

КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени первого президента России Б.Н.Ельцина

Естественно-технический факультет

Кафедра «Автомобильный транспорт»

# КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине: Технические средства организации дорожного движения

Выполнил(а) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Принял: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Бишкек**

# 1. РАСЧЕТЫ ПРИВЕДЕННОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО НАПРАВЛЕНИЯМ

Заданная интенсивность движения по направлениям в приведенных единицах [2] определяется по формуле:

$$N_{npi} = N_i \frac{P_l K_l + P_z K_z + P_{ав} K_{ав} + P_{ан} K_{ан}}{100}, \quad (1)$$

где  $N_{npi}$  - приведенная интенсивность  $i$ -го направления, ед./ч;

$N_i$  - заданная интенсивность по  $i$ -му направлению, ед./ч;

$P_l$ ,  $P_z$ ,  $P_{ав}$ ,  $P_{ан}$  - заданное процентное содержание в потоке легковых, грузовых автомобилей, автобусов и автопоездов соответственно;

$K_l$ ,  $K_z$ ,  $K_{ав}$ ,  $K_{ан}$  - коэффициенты приведения для легковых, грузовых автомобилей, автобусов и автопоездов соответственно.

Смешанный транспортный поток приводится к однородному потоку легковых автомобилей с помощью следующих коэффициентов приведения:

- легковые автомобили - 1,
- грузовые автомобили - 2,
- автобусы - 3,
- автопоезда - 4.

На основании данных расчета приведенной интенсивности движения в левом верхнем углу графического листа вычерчивается схема перекрестка, на которую наносятся картограммы интенсивности движения транспортных и пешеходных потоков.

По полученным в предыдущих расчетах значениям интенсивности движения транспортных средств и пешеходов проверяется необходимость введения светофорного регулирования (прил. 4, 5).

Если введение регулирования нецелесообразно, то на этом обосновании заканчивается выполнение проекта. При необходимости введения регулирования дальнейшая работа заключается в расчете режимов регулирования.

## 2. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ СВЕТОФОРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

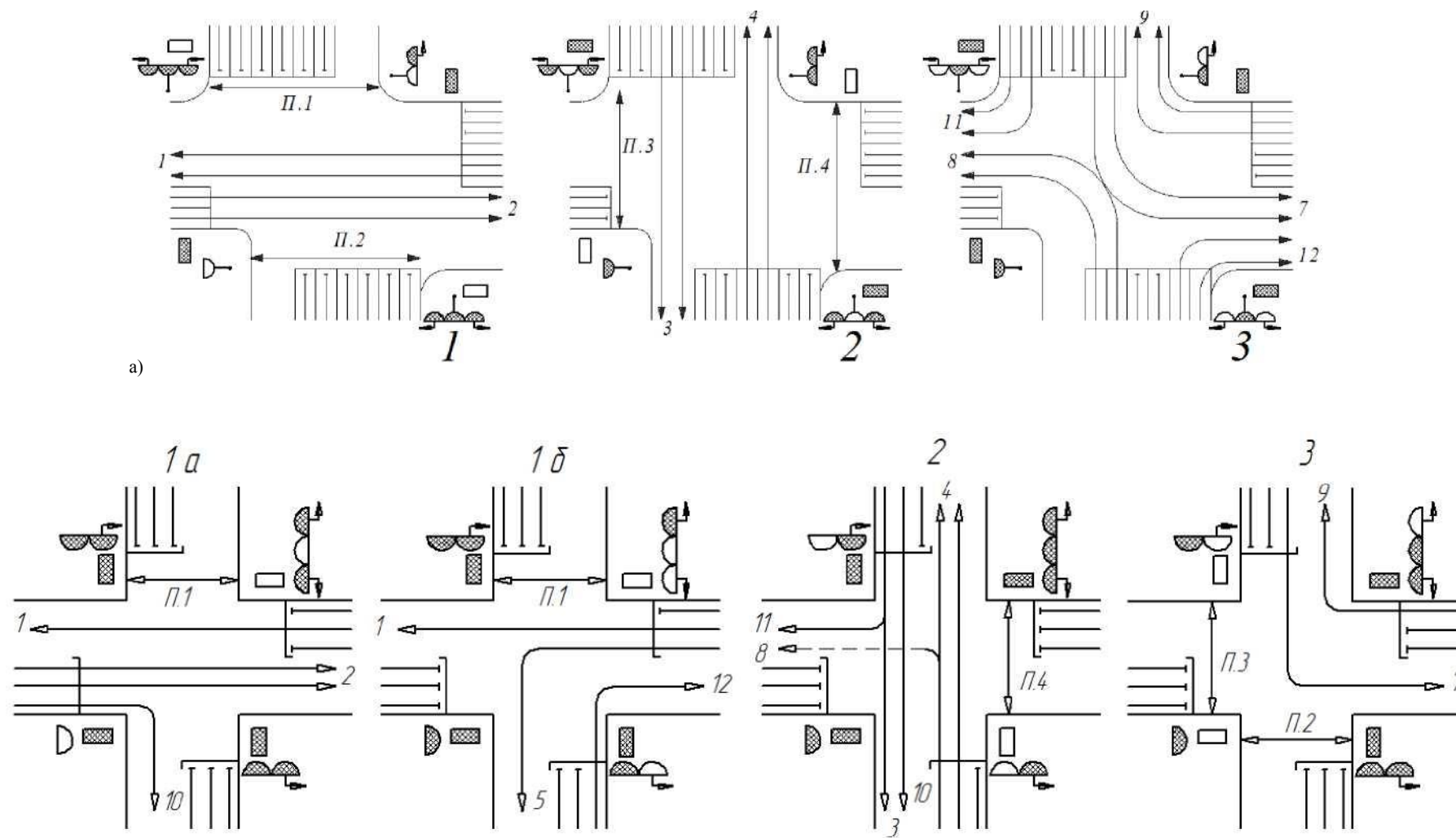
Проектирование режима светофорной сигнализации включает определение количества фаз и разработку схем пофазного разъезда, а также расчет длительности тактов и цикла регулирования [1]. Основные принципы пофазного разъезда сводятся к следующему:

1. Стремиться к минимальному числу фаз в цикле регулирования.
2. Учитывать, что допускается совмещать в одной фазе:
  - левоповоротный поток, конфликтующий с определяющим длительность фазы встречным потоком прямого направления, если левоповоротный поток не превышает 120 авт./ч;
  - пешеходный и конфликтующие с ним поворотные транспортные потоки, если пешеходный поток не превышает 900 чел./ч, а поворотные транспортные потоки не превышают 120 авт./ч.
3. Не выпускать из одной и той же полосы транспортные средства, движение которых предусмотрено в разных фазах, т.е. полосы движения закрепляют за определенными фазами.
4. Стремиться к равномерной загрузке полос. Интенсивность движения, в среднем приходящаяся на одну полосу, не должна превышать диапазон 600-700 ед./ч.
5. При широкой проезжей части (3 полосы движения и более в одном направлении) следует рассматривать возможность поэтапного перехода пешеходами улицы в течение двух следующих друг за другом фаз регулирования.

На рисунке 1 показаны два варианта организации движения на перекрестке, где интенсивность движения в направлении юг-север значительно превышает интенсивность в направлении север-юг.

Первый вариант (рис. 1, а) реализован на основе пофазного разъезда. Учитывая высокую интенсивность лево- и правоповоротных потоков с южного направления, повороты вынесены в специальную фазу. Малая интенсивность движения во встречном направлении приводит к неэффективному использованию в этом направлении проезжей части (к ненасыщенным первой и второй фазам), поэтому первый вариант следует признать нерациональным.

Второй вариант (рис. 1, б) позволяет выпустить интенсивные лево- и правоповоротные потоки раньше, после пропуска малоинтенсивного встречного потока прямого направления. В этот же момент могут начинать движение транспортные средства правоповоротного потока встречного направления. Левоповоротный поток встречного направления выпускается позже, по истечении времени, необходимого для пропуска через перекресток интенсивного потока прямого направления. Таким образом, вторая фаза как бы внедряется в первую, что приводит к уменьшению длительности зеленого сигнала в малозагруженных направлениях, к рациональной загрузке полос движения и в конечном итоге - к снижению длительности цикла регулирования.



б)

Рис. 1. Организация движения на перекрестке:

а) пофазный принцип управления движением; б) управление движением по отдельным направлениям

В рассматриваемом случае для реализации как первого, так и второго вариантов необходимо иметь в каждом направлении (север-юг и юг-север) минимум по три полосы движения. При отсутствии такой возможности, например, при наличии на каждом подходе к перекрестку лишь по одной полосе движения, может быть применен метод пропуска интенсивного левоповоротного потока с частичным конфликтом (рис. 2).

Для случая движения в прямом направлении по дороге без продольных уклонов поток насыщения рассчитывают по эмпирической формуле, которая связывает этот показатель с шириной проезжей части, используемой для движения транспортных средств в данном направлении рассматриваемой фазы регулирования:

$$M_{nij.прямо} = 525B_{пч}, \quad (2)$$

где  $M_{nij.прямо}$  - поток насыщения, ед./ч;  $i$  - номер фазы;  $j$  - номер направления;  $B_{пч}$  - ширина проезжей части в данном направлении данной фазы, м.

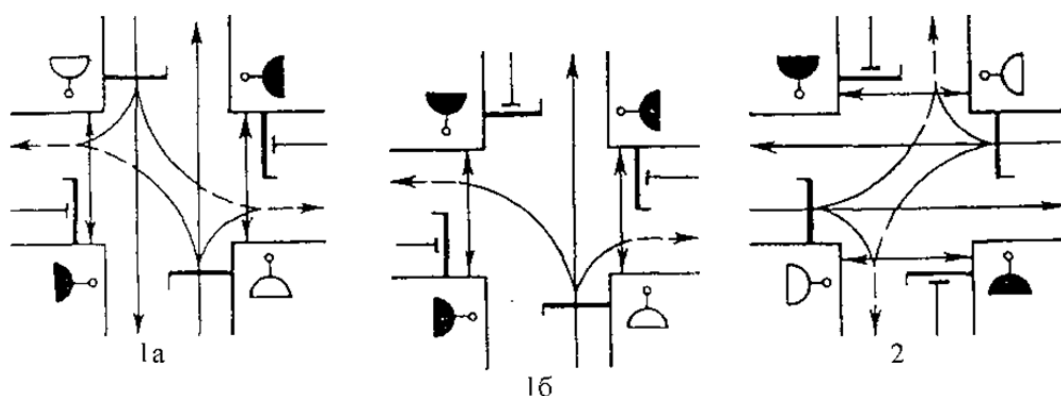


Рис. 2. Пропуск интенсивного левоповоротного потока с частичным конфликтом

Если перед перекрестком полосы обозначены дорожной разметкой, поток насыщения можно определить в соответствии с приведенными данными отдельно для каждой полосы движения.

Для случая движения транспортных средств прямо, а также налево и (или) направо по одним и тем же полосам движения, если интенсивность лево- и правоповоротных потоков составляет более 10 % от общей интенсивности движения в рассматриваемом направлении данной фазы, поток насыщения, полученный по формуле (2) или из приведенных данных, корректируют:

$$M_{nij} = M_{nij.прямо} \frac{100}{a + 1,75b + 1,25c}, \quad (3)$$

где  $a$ ,  $b$  и  $c$  - интенсивность движения транспортных средств соответственно прямо, налево и направо в процентах от общей интенсивности в рассматриваемом направлении данной фазы регулирования.

Необходимость коррекции связана с уменьшением потока насыщения, т.к. автомобили, поворачивающие налево или направо из общей полосы движения, задерживают основной поток прямого направления.

Для право- и левоповоротных потоков, движущихся по специально выделенным полосам, поток насыщения  $M_{nij.пов}$  определяется в зависимости от радиуса поворота  $R$ :

- для одностороннего движения

$$M_{ij.нов} = \frac{1800}{1 + \frac{1,525}{R}}, \quad (4)$$

- для двухрядного движения

$$M_{ij.нов} = \frac{3000}{1 + \frac{1,525}{R}}, \quad (5)$$

- для трехрядного, четырехрядного движения

$$M_{ij.нов} = \frac{4200}{1 + \frac{1,525}{R}}, \quad (6)$$

Радиус поворота может быть определен по плану перекрестка, вычерченного в масштабе. При многорядном движении в формулы (5), (6) подставляют средние значения радиусов.

Фазовые коэффициенты определяют для каждого из направлений движения на перекрестке в данной фазе регулирования:

$$y_{ij} = \frac{N_{ij}}{M_{ij}}, \quad (7)$$

где  $y_{ij}$  - фазовый коэффициент данного направления;

$N_{ij}$  и  $M_{ij}$  – соответственно приведенная интенсивность движения для рассматриваемого периода суток и поток насыщения в данном направлении данной фазы регулирования, ед./ч.

За расчетный (определяющий длительность основного такта) фазовый коэффициент  $y_i$  принимается наибольшее значение к  $y_{ij}$  в данной фазе. Меньшие значения могут быть использованы в дальнейшем для определения минимально необходимой длительности разрешающего сигнала в соответствующих этим коэффициентам направлениях движения.

При пофазном регулировании и пропуске какого-либо транспортного потока в течение 2-х фаз и более для него отдельно рассчитывают фазовый коэффициент, который независимо от значения не принимают в качестве расчетного. Однако этот фазовый коэффициент должен быть не более сумм расчетных фазовых коэффициентов тех фаз, в течение которых этот поток пропускается. Если это условие не соблюдается, то один из расчетных фазовых коэффициентов, входящих в эту сумму, должен быть искусственно увеличен.

Например, если на перекрестке организовано трехфазное регулирование (расчетные фазовые коэффициенты соответственно равны  $y_1$ ,  $y_2$  и  $y_3$ ), а один из потоков пропускается во 2-й и 3-й фазах (фазовый коэффициент  $y_{2,3}$ ), то должно соблюдаться соотношение  $y_{2,3} < y_2 + y_3$ . В противном случае  $y_2$  или  $y_3$  необходимо увеличить. Указанное требование связано с тем, что расчетные фазовые коэффициенты определяют длительность основных тактов, а следовательно, и длительность разрешающего сигнала для потока, пропускаемого в две фазы и более.

Определение длительности промежуточного такта ( $t_{ni}$ ) производят по формуле:

$$t_{ni} = \frac{v_a}{7,2a_m} + \frac{3,6(l_i + l_a)}{v_a}, \quad (8)$$

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

практических расчетов  $a_m = 3-4$  м/с);  $l_i$  - расстояние от стоп-линии до самой дальней конфликтной точки (ДКТ), м. Это расстояние определяется по плану перекрестка, вычерченного в масштабе;  $l_a$  - длина транспортного средства, наиболее часто встречающегося в потоке, м.

В период промежуточного такта заканчивают движение и пешеходы, ранее переходившие улицу на разрешающий сигнал светофора. За время  $t_{ni\ nu}$  пешеход должен или вернуться на тротуар, откуда он начал движение, или дойти до середины проезжей части (островка безопасности, центральной разделительной полосы, линии, разделяющей потоки встречных направлений). Максимальное время, которое потребуется для этого пешеходу:

$$t_{ni\ nu} = \frac{B_{nu}}{4v_{nu}}, \quad (9)$$

где  $B_{nu}$  - ширина проезжей части, пересекаемой пешеходом в  $i$ -й фазе регулирования;  $v_{nu}$  - расчетная скорость движения пешехода (обычно принимается 1,3 м/с). В качестве промежуточного такта выбирают наибольшее значение из  $t_{ni}$  и  $t_{ni\ nu}$ .

Время цикла ( $T_y$ ) рассчитывается по формуле В. Вебстера:

$$T_y = \frac{(1,5T_n + 5)}{(1 - Y)}, \quad (10)$$

где  $\sum y_i = Y$  и  $\sum t_{ni} = T_n$ .

По соображениям безопасности движения длительность цикла больше 120 с считается недопустимой. Если расчетное значение  $T_y$  превышает 120 с, необходимо добиться снижения длительности цикла путем увеличения числа полос движения на подходе к перекрестку, запрещения отдельных маневров, снижения числа фаз регулирования, организации пропуска интенсивных потоков в течение двух и более фаз. По тем же соображениям нецелесообразно принимать длительность цикла менее 25 с.

Длительность основного такта  $t_{oi}$  в  $i$ -й фазе регулирования пропорциональна расчетному фазовому коэффициенту этой фазы:

$$t_{oi} = \frac{[(T_y - T_n)y_i]}{Y}, \quad (11)$$

По соображениям безопасности движения  $t_{oi}$  обычно принимают не менее 7 с. В противном случае повышается вероятность цепных ДТП при разезде очереди на разрешающий сигнал светофора. Таким образом, если длительность основного такта, рассчитанная по формуле (11), получается менее 7 с, ее следует увеличить до минимально допустимой. Расчетную длительность основных тактов необходимо проверить на обеспечение ими пропуска в соответствующих направлениях пешеходов и трамвая.

Время, необходимое для пропуска пешеходов по какому-то определенному направлению  $t_{nu}$ , рассчитывают по формуле:

$$t_{nu} = 5 + \frac{B_{nu}}{v_{nu}}, \quad (12)$$

Если значение  $t_{nu}$  оказалось больше значения  $t_{oi}$ , рассчитанного по формуле (11) длительности соответствующих основных тактов, то окончательно принимают новую уточненную длительность этих тактов, равную наибольшим значениям  $t_{nu}$ . При этом не будет оптимального соотношения фаз в цикле регулирования, т.к. нарушается условие пропорциональности между  $t_{oi}$  и  $y_i$ . При большем значении  $t_{oi}$  в конфликтующем направлении накапливается в ожидании разрешающего сигнала большее число транспортных средств, которые получают право на движение в других фазах, где основные такты могли остаться без изменения.

Такое нарушение пропорциональности не приводит к существенному возрастанию транспортной задержки, если  $t_{oi}$  и  $t_{nu}$  незначительно отличаются друг от друга. В этом случае можно  $t_{oi}$  увеличить до  $t_{nu}$  и соответственно увеличить длительность цикла.

При существенном отличии указанных параметров требуется восстановить оптимальное соотношение длительности фаз в цикле. Для этого необходимо изменить также и длительность основных тактов, не уточнявшихся по условиям пешеходного движения, т.е. скорректировать структуру цикла.

Существуют два способа коррекции:

1. Фазовые коэффициенты, положенные в основу расчета цикла, сохраняются. Указанные основные такты увеличиваются пропорционально этим фазовым коэффициентам.

2. В формулу цикла вводятся новые фазовые коэффициенты, для тех фаз, основные такты которых уточняются по условиям пешеходного движения.

Использование первого способа при всей его простоте приводит, как правило, к неоправданно увеличенному циклу регулирования, поэтому ниже приводится второй способ корректировки структуры цикла, получивший распространение в практических расчетах.

Для определения новой скорректированной длительности цикла, воспользуемся формулой:

$$T_u^* = \frac{B}{(2A)} + \sqrt{\frac{B^2}{(4A^2)} - \frac{C}{A}}, \quad (13)$$

где  $A=1-y_n$ ;  $B=2,5T_n - T_n y_n + T_0^* + 5$ ;  $C = (T_n + T_0^*)(1,5T_n + 5)$ .

$T_u^*$  - новая, скорректированная длительность цикла регулирования, с;

$y_n$  - сумма расчетных фазовых коэффициентов, основные такты которых не уточнялись по условиям пешеходного движения;

$T_0^*$  - суммарная длительность основных тактов, уточненных по условиям пешеходного движения, с.

Зная скорректированное значение цикла регулирования  $T_u^*$ , можно определить новую длительность основных тактов  $t_{oi}^*$ , не уточнявшихся по пешеходному движению. Для этого в формулу (11) надо подставить скорректированное значение  $Y$ , полученное после преобразования формулы (10):

$$t_{oi}^* = \frac{[(T_u^* - T_n)T_u^* y_i]}{(T_u^* - 1,5T_n - 5)}, \quad (14)$$

Коррекция цикла приводит к его увеличению и, следовательно, к росту транспортной задержки. Избежать коррекции можно путем организации поэтапного пропуска пешеходов через проезжую часть. Это позволяет уменьшить длину перехода  $B_{nu}$  и таким образом снизить время  $t_{nu}$ . Однако в этом случае необходимо устройство на проезжей части островков безопасности.

При управлении движением по отдельным направлениям перекрестка длительность  $T_{\varphi}$ , как правило, уменьшается. Необходимые для ее расчета по формуле (10) значения  $Y$  и  $T_u$  могут быть получены с помощью графика фазовых коэффициентов, отражающего последовательность пропуска транспортных потоков в соответствии с разработанной с учетом этого метода схемой организации движения.

В состав  $Y$  включают только фазовые коэффициенты так называемых определяющих потоков, в период движения которых пропускаются потоки всех остальных направлений. Определяющие потоки являются конфликтующими, поэтому они отделяются друг от друга промежуточными тактами. По числу и длительности этих тактов рассчитывается длительность  $T_{\text{ц}}$ . Основные такты для каждого направления рассчитывают по формуле (11), куда подставляют полученные таким образом значения  $T_{\text{ц}}$ ,  $T_n$  и  $Y$ , а также фазовый коэффициент рассматриваемого направления.

Качество различных вариантов схем организации движения на перекрестке оценивают средней задержкой транспортных средств. С этим показателем непосредственно связана степень насыщения направления движения  $x_{ij}$ , представляющая собой отношение среднего числа прибывающих в данном направлении к перекрестку в течение цикла транспортных средств к максимальному числу покинувших перекресток в том же направлении в течение разрешающего сигнала:

$$x_{ij} = \frac{N_{npi} T_{\text{ц}}}{M_{nij} t_{oi}}, \quad (15)$$

где  $N_{npi}$  и  $M_{nij}$  - соответственно интенсивность движения и поток насыщения в данном направлении, ед./ч;

$t_{oi}$  - длительность основного такта в том же направлении, с.

Заторовое состояние в рассматриваемом направлении возникает при  $x_{ij} > 1$ . Для обеспечения некоторого резерва пропускной способности следует стремиться к значению  $x_{ij}$ , не превышающему 0,85-0,90. Немаловажным с точки зрения максимального использования пропускной способности перекрестка является отсутствие малонасыщенных направлений и их равномерная загрузка.

В практике организации движения нередко встречаются случаи, когда на всех переходах перекрестка наблюдаются интенсивные пешеходные потоки, требующие бесконфликтного пропуска. При этом отсутствуют возможности устроить подземные пешеходные переходы и запретить левые и правые повороты транспортных средств. Такая ситуация, как правило, является характерной для центральных районов городов со старой сложившейся застройкой.

Типичным приемом в указанных случаях является применение трех фаз регулирования, из которых две фазы предназначены для движения транспортных средств и одна - для бесконфликтного пропуска пешеходов (см. рис. 3). При интенсивных левоповоротных потоках число транспортных фаз может быть больше.

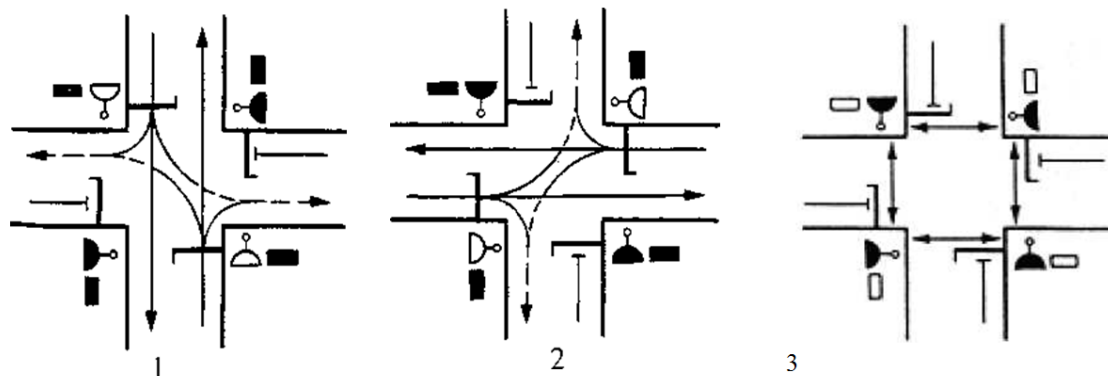


Рис. 3. Трехфазный цикл с выделенной пешеходной фазой

В связи с наличием полностью пешеходной фазы, для которой определение фазового коэффициента связано с определенными трудностями, для расчета цикла регулирования применяют формулу (13). При этом используемое в расчетах значение

$u_n$  определяется как сумма расчетных фазовых коэффициентов для фаз, предназначенных для пропуска транспортных потоков, а  $T_0^* = t_{ни}$ . Значение  $t_{ни}$  рассчитывают по формуле (12) для всех направлений движения пешеходов. В качестве расчетного принимают наибольшее из полученных значений. Это будет основной такт пешеходной фазы.

Длительности промежуточных тактов для транспортных фаз определяют по формуле (8), а для пешеходной фазы - по формуле (9). Основные такты, предназначенные для пропусков транспортных потоков, определяют по формуле (14).

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Состав транспортного потока и скорость движения транспортных средств

№ варианта	Состав транспортного потока, %			Скорость движения транспортных средств, км/ч
	Легковые	Грузовые	Автобусы	
0	60	20	10	60
1	60	15	10	50
2	75	20	5	55
3	75	10	10	45
4	50	40	5	60
5	50	30	10	60
6	80	20	0	55
7	80	10	5	45
8	40	40	10	60
9	40	50	10	55

Процент автопоездов в транспортном потоке определяется:  $100\% - \% \text{ легковых} + \% \text{ грузовых} + \% \text{ автобусов}$ .

### Интенсивность транспортных и пешеходных потоков

### ПРИЛОЖЕНИЕ 2

№ варианта	Интенсивность транспортных потоков, авт./ч												Интенсивность пешеходных потоков, пеш./ч			
	M	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	N <sub>5</sub>	N <sub>6</sub>	N <sub>7</sub>	N <sub>8</sub>	N <sub>9</sub>	N <sub>10</sub>	N <sub>11</sub>	N <sub>12</sub>	N <sub>п1</sub>	N <sub>п2</sub>	N <sub>п3</sub>
1	580	600	480	460	-	-	270	300	280	-	240	280	650	1000	750	900
2	900	650	-	-	300	-	-	900	-	870	-	250	-	950	-	850
3	500	560	705	620	300	320	-	-	780	-	320	315	1100	-	800	800
4	580	550	-	645	250	270	-	350	665	380	-	300	-	870	-	780
5	710	-	600	610	340	-	240	230	340	-	500	320	880	-	-	820
6	420	400	350	340	50	45	40	45	220	210	180	240	-	940	-	1000
7	500	510	580	600	45	-	300	320	270	600	300	280	700	-	750	-
8	-	-	950	780	420	-	300	-	350	-	-	300	1200	-	-	1000
9	510	580	700	740	270	280	-	-	300	290	300	320	900	1000	1000	1100
10	600	650	746	680	30	-	120	170	-	220	200	270	940	940	-	880
11	550	500	470	360	270	300	-	-	290	250	-	300	600	500	700	800
12	-	-	800	700	-	250	-	-	850	-	900	150	-	850	-	750
13	450	600	650	580	-	-	250	320	-	800	350	285	-	1000	900	900
14	600	-	580	650	380	-	200	400	500	-	180	200	880	-	900	-
15	-	750	580	600	-	300	250	200	-	480	310	220	-	900	800	-
16	300	350	280	320	45	50	55	50	250	180	220	200	-	700	1000	-
17	380	440	500	550	-	50	250	310	300	500	280	150	-	650	-	800
18	900	800	-	-	-	320	-	280	-	-	400	220	-	1000	1100	-
19	480	550	650	700	-	-	250	260	250	300	280	300	500	700	650	400
20	580	600	700	650	-	50	150	100	150	-	220	250	900	-	700	600
21	250	200	280	300	-	35	40	-	180	150	180	250	550	300	250	400
22	380	500	600	550	-	50	200	220	270	550	250	200	-	600	-	500
23	-	-	850	650	-	-	300	850	-	-	880	300	900	-	800	-
24	600	550	450	400	300	250	-	-	250	-	250	220	550	750	800	600
25	-	500	650	450	-	250	270	300	-	300	250	300	700	-	800	-
26	350	500	450	250	-	-	250	150	180	220	270	180	400	550	-	-
27	220	280	500	350	120	280	-	-	340	150	180	200	-	550	600	-

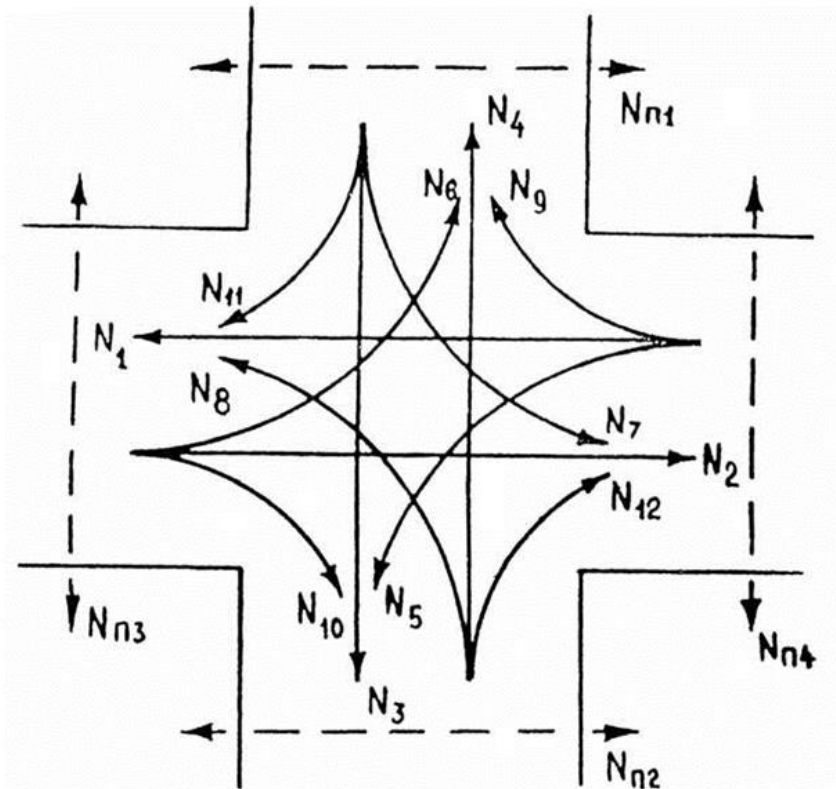


Схема пересечения с обозначением транспортных ( $N_1 - N_{12}$ ) и пешеходных ( $N_{п1} - N_{п4}$ ) потоков

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

**Условия введения светофорной сигнализации на перекрестках и пешеходных переходах (по ГОСТу Р 52289-2004)**

Условие 1 задано в виде сочетания критических интенсивностей движения на главной и второстепенной дорогах (прил. 5). Ввод светофорного регулирования считается оправданным, если наблюдаемая на перекрестке интенсивность конфликтующих транспортных потоков в течение каждого из любых восьми часов обычного рабочего дня не менее заданных сочетаний.

Условие 2 задано в виде сочетания критических интенсивностей конфликтующих транспортного и пешеходного потоков. Ввод светофорного регулирования считается оправданным, если в течение каждого из любых восьми часов обычного рабочего дня по дороге в двух направлениях движется не менее 600 ед./ч (для дорог с разделительной полосой 1000 ед./ч) транспортных средств и в то же время эту дорогу переходят в одном, наиболее загруженном, направлении не менее 150 чел./ч.

Для населенных пунктов с населением менее 10 тыс. чел. снижаются на 30 % значения критических интенсивностей движения, оговоренные условиями 1 и 2.

Условие 3 устанавливает, что светофорное регулирование вводится, когда условия 1 и 2 целиком не выполняются, но оба выполняются не менее чем на 80 %.

Условие 4 задано определенным количеством ДТП. Ввод светофорного регулирования считается оправданным, если за последние 12 месяцев на перекрестке произошло не менее трех ДТП (которые могли бы быть предотвращены при наличии светофора), и хотя бы одно из условий, 1 или 2, выполняется не менее чем на 80 %.

Сочетание критических интенсивностей движения на главной и второстепенной дорогах

Число полос движения в одно направление		Интенсивность на главной дороге в двух направлениях, ед./ч	Интенсивность на второстепенной дороге в одном наиболее загруженном направлении, ед./ч
Главная (более загруженная) дорога	Второстепенная (менее загруженная) дорога		
1	1	750	75
		670	100
		580	125
		500	150
		410	175
		380	190
2 или более	1	900	75
		800	100
		700	125
		600	150
		500	175
		400	200
2 или более	2 или более	900	100
		825	125
		750	150
		675	175
		600	200
		525	225
		480	240

**Пример расчета режима светофорной сигнализации**

Расчет режима работы светофорной сигнализации приведен для пересечения двух улиц, условно названных Горизонтальной и Вертикальной (рис. I). Ширина проезжих частей позволяет организовать движение на Горизонтальной улице в 4 ряда и на Вертикальной в 6 рядов при ширине полосы движения 3,75 м. Перекресток расположен на горизонтальном участке дороги. В потоке преобладают легковые автомобили.

Анализ картограммы интенсивности движения (рис. II) указывает на необходимость бесконфликтного пропуска пешеходных потоков 5 и 13, учитывая их высокую интенсивность, а также интенсивность право- и левоповоротных потоков 14 и 16. Право- и левоповоротные потоки 1, 3, 9 и 11 малоинтенсивные. С учетом этого и принимая во внимание интенсивность транспортных 2, 10 и пешеходных 4, 12 потоков, указанные правые и левые повороты могут быть организованы методом «просачивания» (в соответствии с правилами пофазного разъезда конфликтные точки считаются допустимыми).

Таким образом, движение на перекрестке может быть организовано в три фазы с пропуском: в 1-й фазе по Вертикальной улице транспортных потоков прямого направления и пешеходов; во 2-й фазе поворотных потоков, выходящих с Вертикальной улицы; в 3-й фазе транспортных и пешеходных потоков, следующих по Горизонтальной улице. Так как на Вертикальной улице поворотные потоки и потоки прямого направления организованы в разных фазах, полосы на подходах к

перекрестку необходимо специализировать: левая полоса предназначена для движения только налево, средняя - прямо, правая - только направо.

После определения числа фаз и порядка разъезда транспортных средств рассчитывают потоки насыщения и фазовые коэффициенты для каждого направления в каждой фазе регулирования. Номера фаз и направлений движения обозначены соответствующими индексами (рис. I, II). В расчетах для отличия индексов фаз от индексов направлений последние заключены в скобки.

Для движения в прямом направлении и при ширине полосы 3,75 м поток насыщения может быть принят равным 1970 ед./ч. Потоки насыщения для лево- и правоповоротных направлений рассчитаны по формуле (4). При этом радиус поворота  $R$  определяют по плану перекрестка, вычерченного в масштабе. Для правого поворота  $R = 7$  м, для левого  $R = 15$  м. В 3-й фазе потоки в прямом направлении и поворачивающие пропускают вместе. Так как интенсивность последних составляет более 10 % от общей интенсивности движения на соответствующем подходе к перекрестку, то применена коррекция потоков насыщения по формуле (3).



Рис. I. Параметры перекрестка

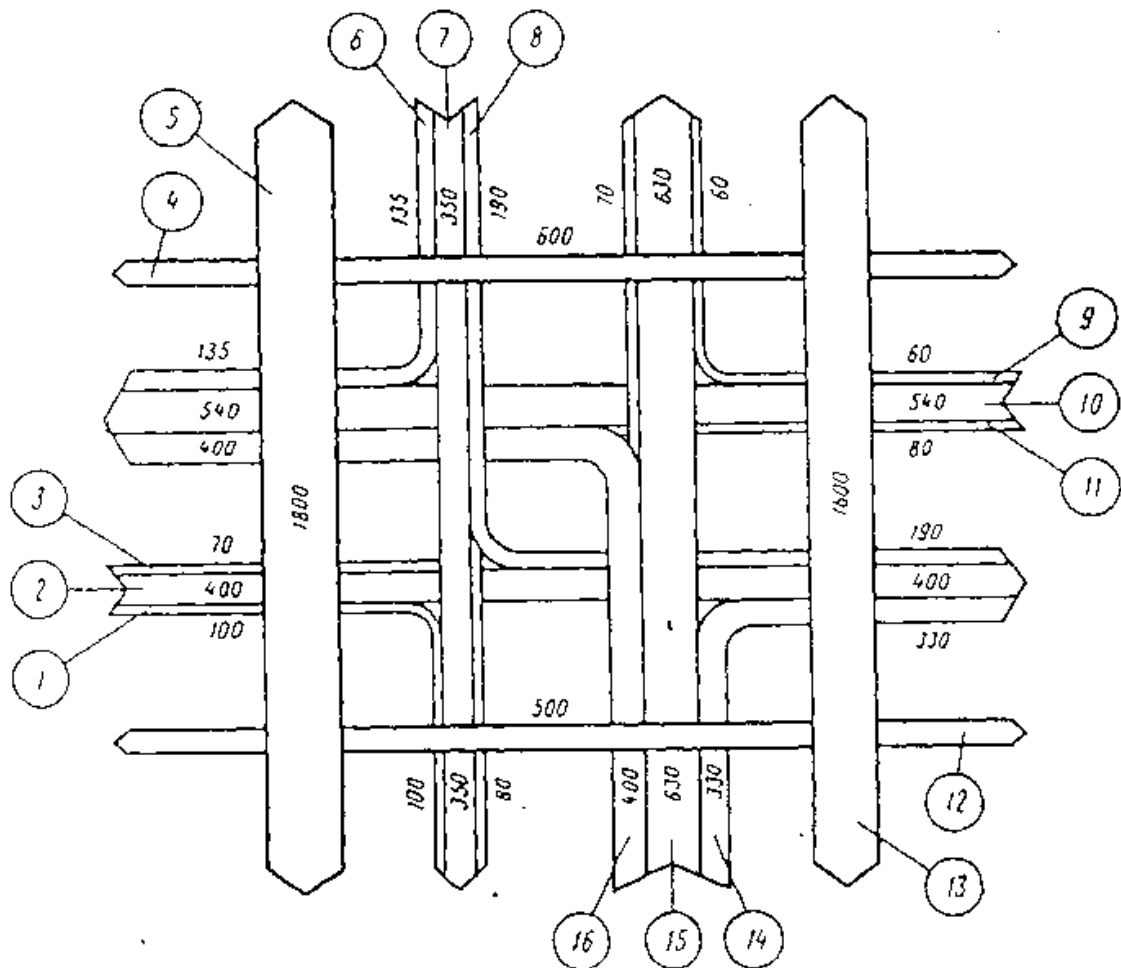


Рис. II. Картограмма интенсивности транспортных (ед./ч) и пешеходных (чел./ч) потоков (в кружках даны порядковые номера потоков)

В расчетах потоки насыщения, длительность циклов и тактов регулирования округлены до целых значений, фазовые коэффициенты и степени насыщения направлений - до второго знака после запятой.

Таким образом:

$$M_{n1(7)} = M_{n1(15)} = 1970 \text{ (ед./ч)};$$

$$y_{1(7)} = \frac{350}{1970} = 0,18; \quad y_{1(15)} = \frac{630}{1970} = 0,32;$$

$$M_{n2(8)} = M_{n2(16)} = \frac{1800}{1 + \frac{1,525}{15}} = 1636 \text{ (ед./ч)};$$

$$y_{2(8)} = \frac{190}{1636} = 0,12; \quad y_{2(16)} = \frac{400}{1636} = 0,24;$$

$$M_{n2(6)} = M_{n2(14)} = \frac{1800}{1 + \frac{1,525}{7}} = 1488 \text{ (ед./ч)};$$

$$y_{2(6)} = \frac{135}{1488} = 0,09; \quad y_{2(14)} = \frac{330}{1488} = 0,22;$$

$$M_{n3(1-3)} = 2 \cdot 1970 \cdot \frac{100}{70 + 12 \cdot 1,75 + 18 \cdot 1,25} = 3471 \text{ (ед./ч}^*);$$

$$M_{n3(9-11)} = 2 \cdot 1970 \cdot \frac{100}{79 + 12 \cdot 1,75 + 9 \cdot 1,25} = 3542 \text{ (ед./ч}^{**});$$

$$y_{3(1-3)} = \frac{570}{3471} = 0,16; \quad y_{3(9-11)} = \frac{680}{3542} = 0,19;$$

В качестве расчетных для каждой фазы выбраны наиболее высокие фазовые коэффициенты, т.е.  $y_1 = 0,32$ ;  $y_2 = 0,24$ ;  $y_3 = 0,19$ . Их сумма  $Y = 0,32 + 0,24 + 0,19 = 0,75$ .

Промежуточные такты рассчитаны по формуле (5) при скорости движения в прямом направлении 50 км/ч и в поворотном 25 км/ч. С учетом преимущественно легкого движения принято, что длина  $l_a = 5$  м и среднее замедление  $a_m = 4 \text{ м/с}^2$ .

При определении длины  $l_i$  - учитывалось, что стоп-линия расположена на расстоянии 10 м от пересекаемой проезжей части (пешеходный переход в 5 м от проезжей части у начала закругления тротуара, его ширина в соответствии с нормативными требованиями принята равной 4 м, и расстояние от него до стоп-линий 1 м). По плану перекрестка определено местоположение дальних конфликтных точек пересечения с транспортными средствами, начинающими движение в следующих фазах (рис. III). Приблизительно они удалены от стоп-линий для 1, 2 и 3-й фаз соответственно на 17, 16 и 27 м.

Таким образом (с):

$$t_{n1} = 50/(7,2 \cdot 4) + 3,6(17 + 5)/50 = 4;$$

$$t_{n2} = 25/(7,2 \cdot 4) + 3,6(16 + 5)/25 = 4;$$

$$t_{n3} = 50/(7,2 \cdot 4) + 3,6(27 + 5)/50 = 4;$$

$$T_n = 12.$$

Длительности цикла и основных тактов регулирования рассчитаны по формулам (10) и (11) (с):

$$T_{\text{ц}} = (1,5 \cdot 12 + 5)/(1 - 0,75) = 92;$$

$$t_{o1} = (92 - 12)0,32/0,75 = 34;$$

$$t_{o2} = (92 - 12)0,24/0,75 = 26;$$

$$t_{o3} = (92 - 12)0,19/0,75 = 20.$$

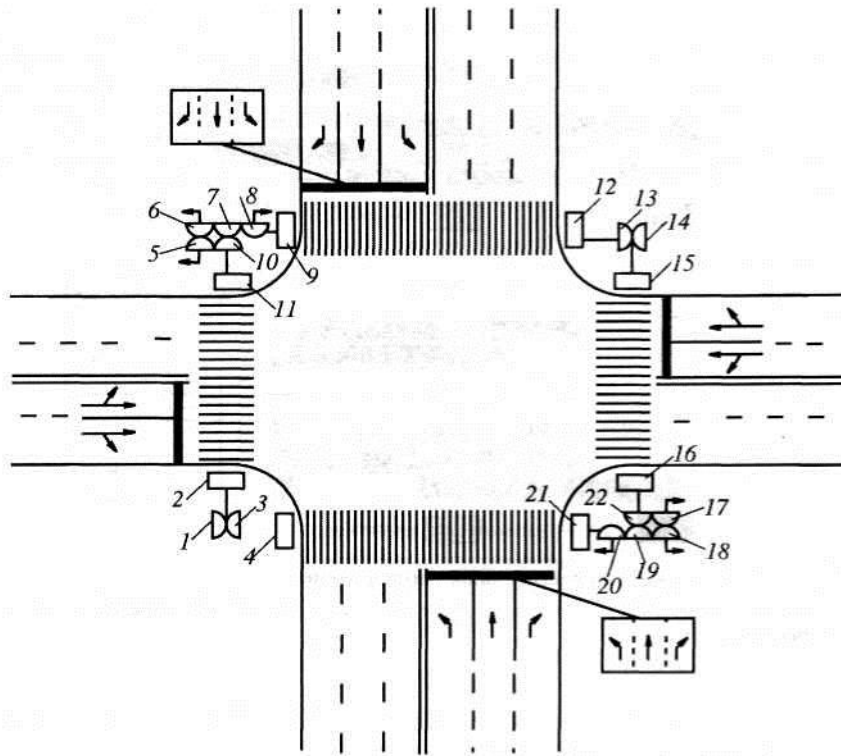


Рис. III. План перекрестка с размещением технических средств:  
1-22 - номера светофоров

Структура цикла регулирования:  $92 = 34 + 4 + 26 + 4 + 20 + 4$ . В 1-й фазе пешеходы переходят проезжую часть шириной 15 м, в 3-й - 23 м. Время, необходимое для их движения, рассчитано по формуле (12) (с):

$$t_{ни3} = 15/1,3 + 5 = 17; \quad t_{ни3} = 23/1,3 + 5 = 23.$$

В 3-й фазе пешеходы не успевают закончить переход проезжей части, так как  $t_{ни3} > t_{о3}$ . Таким образом, необходимо скорректировать цикл, приняв  $t_{о3} = t_{ни3}$ .

После корректировки структура цикла:  $95 = 34 + 4 + 26 + 4 + 23 + 4$ . Принятый пофазный разъезд (рис. III) и скорректированная структура цикла положены в основу размещения на перекрестке технических средств и графика режима работы светофорной сигнализации (табл.).

Режим работы светофорной сигнализации  
(пофазный разъезд транспортных средств)

Номера светофоров	График включения сигналов	Длительность, с			
		$t_3$	$t_ж$	$t_к$	$t_{кж}$
7, 10, 19, 22		34	3	56	2
5, 6, 8, 17, 18, 20		26	—	—	—
1, 3, 13, 14		23	3	67	2
2, 11, 15, 16		34	—	61	—
4, 9, 12, 21		23	—	72	—

В соответствии с общепринятыми обозначениями на плане перекрестка транспортные светофоры типа *I* показаны в виде полукруга, дополнительные секции снабжены стрелками, указывающими направление их действия, пешеходные светофоры показаны в виде прямоугольника. Всем им присвоены номера, которые отражены в графике режима работы светофорной сигнализации. В средней части графика показано чередование сигналов светофоров, приведенных слева, в правой его части - длительности этих сигналов.