

Литература

1. Иванов, Д.Л. Управление цепями поставок / Д.Л. Иванов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 660 с.
2. Кристофер, М. Логистика и управление цепочками поставок / М. Кристофер; пер. с англ. под общ. ред. В.С. Лукинского. – СПб.: Питер, 2005. – Серия «Теория и практика менеджмента». – 316 с.
3. Уотерс, Д. Логистика. Управление цепью поставок / Д. Уотерс; пер. с англ. – М.: ЮНИТИ- ДАН А, 2003. – Серия «Зарубежный учебник». – 530 с.

УДК 519.654

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НАСЫЩЕННЫХ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ASSESSMENT FUNCTIONING OF SATURATED CONTROLLED INTERSECTIONS

Лагереv Р.Ю., кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры
«Менеджмент на автомобильном транспорте»
(Иркутский государственный технический университет)

Lagerev R.Yu., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Assistant
Professor of «Management of Road Transport»
(Irkutsk national research technical university)

Аннотация. *В статье рассмотрены подходы к оптимизации работы светофорных объектов, функционирующих в условиях повышенной загрузки, когда использование классических подходов, основанных на минимизации суммарных задержек оказывается малоэффективным. Исследованы вопросы создания инструментария управления потоками на магистральных улицах с учетом возможности ограничения въезда на магистраль с применением подходов, используемых в американском руководстве HCM 2010 для обеспечения обособленного, скоростного движения магистрального потока, с возможностью оптимального использования пропускной способности полос.*

Abstract. *The article discusses approaches to optimize the operation of traffic lights operating in conditions of high load when using the classical approach based on minimizing the total delay is ineffective. The problems of creating tools to manage the flow of the main streets with the possibility of restrictions on the entry line with the use of the approaches used in HCM 2010 to provide a separate, high-speed movement of the main stream, with the possibility of optimal use of bandwidth bands.*

Прошедшая XI международная конференция «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» в Санкт-Петербурге 18–20 сентября 2014 очередной раз подтвердила актуальность и значимость проблемы транспортного обслуживания населения в городах с высоким уровнем автомобилизации. Основными докладчиками на пленарном заседании стали ведущие российские ученые, представители Московского автомобильно-дорожного института (МАДИ), Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета в чьих сообщениях представлены и обобщены результаты внедрения АСУДД при проведении олимпийских игр в г. Сочи и Казани.

На секционных заседаниях участники конференции неоднократно акцентировали внимание на необходимости внедрения адаптивных систем управления потоками, высказывали мнения о важности и значимости реализации концепции сетевых методов управления в условиях плотного движения с возможностью предупреждения заторовых ситуаций, обсуждали возможные проектные решения и новые инструментарии, направленные на снижение распространения очередей транспортных средств на дорогах высших категорий.

Таким образом, в обозримой перспективе просматривается наличие тенденций развития методов управления магистральными улицами и дорогами с применением адаптивного регулирования с автоматическим мониторингом характеристик транспортных потоков с последующим расчетом управляющих параметров светофорной сигнализации. Существующие в нашей стране подходы к применению адаптивного регулирования реализуемы, главным образом, для свободного движения (*free flow speed*). Как отмечается в специальной технической литературе [2], эффективность «классического» адаптивного регулирования резко снижается в случае функционирования связанных регулируемых пересечений в условиях насыщения (*saturated*) и перенасыщения (*oversaturated*) (рисунок 1).

Отмечается, что в качестве целевой функции программ оптимизации управления сетью регулируемых улиц, функционирующих в условиях повышенной загрузки, используются интегральные показатели уровня транспортного обслуживания, такие как транспортная задержка, количество остановок, длина очереди транспортных средств, максимальная интенсивность убытия в зоне взаимодействия транспортных потоков [1].

В последние годы зарубежными и российскими специалистами пристальное внимание уделяется вопросам оптимизации работы регулируемых пересечений функционирующих в условиях предзаторовых ситуаций, когда использование классических подходов, основанных на минимизации суммарных задержек, оказывается малоэффективным. Необходимо отметить, что использование в качестве критерия оптимизации величины средней транспортной задержки в условиях повышенной загрузки регулируем-

мого пересечения является весьма сложной, а иногда и невыполнимой задачей (рисунок 3).



Рисунок 1 – Открытие XI научно-практической конференции «Организация и безопасность движения в крупных городах 18.09.2014

Вместе с этим, стоит лишний раз сказать, об ограниченном количестве диссертационных исследований по насыщенным перекресткам. До сих пор в специальной технической литературе отсутствует понятие *транспортный затор* и общепринятые критерии его прогнозирования, оценки и под-

ходы для минимизации это негативного явления. *Транспортный затор* сопровождается, как минимум, вторичными задержками и ростом очередей транспортных средств, длина которых может блокировать работу соседних пересечений и перейти в наиболее сложное с позиции управления сетью состояние – в состояние сетевого затора (рисунок 2). Данное определение транспортного затора предопределяет дальнейшее направление научной работы автора для постановки задачи недопущения заторового состояния на магистральных улицах высших категорий.

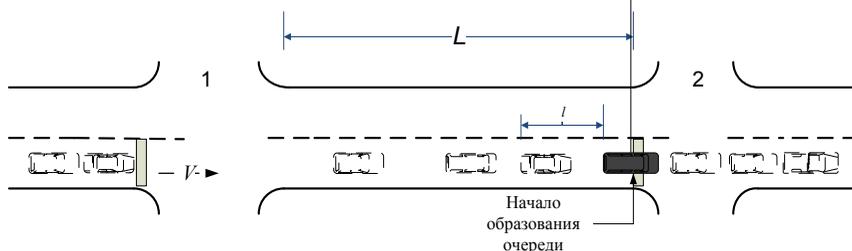


Рисунок 2 – Пример перенасыщения магистральной улицы (перекресток 2 – блокирован очередью «*spillover*»)

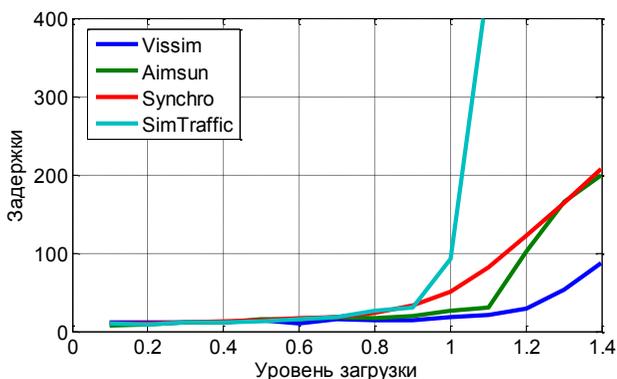


Рисунок 3 – Расхождение оценок величин задержек в условиях насыщения/перенасыщения регулируемого пересечения

В 18 главе (volume 3) американского руководства по оценке пропускной способности дорог HCM 2010, подробно изложена процедура оценки пропускной способности и оценки величин задержек и длин очередей транспортных средств. На основании алгоритмов, представленных в аме-

риканском руководстве, автором в среде Excel составлена программа для оценки эффективности функционирования регулируемых пересечений по таким параметрам как средняя величина транспортной задержки, длина очереди транспортных средств, уровень загрузки перегона (рисунок 4), установлена корреляционная зависимость между указанными параметрами (рисунки 5, 6).

Направления движений транспортного потока									
	I. Расчет значений интенсивности групп полос (ГП)								
1 Количество полос	1	2	2	1	2	1	2	2	2
2 Пиковый фактор (PHF)	0.50	0.50	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
3 Интенсивность движения, ед/ч	10	189	4	30	700	20	30	370	20
4 Совмещена с потоком "прямо"	<input checked="" type="checkbox"/>	ДА		<input checked="" type="checkbox"/>	ДА		<input checked="" type="checkbox"/>	ДА	
5 Конфликт с движением	<input checked="" type="checkbox"/>	ДА		<input checked="" type="checkbox"/>	ДА		<input checked="" type="checkbox"/>	ДА	
6 Доля поворачивающих без конфликта	0		0	0		0	0		0
7 Конфликт с пешеходами	<input checked="" type="checkbox"/>	ДА		<input checked="" type="checkbox"/>	ДА		<input checked="" type="checkbox"/>	ДА	
8 Тип прибытия потока	3	4	3	3	2	3	3	3	3
9 Инт-сть направ. с РНФ, ед/ч	20	378	4	33	778	22	33	411	22
10 Инт-сть ГП с РНФ, ед/ч		383	4	33	778	22	33	411	22
11 Доля поворотных потоков, (Pл, Pпр)	0.052		1.000	1.000		1.000	1.000		1.000
12 К-т прибытия потока, (Rp)		1.333	1.000	1.000	0.667	1.000	1.000	1.000	1.000
4 Фазовый к-т, (v/s)		<input checked="" type="radio"/> 0.128	<input type="radio"/> 0.002	<input type="radio"/> 0.036	<input checked="" type="radio"/> 0.259	<input type="radio"/> 0.022	<input type="radio"/> 0.018	<input checked="" type="radio"/> 0.137	<input type="radio"/> 0.013
5 Критический ФК, (v)					<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	
6 Сумма критических ФК, (Yc)							0.397		
7 Потерянное время в цикле, (L)							8		
8 К-т загрузки перекрестка, (Xc)							0.442		
IV. Расчет транспортных задержек и уровня транспортного обслуживания									
1 Анализированный период, (T), ч	0.25								
2 К-т контроллера, (k)	0.5								
3 К-т влияния пред. пересеч.	1								
4 Длина очереди в начале периода T	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 Равномерная задержка, (d1)		29.5	25.8	14.3	18.7	14.1	8.4	9.6	8.4
6 Вероятностная задержка, (d2)		26.1	6.8	5.6	5.2	5.0	2.0	1.6	2.1
7 Вторичная задержка, (d3)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8 Общая задержка ГП, с/ед		58.2	32.5	20.0	26.0	19.1	10.4	11.2	10.4
9 LOS ГП		E	C	B	C	B	B	B	B

Рисунок 4 – Общий вид программы «Перекресток»

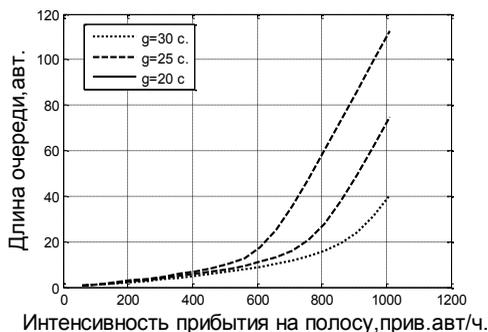


Рисунок 5 – Зависимость $Q = f(v)$

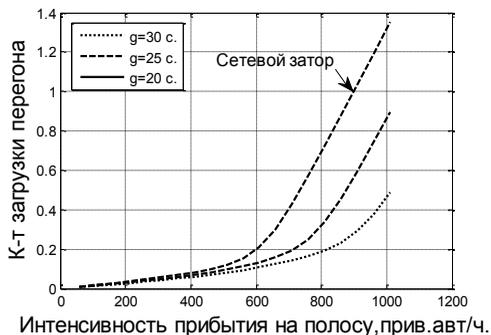


Рисунок 6 – Зависимость $x = f(v)$

Примечание на рисунках 5, 6

количество полос движения	1;
коэффициент использования полос	1;
время цикла	60 с;
величина потока насыщения	1900 пр.ед./ч;
коэффициент прогрессии	1;
продолжительность анализируемого периода	0,5 ч;
коэффициент светофорного регулирования	1;
коэффициент наличия предыдущего перекрестка	1;
длина перегона	500 м;
динамический габарит автомобиля	5 м.

Принималась попытка оптимизации значений длительности фаз с использованием программы «Перекресток» по критерию «минимума суммарных транспортных задержек» и «суммарных длин очередей» на перекрестке с использованием встроенных в Microsoft Excel средств решения оптимизационных задач («Поиск решения»). Учитывая особенности постановки задачи, установлено, что алгоритмы оптимизации, используемые в «Поиске решения» являются малопригодными для подбора оптимальных параметров работы светофорной сигнализации.

Целевая функция задачи в общем виде задавалась следующей зависимостью (для упрощения индексы перегонов и рамп опущены):

$$\min \sum (L - Q \cdot l), \quad (1)$$

где L – длина перегона, м;

Q – длина очереди транспортных средств на перегоне, авт.;

l – средний динамический габарит транспортного средства на рассматриваемом подходе (полосе);

$$Q = Q_1 + Q_2, \quad (2)$$

где Q_1 – первая составляющая очереди, авт.;
 Q_2 – вторая составляющая очереди, авт.:

$$Q_1 = PF_2 \frac{\frac{v_L \cdot C}{3600} \cdot \left(1 - \frac{g}{C}\right)}{1 - \left[\min(1, X_L) \cdot \frac{g}{C}\right]}, \quad (3)$$

при расчетном коэффициенте прогрессии:

$$PF_2 = \frac{\left(1 - R_p \frac{g}{C}\right) \cdot \left(1 - \frac{v_L}{s_L}\right)}{\left(1 - \frac{g}{C}\right) \cdot \left[1 - R_p \left(\frac{v_L}{s_L}\right)\right]}, \quad (4)$$

$$Q_2 = 0,25c_L T \cdot \left[\left(X_L - 1 + \frac{Q_{bL}}{c_L \cdot T} \right) + \right. \quad (5)$$

$$\left. + \sqrt{\left(X_L - 1 + \frac{Q_{bL}}{c_L \cdot T} \right)^2 + \frac{8k_b X}{c_L T} + \frac{16k_b Q_{bL}}{(c_L T)^2}} \right]$$

при адаптивном регулировании:

$$k_B = 0,10I \left(\frac{s_L g}{3600} \right)^{0,6} \quad (6)$$

где C – продолжительность цикла регулирования, с;
 g – длительность зеленого сигнала, с;
 X_L – уровень загрузки полосы движения, рассматриваемой группы (x_L/c_L);
 s – поток насыщения группы полос, авт./ч;
 s_L – поток насыщения на полосу, авт./ч;
 c – пропускная способность группы полос, авт./ч;
 c_L – пропускная способность на полосу, авт./ч;

Q_{bl} – остаточная очередь на полосе движения, авт.;

N_{LG} – кол-во полос движения в группе.

Аналогичные математические зависимости (2)–(6) использованы в программных продуктах «Светофор» (*TL-ISTU*), «Synchro» (*Trafficware*), ICU 2003 (*Trafficware*) достаточно точно соответствуют экспериментальным значениям длин очередей на перекрестках города Иркутска и могут использоваться для оценки эффективности обслуживания транспортных потоков на регулируемых пересечениях.

Анализ специальной зарубежной технической литературы показал, что большое количество задач, связанных с оптимизацией плана работы светофорных объектов сегодня представляют собой вид комбинаторных задач, решение которых основано на полном переборе допустимых значений. В последние годы в задачах оптимизации технических систем широкое распространение получили алгоритмы генетической оптимизации (*GA*), представляющие собой итеративный процесс нахождения оптимального значения функции приспособленности (целевой функции) критерием остановки которого могут послужить, например, максимальное число итераций.

Основные отличительные признаки классических алгоритмов оптимизации от генетических, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение алгоритмов оптимизации

<i>Классические алгоритмы</i>	<i>Генетические алгоритмы</i>
Генерируют единственную точку на каждой итерации. Последовательность точек достигает оптимального решения	Генерирует популяцию точек на каждой итерации. Лучшая точка в популяции достигает оптимального решения
Выбирают следующую точку в последовательности путем детерминированных вычислений	Выбирают следующую популяцию на основе вычислений генератора случайных чисел

В последние годы зарубежными и российскими специалистами особое внимание уделяется вопросам оптимизации работы светофорных объектов функционирующих в условиях повышенной загрузки, когда использование классических подходов, основанных на минимизации суммарных задержек оказывается малоэффективным. В этой связи, автор задался целью разработать инструментарий управления потоками на магистральных улицах с учетом возможности ограничения въезда на магистраль (с возможностью управления транспортным спросом) с применением подходов используемых в американском руководстве HCM 2010 для обеспечения обособленного, скоростного движения магистрального потока, с возможностью оптимального использования пропускной способности полос.

Литература

1. Власов, А.А. Методика управления светофорными объектами в условиях насыщенного движения: дополнительные мат. к сборнику докладов десятой международной научно-практической конференции / А.А. Власов, Н.А. Орлов / СПб гос. архит.-строит. ун-т. – СПб., 2014. – Электр. ресурс.
2. Михайлов А.Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей / А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. – Новосибирск: Наука, 2004. – 266 с.

УДК 656.073

ИННОВАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОВЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ INNOVATIVE MANAGEMENT MODELS IN FREIGHT TRANSPORTATION

Рожко О.Н., кандидат технических наук, доцент кафедры
Автомобильные двигатели и сервис;

Яковлев Р.А., старший преподаватель кафедры Автомобильные двигатели
и сервис (Казанский Национальный Исследовательский
Технический Университет им. А.Н. Туполева)

Rozhko Oksana, Candidate of Technical Sciences, Associate Professors
Department Automobile Engines & Service;

Yakovlev Roman, Sr. Lecturer Department Automobile Engines & Service
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev)

Аннотация. В докладе дана оценка перспективам и проблемам внедрения инновационных IT-технологий в логистику грузовых перевозок, позволяющих полностью контролировать цепи поставок посредством «облачных» серверов.

Abstract. The report assessed the prospects and challenges of implementing innovative IT technologies in logistics, freight transport, allowing full control of the supply chain through the «cloud» servers.

Введение

Информационные и коммуникационные технологии являются в настоящее время главными инструментами, с помощью которых осуществляется модернизация в транспортной сфере. Современные информационные системы характеризуются созданием единого информационного пространства для всех участников взаимодействий транспортных систем. В виду