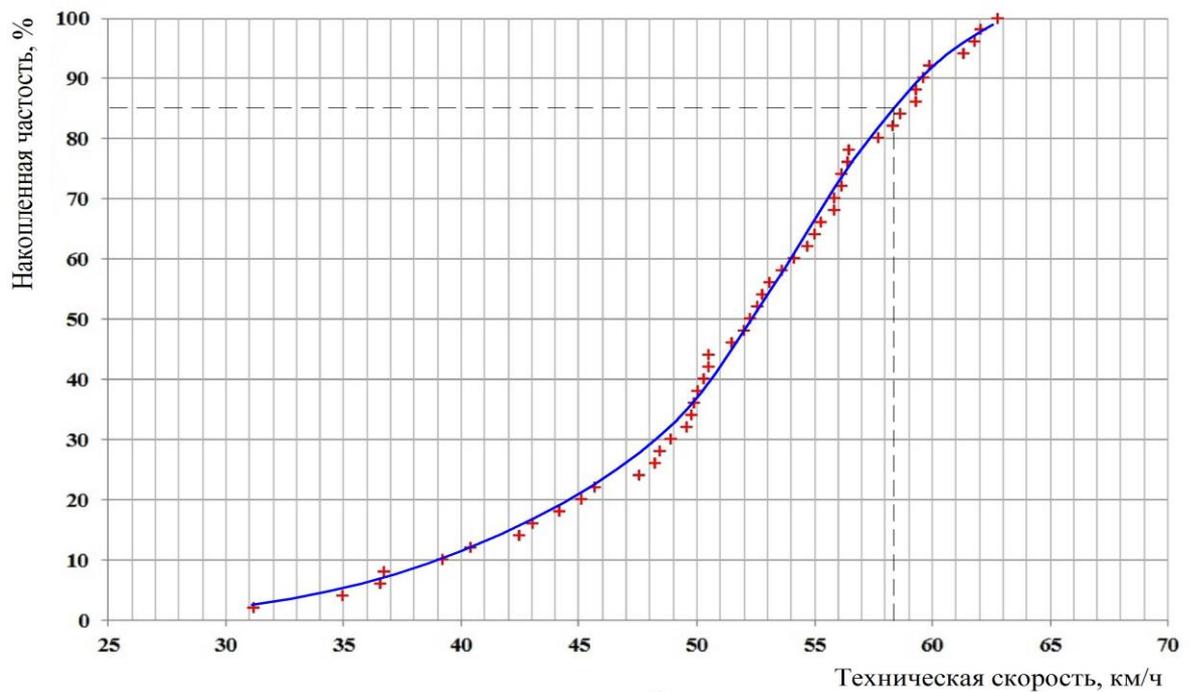
$$tg(\alpha) = \frac{M_{г}}{M_{в}} v_{0,85},$$

где $M_{г}$ – горизонтальный масштаб (число секунд в 1 см на графике); $M_{в}$ – вертикальный масштаб (число метров в 1 см на графике); $v_{0,85}$ – расчетная скорость движения на перегоне, м/с.

Полученная полоска шириной $(0,2...0,4)T_{ц}$ называется лентой времени. Если график движения автомобиля находится внутри этой ленты, ему должно гарантироваться безостановочное движение на всем участке магистральной улицы.



а



б

Рис. 3. Распределение технических скоростей в потоках перегона:
а - прямое направление; б - обратное направление

В рассматриваемой задаче ширина ленты времени принимается равной $t_{л} = 21$ с; $t_{л}/T_{ц} = 21/84 \approx 0,25$ (в пределах допустимого диапазона). Лента времени для встречного направления берется той же ширины, но имеет обратный наклон. Перемещением полоски, повторяющей очер-

тания ленты времени, добиваются по возможности такого положения, чтобы на линиях остальных светофорных объектов отсекаемое расстояние не выходило за границы длительности зеленого сигнала каждого светофорного объекта. Взаимное расположение на горизонтали точек, соответ-

ствующих моментам включения зеленых сигналов на каждом из светофорных объектов на участке, определяет их сдвиги относительно друг друга и принятой нулевой отметки времени (соответствующей включению зеленого сигнала на ключевом перекрестке). Сдвиг зеленого сигнала между первым и вторым перекрестками составляет 14 с, первым и третьим – 63 с, первым и пятым – 48 с. Итоговые режимы регулирования светофорных объектов на участке улицы Объездной в проектном варианте схемы ОДД в рамках магистральной системы светофорного управления по прин-

ципам «зеленой волны» представлены на рис. 4.

Поскольку при построении графика координированного управления на участке улицы Объездной были соблюдены все основные требования и принципы магистрального светофорного управления, ожидается высокая эффективность проектных мероприятий со снижением времени движения по участку в транзитном направлении на 15-20 % и соответствующим повышением скорости сообщения на участке на 18-25 %.

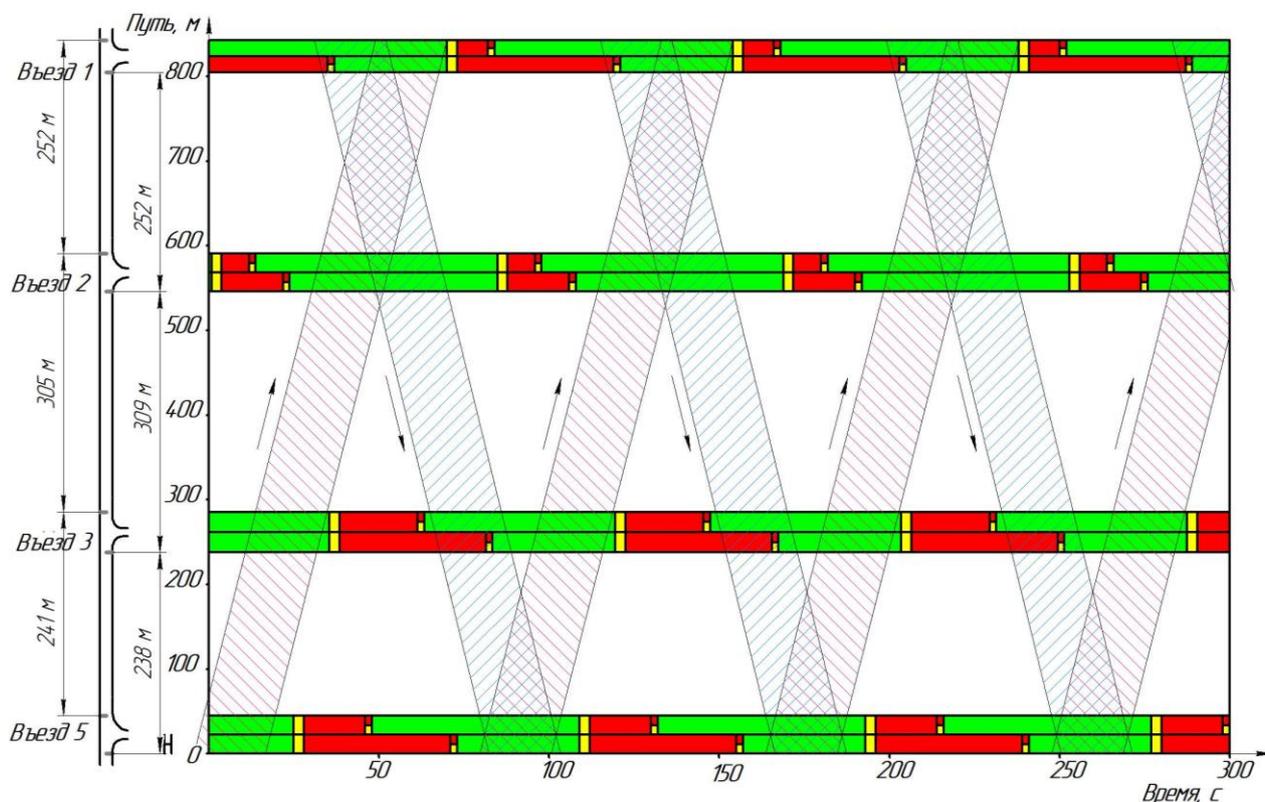


Рис. 4. График координированного светофорного управления

Заключение

Введение координированного управления движением на участке улицы Объездной и проведение дополнительных мероприятий по организации дорожного движения позволит повысить пропускную способность на рассматриваемых пере-

крестках со светофорным регулированием, уменьшить задержки транспортных средств в целом более чем на 10 %. Также снизятся выбросы в атмосферу вредных веществ, увеличится средняя скорость движения автомобилей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шуть, В.Н. Центрирование импульса интенсивности для адаптивной настройки сдвигов фаз плана координации / В.Н. Шуть, С.В. Анфилец // Наука и техника. – 2012. – № 2. – С. 59-63.
2. Филиппова, Д.М. Распределение интервалов в транспортном потоке при организации координированного управления движением / Д.М. Филиппова, А.Б. Черняго, Н.А. Слободчикова // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2013. – № 9 (80). – С. 172-176.

3. Алексиков, С.В. Повышение скорости авто-транспорта на основе регулирования движения по «зеленой волне» / С.В. Алексиков, Г.И. Беликов, В.А. Пшеничкина, С.В. Волченко // Интернет-вестник ВолгГАСУ. – 2013. – № 2 (27). – С. 27.
4. Солодов, Е.В. Введение координированного управления дорожным движением на ул. Галимджана Баруди и ул. Восход г. Казань / Е.В. Солодов, Р.Р. Загидуллин // Техника и технология транспорта. – 2017. – № 1 (2). – С. 12.
5. Кузьменко, В.Н. Обоснование мероприятий по повышению качества и безопасности дорожного движения на магистральной улице районного значения в г. Минске / В.Н. Кузьменко, Д.В. Мозалевский, А.В. Коржова, А.С. Красильникова [и др.] // Наука и техника. – 2017. – Т. 16. – № 1. – С. 57-67.
6. Волченко, С.В. Повышение пропускной способности городских дорог на основе оценки скоростного режима транспортных потоков / С.В. Волченко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия «Строительство и архитектура». – 2013. – № 32 (51). – С. 153-159.
7. Кременец, Ю.А. Технические средства организации дорожного движения: учеб. для студентов вузов / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасьев. – М.: Академкнига, 2005. – 279 с.
8. Михеев, С.В. Координирование транспортных процессов / С.В. Михеев // ИТ&Транспорт: сб. науч. ст. – Самара, 2017. – С.75-82.
1. Shut, V.N. Intensity pulse centering for adaptive adjustment of phase displacements of coordination plan / V.N. Shut, S.V. Anfilets // *Science and Engineering*. – 2012. – No.2. – pp. 59-63.
2. Filippova, D.M. Interval distribution in traffic flow at organization of traffic coordinated control / D.M. Filippova, A.B. Chernyago, N.A. Slobodchikova // *Bulletin of Irkutsk State Technical University*. – 2013. – No.9 (80). – pp. 172-176.
3. Alexikov, S.V. Motor transport increase based on “green wave” traffic control / S.V. Alexikov, G.I. Belikov, V.A. Pshenichkina, S.V. Volchenko // *Internet-Bulletin of VolgSASU*. – 2013. – No.2 (27). – pp. 27.
4. Solodov, E.V. Introduction of traffic coordinated control in Galimjan Barudy Street and Vokhod Street in Kazan / E.V. Solodov, R.R. Zagidullin // *Engineering and Technology of Transport*. – 2017. – No.1 (2). – pp. 12.
5. Kuzmenko, V.N. Measure substantiation for increase of street traffic quality and safety in main regional street in Minsk / V.N. Kuzmenko, D.V. Mozalevsky, A.V. Korzhova, A.S. Krasilnikova [et al.] // *Science and Engineering*. – 2017. – Vol. 16. – No.1. – pp. 57-67.
6. Volchenko, S.V. Street traffic capacity increase based on speed mode assessment of traffic flows / S.V. Volchenko // *Bulletin of Volgograd State Architectural Construction University. Series "Construction and Architecture"*. – 2013. – No.32 (51). – pp. 153-159.
7. Kremenets, Yu.A. *Technical Means for Traffic Organization: college textbook* / Yu.A. Kremenets, M.P. Pechersky, M.B. Afanasiev. – M.: AcademBook, 2005. – pp. 279.
8. Mikheev, S.V. Transport process coordination / S.V. Mikheev // *IT&Transport: Proceedings*. – Samara, 2017. – pp. 75-82.

Статья поступила в редакцию 29.10.18.

Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета

Бишутин С.Г.

Статья принята к публикации 25.01.19.

Сведения об авторах:

Щец Сергей Петрович, д.т.н., зав. кафедрой «Автомобильный транспорт» Брянского государственного технического университета, e-mail: shetssp@mail.ru.

Шупиков Игорь Леонидович, к.т.н., доцент кафедры «Автомобильный транспорт» Брянского государственного технического университета, e-mail: shupik-nauka@yandex.ru.

Shets Sergey Petrovich, Dr. Sc. Tech., Head of the Dep. “Motor Transport”, Bryansk State Technical University, e-mail: shetssp@mail.ru.

Shupikov Igor Leonidovich, Can. Sc. Tech., Assistant Prof. of the Dep. “Motor Transport”, Bryansk State Technical University, e-mail: shupik-nauka@yandex.ru.

Справцева Екатерина Викторовна, ст. преподаватель кафедры «Автомобильный транспорт» Брянского государственного технического университета, e-mail: kama3@list.ru.

Кешенкова Валентина Григорьевна, программист кафедры «Автомобильный транспорт» Брянского государственного технического университета, e-mail: keshenkova_2005@mail.ru.

Spravgteva Ekaterina Victorovna, Senior Lecturer of the Dep. “Motor Transport”, Bryansk State Technical University, e-mail: kama3@list.ru.

Keshenkova Valentina Grigorievna, Programmer of the Dep. “Motor Transport”, Bryansk State Technical University, e-mail: keshenkova_2005@mail.ru.