

ОПТИМИЗАЦИЯ СВЕТОФОРНЫХ ЦИКЛОВ НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ С ШИРОКОЙ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ ПОЛОСОЙ

А.Д. Ефимов¹, А.О. Алибагандов², Ю.И. Савченко³, У.А. Нехаева⁴
^{1, 2, 3, 4} Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия
¹ e1984ad@mail.ru
² Alibagand1999@mail.ru
³ iusavchenko@mail.ru
⁴ n.u.n.u@inbox.ru

Аннотация. В работе представлена методика оптимизации светофорных циклов на регулируемых пересечениях с широкой разделительной полосой. Алгоритм основан на расчете интервала освобождения перекрестка с учетом геометрии и характеристик транспортного потока.

Ключевые слова: улично-дорожная сеть, светофорный цикл, интенсивность движения, затор, безопасность движения.

OPTIMIZATION OF TRAFFIC LIGHT CYCLES AT REGULATED INTERSECTIONS WITH WIDE DIVIDING LANES

A.D. Efimov¹, A.O. Alibagandov², Y.I. Savchenko³, U.A. Nekhaeva⁴
^{1, 2, 3, 4} South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov,
Novocherkassk, Russia
¹ e1984ad@mail.ru
² Alibagand1999@mail.ru
³ iusavchenko@mail.ru
⁴ e-mail: n.u.n.u@inbox.ru

Abstract. The paper presents a methodology for optimization of traffic light cycles at regulated intersections with a wide dividing strip. The algorithm is based on the calculation of the intersection clearance interval taking into account the geometry and characteristics of the traffic flow.

Keywords: road network, traffic light cycle, traffic intensity, congestion, traffic safety.

Одной из принципиальных задач Транспортной стратегии 2030 является повышение качества транспортного обслуживания населения и снижение уровня загруженности улично-дорожной сети крупных населенных пунктов [1]. В связи с этим, необходимо рассмотреть возможные способы уменьшения вероятности возникновения заторов на регулируемых пересечениях и количества аварийно-опасных ситуаций на них [2].

Характерной особенностью улично-дорожной сети многих городов в РФ является наличие широких проспектов с разделительной полосой в виде бульвара. Такие элементы планировочной инфраструктуры достаточно удобны при низкой интенсивности движения и обеспечивают возможность безопасного и комфортного движения пешеходов. Однако с ростом интенсивности движения в последние годы эти проспекты стали играть роль определенной мины замедленного действия, все чаще становясь местами потенциального возникновения предзаторовых и заторовых ситуаций. Этому способствует, в том числе, и внедрение светофорного регулирования на данных элементах улично-дорожной сети. Поскольку применение классического двухфазного цикла управления с длительностью промежуточных тактов в 3-4 с не позволяет водителям, совершающим левый поворот, своевременно проехать перекресток. В результате определенная часть разрешающего сигнала в конфликтном направлении будет затрачена на освобождение пересечения, что негативно сказывается на всей его пропускной способности.

В литературных источниках данному вопросу практически не уделяется необходимого внимания. Поэтому разработка метода расчета эффективного сдвига фаз в наиболее загруженном направлении левоповоротного потока для регулируемых пересечений с разделительной полосой является актуальной задачей. Это позволит еще на этапе планирования геометрических параметров и схемы организации дорожного движения по конкретной улице предусмотреть такого рода негативные последствия и снизить их влияние.

В сложившейся ситуации необходимо разработать индивидуальный подход к расчету эффективного светофорного цикла, с учетом всех возможных негативных последствий, как для показателей безопасности движения, так и величины транспортных задержек.

За базовый подход следует принять методику, которая была разработана и апробирована Эйлером. В этом случае алгоритм проведения расчета можно в упрощенном виде представить состоящим из этапов, приведенных на рис. 1.

Как видно на рис. 1, на первоначальном этапе работы необходимо выполнить натурные исследования геометрических параметров самого пересечения и определить характеристики транспортных потоков на подходах улиц. Затем рассчитываем оптимальную длительность светофорного цикла по методу Эйлера, где в качестве критерия оптимальности используется вероятность пропуска прибывающих к перекрестку автомобилей на разрешающий сигнал светофора. Для этого, в случае двухфазного цикла регулирования, используем выражение:

$$C = \frac{34200}{3600 - (N_1 + N_2) \cdot 2,1}$$

Вероятность пропуска автомобилей без задержек на данном подходе перекрестка в свою очередь определяется выражением:

$$P_x = 100 - \frac{e^{-a} a^x}{x!}$$



Рисунок 1 – Алгоритм определения оптимальной длительности и структуры светофорного цикла на регулируемых пересечениях с центральной разделительной полосой

В дальнейшем необходимо выполнить расчетные исследования по оценке времени освобождения перекрестка автомобилями, выехавшими на него, в период горения зеленого сигнала светофора. Для этого исходной информацией являются геометрические параметры пересечения, а также сведения натурных исследований о характеристиках транспортного потока.

Как было установлено в работах [3, 4], необходимое время для освобождения перекрестка определяется по следующей формуле:

$$\Delta = \sqrt{\frac{2\sum L_i + \sum(l_i\psi_i)}{a}}n + 2,1,$$

где n – количество транспортных средств, находящихся на перекрестке и ожидающих его проезд, ед.;

L_i – расстояние, которое необходимо преодолеть первому автомобилю, чтобы пересечь перекресток, м;

a – ускорение автомобиля при начале движения, м/с².

Данное выражение можно принять и за исходное при проведении дальнейших расчетов для оценки величины сдвигов фаз в цикле. Но для оценки величины n необходимо выполнить следующие расчеты:

$$n = \frac{L_n}{N_k t_g \sum L_i \psi_i'}$$

где L_n – расстояние от дальней конфликтной точки до ближней границы раздельной полосы, м;

t_g – длительность горения разрешающего сигнала по данному направлению движения на перекрестке, с;

N_k – интенсивность движения на данном направлении перекрестка, ед/с;

l_i – длина каждого типа транспортных средств в потоке, м;

ψ_i – доля каждого типа транспортных средств в потоке.

Таким образом, получаем выражение для определения значения интервала времени необходимого для освобождения перекрестка в следующем виде:

$$\Delta = \frac{L_n}{N_k t_g \sum l_i \psi_i} \sqrt{\frac{2(L_i + \sum l_i \psi_i)}{a}} + 2,1$$

Полученные значения интервалов освобождения перекрестка необходимо учитывать в существующей длительности разрешающей фазы данного направления [5]. При этом очень важным является учет этого времени в структуре рассчитанного светофорного цикла в формате перекрытия въезда на перекресток транспортных средств со всех направлений движения.

В результате структура двухфазного светофорного цикла (рис. 2 а) трансформируется к виду, представленному на рис. 2 б).



а – без интервала времени освобождения перекрестка; б – с учетом интервала времени освобождения перекрестка

Рисунок 2 – Пример изменения структуры двухфазного светофорного цикла

Таким образом, выполненные исследования позволяют сделать вывод о повышении эффективности управления дорожным движением на регулируемых пересечениях с широкой раздельной полосой. Также обеспечивается значительное снижение вероятности возникновения аварийноопасных ситуаций и задержек транспортных потоков прямых направлений.

Список литературы

1. Горев А.Э. Основы теории транспортных систем. – СПбГАСУ. – СПб., 2010. –214 с.
2. Гасников С.А. Введение в математическое моделирование транспортных потоков / С.А. Гасников, Е.А. Нурминский, Я.А Холодов; М.: МИНМО, 2013. – 428 с.
3. All-Union State Standard R 51709-2001. Vehicles. Technical state safety specification and examination methods (edited from 28.03.2006) // IUS "National standards", N 4, 2007.
4. Семенов В.В. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса. М.: ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, 2004 г.
5. Михайлов А.Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожной сетей городов / А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.

References

1. Gorev A.E. Fundamentals of the theory of transport systems. – St. Petersburg State University. – St. Petersburg, 2010. -214 p.
2. Gasnikov S.A. Introduction to mathematical modeling of traffic flows / S.A. Gasnikov, E.A. Nurminsky, Y.A. Kholodov; Moscow: MINMO, 2013. – 428 p.
3. All-Union State Standard R 51709-2001. Vehicles. Technical state safety specification and examination methods (edited from 03/28/2006) // US "National standards", No. 4, 2007.
4. Semenov V.V. Mathematical modeling of the dynamics of megalopolis traffic flows. Moscow: IPM named after M.V. Keldysh RAS, 2004.
5. Mikhailov A.Y., Golovnykh I.M. Modern trends in the design and reconstruction of urban street and road networks. Novosibirsk: Nauka Publ., 2004. 267 p.