

УДК 625.712.14

С. Н. Шабаев, Д. В. Бойко

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАЗНАЧЕНИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ СВЕТОФОРНЫХ ОБЪЕКТОВ С ДВУМЯ ОСНОВНЫМИ ТАКТАМИ

Пропускная способность – одна из важнейших характеристик, показывающая максимальное количество автомобилей, которые могут пройти за единицу времени через сечение полосы движения (дороги). Величина пропускной способности зависит от множества факторов, но одним из самых значительных, при движении транспортных средств через регулируемые пересечения, является режим работы светофорного объекта. Зачастую, именно от него зависит способность дорог (улиц) пропускать без значительных задержек ежегодно возрастающий поток транспортных средств.

На сегодняшний день режим работы светофорных объектов назначают исходя из значений фазовых коэффициентов, которые рассчитываются из предположения, что интенсивность движения ниже потока насыщения [1, 2 и др.]. Однако ежегодный рост интенсивности движения транспортных средств привел к тому, что на многих перекрестках в часы пик интенсивность движения превосходит пропускную способность дорог (улиц), а значит необходимо либо производить реконструкцию, либо так изменить режим работы светофорного объекта, чтобы возросла пропускная способность. Первое направление требует значительных капитальных затрат и, достаточно часто, затруднительно из-за достаточно плотной застройки, поэтому если интенсивность движения не значительно превышает существующую пропускную способность, то второй путь достаточно актуален. При этом общепризнанная методика проектирования режима работы светофорного объекта в случае перенасыщения потока движения не позволяет принять конкретного решения, так как основана на предположении, что сумма фазовых коэффициентов наиболее загруженных направлений движения не может быть больше единицы. Поэтому предлагаем несколько видоизмененный подход назначения режима работы светофорного объекта.

Допустим имеется пересечение двух улиц – улицы «А» и улицы «Б», характеризующаяся каждой направлением потока транспортных средств при подъезде к перекрестку «Н1» и «Н2». Пусть $(P_{cАН1})_i$ - пропускная способность (поток насыщения) i -ой полосы движения улицы «А» в направлении движения транспортных средств на подъезде к перекрестку «Н1» за 1 с, тогда (при допущении, что при включении разрешающего сигнала светофорного объекта поток насыщения равен постоянной величине) пропускная способность этой же полосы за 1 ч будет определяться из зависимости:

$$(P_{АН1})_i = 3600(P_{cАН1})_i \left(1 - \frac{t_o^A}{t_{ц}} - \frac{t_{п1} + t_{п2}}{t_{ц}} \right) \tag{1}$$

где $t_{ц}$ - продолжительность цикла работы светофорного объекта, с;

t_o^A - продолжительность основного (запрещающего движение) такта работы светофорного объекта при движении по улице «А», с;

$t_{п1}, t_{п2}$ - продолжительность первого и второго промежуточного такта работы светофорного объекта, с.

Аналогичные зависимости можно получить для каждой из полос направлений движения транспортных средств «Н1» и «Н2» улиц «А» и «Б».

Чтобы перекресток обеспечивал проезд транспорта без образования затора, необходимо для каждой полосы всех направлений движения по улицам выполнение следующего условия:

$$(P_{УНХ})_i \geq \eta(N_{УНХ})_i, \tag{2}$$

где «У» - наименование улицы («А» или «Б»);

«Х» - направление движения транспортных средств на подъезде к перекрестку («1» или «2»);

η - коэффициент, учитывающий неравномерность движения транспортных средств в течение часа; определяется опытным путем по результатам статистических данных; при достаточно плотном потоке и малом влиянии предшествующих светофорных объектов значение коэффициента можно принимать $\eta=1,10...1,20$.

Таким образом, перекресток будет справляться с потоком транспортных средств в том случае, когда система, образованная неравенствами (2), будет иметь общее решение. Если допустимые значения хотя бы одного неравенства выпадают из общего решения системы, то по данному направлению неизбежно будет образовываться затор.

В дальнейшем анализе необходимо рассмотреть только те два неравенства образованной системы (по одному для каждой улицы), для которых фазовый коэффициент

$$(y_{УНХ})_i = (N_{УНХ})_i / (P_{УНХ})_i$$

имеет наибольшее значение. В этом случае получаем:

$$\begin{cases} t_o^A \leq t_{ц} - t_{п1} - t_{п2} - \frac{(N_{АНХ})_i \eta t_{ц}}{3600(P_{cАНХ})_i}; \\ t_o^A \geq \frac{(N_{БНХ})_i \eta t_{ц}}{3600(P_{cБНХ})_i}. \end{cases} \tag{3}$$

Анализируя решения полученной системы при заданной продолжительности цикла режима работы светофорного объекта можно утверждать о способности или не способности перекрестка пропускать транспортные средства без образования заторов. Если система неравенств не имеет общего решения, то можно предпринять одно из следующих решений:

- увеличить продолжительность цикла режима работы светофорного объекта;
- изменить организацию пофазного разъезда транспортных средств;
- произвести реконструкцию участка;
- если реконструкция затруднительна, невозможно или требует значительных капитальных затрат, продолжительность цикла уже имеет достаточно большое значение, а изменение организации пофазного разъезда транспортных средств не приводит к увеличению пропускной способности перекрестка и снижению задержки транспортных средств, найти баланс значения t_o^A между областями полученных решений неравенств системы (3) и далее из любого неравенства системы найти величину $t_{ц}$; в этом случае неизбежно образование заторов.

Если система имеет общее решение, то необходимо найти оптимальное значение $t_{ц}$. Если приравнять левые и правые части неравенств систе-

мы, то мы получим уравнение, характеризующее такие условия режима работы светофорного объекта, при которых пропускная способность перекрестка должна справляться с потоком транспортных средств без образования затора и время задержки транспортных средств будет минимально допустимым. Выразив из этого равенства величину $t_{ц}$, получим:

$$t_{ц} = \frac{t_{п1} + t_{п2}}{1 - \frac{N_{АНХ} \eta}{3600(P_{с АНХ})_i} - \frac{N_{БНХ} \eta}{3600(P_{с БНХ})_i}} \quad (4)$$

Выражение (4) подобно известному уравнению определения цикла режима работы светофорного объекта, предложенного Ф. Вебстером. Разница состоит лишь в том, что в выражении используется пропускная способность за 1 с, а не за 1 ч и в нем используется коэффициент, учитывающий неравномерность движения транспортных средств в течение часа, вместо коэффициентов, характеризующих случайное прибытие транспортных средств к перекрестку.

Далее отыскать время цикла работы светофорного объекта, по любой из зависимостей системы (3) можно определить величину t_o^A

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кременец, Ю. А. Технические средства организации дорожного движения : Учеб. для вузов [Текст] / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский, М. Б. Афанасьев. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2005. – 279 с.
2. Хомяк, Я. В. Организация дорожного движения : Учеб. для вузов [Текст] / Я. В. Хомяк. – К. : Вища шк., 1986. – 271 с.

□ Авторы статьи:

Шабаев
Сергей Николаевич
- канд. техн. наук, зав. каф.
«Автомобильные дороги» КузГТУ
Тел. 8(3842)39-69-46

Бойко
Дмитрий Васильевич
- ассистент каф. «Автомобильные
дороги» КузГТУ
Тел. 8 913 304 9778