

*Машиев И.А.*

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ

*I.A. Mashiev*

### OPTIMIZATION OF THE PARAMETERS OF THE STREET-ROAD NETWORK

УДК 629.3 (656.1)

*В статье рассматриваются транспортные проблемы города Кызыл-Кия, а также пути их решений для снижения аварийности и других проблем возникающих при организации дорожного движения.*

*Article presents the transport problems of Kyzyl-Kia city, and also the ways of their decisions for decrease in accident rate and other problems, arising at the organization of traffic movements.*

Рост автомобильного парка города и численности населения ведет к увеличению интенсивности движения транспортных и пешеходных потоков, что в условиях малых городов приводит к возникновению транспортной проблемы, особенно остро она проявляется на перекрестках улично-дорожной сети. Здесь увеличиваются задержки транспорта, образуются заторы и очереди, что вызывает снижение скорости сообщения, перерасходу топлива.

На основе исследований и данных о дорожно-транспортных происшествиях было установлено, что наиболее аварийные и загруженные перекрестки города расположены в центре города с большими пунктами тяготения, такие как городской рынок, горный колледж и др. Для улучшения параметров аварийно-опасного участка автомобильной дороги, были определены данные.

Кроме планировочных параметров, на основе хронометражных наблюдений был составлен протокол интенсивности движения транспортных и пешеходных потоков на перекрестке в час пик.

Для определения задержек транспортных средств на перекрестках проводились хронометражные наблюдения с регистрацией продолжительности остановки каждого остановившегося и проехавшего через перекресток без остановки транспортного средства.

Анализируя данные, установили, что наибольшие задержки наблюдались на второстепенных дорогах. Задержки также увеличивались с увеличением интенсивности движения транспортных средств на главных дорогах.



Рис. 1. Перекресток улиц У. Асаналиева и 60 лет Киргизии

Организационные мероприятия, направленные на безопасность движения, способствуют упорядочению движения на уже существующей (сложившейся) улично-дорожной сети.

При реализации мероприятий направленных на организацию движения особая роль принадлежит внедрению технических средств: светофорного регулирования, дорожным знакам и дорожной разметке. При этом светофорное регулирование является одним из основных средств обеспечения безопасности движения на перекрестках. Количество перекрестков, оборудованных светофорами, в крупнейших городах с высоким уровнем автомобилизации непрерывно возрастает и достигает в некоторых случаях соотношения: один светофорный объект на 1,5-2 тыс. жителей города. За последние годы в нашей стране и за рубежом интенсивно ведутся работы по созданию сложных автоматизированных систем с применением управляющих ЭВМ, диспетчерской связи и телевидения для управления движением в масштабах крупного района или целого города. Опыт эксплуатации таких систем убедительно свидетельствует об их эффективности в решении транспортной проблемы.

Периодические обследования эффективности были проведены в Алматы, Ташкенте, Новосибирске и др. Результаты обследования показали, что при оптимальном управлении задержки транспортных средств снижаются на 40%, скорость увеличивается до 20%, сокращение числа ДТП в среднем составляет 15%.

Определение элементов светофорного регулирования и схемы организации движения на перекрестке является актуальной задачей управления дорожного движения. При этом алгоритм расчета предусматривает оценку качества организации дорожного движения рассматриваемых вариантов

такими показателями как средняя задержка автомобилей и степень насыщения движения  $X_i$ . На практике при решении подобных проблем /1/, редко возникают сложности в их реализации.

Задача усложняется, если ведется поиск оптимальной схемы организации движения. При решении таких задач необходимо уделять внимание критериям управления на перекрестке. В связи с этим целью любого исследования является выбор критерия, который позволил бы оценить уровень организации движения на перекрестке и давал возможность осуществлять выбор принципа управления для оптимизации режимов светофорного регулирования.

На практике при регулировании движения получила модель расчета элементов цикла светофорного регулирования локального перекрестка, предложенная Вебстером /1/

$$T_{\Sigma} = \frac{1,5T_{\Sigma} + 5}{1 - Y} \quad (1)$$

где  $T_{\Sigma}$  – сумма промежуточных тактов первой и второй фаз, с;  $Y$  – сумма фазовых коэффициентов первой и второй фаз.

Оптимальная продолжительность элементов цикла светофорного регулирования может определяться по различным критериям, однако в литературе наиболее часто используется условия минимизации средней задержки автомобилей на перекрестке.

$$\bar{t}_{\Sigma} = \frac{\sum_{j=1}^n (t_{\Sigma j} N_{ij})}{\sum_{j=1}^n N_{ij}} \quad (2)$$

где  $N_{ij}$  – интенсивность по  $j$ -й полосе в  $i$ -й фазе регулирования, а задержка отдельного автомобиля, движущегося в  $j$ -м направлении, определяется

$$t_{\Sigma j} = 0,9 \frac{M_{nij} (T_{\Sigma} - t_{oi})^2}{2T_{\Sigma} (M_{nij} - N_{ij})} \quad (3)$$

где  $M_{nij}$  – поток насыщения  $j$ -й полосы в  $i$ -й фазе регулирования;  $t_{oi}$  – продолжительность основного такта  $i$ -й фазе.

Анализируя формулы (1)-(3), можно сделать следующие предложения по оптимизации режимов светофорного регулирования на изолированном

перекрестке:

1 – необходимо оптимизировать значения  $M_{\Sigma}$  и  $Y_i$ , что позволит частично оптимизировать и  $T_{\Sigma}$ ,  $t_{oi}$ ,  $X_{ij}$  и уменьшить;

2 – необходимо минимизировать значения промежуточного такта  $t_{ni}$ , что дает возможность уменьшить  $T_{\Sigma}$  и.

С введением светофорного регулирования можно добиться снижения аварийности и повысить безопасность движения на перекрестке.

Для расчетов работы светофорной сигнализации на примыкании дорог используются данные полученные в результате натурных исследований. Движение происходит в 2 ряда по ул. У. Асаналиева (условно вертикальная улица) и 60 лет Киргизии (горизонтальная). Перекресток расположен на горизонтальном участке дороги. В потоке преобладают легковые автомобили.

Анализ картограммы интенсивности движения указывает на необходимость введения двух фаз регулирования с пропуском: в 1-ой фазе транспортных потоков следующих по вертикальной улице, во 2-ой фазе по горизонтальной. Увеличение фаз регулирования введет к увеличению неоправданных задержек транспортных средств на перекрестке, мы же стремимся к снижению.

Расчеты работы режима светофорной сигнализации производим согласно методике представленной в книге автора Кременеца Ю.А. «Технические средства организации дорожного движения» /1/.

Согласно методике расчета вначале определяем потоки насыщения  $M_{\Sigma}$ , фазовые коэффициенты  $y$ , промежуточные такты  $t_{\Sigma}$ , после рассчитали длительность цикла  $T_{\Sigma}$  и основные такты  $t_0$ .

Определяя потоки насыщения для 1 и 2 фаз, определили, что:

для 1-ой фазы 3-4 направлений  $M_{\Sigma 1 (3-4)}=1590$  ед./ч, 5-6 направлений  $M_{\Sigma 1 (5-6)}=1382$  ед./ч;

для 2-ой фазы 1-2 направления  $M_{\Sigma 2 (1-2)}=1357$  ед./ч.

Фазовые коэффициенты определили также для каждой фазы регулирования:

для 1-ой фазы  $y_1=0,22$ ; для 2-ой фазы  $y_2=0,15$ .

В связи с постоянным замедлением при торможении автомобилей перед стоп-линией промежуточные такты определяют по следующей формуле /1/:

$$t_{\text{п}} = \frac{v_{\text{п}}}{7,2\alpha_{\tau}} + \frac{3,6(l_i + \dots)}{v_{\text{п}}} \quad (4)$$

где – средняя скорость транспортных средств при движении на подходе к перекрестку и в зоне перекрестка без торможения (с ходу), км/ч; – среднее замедление транспортного средства при включении запрещающего сигнала (для практических расчетов

$= 3 \div 4 \text{ м/с}^2$ ); – расстояние от стоп-линии до самой дальней конфликтной точки, м; – длина транспортного средства, наиболее часто встречающегося в потоке, м.

Промежуточные такты: для 1-ой фазы  $t_{\text{п1}} = 3 \text{ с}$ ; для 2-ой фазы  $t_{\text{п2}} = 3 \text{ с}$ .

В случае неравномерного прибытия транспортных средств к перекрестку длительность цикла можно определить по формуле (1), предложенной английским исследователем Ф. Вебстером.

Длительность цикла составило  $T_{\text{ц}} = 22,2 \text{ с}$ . По соображениям безопасности движения цикл регулирования недолжна, быть более 120 сек и менее 25 сек, с учетом этого, длительность цикла регулирования повышаем до минимального предела принимаем 25 сек. На основные принятой длительности регулирования, основные такты составляют: в первой фазе  $t_{\text{o1}} = 11 \text{ с}$ , во второй фазе  $t_{\text{o2}} = 8 \text{ с}$ .

Структура цикла регулирования:

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{o1}} + t_{\text{п1}} + t_{\text{o2}} + t_{\text{п2}} \quad (5)$$

где  $T_{\text{ц}}$  – длительность цикла, с;  $t_{\text{o1}}$  – длительность основного такта в первой фазе;  $t_{\text{п1}}$  – длительность промежуточного такта в первой фазе;  $t_{\text{o2}}$  – длительность основного такта во второй фазе;  $t_{\text{п2}}$  – длительность промежуточного такта во второй фазе.

$$25 = 11 + 3 + 8 + 4$$

В 1-ой фазе пешеходы переходят проезжую часть шириной 7,6 м, время, необходимое для их движения, рассчитано:

$$t_{\text{пш}} = 5 + \frac{V_{\text{пш}}}{v_{\text{пш}}} \quad (6)$$

где  $V_{\text{пш}}$  – ширина проезжей части пересекаемой пешеходами в соответствующих фазах регулирования;  $v_{\text{пш}}$  – расчетная скорость движения пешеходов (обычно принимается 1,3 м/с).

$$t_{\text{пш}} = 5 + \frac{7,6}{1,3} = 10,85 \text{ с}$$

В первой фазе  $10,85 < 11$  пешеходы успевают закончить переход проезжей части.

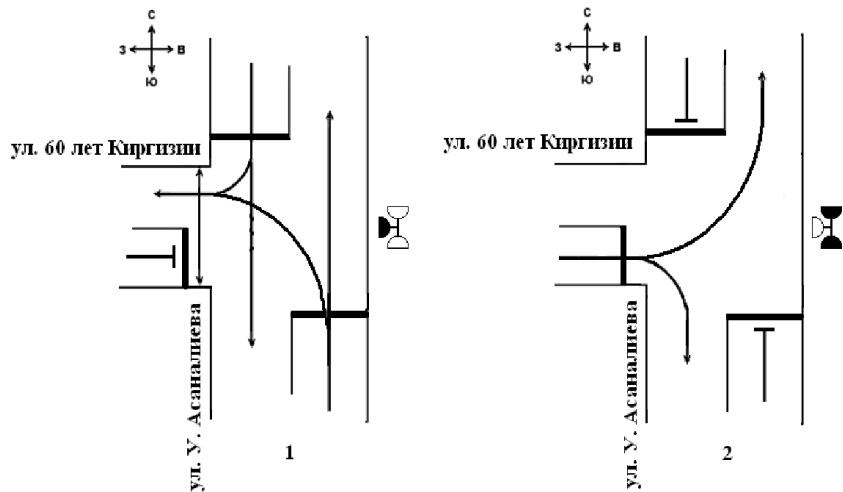


Рис. 2. Пофазный разезд транспортных средств на перекрестке У. Асаналиева и 60 лет Киргизии

После определения времени цикла регулирования можно составить схему пофазного разезда транспортных средств (рис. 2).

Задержка на перекрестке снизилась в разы. Качество применения различных схем организации движения на перекрестках оценивают средней задержкой автомобилей. Задержка связана со степенью насыщения направления движения  $x$ , она представляет отношение среднего числа прибывших в данном направлении к перекрестку в течение цикла транспортных средств к максимальному числу покинувших перекресток в том же направлении в течение разрешающего сигнала:

$$X_j = \frac{N_j T_{\text{ц}}}{M_{\text{Н}_j} t_{\text{o}_j}} \quad (7)$$

где  $j$  – номер направления;  $N_j$  – интенсивность движения в данном направлении, ед/ч;  $T_{\text{ц}}$  – длительность цикла регулирования, с;  $M_{\text{Н}_j}$  – поток насыщения в данном направлении, ед/ч;  $t_{\text{o}_j}$  – длительность основного такта в данном направлении, с.

Затор возникает в рассматриваемом направлении при  $X > 1$ . Для определения резерва пропускной способности следует стремиться к значениям  $X \leq 0,85-0,90$ .

$$X_1 = \frac{N_1 T_{\text{ц}}}{M_{\text{Н}_1} t_{\text{o}_1}} = \frac{113 \cdot 25}{1357 \cdot 8} = 0,26$$

$$X_2 = \frac{N_2 T_{\text{ц}}}{M_{\text{Н}_2} t_{\text{o}_2}} = \frac{89 \cdot 25}{1357 \cdot 8} = 0,2$$

Таким же способом определяем для других направлений:  $X_3=0,15$ ;  $X_4=0,26$ ;  $X_5=0,33$ ;  $X_6=0,17$ . Из расчетов видно, что  $X_{1-6} < 1$ , значит заторы отсутствуют, а пропускная способность перекрестка увеличится.

С введением светофорного регулирования снизились задержки на перекрестке, а также возможное число столкновений.

Для более эффективного использования ширины проезжей части на перекрестке (рис. 3), по вертикальной улице (ул. У. Асаналиева, ширина проезжей части 13,5 м) необходимо организовать движение в 4 ряда при ширине полосы движения 3,3 м с нанесением горизонтальной разметки направлений движения (выделение полос движения).

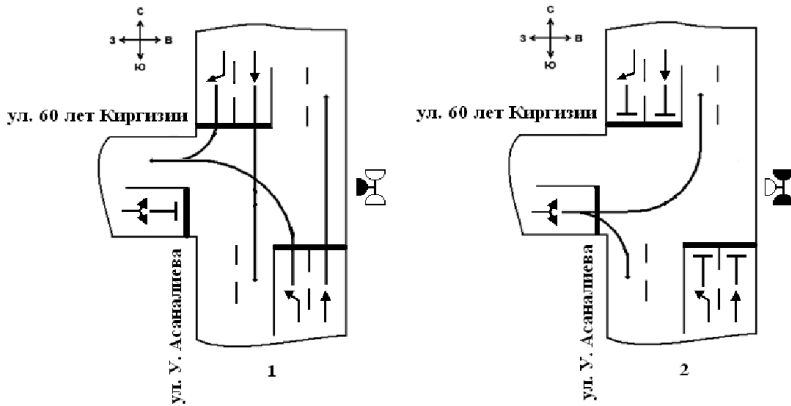


Рис. 3. Пофазный разъезд транспортных средств на перекрестке

На другом проблемном перекрестке (рис. 4) ул. Молодежная и ул. 20 лет Независимости, используя ширину проезжей части по ул. Молодежной (при ширине 12,8 м движение происходит в 2 ряда) можно организовать движение также в 4 ряда при ширине полосы движения 3,2 м, а по улице 20 лет Независимости (ширина проезжей части 6,7 м) за счет обочин уширить проезжую часть для поворачивающихся на право автомобилей. На проезжей части нанеся горизонтальную разметку с направлением движения (выделенных полос) можно организовать движение со снижением задержек автомобилей на перекрестке.

а) на снимке



б) схематически

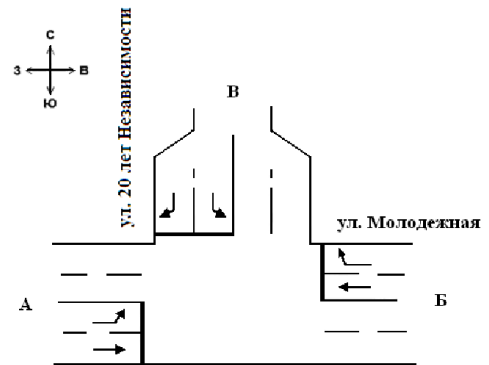


Рис. 4. Схема нанесенных направлений движения с уширением проезжей части на второстепенной дороге перекрестка улиц Молодежная и 20 лет Киргизии

Эффективность дорожного движения зависит от дорожных условий и методов организации движения.

По данным департамента муниципальной собственности мэрии города Кызыл-Кия (в чем ведении находится установка и обслуживание технических средств регулирования) стоимость установки 8 трехсекционных светофоров нового типа составляет 530000 сом, стоимость 1 дорожного контроллера 140000 сом.

На основе расчетов удалось рассчитать в цифровом эквиваленте общие затраты до введения светофорного регулирования они составляют  $Z^H=954328,61$  сом, а после введения  $Z^P=3928171,49$  сом.

Срок окупаемости капитальных вложений при условии не возникновения ДТП на перекрестке, то есть введение светофорного регулирования окупится примерно через 4,1 года.

С учетом ежегодного увеличения количества транспортных средств и интенсивности движения в городе и тем самым на перекрестке окупаемость светофорного объекта сократится в разы за счет сокращения времени задержек транспортных и пешеходных потоков на данном перекрестке.

С введением светофорного регулирования снизились задержки на перекрестке, а также возможное число столкновений.

Эффективность введения светофорного объекта на перекрестках следует рассматривать при нарушении нормальных условий движения транспортных средств и пешеходов:

- в систематическом возникновении заторов на подходах к перекрестку, т.е. задержка в движении каждого транспортного средства;
- периодическом возникновении очередей, задержек транспортных средств на второстепенной улице вследствие ограниченной возможности пере-

сечь непрерывный поток по главной улице или влиться в него;

- скопления и длительных задержках пешеходов из-за ограниченной возможности перейти улицу с интенсивным транспортным движением;

- возникновении дорожно-транспортных происшествий, связанных с несоблюдением очередности движения через перекресток;

Практика показывает, что нельзя проводить эффективные мероприятия по снижению потерь в дорожном движении без их эффективного обоснования.

---

**Литература:**

1. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения. – М.: Транспорт, 1990. – 255 с.
2. Чижонок В.Д. Обоснование параметров и эффективности светофорного регулирования на перекрестке. – Гомель: УО «БелГУТ», 1999. – 21 с.
3. Капитанов В.Т., Хилажев Е.Б. Управление транспортными потоками в городах. М.: Транспорт, 1985. 94 с.
4. Клиновштейн Г.И. Организация дорожного движения. М.: Транспорт, 1996. 230 с.

**Рецензент: д.т.н. Давлятов У.Р.**

---