«СОГЛАСОВАНО»

Заместитель Министра
транспорта Российской
Федерации

_____ Н.А. Асаул
«02» 07 2017 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения

**Организация дорожного движения
на регулируемых пересечениях**

«ОДОБРЕНО»

Научно-технический совет
открытого акционерного
общества «Научно-
исследовательский институт
автомобильного транспорта»

Протокол № 2 от 25.04.2017

«ОДОБРЕНО»

Секция «Государственная политика
в области автомобильного и
городского пассажирского
транспорта» Научно-технического
совета Министерства транспорта
Российской Федерации

Протокол № 54 от 09.12.2016

Москва 2017

gost.e-ecolog.ru

Организация дорожного движения на регулируемых пересечениях. Методическое руководство

1. Настоящее Методическое руководство по организации дорожного движения на регулируемых пересечениях (далее – Методическое руководство) предназначено для использования органами государственной власти субъектов Российской Федерации, осуществляющими полномочия и функции в сфере организации дорожного движения на территории субъекта Российской Федерации.

2. В настоящем Методическом руководстве используются термины и определения в значениях, установленных законодательством Российской Федерации, документами технического регулирования и рекомендательными документами Министерства транспорта Российской Федерации. Термины и определения приведены в Приложении 1 к настоящему Методическому руководству.

3. Целью применения Методического руководства является снижение числа конфликтных ситуаций в дорожном движении, предотвращение ДТП и снижение тяжести их последствий за счет организации дорожного движения на регулируемых пересечениях.

4. Организация дорожного движения на регулируемых пересечениях реализуется инженерными средствами, дополняемыми различными методами управления направлением движения транспортных средств (далее – ТС). При создании регулируемых пересечений реализуются схемы, приведенные в настоящем Методическом руководстве. Транспортное обеспечение указанных участков следует реализовать с помощью знаков приоритета движения и светофорного регулирования.

5. Организация дорожного движения на регулируемых пересечениях должна обеспечивать приоритет движения пешеходов и велосипедистов и стимулировать снижение скорости движения транспортных средств. Участки на регулируемых пересечениях усиливают дифференциацию элементов УДС по выполняемым функциям, режимам и скорости движения.

6. Рекомендуемые методы организации дорожного движения на регулируемых пересечениях приводятся в приложениях 2-11 к настоящему Методическому руководству.

7. При внесении изменений в действующие нормативные правовые документы и документы технического регулирования по вопросам организации дорожного движения на регулируемых пересечениях следует руководствоваться актуальными версиями этих документов.

Приложение 1

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

1. Основные понятия

Светофорный объект – группа светофоров, установленных на участке улично-дорожной сети, очередность движения по которому конфликтующих транспортных потоков или транспортных и пешеходных потоков регулируется светофорной сигнализацией.

Проектирование светофорных объектов включает определение количества и последовательности фаз регулирования, составление базисных схем движения транспортных средств и пешеходов в каждой из фаз (рисунок 1.1), расчет длительности тактов и фаз, образующих цикл регулирования.

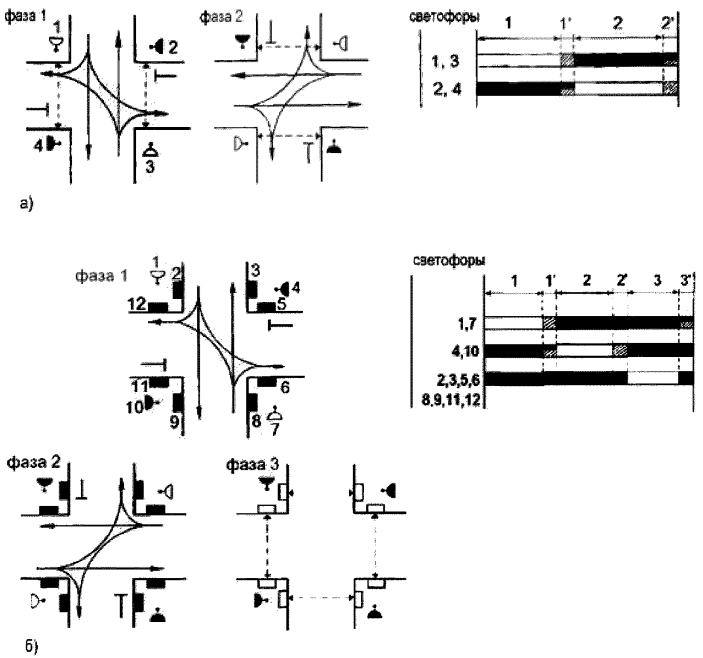


Рисунок 1.1 - Примеры режимов регулирования: а – простейший двухфазный; б – трехфазный с пешеходной фазой

Сигнальной группой называют комбинацию одновременно включаемых и выключаемых сигналов светофоров.

Тактом называется период, в течение которого действует определенная комбинация светофорных сигналов на светофорном объекте. Такты разделяют на основные и промежуточные (рисунки 1.2 и 1.3).

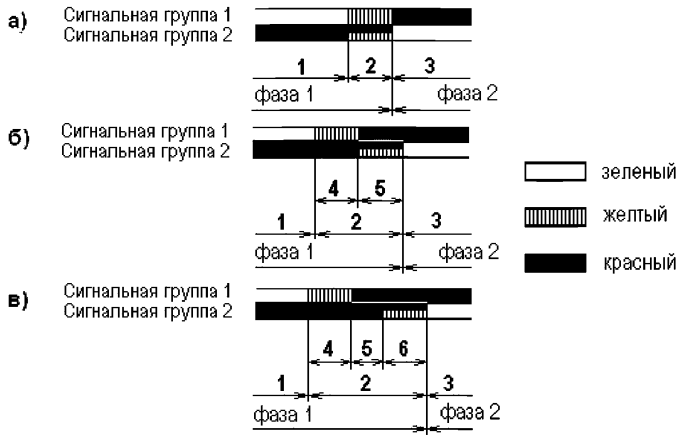


Рисунок 1.2. - Переходные интервалы: *а* – с одним промежуточным тактом; *б* – с двумя промежуточными тактами; *в* – с тремя промежуточными тактами; 1 – основной такт первой фазы; 2 – переходный интервал между фазами; 3 – основной такт второй фазы; 4,5,6 – промежуточный такты в составе переходного интервала

Основной такт разрешает движение определенной группы транспортных средств и пешеходов. Его длительность рассчитывается в зависимости от интенсивности движения транспортных средств в соответствующих направлениях. Если в период основного такта осуществляется движение пешеходов, то его длительность должна быть достаточной для безопасного пересечения проезжей части пешеходами.

Промежуточный такт служит для подготовки передачи права движения другой группе участников движения (применяется после основного такта на направлениях, где осуществлялось движение).

Его длительность рассчитывается в соответствии со временем, необходимым для освобождения светофорного объекта от потоков, двигавшихся в предыдущем основном такте.

Под **переходным интервалом** понимается интервал времени, в течение которого происходит смена разрешающего сигнала для двух смежных фаз регулирования, т.е. интервал с момента выключения зеленого сигнала одной фазы до момента включения зеленого сигнала следующей фазы регулирования. Переходный интервал предназначен для освобождения перекрестка от транспортных средств и может состоять из нескольких промежуточных тактов (рисунок 1.2).

Согласно действующим в настоящее время техническим нормам длительность желтого сигнала в составе переходного интервала принимается 3 с, при этом перед включением желтого сигнала рекомендуется устраивать мигание зеленого сигнала в течение 3 с (светофоры Т.1, Т.3 Т.2, Т.8 и Т.9). Для пешеходных светофоров П.1 и П.2 устройство мигания зеленого сигнала обязательно. Длительность сочетания сигналов «красный с желтым» перед включением зеленого сигнала рекомендуется устраивать не более 2 с.

Фаза состоит из основного и промежуточных тактов (рисунок 1.3).

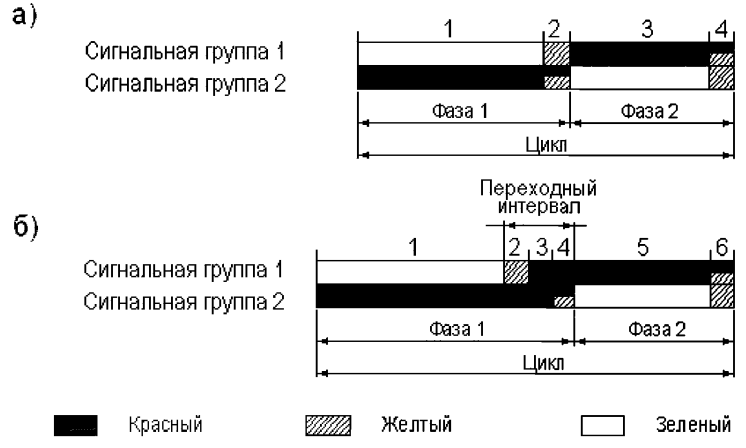


Рисунок 1.3 - Примеры структуры цикла регулирования: *а* – с одним промежуточным тактом в каждой фазе; *б* – с тремя промежуточными тактами в составе переходного интервала в первой фазе; 1 – 6– номера тактов

Расщепленной называется фаза, в которой сдвинуты моменты включения или выключения зеленых сигналов транспортных светофоров (рисунок 1.4).

При применении режима регулирования с расщепленными фазами вспомогательный такт внутри этих фаз выполняет только информативную функцию. Длительность этого информативного вспомогательного такта не является расчетной величиной и принимается равной 3 с.

Циклом регулирования называют периодически повторяющуюся последовательность всех фаз, а **режимом регулирования** – количество, порядок чередования и продолжительность отдельных фаз и тактов, длительность всего цикла (рисунки 1.1, 1.3, 1.4).

Если один или несколько светофоров на светофорном объекте работают в режиме постоянно включенного сигнала, то такой режим носит название **режима с совмещенными фазами**. В таких случаях моменты смены фаз определяются без учета постоянно включенных сигналов светофоров.

Кроме перечисленных выше основных терминов при проектировании ОДД на регулируемых перекрёстках используются также указанные ниже термины:

Пешеходный переход - обозначенные дорожными знаками и/или разметкой инженерное сооружение или участок проезжей части для движения пешеходов через автомобильную дорогу.

Полоса движения – любая из продольных полос проезжей части, обозначенная или не обозначенная разметкой и имеющая ширину, достаточную для движения автомобилей в один ряд.

На подходах к перекрестку различают полосы движения:

- **выделенные (эксклюзивные)** по которым выполняется движение только в одном направлении (или только прямо, или только левоповоротное или правоповоротное движение);
- **с распределением потоков** (по полосе осуществляется движение в нескольких направлениях).

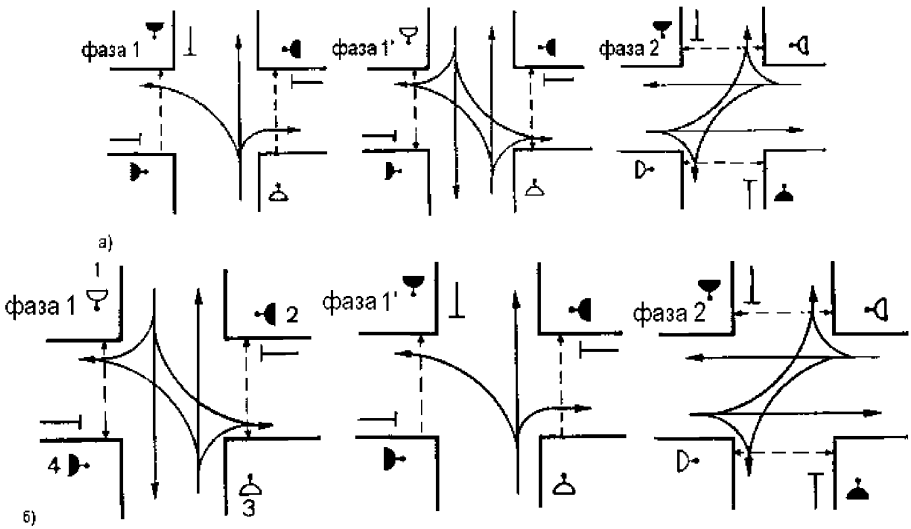


Рисунок 1.4. - Примеры режимов регулирования с расщеплением фазы: а – задержка старта; б – ранняя отсечка

Преимущество (приоритет) – право на первоочередное движение в намеченном направлении по отношению к другим участникам движения.

Регулирование движения на перекрестке может быть:

- жесткое (постоянное по времени независимо от его интенсивности движения);
- жесткое с применением библиотеки режимов регулирования (тот или ной режим в составе библиотеки используется в определенные часы суток);
- адаптивное (режимы зависят от интенсивности движения, используются транспортные детекторы).

Общая последовательность проектирования регулируемого перекрестка независимо от типа регулирования представлена на рисунке1.5.

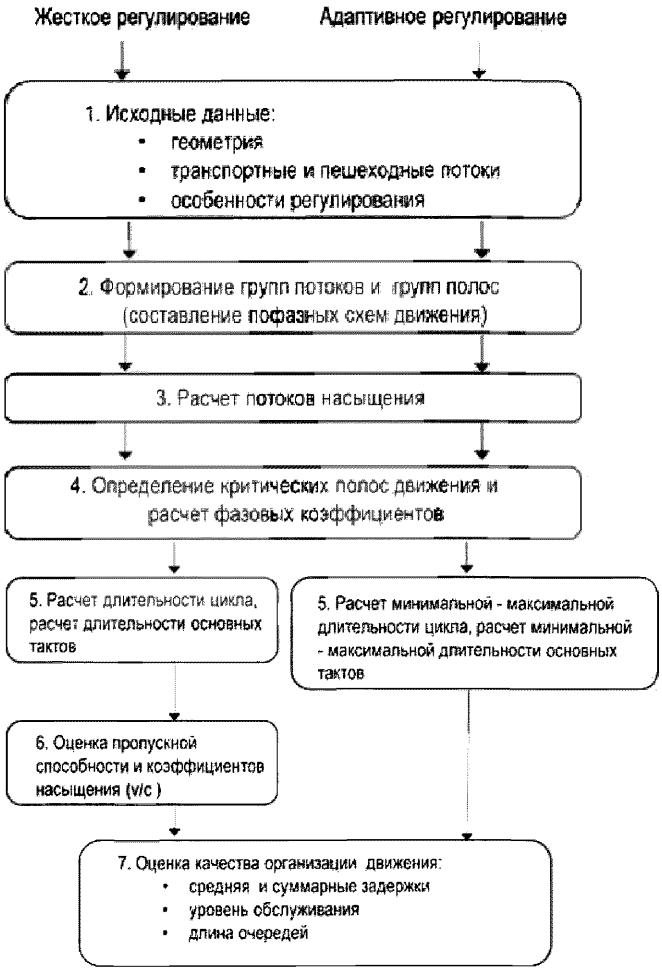


Рисунок 1.5 - Общая последовательность проектирования регулируемого перекрестка.

Функциональная территория перекрестка – зона, в пределах которой ограничивается доступ к проезжей части (т.е. въезд на проезжую часть и выезд с нее),а также запрещается паркование на проезжей части (рисунок 1.6).

Соблюдение функциональной территории перекрестка обеспечивает сохранение его пропускной способности.

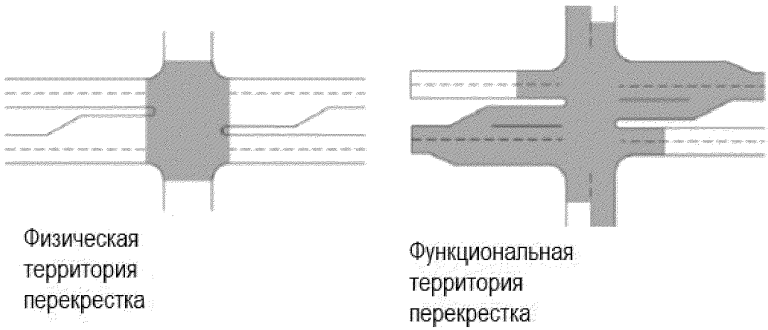


Рисунок 1.6 - Физическая и функциональная территории перекрестка Функциональная территория перекрестка включает зону накопления очередей и зону разгрузки. Зона накопления принимается равной длине очереди 95% обеспеченности.

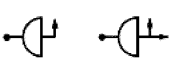
2. Условные обозначения, применяемые при проектировании светофорных объектов

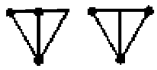
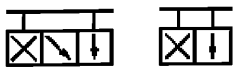
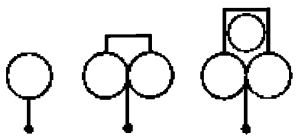
2.1. Условные обозначения, применяемые при разработке базисных схем и чертежей регулируемых объектов, приведены в таблице 1.1.

2.2. План перекрестка с указанием дорожной разметки дислокации дорожных знаков и размещения светофоров выполняется на топографической подоснове масштаба 1:500.

Таблица 1.1

Условные обозначения

Условное обозначение объекта	Описание объекта
	Транспортный трехсекционный светофор Т.1 с креплением на светофорной колонке или мачте освещения
	Пешеходный светофор П.1 или П.2
	Транспортный трехсекционный светофор с дополнительной секцией Т.1.л с креплением к стене здания
	Транспортный трехсекционный светофор Т.2 со стрелкой направо, прямо и направо*
	Транспортный светофор Т.5

Условное обозначение объекта	Описание объекта
	Транспортный светофор Т.5 с включенными сигналами, разрешающими движение прямо и налево, направо и налево**
	Транспортные светофоры Т.4.ж, Т.4
	Транспортные светофоры Т.6, Т.6.д, Т.6.д с Т.10
	Транспортные светофоры Т.7
	Схематическое изображение режима работы светофорной сигнализации (зеленый - зеленый мигающий - желтый - красный - красный с желтым - зеленый...)
	Сигнал трамвайного светофора Т5, разрешающий движение в соответствующем направлении

2.3. Графическое представление пофазных схем регулирования, нумерации светофоров, входящих в состав разных сигнальных групп и циклограмма приведены на рисунках 1.7 - 1.8.

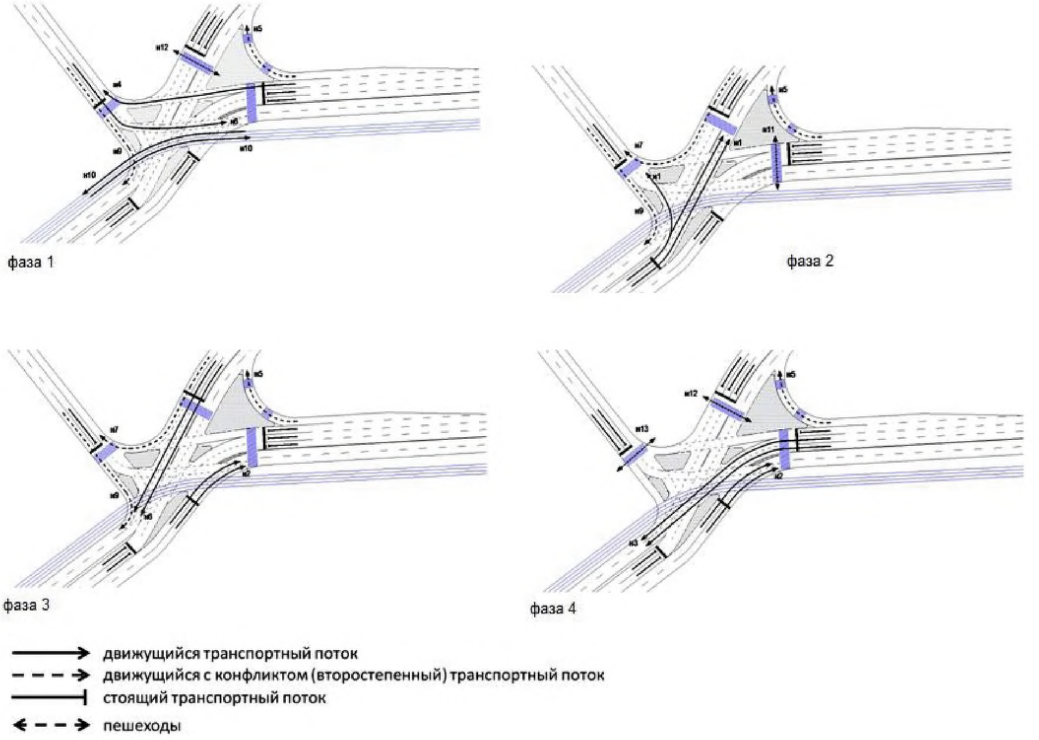


Рисунок 1.7 - Условные обозначения пофазных схем движения на регулируемом перекрестке

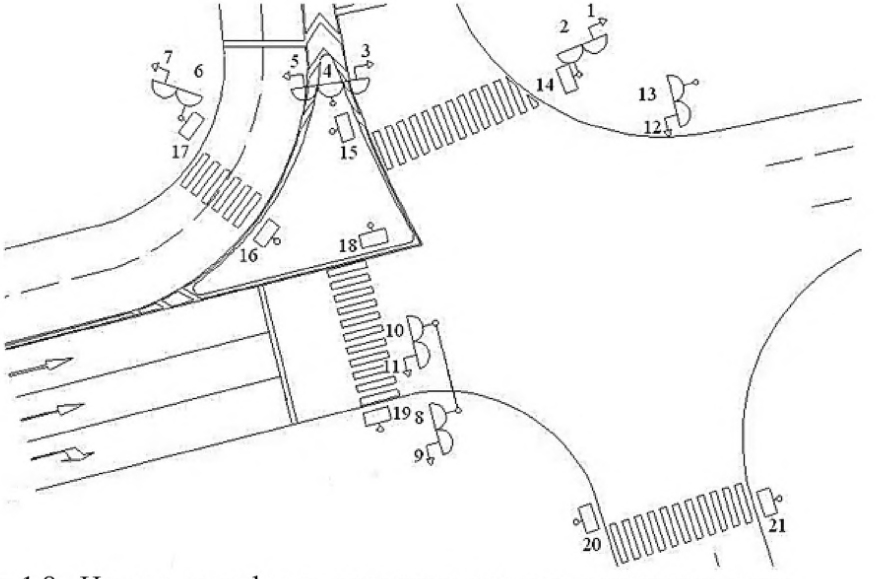


Рисунок 1.8 - Номера светофоров, входящих в состав сигнальных групп

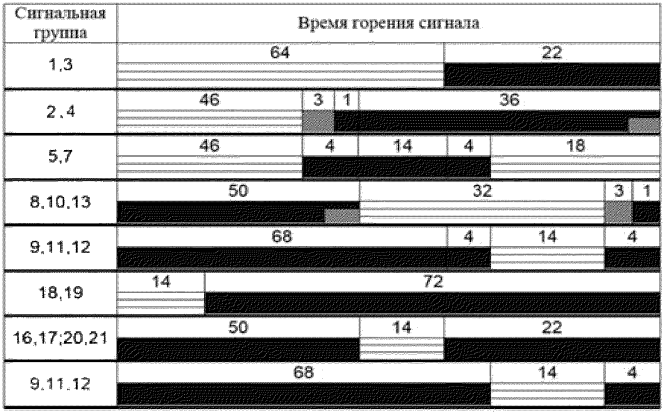


Рисунок 1.9 - Циклограмма режима регулирования перекрестка, представленного на рисунке 1.8. Условные обозначения, используемые в циклограмме, указаны в таблице 1.1.

Приложение 2

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЖИМА РЕГУЛИРОВАНИЯ

1.Обследования интенсивности движения на регулируемых перекрестках

1.1. Общие правила проведения обследования

1.1.1. Измерению подлежит интенсивность движения всех транспортных и пешеходных потоков на перекрестке (рисунок 2.1).

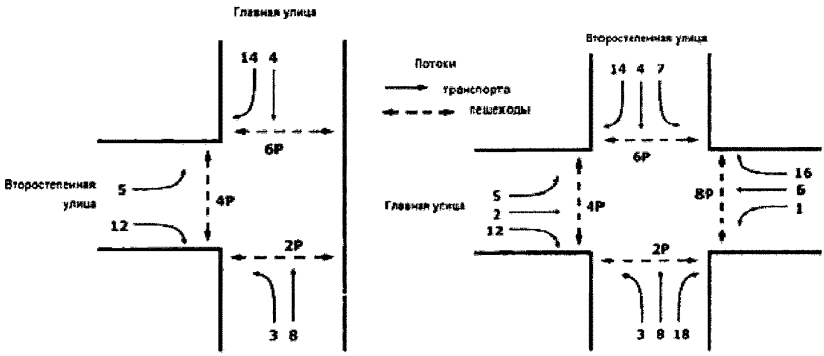


Рисунок 2.1 – Транспортные и пешеходные потоки на перекрестках

1.1.2. Различают два показателя интенсивности движения транспорта:

- физическая интенсивность – общее количество транспортных средств (без учета состава потока), проехавших через рассматриваемое сечение, к продолжительности периода времени, в течение которого выполнялось измерение;
- приведенная интенсивность – количество транспортных средств (приведенных ед./ч), рассчитанное с учетом состава потока, при этом в расчетах используются специальные коэффициенты приведения к легковому автомобилю.

1.1.3. Измерения интенсивности движения могут производиться как вручную (учетчики), так и с использованием технических средств (например, транспортные детекторы).

1.1.4. Наиболее объективный способ сбора данных – цифровая видеосъёмка светофорного объекта с превышением поверхности проезжей части не менее 4-5 м. Цифровая видеосъёмка позволяет детально установить все характеристики движения на перекрестке (интенсивности движения, включая пешеходов, состав транспортных потоков, состояние транспортных потоков, прибывающих к перекрёстку – т.е. тип прибытия и прогрессию), кроме того, при необходимости она может обрабатываться повторно.

1.1.5. При выборе периода года, дня недели и периода суток следует учитывать ряд особенностей формирования транспортных потоков (рисунок 2.2, таблица 2.1).

1.1.6. В случаях, когда перекресток не обслуживает маршруты движения в пригородные и рекреационные зоны, при выборе времени обследования следует руководствоваться следующими правилами:

- предпочтительными месяцами проведения обследований апрель-май, сентябрь-октябрь;
- замеры интенсивности движения следует проводить в будние дни: вторник-четверг;
- минимальное рекомендуемое количество замеров – утренний час пик, вечерний час пик, дневной межпиковый период.

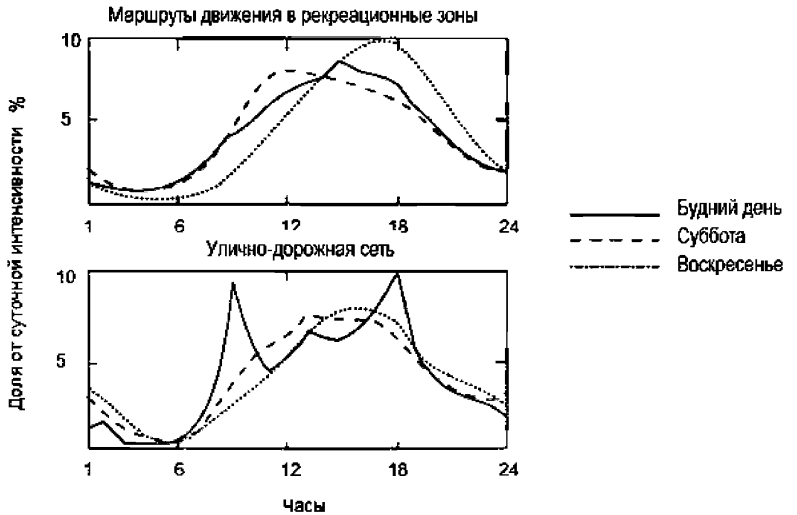


Рисунок 2.2 -Изменение интенсивности движения в течение суток

Таблица 2.1

Пиковые периоды в будние дни

Пиковые периоды	
Центральные районы города	Периферийные районы города
8.00 – 10.00	7.00 – 9.00
17.00 – 19.00	18.00 -20.00

1.1.7. В случаях, когда перекресток обслуживает движение в пригородные и рекреационные зоны, то пиковые значения интенсивности движения могут наблюдаться на нем (рисунок 2.2):

- в летний период (май – сентябрь).
- в дни недели и в периоды суток: пятница – вечер; суббота – первая половина дня; воскресенье – вечер.

В случае применения библиотеки программ регулирования (несколько разных режимов регулирования в суточном цикле) количество замеров увеличивают в

зависимости от того, сколько режимов регулирования будут применять в суточном цикле (рисунок 2.3).

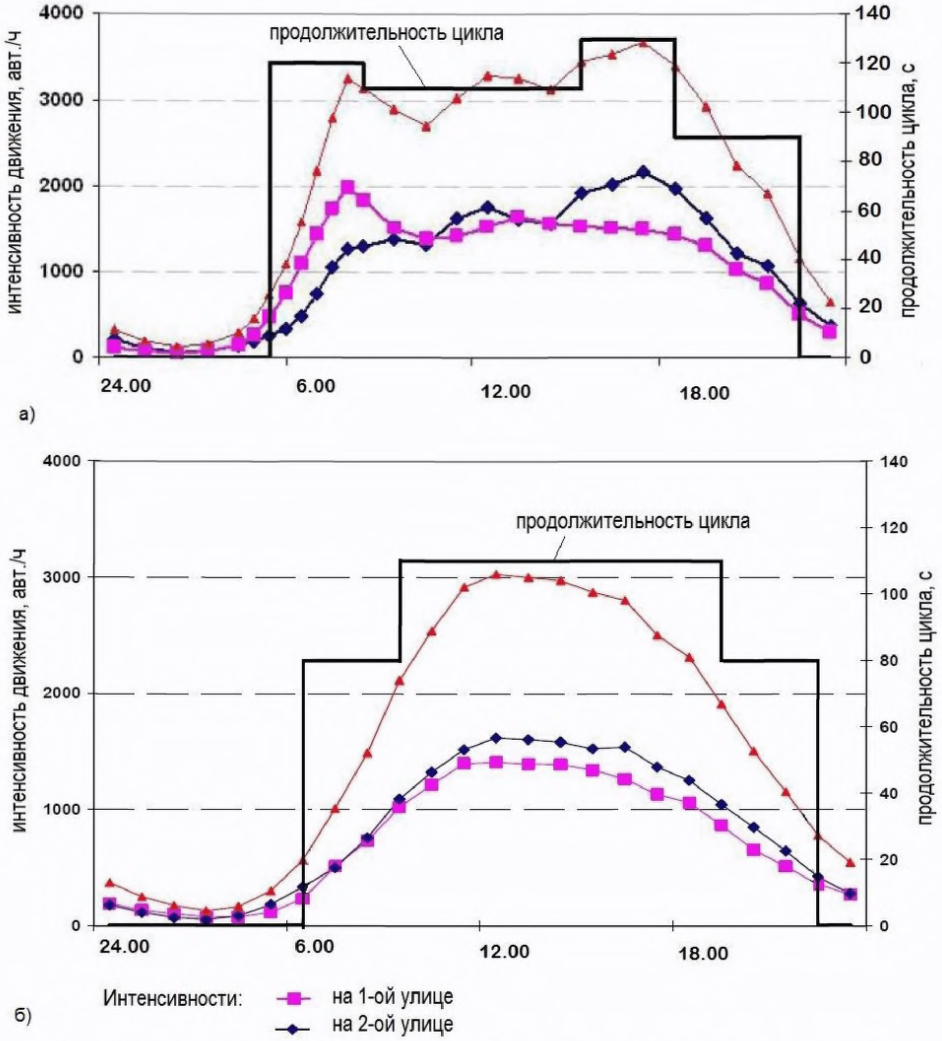


Рисунок 2.3 - Определение количества измерений интенсивности движения:
а – четыре измерения (т.е. четыре режима регулирования) в случае двух пиковых периодов (типичный будний день); б – три измерения (три режима регулирования) в случае одного пикового периода (суббота или воскресенье)

2. Особенности измерения интенсивности движения в пиковые часы

2.1. При организации обследования интенсивности движения необходимо учитывать колебания интенсивности движения внутри пикового периода (рисунок 2.3), поскольку кратковременные превышения интенсивности над пропускной

способностью могут вызвать образование затора. Пиковая интенсивность движения может устанавливаться несколькими способами (рисунок 2.4).

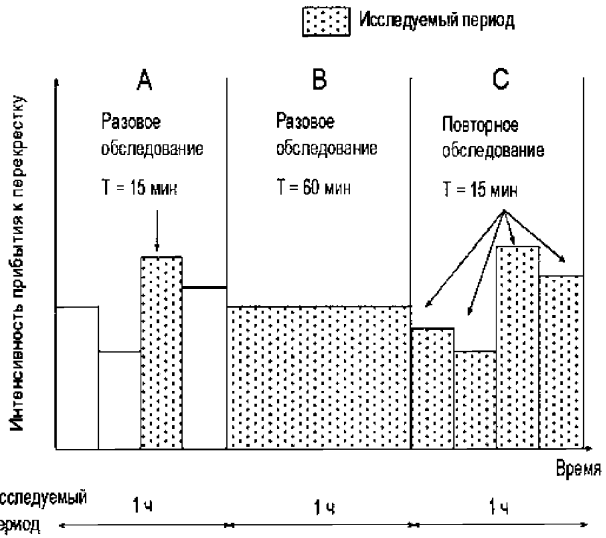


Рисунок 2.4 – Методы измерения пиковой интенсивности движения.

2.2. **Метод «А».**Длительность исследуемого периода T составляет 15 минут (т.е. 0,25 часа). В этом случае часовая пиковая интенсивность и приведенная пиковая интенсивность, полученная в интервале протяженностью 15 минут, связаны зависимостью PHF (2.1):

$$V = \frac{4 \times v_p}{PHF}, \qquad (2.1)$$

где

V – пиковая интенсивность движения за час пик, прив.ед./ч;

v_p – приведенная пиковая интенсивность прибытия транспортных средств на подходе (полосе) к регулируемому пересечению, измеренная в течение 15-минутного интервала, прив.ед./15мин;

PHF – коэффициент часовой неравномерности (при отсутствии данных принимается равным $PHF = 0{,}92$).

2.3.**Метод «В».**Измерение выполняется в течение всего периода T (в течение часа). Недостатком метода «В» является то, что не учитывается эффект неравномерности внутри пикового часа, когда в течение некоторых интервалов времени интенсивность может превысить пропускную способность.

2.4.**Метод «С».** Исследование проводится в течение всего периода T (в течение часа), но при этом разделено на 15-минутные интервалы времени.

Если выявлены интервалы, когда интенсивность прибытия превышает пропускную способность, обеспечивается более точная оценка качества организации дорожного движения (т.е. величин задержек и очередей транспортных средств на рассматриваемом подходе к регулируемому пересечению).

2.5. В случаях, когда отношение интенсивности движения v к пропускной способности c (v/c-отношение – уровень загрузки) больше, чем 0,9, период измерений желательно продлить до момента, пока интенсивность движения остается постоянной.

Если в течение анализируемого периода уровень загрузки (v/c-отношение) превышает значение 1,0, то обследование продлевается до момента снижения величины уровня загрузки ниже значения 1,0.

2.6. В целом метод «С» является предпочтительным.

В случае использования метода «С» определяется коэффициент внутричасовой неравномерности PHF(2.2):

$$PHF = \frac{n_{60}}{4n_{15}}, \qquad (2.2)$$

где

n_{60}– количество транспортных средств на подходе (полосе),проехавших пересечение в течение часа, авт./ч;

n_{15} – количество транспортных средств на подходе (полосе),проехавших пересечение в течение 15-минутного интервала, авт./15мин.

2.7. Полученное значение коэффициента неравномерности PHF можно использовать при повторных обследованиях перекрестка, выполняемых по методу «А».

Также рассчитывается значение коэффициента прибытия $К_р$(формула 2.3)и в соответствии с его значением определяются тип прибытия к перекрестку и качество прогрессии (таблица 2.2):

$$K_p = \frac{P}{(g/c)}, \qquad (2.3)$$

где

P– доля транспортных средств на подходе (полосе),прибывших к перекрестку в период зеленых сигналов;

g – длительность зеленого сигнала, с;

c– длительность цикла, с.

Таблица 2.2

Характеристики потока, прибывающего на перекресток

Значение коэффициента прибытия K_p	Тип прибытия	Качество прогрессии
0,333	1	Очень низкое
0,667	2	Низкое
1,000	3	Случайное прибытие
1,333	4	Нормальное
1,334	5	Очень высокое
2,000	6	Исключительное

Тип прибытия и качество прогрессии учитывается в расчётах задержек и очередей транспортных средств.

3. Определение приведенной интенсивности движения

Приведенная интенсивность движения определяется по формуле (2.4.):

$$v = k_1 \cdot N_1 + k_2 \cdot N_2 + ... + k_i \cdot N_i + ... + k_n \cdot N_n, \quad (2.4)$$

где

k_i – коэффициент приведения транспортного средства i-го типа к легковому автомобилю;

N_i – количество автомобилей i-го типа в очереди.

Таблица 2.3

Коэффициенты приведения к легковому автомобилю на регулируемом перекрестке и стартовая задержка [2,3]

Тип транспортного средства	Регулируемые пересечения	Нормативные значения (перегоны)
Легковой автомобиль	1,000	1
Микроавтобус	1,093	-
Грузовой автомобиль, до 2-х тонн	1,179	1,5
Автобус малой вместимости	1,367	-
Грузовой автомобиль, от 2-х до 6-и тонн	1,480	2
Автобус большой вместимости	1,839	3
Грузовой автомобиль, более 6 тонн	1,647	2,5 – 3,5
Сочлененный автобус / троллейбус	2,362	-
Автопоезд	2,231	3,5 - 6
Средняя стартовая задержка, с	1,9	--

4. Обработка и графическое представление данных интенсивности движения

Данные по каждому из подходов к перекрестку целесообразно представлять в графическом и табличном виде (рисунок 2.5, Форма 2.4).

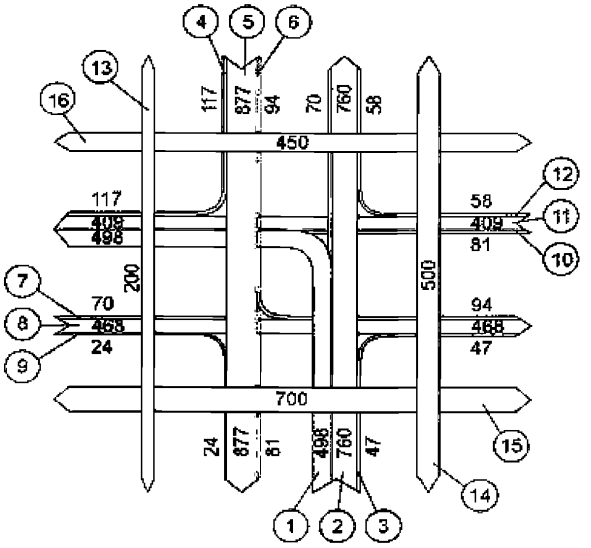


Рисунок 2.5 – Обследуемые транспортные и пешеходные потоки на 4-х стороннем перекрестке и картограмма интенсивности движения (авт./ч, пеш./ч): 12 транспортных потоков; 4 пешеходных потока

Форма2.4

Форма представления данных замера интенсивности движения

Типы транспортных средств	Интенсивность движения ед./ч					
	Направления движения на подходе к перекрестку					
	Налево		Прямо		Направо	
	Физическая	Приведенная	Физическая	Приведенная	Физическая	Приведенная
	Номера потоков на картограмме					
	1		2		3	
Легковой автомобиль						
Микроавтобус						
Грузовой автомобиль, до 2-х тонн						
Автобус малой вместимости						
Грузовой автомобиль, от 2-х до 6-и тонн						
Автобус большой вместимости						
Грузовой автомобиль, более 6 тонн						
Сочлененный автобус / троллейбус						
Автопоезд						

Приложение 3

ПЛАНИРОВКА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКОВ

1. Общие требования к планировке перекрестков

1.1. Технические решения регулирования движения поворотных транспортных потоков на перекрестках повышающих уровень безопасности и качества дорожного движения возможны за счет планировочных решений перекрестков, что практически не используется в Российской Федерации.

На условия движения транспортных потоков на перекрестке и уровень безопасности оказывает значительное влияние угол пересечения, которым является меньший угол, образованный осями пересекающихся улиц или дорог.

1.2. Основные элементы планировки регулируемых пересечений представлены на рисунке 3.1.

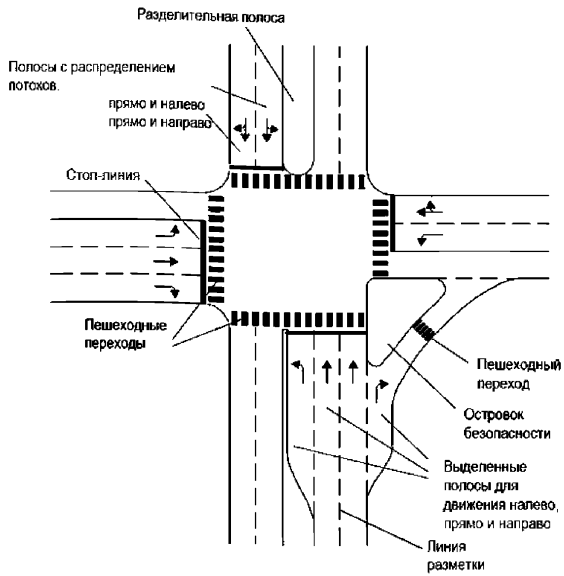


Рисунок 3.1 – Основные элементы планировки регулируемого перекрестка

1.3. Рекомендуемым углом пересечения является угол близкий к значению 90°. Желательно избегать пересечения с углом менее 75° (рисунок 3.2), так как это приводит к увеличению протяжённости перекрёстка и углу поворота более 90° для увеличения угла поворота 4-х направлений движения.

При остром угле пересечения осей улиц (т.е. меньше 70°) увеличивается протяженность пешеходных переходов, так как пешеходные переходы размещаются под углом к оси проезжей части.

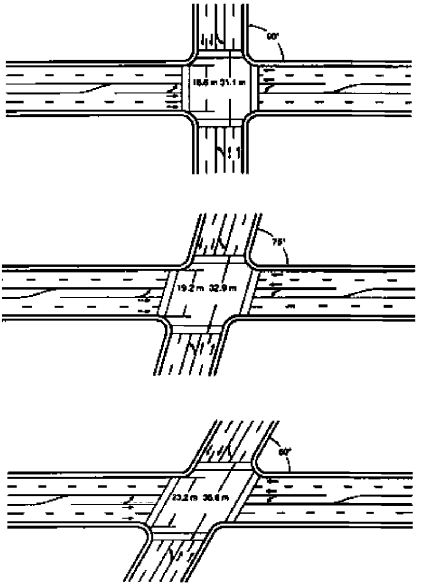


Рисунок 3.2 – Влияние угла пересечения на условия движения поворотных направлений движения на перекрестке.

1.3. С целью обеспечения оптимального угла пересечения рекомендуется менять положение оси второстепенной улицы (рисунки 3.3, 3.4).

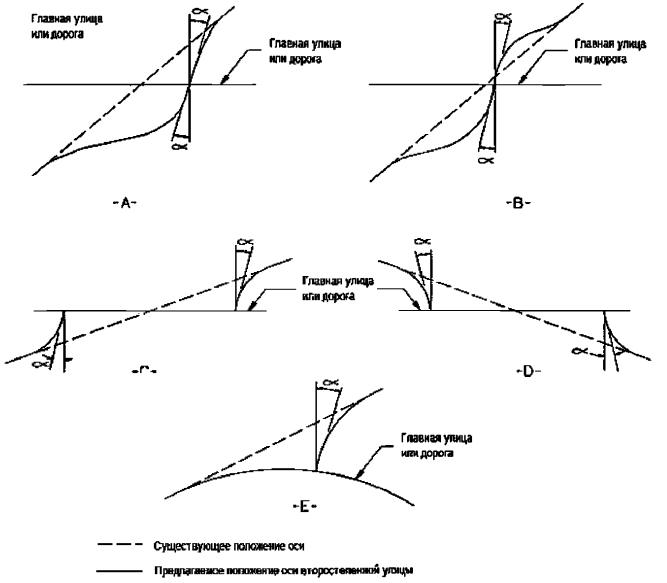


Рисунок 3.3 – Изменение положения оси второстепенной улицы или устройство

двух Т-образных примыканий

1.4. Пропускная способность перекрестка должна соответствовать пропускной способности подходов, поскольку, в отличие от перегонов улиц и дорог, количество полос движения на перекрестке является основным фактором, определяющим пропускную способность и задержки транспортных средств. Поэтому на подходах к перекрестку следует увеличивать количество полос движения для обеспечения необходимой пропускной способности (рисунок 3.4.).

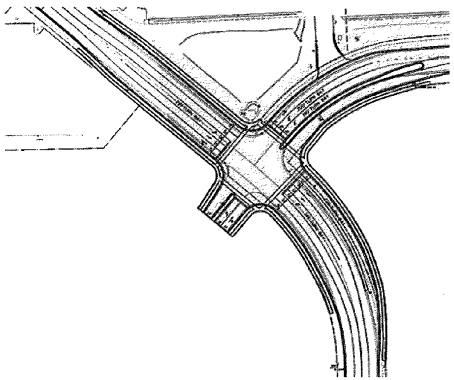


Рисунок 3.4 – Применение кривой в плане для обеспечения оптимального угла пересечения улиц

1.5. Количество полос движения на каждом из подходов к перекрестку следует определять из условия, что интенсивность движения на любой из полос не будет превышать 450 авт./ч.

1.6. Количество полос для прямого движения в границах перекрестка не должно быть меньше количества полос на прямых участках улицы на подходе к перекрестку.

В случаях, когда на выходе с перекрёстка нет достаточного количества полос возможно устройство дополнительной полосы на участке разгрузки перекрестка (рисунок 3.5).

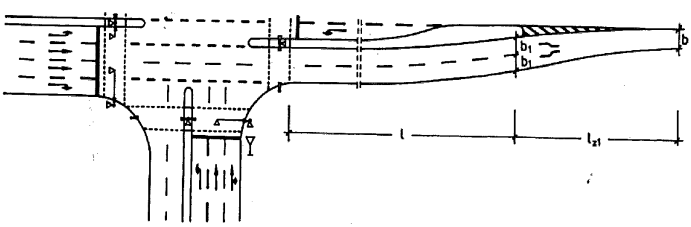


Рисунок 3.5 – Участок разгрузки перекрестка: l - длина участка разгрузки; l_{z1} -

участок отгонки сужения; b_1 - ширина полосы движения; b - ширина проезжей части в рассматриваемом направлении движения за участком разгрузки

Длину участка разгрузки следует принимать не менее 100 м, а отгонку сужения выполнять с уклоном 1:8 -1:15 с применением кривых радиусом не менее 40 м.

2. Допускаемые конфликты на регулируемом пересечении

2.1. На регулируемых перекрёстках допускаются следующие конфликты между транспортными и пешеходными потоками (рисунок 3.6 – 3.6.5).

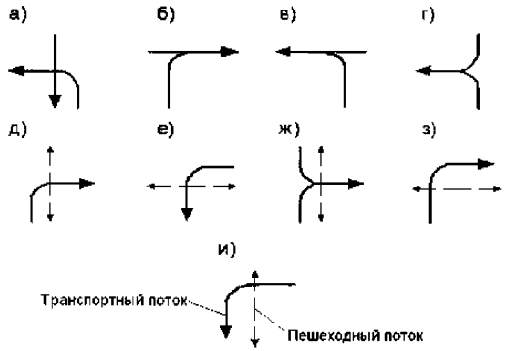


Рисунок 3.6 - Конфликты транспортных потоков на регулируемых пересечениях: а – конфликт левоповоротного потока с движущимся в прямом направлении; б, в – конфликты поворачивающих «под стрелку» потоков с потоком, движущимся в прямом направлении; г – конфликт в точке слияния поворачивающих потоков; д, е, ж, з, и – конфликт поворачивающих транспортных потоков с пешеходными потоками.

2.2. Максимальное допустимое значение интенсивности движения левоповоротного потока с пересечением встречного прямого потока (рисунок 3.6а) для двухфазных циклов регулирования длительностью 40–70 с не должно превышать 100 авт./ч.

2.3. Конфликт между поворачивающими транспортными потоками и пешеходами (рисунки 3.6.д – 3.6.и) допускается, если интенсивность пешеходов не превышает 300 чел./ч в одном более загруженном направлении, или если интенсивность движения транспортных средств не превышает 300 авт./ч.

Примеры организации дорожного движения на перекрестках различных типов даны на рисунках 3.6.1 – 3.6.5.

3. Условие применения правого поворота «на красный»

3.1. Правый поворот «на красный» можно разрешать только с выделенной полосы для правых поворотов. При выполнении этого условия этом правый поворот «на красный» не применяется, если:

- перекресток с большим количество подходов (т.е. более 4-х подходов), на которых возможен правый поворот на несколько направлений;

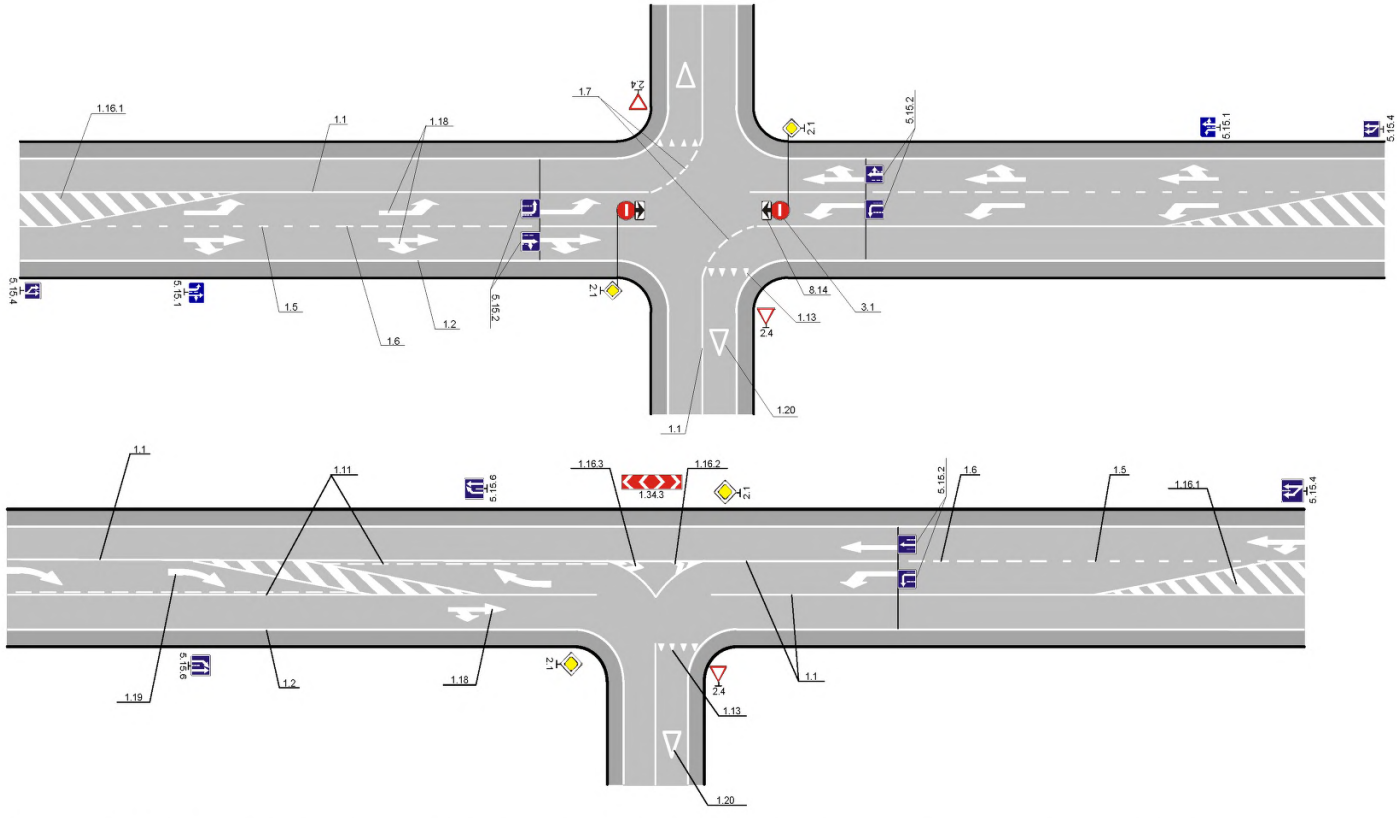


Рисунок 3.6.1 – Пример организации дорожного движения на перекрестках без искусственного наружного освещения на автомобильных дорогах вне населенных пунктов.

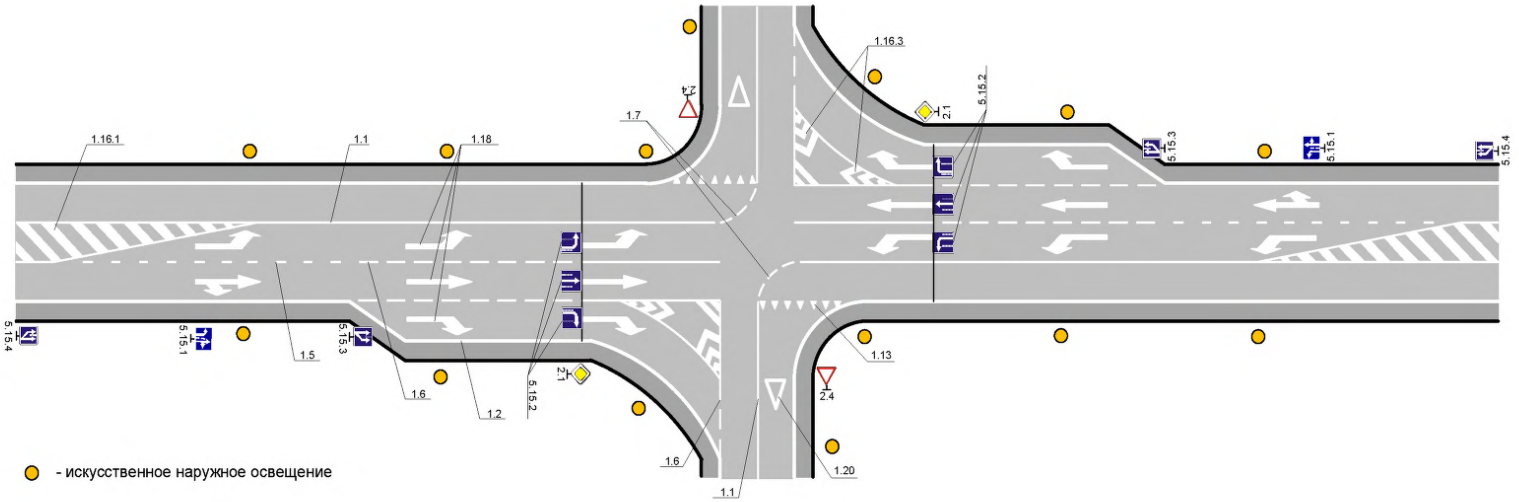


Рисунок 3.6.2 – Пример организации дорожного движения на перекрестке с разделением движения транспортных потоков по полосам и искусственным наружным освещением.

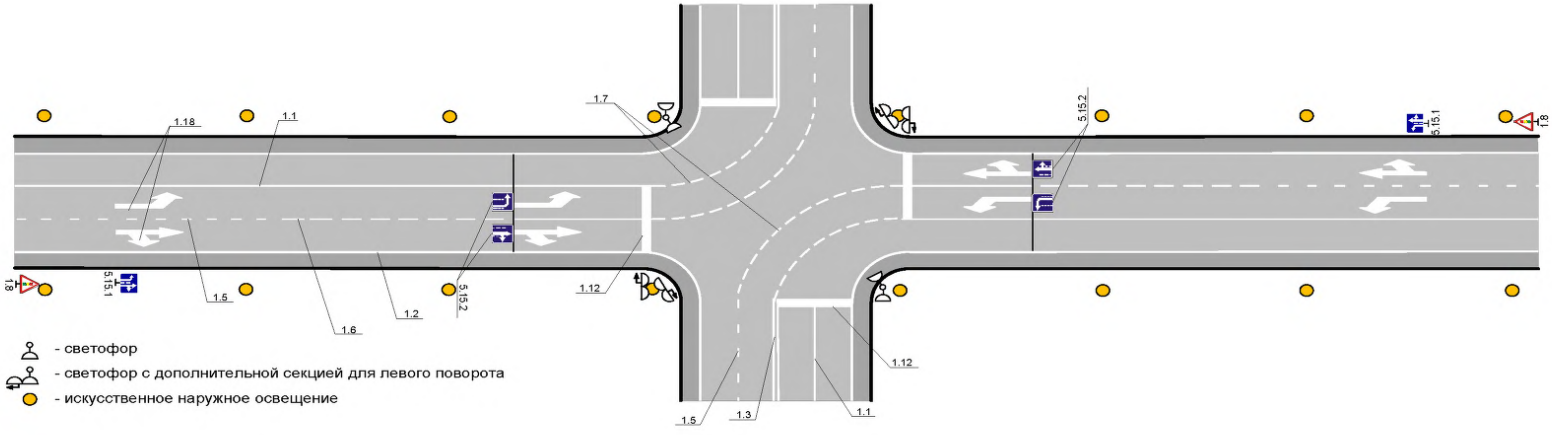


Рисунок 3.6 .3 – Пример организации дорожного движения на регулируемом перекрестке с применением светофоров с дополнительной секцией для левого поворота.

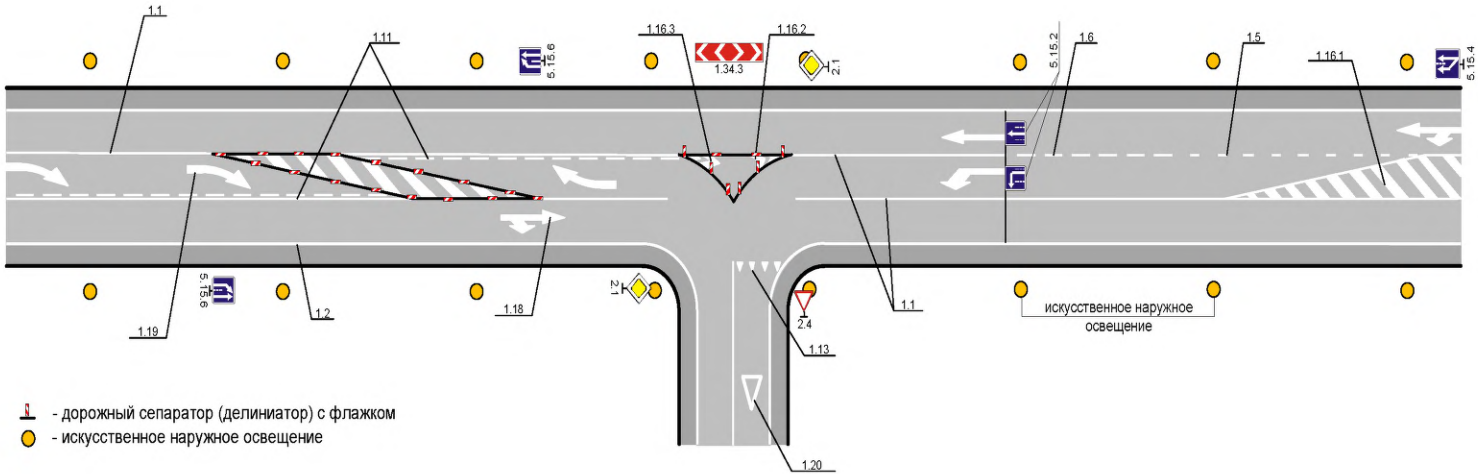


Рисунок 3.6.4 – Пример организации дорожного движения на перекрестках в населенных пунктах с применением дорожных сепараторов (делиниаторов) с флажками.

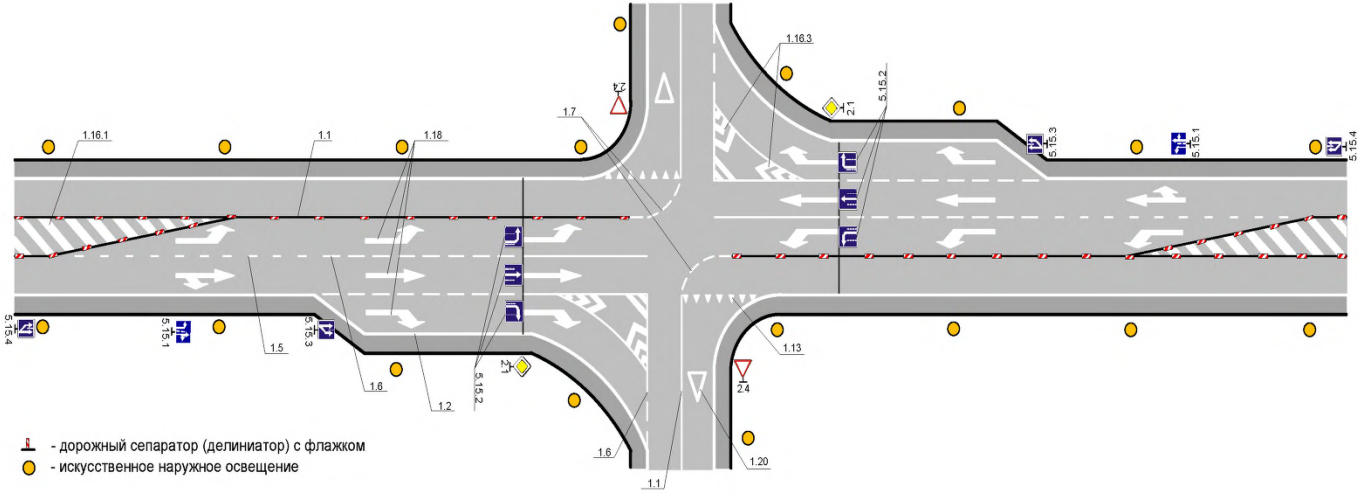


Рисунок 3.6.5 – Установка дорожных делиниаторов на границах направляющих островков совместно с дорожной разметкой 1.1, разделяющей транспортные потоки встречного движения.

- перекресток имеет специальную пешеходную фазу;
- на перекрестке осуществляются повороты без конфликтов, управляемые дополнительными секциями светофоров
- перекресток расположен в центральном деловом районе города;
- движение детей на переходе перекрестка, через который осуществляется «правый поворот на красный».

3.2. Пропускную способность правого поворота «на красный», в случае конфликта с транспортными потоками c_1, предлагается рассчитывать по (3.1):

$$c_1 = \left(1 - \frac{v_p}{2100}\right) \frac{v_i \cdot exp^{\frac{-v_i \cdot t_{fc} \cdot C}{3600 \cdot f_i}}}{1 - exp^{\frac{-v_i \cdot t_f \cdot C}{3600 \cdot f_i}}} \qquad (3.1)$$

где

v_p – интенсивность движения пешеходов, пеш./ч;

v_i – интенсивность движения потока транспортных средств, с которым вступает в конфликт «правый поворот» на красный;

C – длительность цикла, с;

t_c – критический интервал для «правых поворотов на красный», с;

t_f – интервал следования из очереди, с;

f_i – длительность зеленого сигнала фазы, в который движется поток, вступающий в конфликт с потоком, осуществляющим поворот на красный, с.

Расчетное значение сравнивают с интенсивностью потока, совершающего поворот «на красный». Выражение 3.1 является скорректированной формулой расчета пропускной способности второстепенного направления движения на нерегулируемом перекрестке.

3.3. Интервал следования из очереди на правоповоротной полосе t_f следует принимать равным 2,5 – 2,8 с. Величина критического интервала для «правых поворотов на красный» имеет диапазон значений от 4 до 7 с. Меньшие значения принимаются для малых радиусов поворота направо.

4. Условия устройства выделенных полос для поворотов

4.1. Выделенную полосу *для левых поворотов* (рисунки 3.7, 3.8) следует устраивать:

- при интенсивности левоповоротного потока более 100 авт./ч;
- если за цикл налево поворачивает 2 и более автомобилей.

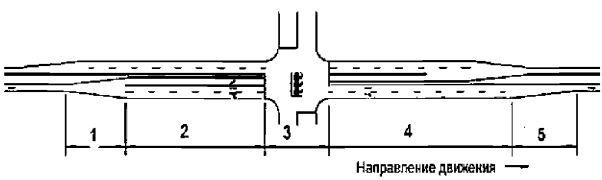


Рисунок 3.7 – Устройство выделенной полосы для левого поворота: 1 – участок отгонки уширения проезжей части; 2 – выделенная полоса для левых поворотов; 3 – перекресток; 4 – участок разгрузки перекрестка; 5 – участок отгонки сужения

проезжей части

4.2. Сдвоенные выделенные левоповоротные полосы следует устраивать при интенсивности левоповоротного потока более 300 авт./ч.

4.3. Основной эффект устройства выделенных полос – отсутствие блокирования движения в прямом направлении транспортными средствами, поворачивающими налево (рисунок 3.8).

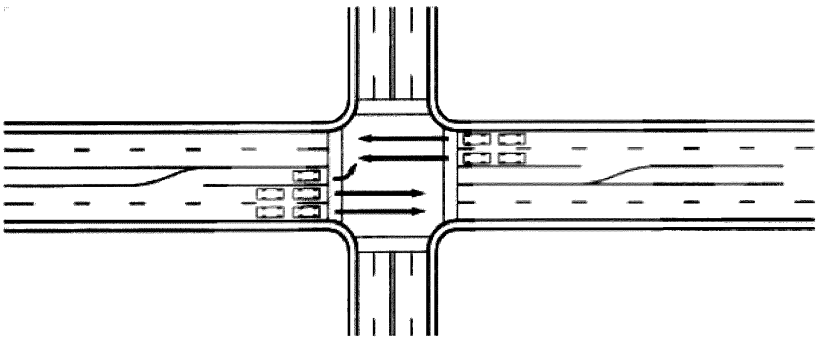


Рисунок 3.8 – Выделенные полосы для левых поворотов – отсутствие блокирования движения в прямом направлении транспортными средствами, поворачивающими налево.

4.4. Выделенную полосу для правых поворотов следует устраивать при интенсивности левоповоротного потока более 100 авт./ч (рисунок 3.9).Сдвоенные выделенные полосы следует устраивать при интенсивности правоповоротного потока более 450 авт./ч.

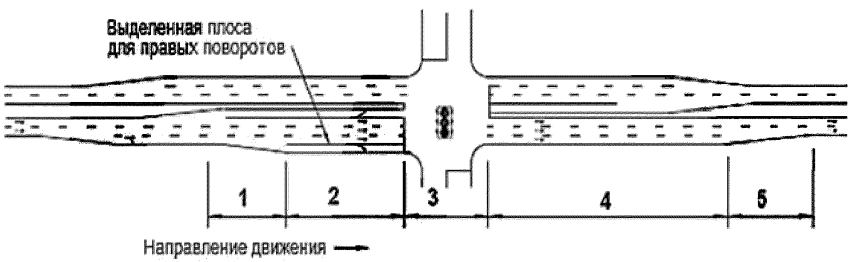


Рисунок 3.9 – Устройство выделенной полосы для правого поворота: 1 – участок отгонки уширения проезжей части; 2 – выделенная полоса для правых поворотов; 3 – перекресток; 4 – участок разгрузки перекрестка; 5 – участок отгонки сужения проезжей части.

4. Планировочные решения правоповоротных полос

4.1. При выделении полосы для правых поворотов в случаях разрешаемой скорости движения на улице 50 км/ч и более устраиваются островки безопасности (рисунок 3.10).

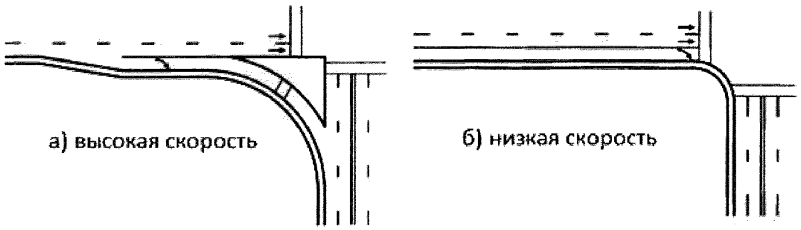


Рисунок 3.10 - Планировочные решения для правых поворотов в случае выделения правоповоротной полосы.

4.2. В условиях нового строительства и реконструкции при наличии территории для расширения проезжей части необходимая длина выделенной для поворотов полосы (как правых, так и левых) определяется в соответствии с рисунком 3.11. Длина участка накопления рассчитывается как длина очереди 95% обеспеченности.

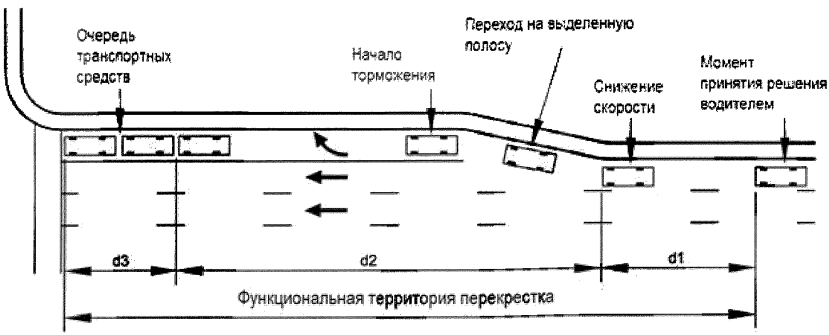
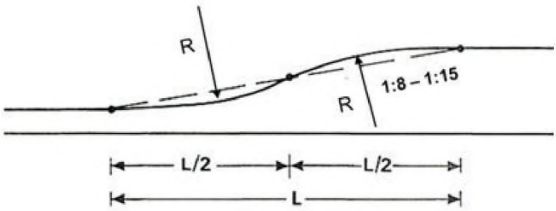


Рисунок 3.11 – Расчет длины выделенной полосы для поворота на подходе к регулируемому пересечению

4.3. Протяженность отгонки полосы, выделенной для поворотов, принимается не менее 30 м с применением кривых в плане радиусом не менее 40 м (рисунок 3.12). Отгонку выделяемых для поворотов полос следует выполнять с уклоном 1:8 – 1: 15.



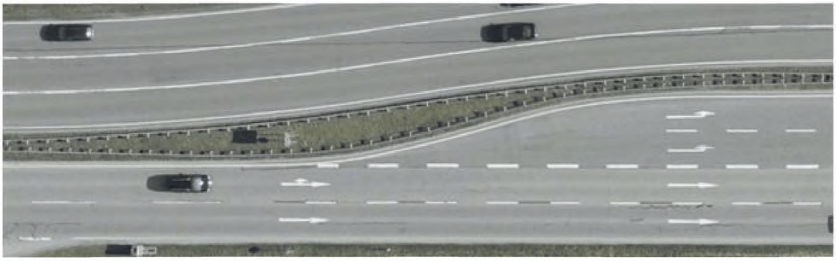


Рисунок 3.12 – Отгонка выделенных для поворотов полос: L - длина отгонки; R – радиус кривых в плане

4.4. В случаях реконструкции в стесненных условиях отгонку можно выполнять с уклоном 1:4 -1:5.

4.5. Планировочные решения левоповоротных полос

4.5.1. Устройство выделенных полос для левых поворотов может осуществляться на основе разных планировочных решений похода к перекрестку (рисунки 3.13 – 3.16). Для

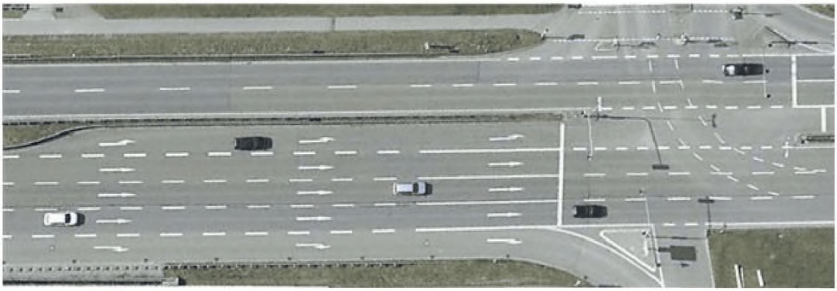


Рисунок 3.13 – Пример устройства выделенной полосы для левого поворота – использование разделительной полосы, ширина которой превышает ширину полосы движения на 0,5 – 1,0 м.



Рисунок 3.14 – Пример устройства сдвоенных выделенных полос для левого поворота – смещение разделительной полосы и отгонка одной из двух левоповоротных полос



Рисунок 3.15 – Пример устройства сдвоенных выделенных полос для левого поворота – смещение разделительной полосы



Рисунок 3.16 – Пример устройства сдвоенных выделенных полос для левого поворота – использование широкой разделительной полосы для отгонки двух левоповоротных полос

4.5.2. В случаях, когда проезжая часть не имеет разделительной полосы - устройство выделенной полосы для левых поворотов можно формировать островком.

5. Канализирование правых поворотов

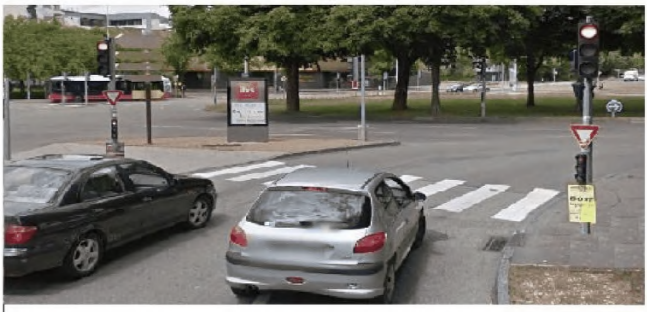
5.1. Правый поворот при наличии островка может осуществляться с конфликтом с пешеходным потоком при интенсивностях движения: пешеходов до 300 чел./ч; транспорта до 300 авт./ч и со светофорным регулированием при больших значениях интенсивностей (рисунок 3.17).

5.2. При проектировании островков следует учитывать характеристики расчетных транспортных средств (рисунок 3.18 и таблицы 3.1, 3.2), которые выбираются в зависимости от технической категории улицы или дороги:

- территории города: улицы жилых районов;
- магистральные улицы с движением автобусов большой вместимости и сочлененных автобусов;
- промышленные и коммунально- складские зоны.



а)



б)

Рисунок 3.17 – Правый поворот при наличии островка может осуществляться: а - с конфликтом с пешеходным потоком при интенсивностях движения: пешеходов до 300 чел./ч, транспорта до 300 авт./ч; б – со светофорным регулированием

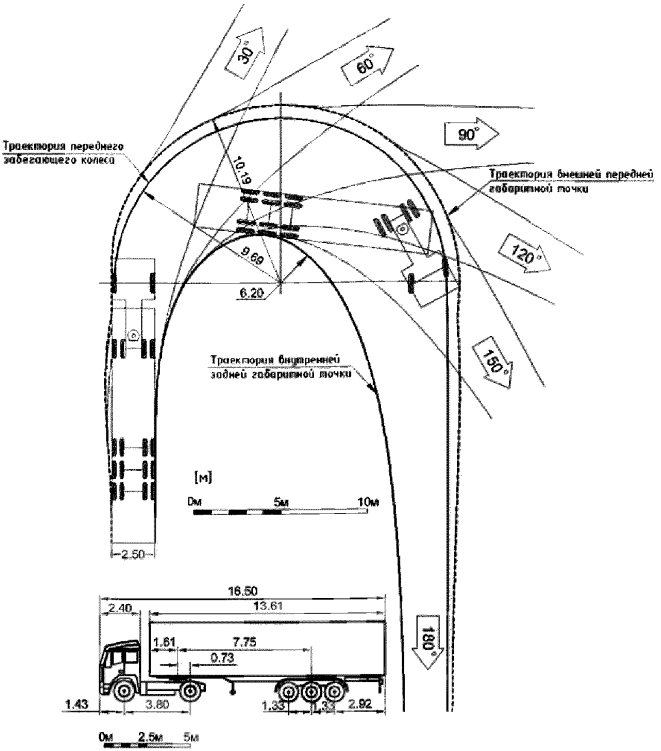


Рисунок 3.18 – Характеристики расчетного автомобиля - минимальный внутренний и минимальный внешний радиусы поворота, разница между внешним и внутренним радиусами является габаритом транспортного средства при движении на кривых малого радиуса, в расчете на который рассчитывается ширина полосы движения (таблицы 3.1, 3.2)

Таблица 3. 1

Характеристики расчетных автомобилей

Тип расчетного автомобиля	База, м	Размеры, м			
		Общие		свес	
		длина	ширина	передний	задний
Легковой автомобиль (ЛА)	2,90	4,90	1,90	0,90	1,10
Городской автобус (АГ)	6,20	12,0	2,50	2,75	3,05
Пригородный автобус (АП)	6,90/1,30	15,0	2,50	2,60	4,20
Сочлененный автобус (АС	5,96/6,05	18,4	2,55	2,68	3,71
Грузовой автомобиль (ГА)	6,80	2,0	2,50	1,50	3,70
Автопоезд (А16)	3,80/7,02	16,50	2,50	1,43	2,98
Автопоезд (А20)	6,80/4,30	19,80	2,50	1,50	0,70

Таблица 3.2

Минимальный радиус поворота расчетных автомобилей

Тип автомобиля	Минимальный радиус поворота, м	Минимальный внешний радиус, м	Минимальный внутренний радиус, м
Легковой автомобиль (ЛА)	6,55	6,85	4,42
Городской автобус (АГ)	9,20	10,54	5,40
Пригородный автобус (АП)	10,32	11,52	6,40
Сочлененный автобус (АС)	13,12	14,21	10,10
Грузовой автомобиль (ГА)	11,07	11,82	6,15
Автопоезд (А16)	9,69	10,19	6,20
Автопоезд (А20)	12,06	12,63	8,50

5.3. Выбор планировочного решения правых поворотов зависит от скорости движения на пересекающихся улицах и габаритов расчетных транспортных средств (рисунки 3.19 - 3.20). В случаях высокой скорости движения на подходах к перекрестку для выделенных правоповоротных полос рекомендуется применение приподнятых островков.

На рисунке 3.20 представлен островок, рекомендуемый для правоповоротного потока, состоящего из легковых автомобилей. Угол примыкания менее 60° улучает условия видимости водителям транспортных средств, совершающим правый поворот. Примыкание к проезжей части улицы, на которую совершается правый поворот, выполнено с диагональной отгонкой.

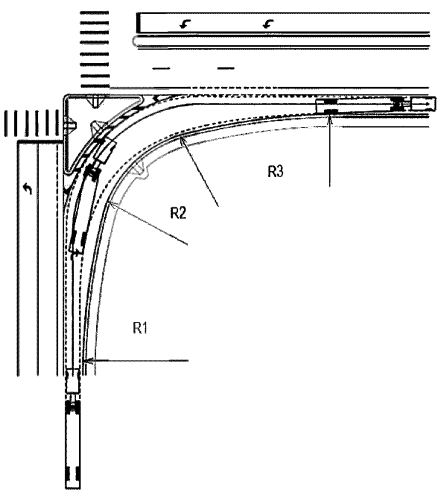


Рисунок 3.19 – Планировка островка, рекомендуемая для случаев длинноразмерных расчетных транспортных средств (улицы и дороги с грузовым движением, магистральные улицы с движением автобусов большой вместимости и сочлененных автобусов. Применяются коробовые кривые.

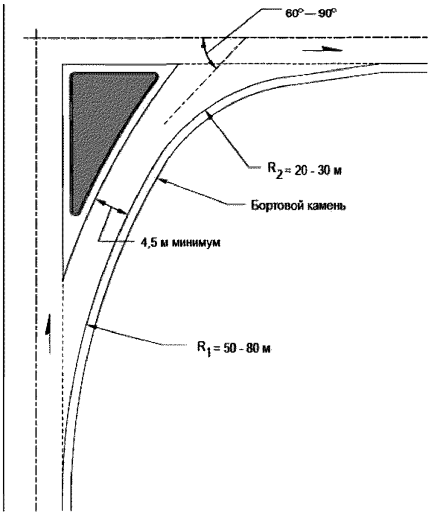


Рисунок 3.20 – Планировка островка, рекомендуемая для поворотного потока, состоящего из легковых автомобилей

6. Каплевидные островки, островки на оси проезжей части

6.1. При выполнении планировки островков на оси проезжей части и закруглений разделительных полос, и, соответственно нанесение разметки 1.17 траектории движения транспортных средств, поворачивающих налево, принимаются как коробовые кривые (рисунок 3.21). При этом учитываются габариты расчетных транспортных средств (таблица 3.2).

6.2. На второстепенных улицах в составе регулируемого перекрестка можно применять каплевидные островки (рисунки 3.22 - 3.26).

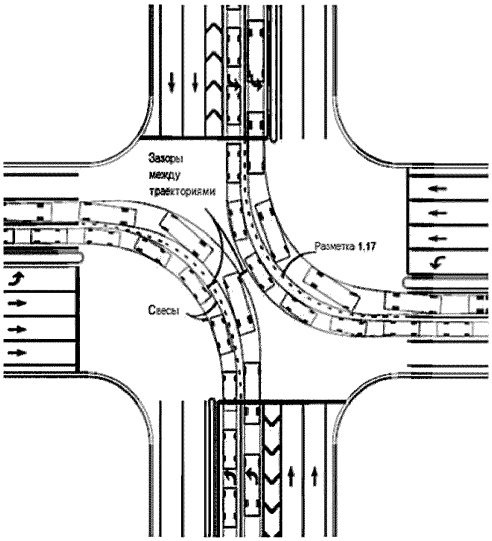


Рисунок 3.21 – Траектории движения транспортных средств, поворачивающих налево, принимаются как коробовые кривые. Разметка 1.17 указывает траектории движения левоворотного движения и также наносится по координатам коробовых кривых.

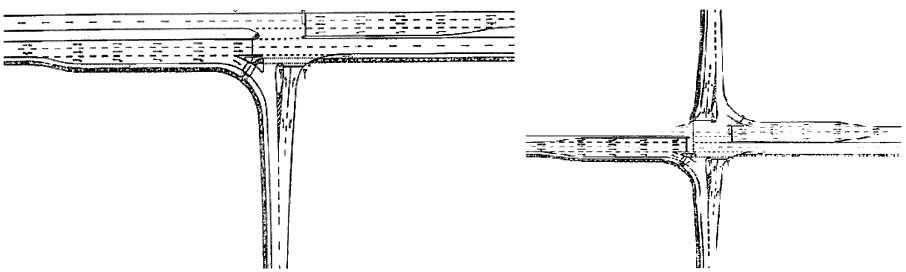


Рисунок 3.22 – Примеры регулируемых пересечений с каплевидными островками на второстепенной улице

6.3. Последовательность проектирования каплевидного островка представлена на рисунке 3.23.

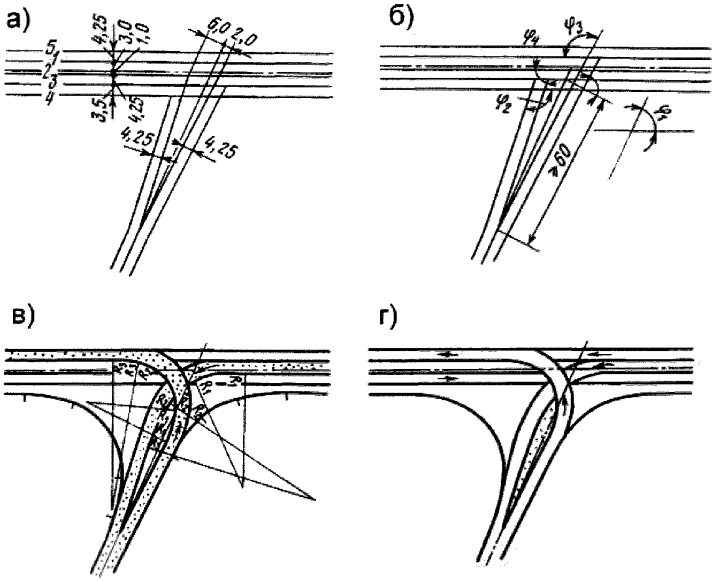


Рисунок 3.23 - Последовательность проектирования каплевидного островка

6.4. Островки выделяются разметкой или выполняются приподнятыми над проезжей частью. Во втором случае размеры островков принимаются с отступом от дорожной разметки не менее 0.5 м. Для устранения влияния на режим движения линию бортового камня островков отодвигают от края проезжей части на расстояние 0,75 - 1,25 м. Конфигурация и размеры островков зависят от угла пересечения осей проезжих частей (рисунок 3.24). Пример планировки перекрестка с каплевидными островками при остром угле пересечения осей улиц представлен на рисунке 3.25.

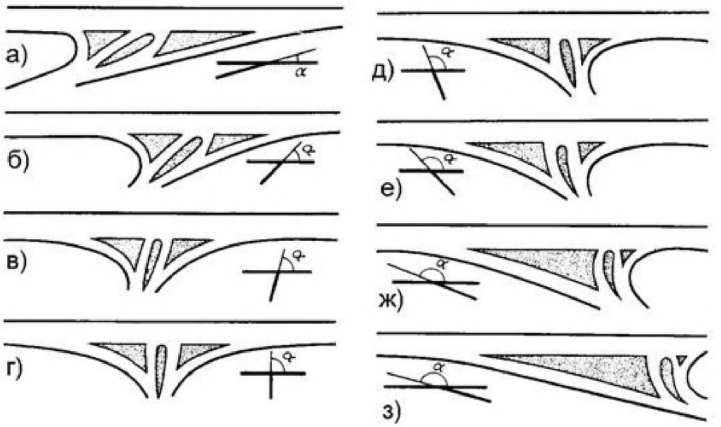


Рисунок 3.24 - Форма островков при углах примыкания дорог [1,2]: а) – $\alpha<30^{o}$; б) – $\alpha=30\text{-}45^{o}$; в) – $\alpha=50\text{-}75^{o}$; г) – $\alpha=90^{o}$; д) – $\alpha=115^{o}$; е) – $\alpha=135^{o}$; ж) – $\alpha=150^{o}$; з) – $\alpha>150^{o}$

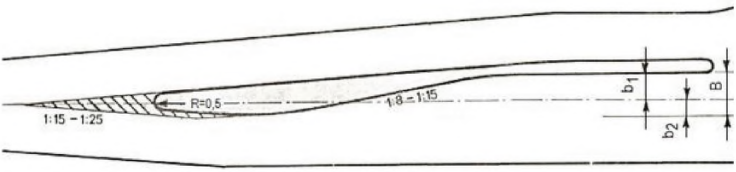


Рисунок 3.25. – Пример планировки регулируемого перекрестка с каплевидными островками при остром угле пересечения осей улиц

6.5. В случаях, когда проезжая часть не имеет разделительной полосы - устройство выделенной полосы для левых поворотов можно формировать островком, представленным на рисунке 3.26.



а



б

Рисунок 3.26 – Примеры устройства выделенной полосы для левого поворота: а – расширение проезжей части вправо (выполнена отгонка правоповоротной полосы) и устройство островка; б – устройство островка на подходе к перекрестку, «закрывающего» выделенную для левых поворотов: b1 - ширина отгонки влево относительно оси проезжей части; b2- ширина отгонки вправо относительно оси проезжей части; В – обшая ширина отгонки на подходе к перекрестку

7. Типовые схемы регулирования движения в случае выделения право и лево поворотных полос

7.1. Устройство дополнительных выделенных полос для левых и правых поворотов, позволяет применять 4-х фазную схему регулирования, исключающую все конфликты, обеспечивающую высокую пропускную способность и являющуюся простой и понятной участникам дорожного движения (рисунок 3.27).

7.2. В случае Т- образного регулируемого пересечения рекомендуется планировка, представленная на рисунке 3.28, позволяющая применять 3-х фазный режим регулирования, рекомендуемый как типовой, который также обеспечивает отсутствие всех видов конфликтов.

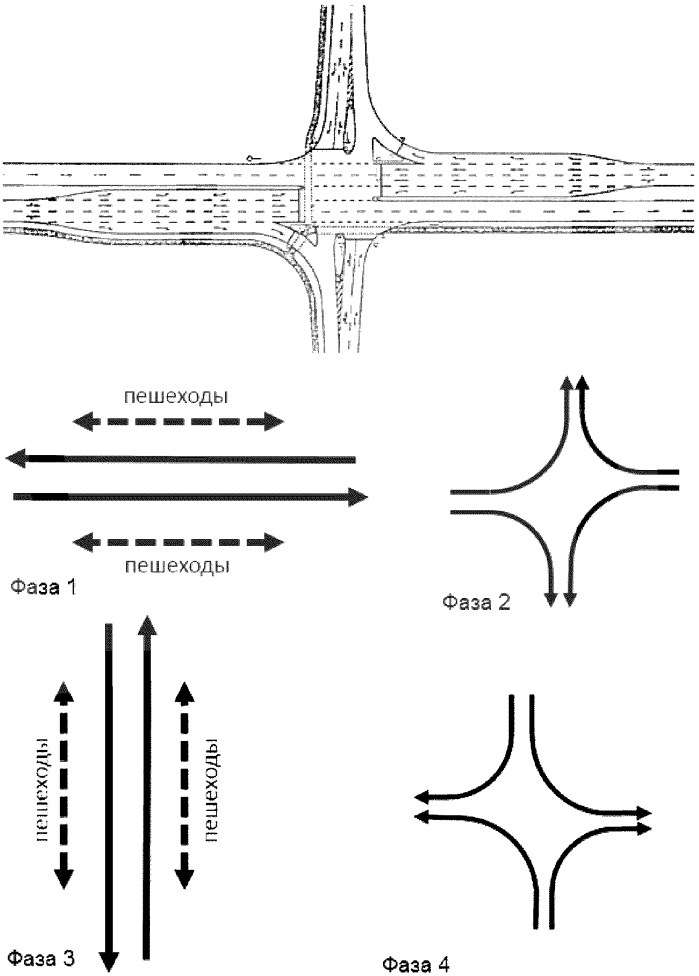


Рисунок 3.27 – 4-х фазный режим регулирования в случае планировки перекрестка, представленной на рисунке. Данный вариант регулирования обеспечивает отсутствие всех видов конфликтов на перекрестках.

7.3. Указанные схемы организации движения исключают конфликты между транспортными потоками и между транспортными и пешеходными потоками и рекомендуются для случаев нового строительства и загородных дорог общего пользования.

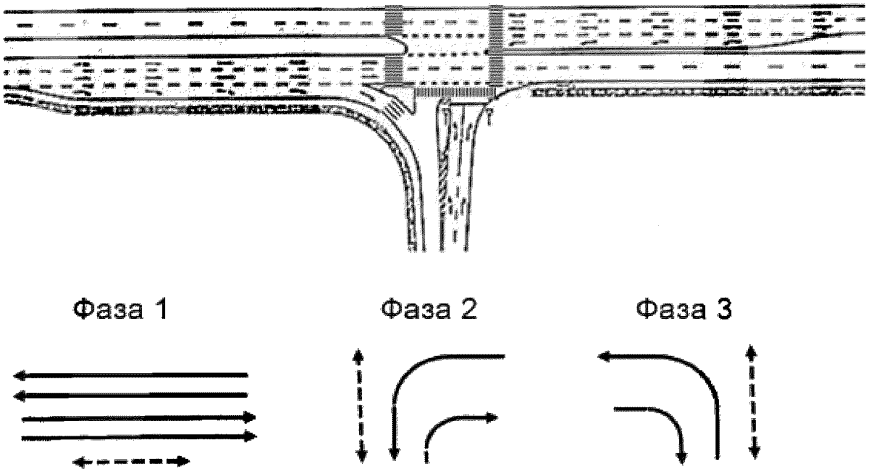


Рисунок 3.28 – Типовой 3-х фазный режим регулирования для случая Т–образного перекрестка, при котором отсутствуют все виды конфликтов.

8. Влияние выделения право и лево поворотных полос и специальных фаз для поворотов на показатели аварийности

8.1. Выделение поворотных полос и устройство островков, выделение фаз существенно повышает безопасность движения на регулируемых перекрестках. Справочные данные о снижении аварийности в США при выделении право и лево поворотных полос и специальных фаз для поворотов представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3.

Влияние выделения право и лево поворотных полос и специальных фаз для поворотов на показатели аварийности

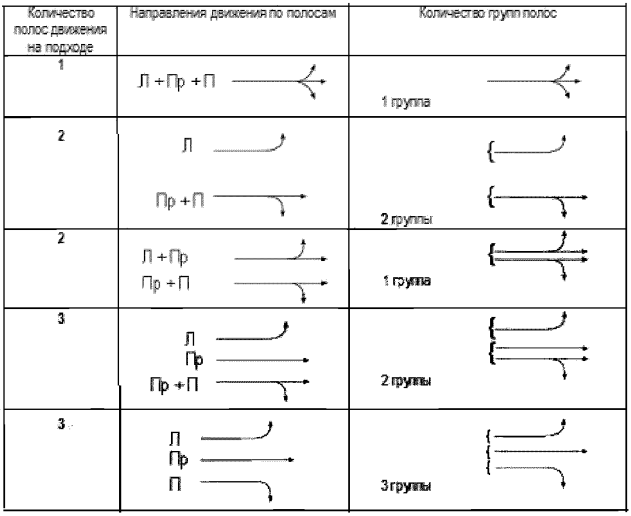
Мероприятие	Снижение аварийности
Организация движения левоповоротных потоков	
Выделение левоповоротной полосы канализированием, выполненным разделительной полосой	26%
Выделение левоповоротной полосы канализированием, выполненным разметкой	46%
Выделение левоповоротной полосы при повороте с конфликтом	25%
Выделение левоповоротной полосы при повороте без конфликта (специальная фаза для левых поворотов)	58%
Организация движения правоповоротных потоков	
Добавление правоповоротной полосы на подходе	40%
Увеличение радиуса поворота	15%
Дополнительное увеличение длины полосы для правых поворотов	15%

По данным приведенной таблицы выделение полос для поворотов и применение канализирования движения может давать снижение аварийности 15%-40%.

9. Формирование групп полос

9.1. Понятие «группа полос»

9.1.1. При проектировании регулируемого перекрестка необходимо определить количество групп полос на каждом из подходов к перекрестку и количество полос в составе каждой группы. Группа полос может обслуживать от одного до нескольких направлений движения на регулируемом объекте. На рисунке 3.29 приведены примеры группы полос на подходах к регулируемому перекрестку.



Направления движения: Л – налево; Пр – прямо; П - направо

Рисунок 3.29 - Примеры групп полос на подходе к перекрестку

9.1.2. Полосы движения на подходах к регулируемым перекресткам делятся на два типа:

- **выделенные (**или **эксклюзивные) полосы**, на которых разрешается движение только в одном направлении (например, движение только прямо или только левые повороты);
- **полосы с распределением потоков**, на которых разрешается движение в разных направлениях (например, движение прямо и направо).

9.1.3. При формировании групп полос следует руководствоваться следующими положениями:

- выделенная лево (право)поворотная полоса или полосы рассматривается как отдельная группа полос;

– если на подходе к перекрестку имеется выделенная лево (право) поворотная полоса (или обе), все остальные полосы, как правило, объединяются в одну группу полос.

Если две или более полос движения объединяются в группу, то в последующих расчетах эти полосы рассматриваются как единое целое.

9.2. Параметры групп полос

9.2.1 Параметры, являющиеся исходными для расчета значений потока насыщения и пропускной способности полос представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4.

Параметры групп полос

Тип параметров	Параметры
Геометрические	Тип территории Число полос, N Средняя ширина полосы W, м Продольный уклон G, % Наличие выделенных полос право- и левоповоротного движения Длина накопительных полос, выделенных лево и право поворотных полос L_s, м Наличие паркирования
Транспортные	Интенсивность движения, прив.ед/ч Идеальный поток насыщения, S_0 прив.ед/ч) Пиковый фактор, PHF Доля различных типов транспортных средств, % Интенсивность пешеходов на рассматриваемом подходе Vped, пеш/ч Остановки автобусов NB, автобус/ч Число маневров паркирующихся автомобилей Nm, маневр/ч Тип прибытия транспортных средств Доля транспортных средств, прибывающих на зеленый сигнал, P Скорость на подходе к перекрестку S_A, км/ч
Регулирования	Длина цикла регулированияC, с Длительность основного такта (зеленого сигнала) g, с Переходный интервал, Y с Жесткое или адаптивное регулирование Наличие пешеходного вызывного устройства Минимальная длительность зеленого сигнала, требуемая для пешеходов (на рассматриваемом подходе) g_p, с Длительность анализируемого периода T, мин или ч *

*Примечание: * в настоящее время имеются методики расчета задержек для случаев образования очереди транспортных средств (убывающая или возрастающая очередь), при этом учитывается длительность периода, для которого выполняются расчеты.*

9.2.2. Параметры групп полос используются для расчета потоков насыщения.

Приложение 4

РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ИНТЕРВАЛОВ, СОСТАВЛЕНИЕ МАТРИЦЫ ПЕРЕХОДНЫХ ИНТЕРВАЛОВ, УТОЧНЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ФАЗ

1. Определение длительности переходных интервалов

1.1. Длительность переходного интервала (т.е. время между окончанием зеленого сигнала одной фазы и начало зеленого сигнала в следующей фазе) обеспечивает безопасность движения на регулируемом перекрестке. Поэтому расчет цикла регулирования начинается с определения длительности переходных интервалов для всех возможных последовательностей фаз, т.е матрицы переходных интервалов (4.1).

1.2. Длительность промежуточного такта должна быть такой, чтобы автомобиль, подходящий к перекрестку на зеленый сигнал, при смене сигнала с зеленого на желтый смог либо остановиться у стоп-линии, либо успеть освободить перекресток (т.е. миновать конфликтные точки с транспортными потоками, начинающими движение в следующей фазе), до того, как на перекрестке начнут движение транспортные потоки, обслуживаемые последующей фазой. Длительность промежуточного такта определяется в соответствии с расчетной схемой, представленной на рисунке 4.1.

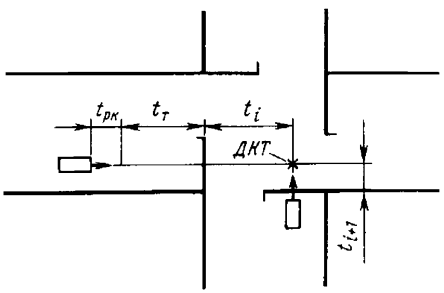


Рисунок 4.1 - Схема к определению длительности промежуточного такта

1.3. Длительность промежуточного такта определяется по (4.1):

$$t_{ni} = t_p + t_t + t_i - t_{i+1}, \qquad (4.1.)$$

где

t_{ni} – длительность промежуточного такта в рассматриваемой фазе регулирования i, с;

t_p – время реакции водителя на смену сигналов светофора, с;

t_t – время, необходимое автомобилю для проезда расстояния, равного тормозному пути, с;

t_i –время движения автомобиля до самой дальней конфликтной точки (ДТК), с;

t_{i+1} –время, необходимое для проезда от стоп-линий до ДТК автомобилю, начинающему движение в следующей фазе $i+1$.

1.4. Для упрощения расчетов по формуле4.2 длительность промежуточного такта может быть определена по (4.2):

$$t_{ni} = \frac{v}{7{,}2a} + 3{,}6\frac{(l_i + l)}{v}, \qquad (4.2)$$

где

v – средняя скорость транспортных средств при движении на подходе к перекрестку и в зоне перекрестка без торможения, км/ч;

a – среднее замедление транспортного средства при включении запрещающего сигнала (для практических расчетов a = 3-4 м/с^2);

l_i – расстояние от стоп-линий до самой *ДКТ*, м;

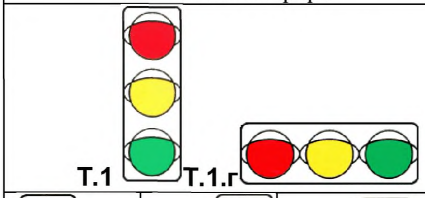
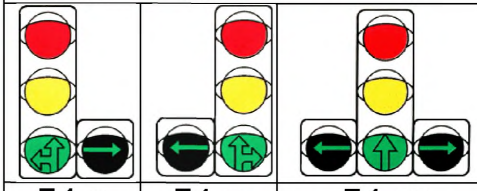
l – длина транспортного средства, наиболее часто встречающегося в потоке, м.

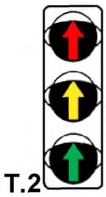
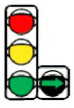
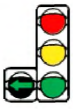
1.4. В случае если расчетная длительность промежуточного такта не превышает 3 с (длительность желтого сигнала по требованиям ГОСТ 52289-2004), то переходный интервал принимается, состоящим из одного такта. Если получаемая расчетом длительность промежуточного такта превышает 3 с, то переходный интервал формируется, включающим несколько вспомогательных тактов.

1.5. В соответствии с положениями действующих технических стандартов ГОСТ Р 52289-2004для светофоров Т.1, Т.3 любых исполнений, Т.2 и Т.9 (таблица 4.1) соблюдают последовательность включения сигналов: красный - красный с желтым - зеленый - желтый - красный.

Таблица 4.1

Типы светофоров, для которых используется последовательность включения сигналов: красный - красный с желтым - зеленый - желтый - красный

Тип светофора	Применение
	Светофоры Т.1 и Т.1.г применяют на перекрестках в случае одновременного пропуска транспортных средств во всех разрешенных направлениях с данного подхода к перекрестку и на регулируемых пешеходных переходах, расположенных между перекрестками
	Применяют для регулирования движения в определенных направлениях в случаях, когда движущийся по их разрешающему сигналу транспортный поток не имеет пересечений (слияний) в пределах перекрестка с транспортными потоками других направлений движения, а также пересечений с пешеходными потоками (бесконфликтное регулирование). В этом случае каждому направлению движения транспортных средств должен соответствовать свой светофор

<table>
<tr><td colspan="3">Тип светофора</td><td>Применение</td></tr>
<tr><td colspan="3">
Т.2</td><td>Применяют для регулирования движения в определенных направлениях в случаях, когда движущийся по их разрешающему сигналу транспортный поток не имеет пересечений (слияний) в пределах перекрестка с транспортными потоками других направлений движения, а также пересечений с пешеходными потоками (бесконфликтное регулирование). В этом случае каждому направлению движения транспортных средств должен соответствовать свой светофор</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2">Светофоры Т.3 любых исполнений допускается применять в качестве повторителей сигналов светофоров Т.1 таких же исполнений, если их видимость для водителя транспортного средства, остановившегося у стоп-линии на крайней полосе проезжей части данного направления, затруднена. Светофоры Т.3 любых исполнений устанавливают на одной стойке со светофорами Т.1 таких же исполнений</td></tr>
<tr><td>Т.3</td><td>Т.3.п</td><td>Т.3.л</td></tr>
<tr><td colspan="3">
Т.9</td><td>Применяют для регулирования движения велосипедистов в местах пересечения велосипедной дорожки с проезжей частью дороги или регулируемым пешеходным переходом</td></tr>
</table>

1.6. Длительность сигнала «красный с желтым» должна быть не более 2 с, длительность желтого сигнала во всех случаях должна быть 3 с.

1.7. Если расчетная длительность промежуточного такта превышает указанные значения, то длительность красного сигнала увеличивают на время превышения. Это требование не распространяется на случаи, когда на светофорном объекте используются контроллеры, не способные делить промежуточный такт.

1.8. Допускается последовательность включения сигналов «красный - зеленый - желтый – красный», если светофорный объект не включен в систему координированного управления движением.

2. Матрица переходных интервалов

2.1. Последовательность фаз регулирования считается оптимальной, если она обеспечивает минимальную суммарную длительность переходных интервалов в цикле. Для определения минимальной длительности рекомендуется составлять матрицу переходных интервалов.

2.2. Количество возможных последовательностей фаз регулирования mи количество всех их возможных парных сочетаний k определяется формулами (4.3, 4.4):

$$m = (n-1)!; \qquad (4.3)$$

$$k = n(n-1)!, \qquad (4.4)$$

где n – количество фаз регулирования.

2.3. Для рассматриваемого случая пересечения с тремя фазами регулирования (рисунок 4.2) *a*, *b* и *c* возможны две разных последовательности фаз.

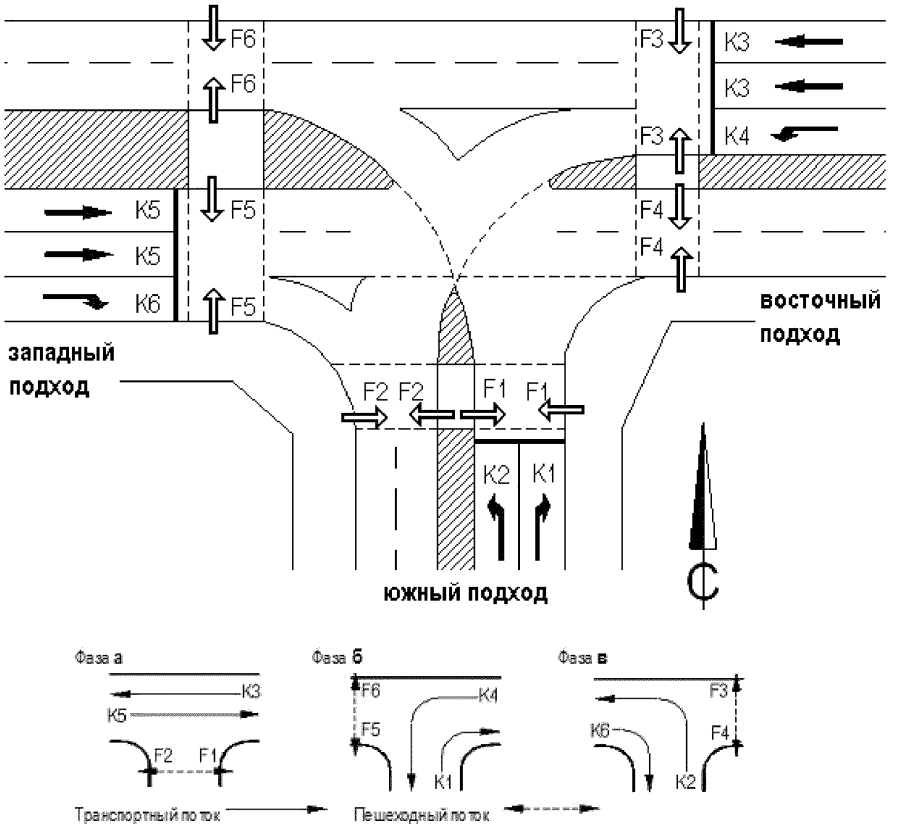


Рисунок 4.2 - План перекрестка и вариант фаз регулирования:Ki- транспортные потоки; i – индекс направления движения транспортного потока; Fj - пешеходные потоки; j - индекс пешеходного потока на перекрестке

2.3. Для каждого из сочетаний фаз следует определить критическую пару транспортных потоков, для которых конфликтная точка достигается потоком начинающейся фазы за наименьшее время после включения зеленого сигнала (рис. 4.3, 4.4).

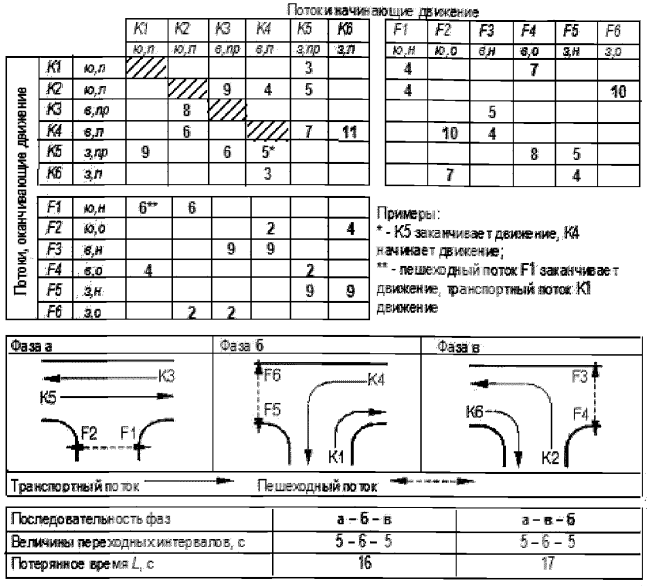


Рисунок 4.3 - Матрица переходных интервалов: *Ki*- транспортные потоки; *i* – индекс направления движения транспортного потока; *Fj* - пешеходные потоки; *j* - индекс пешеходного потока на перекрестке; индексы подходов к перекрестку: *з* – западный; *в* – восточный, *ю* – южный; индексы направлений движения: *л* – налево; *пр* – прямо; *п* – направо; индексы пешеходных переходов: *н* – транспортные потоки начинают движение, пересекая пешеходный переход; *о* – транспортные потоки оканчивают движение на перекрестке, пересекая пешеходный переход.

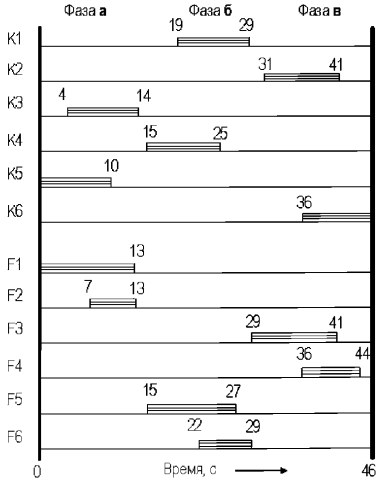


Рисунок 4.4 - План светофорной сигнализации (показаны только зеленые сигналы) для пересечения, представленного на рисунках 4.2 и 4.3: *Ki*- транспортные потоки; *Fj* - пешеходные потоки.

2.4. Пример расчета:

В соответствии с рисунками4.2, 4.3 при последовательности фаз *abc*для определения переходных интервалов транспортных потоков *К*5, *К*4, *К*2, составляющих последовательность: *К*5(*з,пр*) – *К*4(*в,л*) – *К*2(*ю,л*) – и снова *К*5(*з,пр*) с индексами потоков: *з,пр* – западный подход, движение прямо; *в,л* – восточный подход, движение налево; *ю,л* – южный подход, движение налево, при смене фазы *а* на фазу *b* между потоками *К*5(*з,пр*) и *К*1(*ю,п*) должен быть переходный интервал большой длительности, равный 9 с. При этом значение этого интервала не входит в сумму критических переходных интервалов последовательности фаз регулирования *abc*, поскольку в данном случае критическими являются сочетание *К*5(*з,пр*) и *К*4(*в,л*).

Согласно результатам расчетов, представленным на рисунке 4.4, наименьшее значение суммы критических переходных интервалов будет при чередовании фаз регулирования *abc*.

Приложение 5

РАСЧЕТ ПОТОКА НАСЫЩЕНИЯ

1. Понятия «поток насыщения» и «эффективная длительность зеленого сигнала».

1.1. Параметрами расчета режима регулирования являются поток насыщения, эффективная длительность зеленого сигнала (эффективная длительность фазы) и эффективная длительность красного сигнала.

1.2. Поток насыщения– установившаяся интенсивность движения через стоп-линию из очереди большой длины. Эта интенсивность достигается, как правило, между 10-й и 14-й секундами работы зеленого сигнала, что соответствует проезду над стоп-линией передней оси 4-го ÷ 6-го автомобилей после включения зеленого сигнала (рисунок 5.1).



Рисунок 5.1. - Момент наступление потока насыщения: t_i - интервал потока насыщения, наблюдаемый после проезда i – го автомобиля

1.3. Величина потока насыщения измеряется в автомобилях за час зеленого времени для группы полос или в расчете на одну полосу движения.

1.4. Поток после включения зеленого сигнала за короткий промежуток времени b приходит в состояние, при котором наблюдаются постоянные установившиеся интервалы между транспортными средствами τ. Поток находится в таком состоянии, пока не включается желтый сигнал, после чего поток уменьшается до нулевого значения. Пропускная способность фазы оценивается площадью под кривой графика (рисунок 5.2), которая численно равна площади прямоугольника с высотой, равной величине потока насыщения, и основанием – эффективной длительностью зеленого сигнала.

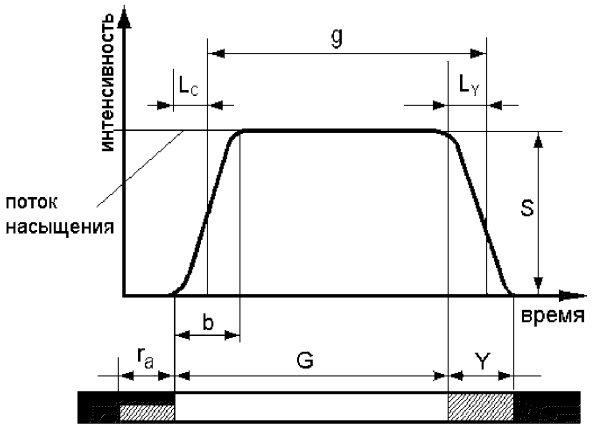


Рисунок 5.2 - Зависимость «интенсивность – время» для подхода к регулируемому перекрестку. Обозначения:
G – длительность зеленого сигнала;
Y – длительность желтого сигнала;
r_a – длительность сочетания красного и желтого сигналов;
g – эффективная длительность зеленого сигнала;
L_C – стартовые потери времени;
L_Y – часть желтого сигнала в конце фазы, используемая для движения; S – поток насыщения;
b – промежуток времени от включения разрешающего сигнала до наступления потока насыщения

1.5. Расчет потерь времени в фазе необходим при расчете пропускной способности коротких фаз (рис. 5.3).

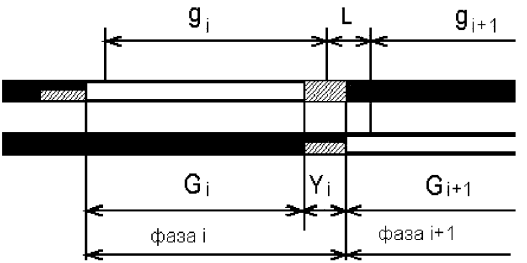


Рисунок 5.3 - Потерянное время L при переходе от фазы i к фазе i+1 – период времени между окончанием эффективной длительности сигнала в фазе i и началом эффективной длительности зеленого сигнала в следующей фазе i+1. Обозначения: G_i – длительности зеленых сигналов; g_i – эффективные длительности зеленых сигналов; Y_i – переходный интервал от фазы i к к фазе i+1(в конкретном примере он состоит из одного вспомогательного такта).

1.6. Эффективные длительности зеленого g и красного сигналов rопределяются по (5.1, 5.2):

$$G = G + L_y - L_c; \quad (5.1)$$

$$r = C - g. \quad (5.2)$$

где

G– длительности зеленого сигнала, с;

Y – длительность желтого сигнала, с

L_C – стартовые потери времени,с;

L_Y – часть желтого сигнала в конце фазы, используемая для движения.

Стартовые потери времени L_C колеблются в диапазоне значений 2-4 с, при этом значения 3-4 с следует принимать в случаях, когда создаются помехи пешеходами, не успевшими освободить проезжую часть. Часть желтого сигнала в конце фазыL_Y, используемая для движения, составляет 1-2 с.

1.7. Потерянное время L_{i+1}в фазеi+1рассматривают как промежуток между окончанием эффективной длительности зеленого сигнала g_i в предыдущей фазе и началом эффективной длительности зеленого сигнала g_{i+1} в рассматриваемой фазе (рисунок 5.3).Сумма потерь времени всех фаз используется в расчете длительности цикла регулирования.

1.8. Поскольку прослеживается влияние парка транспортных средств на величину потока насыщения в таблице 5.1 приведены в хронологическом порядке данные о потоках насыщения.

Таблица 5.1

Величина потока насыщения

Авторы или источник	Год публикации		Величина потока насыщения, прив.ед/ч
Greenshilds B.D.	1947	одна полоса	1714
Capelly D.S., Pinnell C.	1961	одна полоса	1714
Webster F.V., Cobbe B.M.	1966	Ширина подхода к перекрестку 10 фт (3,05 (м)) 12 фт (3,66 (м)) 14 фт (4,27 (м)) 16 фт (4,88 (м))	 1850 1900 2075 2475
Carstens R.L.	1971	одна полоса	1572
King G.F., Wilkinson M.	1976	одна полоса	1636
Branston D.,Van Zuylen	1978	одна полоса	1750
Kunzman W.	1978	одна полоса	1672
Branston D.	1979	Ширина подхода к перекрестку 9,8 фт (2,98 (м)) 10,8 фт (3,29 (м)) 11,8 фт (3,60 (м)) 14,1 фт (4,39 (м))	 1757 1767 1771 2050
Sosin J.A.	1980	одна полоса	1895

Авторы или источник	Год публикации		Величина потока насыщения, прив.ед/ч
Никурадзе Н.Ш.	1981	одна полоса	2150 — 2250
Shanteau R.M.	1988	одна полоса	1900 — 2000
Highway Capacity Manual	1985	одна полоса	1800
Highway Capacity Manual	2000	одна полоса	1900
Левашев А.Г. 2004	2000-2004	одна полоса	1904

1.9. В соответствии с современными данными при ширине полосы движения 3,5 и более, поток насыщения следует принимать 1900 прив.авт./ч.

2. Расчет потока насыщения

2.1. Расчетное значение потока насыщения S группы полос в конкретных дорожных условиях определяется по (5.3):

$$S = S_o \cdot N \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb} \ , \quad (5.3)$$

где

S_O – идеальный поток насыщения, прив.авт./ч (по умолчанию 1900);

N -количество полос движения в составе группы;

f_W - коэффициент, учитывающий ширину полосы движения;

f_{HV} - коэффициент, учитывающий долю грузовых автомобилей в потоке;

f_g - коэффициент, учитывающий продольные уклоны;

f_P - коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые парующимися транспортными средствами;

f_{bb} - коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые автобусами;

f_a - коэффициент, учитывающий тип территории;

f_{LU} – коэффициент, учитывающий неравномерность загрузки полос движения;

f_{LT} - коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые поворачивающими налево транспортными средствами в составе группы;

f_{RT} - коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые поворачивающими направо транспортными средствами в составе группы;

f_{Lpb} - коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые пешеходами при повороте налево;

f_{Rpb} - коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые пешеходами при повороте направо.

2.2. Идеальный поток насыщения S_O определяется экспериментально для потоков, состоящих только из легковых автомобилей, в следующих условиях:

- ширина полосы движения 3,6 м;
- уклон на подходе к перекрестку равен 0%;
- сухое дорожное покрытие;
- отсутствие помех, создаваемых паркующимися автомобилями и остановками общественного транспорта;
- отсутствие конфликтующих пешеходных, велосипедных и транспортных потоков;
- отсутствие в потоке грузовых автомобилей и автобусов.

2.3. В таблице 5.2 приведены формулы расчета коэффициентов, входящих в состав уравнения 5.3, позволяющие скорректировать значение идеального потока насыщения, учитывая реальные условия движения.

Таблица 5.2

Коэффициенты расчета потока насыщения в конкретных дорожных условиях

Коэффициент учитывающий:	Формула	Переменные, используемые в расчете	Примечания
Ширину полос	$f_w = 1 + \frac{(W - 3{,}6)}{9}$	W - ширина полосы, м	$W \geq 2{,}4$ м если W> 4,8 м, полосу можно рассматривать как две полосы
Продольный уклон	$f_g = 1 - \frac{\%G}{200}$	G - величина продольного уклона на подходе к перекрестку, %	$-6 \leq \%G \leq +10$ Минус означает движение “вниз”
Паркирование	$f_p = \frac{N - 0{,}1 - \frac{18N_m}{3600}}{N}$	N – число полос в группе N_m – число маневров, связанных с паркированием (парк/ч)	$0 \leq N_m \leq 180$ $f_p \geq 0{,}05$ f_p = 1,0 в случае отсутствия паркирования
Остановки автобусов	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14{,}4N_B}{3600}}{N}$	N – число полос в группе движения N_B – число автобусных остановок (автоб/ч)	$0 \leq N_B \leq 250$ $f_{bb} \geq 0{,}05$
Тип территории	в центральном районе f_a= 0,9 в других районах f_a= 1,0	—	—
Использование полос	$f_{LU} = v_g / (v_{g1} N)$	v_g – интенсивность движения в группе полос v_{g1}– интенсивность движения на максимально загруженной полосе в группе N – число полос в группе	—
Повороты налево	Бесконфликтное движение: выделенная полоса f_{LT}= 0,95 полоса с распределением потоков $f_{LT} = \frac{1}{1{,}0 + 0{,}05 P_{LT}}$	P_{LT} - доля транспортных средств, поворачивающих налево в группе полос	В случае конфликтного или при сочетании конфликтного и бесконфликтного движения применяется специальная процедура (см. раздел …)
Повороты	Выделенная	P_{RT} - доля транспортных	$f_{RT} \geq 0{,}05$

Коэффициент учитывающий:	Формула	Переменные, используемые в расчете	Примечания
направо	полоса: f_{RT}= 0,85 полоса с распределением потоков f_{RT}= 1,0-(0,15)P_{RT} Однополосный подход: f_{RT}= 1,0-(0,135)P_{RT}	средств, поворачивающих направо в группе полос	
Влияние пешеходов на левоповоротные и правоповоротные потоки.	Для движения налево: f_{Lpb} Для движения направо: f_{Rpb}	P_{LT} - доля транспортных средств, поворачивающих налево в группе движения V_o – приведенная интенсивность движения в противоположном приоритетном потоке P_{RT}- доля транспортных средств, поворачивающих направо в группе движения	Специальная процедура
Влияние пешеходов на левоповоротные и правоповоротные потоки.	Для движения налево: f_{Lpb} Для движения направо: f_{Rpb}	P_{LT} - доля транспортных средств, поворачивающих налево в группе движения V_o – приведенная интенсивность движения в противоположном приоритетном потоке P_{RT}- доля транспортных средств, поворачивающих направо в группе движения	Специальная процедура

2.4. Коэффициент, учитывающий ширину полосы движения f_W. Значение ширины полосы движения может варьировать в пределах от 2,4 до 4,8 м. Полосу движения шириной более 4,8 м следует рассматривать как две узкие полосы движения.

2.5. Коэффициенты, учитывающие величину уклона f_G. Значение величины продольного уклона на подходе G может меняться к перекрестку в пределах от -6% до +10% («минус» – означает, что поток на подходе движется вниз, «плюс» – поток движется вверх).

2.6. Коэффициент, учитывающий наличие уличных стоянок f_P. Автомобили, маневрирующие с целью постановки на уличную стоянку, создают помехи потоку, движущемуся по группе полос, вдоль которой разрешены уличные стоянки. Предполагается, что каждый такой маневр блокирует движение по соответствующей полосе движения, в среднем, на 18 с. Учитываются только те уличные стоянки, которые находятся на расстоянии не более 75 метров перед, или после рассматриваемого перекрестка. При наличии более 180 маневров за час принимается

предельное значение – 180 маневров/ч. При отсутствии уличной стоянки значение коэффициента f_P принимается равным 1,0.

2.7. Коэффициент, учитывающий наличие автобусных остановок f_{bb}. Коэффициент учитывает помехи, создаваемые потоку, движущемуся по группе полос, вдоль которой размещен остановочный пункт. Учитываются только те остановки, которые находятся на расстоянии не более 75 метров перед или после рассматриваемого перекрестка. В случае, если на остановочном пункте останавливается более 250 автобусов в час, необходимо принимать предельное значение, равное 250 авт./ч. В среднем величина помехи от одного остановившегося автобуса принимается равной 14,4 с в течение зеленого сигнала.

2.8. Коэффициент, учитывающий тип территории f_A. Коэффициент учитывает относительное снижение потока насыщения в центральных районах города, по сравнению с остальными районами. Здесь учитывается совокупность узких улиц, частого паркирования, деятельности такси и автобусов, малых радиусов поворотов, ограниченных возможностей использования выделенных левоповоротных полос движения, большого количества пешеходов. Значение данного коэффициента выбирается в зависимости от наличия перечисленных выше факторов.

2.9. Коэффициент, учитывающий неравномерность загрузки полос движения f_{LU}.Коэффициент учитывает неравномерное распределение транспортного потока по полосам в группе полос, включающей более одной полосы. Равномерность распределения транспортного потока по полосам в группе полос определяется в результате натурного обследования. При отсутствии возможности обследования для группы с количеством полос движения более одной значение коэффициента f_{LU} принимается равным 0,95 (5.4).

$$f_{LU} = \frac{v_g}{\left(v_{g1} N\right)}, \qquad (5.4)$$

где

v_g – интенсивность движения по группе полос, прив.ед./ч;

v_{g1} – интенсивность движения по наиболее загруженной полосе в группе, прив.ед./ч;

N - количество полос движения в группе.

2.10. Коэффициент, учитывающий правоповоротное движение f_{RT}. Коэффициент f_{RT} учитывает, прежде всего, геометрические особенности рассматриваемого регулируемого пересечения. Возможны три случая:

- правоповоротное движение осуществляется по выделенной полосе;
- правоповоротное движение осуществляется по распределяющей полосе;
- правоповоротное движение осуществляется с подхода к перекрестку, имеющего лишь одну полосу движения (т.е. левые, правые повороты и прямое движение осуществляются с одной полосы).

При разрешении правоповоротных поворотов на красный сигнал, интенсивность автомобилей, совершающих поворот, должна быть вычтена из расчетной величины интенсивности правоповоротного движения.

2.11. Коэффициент, учитывающий левоповоротное движение f_{LT}. При определении коэффициента f_{LT} различают два случая:

- движение налево осуществляется в конфликте с противоположным приоритетным транспортным потоком;

- левоповоротный поток движется без конфликта.

В случае отсутствия конфликта левоповоротный поток рассматривается аналогично правоповоротному потоку. В случае движения с конфликтом или при сочетании бесконфликтного движения и движения с конфликтом (например, при ранней «отсечке») используется специальная процедура расчета коэффициента f_{LT}.

2.12. Коэффициенты, учитывающие помехи, создаваемые пешеходами лево- и правоповоротным транспортным потокам f_{Lpb} и f_{Rpb}. Для определения этих коэффициентов применяются специальные расчетные процедуры. При этом для левоповоротных потоков учитывается не только конфликт с пешеходным потоком, но и одновременный конфликт с транспортным потоком.

3. Расчет фазовых коэффициентов.

3.1. Для определения величины фазового коэффициента каждой из групп полос, обслуживаемых рассматриваемой фазой, определяют отношение интенсивности к величине потока насыщения и выбирают наибольшее из полученных значений(5.3):

$$y_i = \max\left(v_{ji}/S_{ji}\right), \qquad (5.3)$$

где

y_i – фазовый коэффициент фазы i;

v_{ij} – интенсивность движения на группе полос j в течение фазы регулирования i;

S_{ij} – поток насыщения группы полос j в течение фазы регулирования i.

3.2. При пропуске какого-либо транспортного потока в течение двух и более фаз для него отдельно рассчитывают фазовый коэффициент, который не принимают в качестве расчетного. Этот фазовый коэффициент должен быть не более суммы расчетных фазовых коэффициентов тех фаз, в течение которых этот поток пропускается. Если это условие не соблюдается, то один или несколько расчетных фазовых коэффициентов, входящих в эту сумму, должны быть искусственно увеличены.

Приложение 6

РАСЧЕТ РЕЖИМА РЕГУЛИРОВАНИЯ

1. Минимальная возможная длительность цикла регулирования при рассматриваемых значениях фазовых коэффициентов (6.1):

$$C_{\min} = L \Big/ \left(1 - \sum_{i=1}^{n} y_i\right), \qquad (6.1)$$

где

L – продолжительность потерянного в цикле времени; с;

$\sum_{i=1}^{n} y_i$ – сумма фазовых коэффициентов;

n– число фаз в цикле.

2. Оптимальная длительность цикла регулирования определяется по формуле Вебстера (6.2):

$$C_{\min} = (1{,}5L + 5) \Big/ \left(1 - \sum_{i=1}^{n} y_i\right) \qquad (6.2)$$

3. Суммарная эффективная длительность зеленых сигналов в цикле $\sum_{i=1}^{n} G_i$ (6.3):

$$\sum_{i=1}^{n} G_i = C - \sum Y_i , \qquad (6.3)$$

где

C – выбранная расчетная продолжительность цикла, с;

Y_i – длительность переходного интервала в фазе i.

4. Длительность зеленого сигнала фазы i (6.4)

$$G_i = \frac{y_i}{\sum_{i=1}^{n} y_i} \sum_{i=1}^{n} G_i . \qquad (6.4)$$

5. Продолжительность каждой из фаз, в которой присутствует движение пешеходов, должна обеспечивать их безопасно. Продолжительность времени необходимого для перехода проезжей части рассчитывается по (6.5, 6.6):

$$G_p = 3{,}2 + \frac{L}{S_p} + \left(0{,}81 \frac{N_{ped}}{W_E}\right) \quad \text{для } W_E > 3{,}0 \text{ (м)}; \qquad (6.5)$$

$$G_p = 3{,}2 + \frac{L}{S_p} + (0{,}27 N_{ped}) \quad \text{для } W_E \le 3{,}0 \text{ (м)}, \qquad (6.6)$$

где

G_p – минимальная длительность зеленого времени, необходимая для пересечения пешеходами рассматриваемой группы полос движения, с;

L – длина пешеходного перехода, м;

S_p – средняя скорость передвижения пешехода, м/с;
W_E – эффективная ширина пешеходного перехода, м;
3,2 – время, требуемое пешеходам на реакцию на смену сигналов и начало движения, с;
N_{ped} – количество пешеходов, пересекших рассматриваемый переход в течение одного цикла регулирования.

6. Среднее значение скорости движения пешеходов S_p через переход принимается равным 1,2 м/с (т.е. скорость 15% обеспеченности). Значение S_p может варьироваться в зависимости от типа района, геометрических особенностей пешеходного перехода, среднестатистического возраста населения в данном районе.

7. Параметр N_{ped} определяется по (6.7):

$$N_{ped} = \frac{v_{ped} C}{3600}, \qquad (6.7)$$

где
v_{ped} – интенсивность пешеходов в час, пеш/ч;
C – длительность цикла регулирования, с.

8. Пропускная способность полосы движения при условии движения без конфликтов на регулируемом пересечении определяется согласно (6.8):

$$c_{ji} = \frac{S_{ji} g_i}{C}, \qquad (6.8)$$

где
c_{ji} – пропускная способность полосы j в течение фазы регулирования i , прив.ед./ч;
S_{ij} – поток насыщения полосы j в течение фазы регулирования i, прив.ед./ч;
g_j – эффективная длительность фазы регулирования i, с;
C– длительность цикла регулирования, с.

Приложение 7

РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОВОРОТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ С КОНФЛИКТОМ

1. Расчет пропускной способности левоповоротного направления при конфликте с потоком прямого направления

1.1. В случае, если левоповоротный поток, входящий в рассматриваемую группу полос, осуществляет движение в конфликте с противоположным приоритетным транспортным потоком, то расчет пропускной способности выполняется с использованием специальной дополнительной процедуры – определения коэффициента приведения потока насыщения f_{LT}, учитывающего левоповоротное движение с конфликтом.

1.2. В общем виде в случае движения с конфликтом коэффициент f_{LT} определяется по (7.1):

$$f_{LT} = \frac{G_Б}{G} \cdot f'_{LT} + \frac{G_K}{G} \cdot f''_{LT}, \qquad (7.1)$$

где

$G_Б$ – длительность зеленого сигнала, в течение которого движение налево осуществляется без конфликта, с;

G_K – длительность зеленого сигнала, в течение которого движение налево осуществляется с конфликтом, с;

f'_{LT} – коэффициент приведения потока насыщения, учитывающий левоповоротное движение без конфликта;

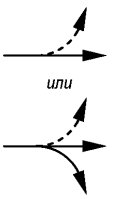
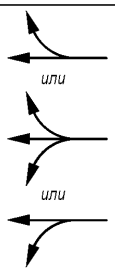
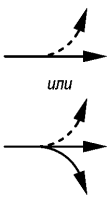
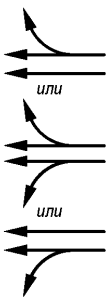
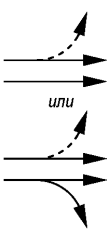
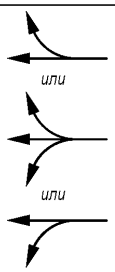
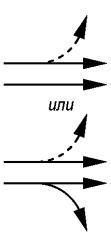
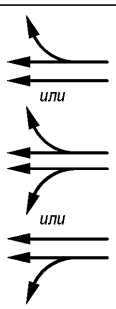
f''_{LT} – коэффициент приведения потока насыщения, учитывающий левоповоротное движение с конфликтом, процедура расчета которого рассмотрена ниже.

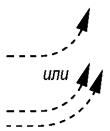
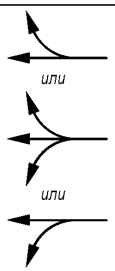
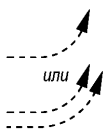
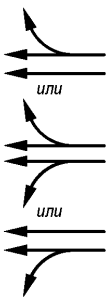
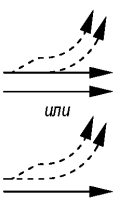
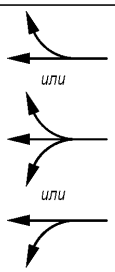
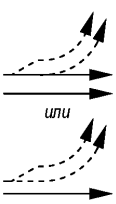
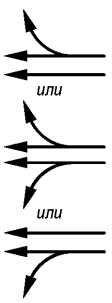
1.3. В таблице7.1 сведены возможные конфликтные ситуации, для которых предусмотрен алгоритм определения параметра f''_{LT}.

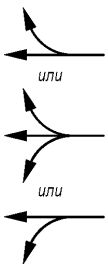
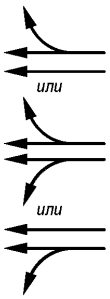
Таблица 7.1

Возможные случаи конфликтов

№ п/п	Группа полос, включающая рассматриваемый левоповоротный поток	Противоположная группа полос главного направления	Примечания	Параметр f''_{LT}

№ п/п	Группа полос, включающая рассматриваемый левоповоротный поток	Противоположная группа полос главного направления	Примечания	Параметр f''_{LT}
1			$N = 1$, $N_O = 1$	Определяется по рис. 7.1
2			$N = 1$, $N_O = 2$	Определяется по рис. 7.2
3			$N = 2$, $N_O = 1$	Определяется по рис. 7.3
4			$N = 2$, $N_O = 2$	Определяется по рис. 7.4

№ п/п	Группа полос, включающая рассматриваемый левоповоротный поток	Противоположная группа полос главного направления	Примечания	Параметр f''_{LT}
5			*Движение налево по выделенной полосе* $N_O = 1$	Определяется по рис. 7.5
6			*Движение налево по выделенной полосе* $N_O = 2$	Определяется по рис. 7.5
7			$N = 3$, $N_O = 1$	По рис. 7.3 определяется $f''_{LT\,(N=2)}$ Затем: $f''_{LT\,(N=3)} = f''_{LT\,(N=2)} + 0{,}4$
8			$N = 3$, $N_O = 2$	По рис. 7.4 определяется $f''_{LT\,(N=2)}$ Затем: $f''_{LT\,(N=3)} = 0{,}5 \cdot f''_{LT\,(N=2)} + 0{,}5$

№ п/п	Группа полос, включающая рассматриваемый левоповоротный поток	Противоположная группа полос главного направления	Примечания	Параметр f''_{LT}
9			$N = 4,$ $N_O = 1$	По рис. 7.3 определяется $f''_{LT\,(N=2)}$ Затем: $f''_{LT\,(N=4)} = 0{,}5 \cdot f''_{LT\,(N=2)} + 0{,}4$
10			$N = 4,$ $N_O = 2$	По рис. 7.4 определяется $f''_{LT\,(N=2)}$ Затем: $f''_{LT\,(N=3)} = 0{,}3 \cdot f''_{LT\,(N=2)} + 0{,}55$

1.4. На рисунках 7.1 – 7.5 представлены графики зависимостей параметра f''_{LT} от таких параметров, как:

– интенсивности движения V_O в противоположной группе полос главного направления (прив.ед./ч);

– доля левоповоротного потока в рассматриваемой группе полос, P_{LT};

– количество полос N в рассматриваемой группе;

– количество полос N_O в противоположной группе.

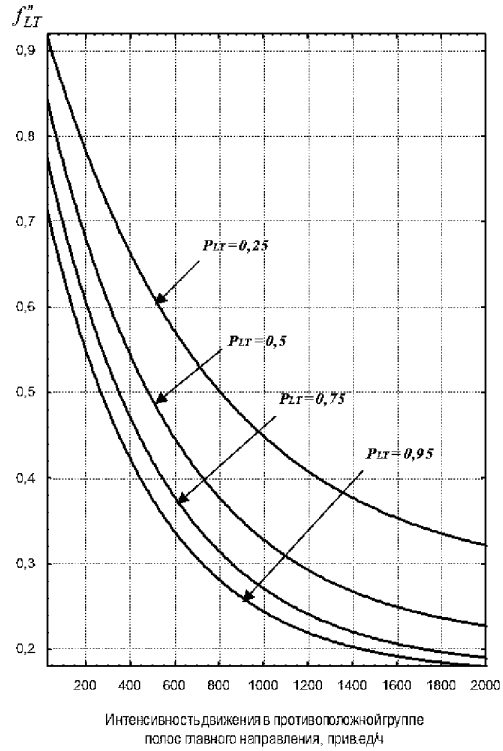


Рисунок 7.1 - Графики зависимости параметра f''_{LT} от интенсивности противоположного потока ($N = 1$, $N_O = 1$)

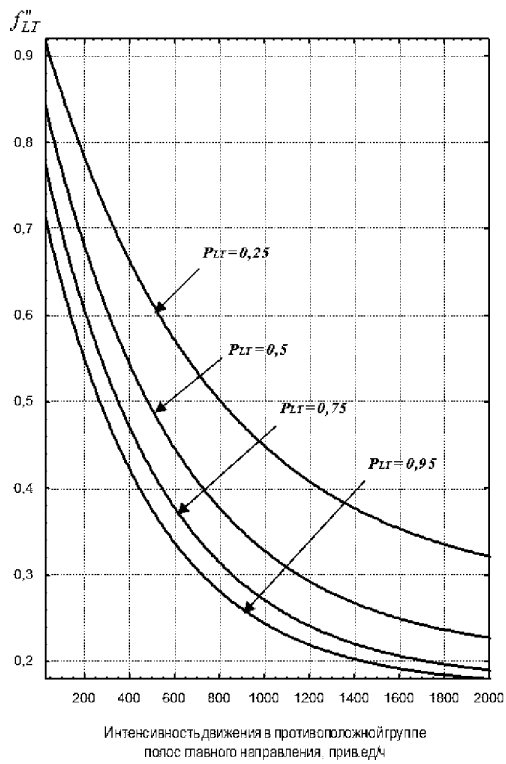


Рисунок 7.2 - Графики зависимости параметра f''_{LT} от интенсивности противоположного потока ($N = 1$, $N_O = 2$)

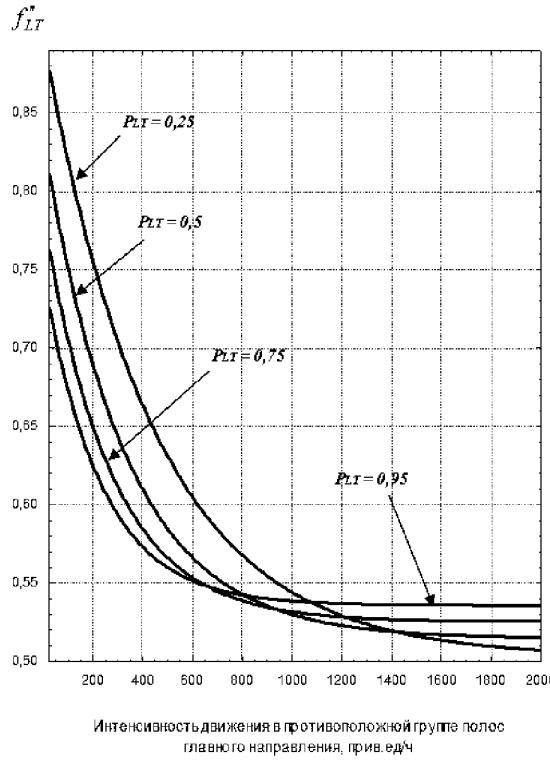


Рисунок 7.3 - Графики зависимости параметра f''_{LT} от интенсивности противоположного потока ($N = 2$, $N_O = 1$)

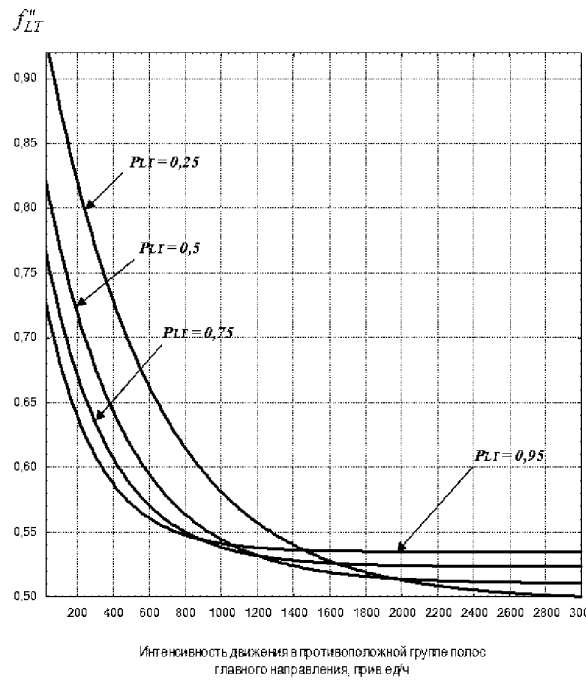


Рисунок 7.4 - Графики зависимости параметра f''_{LT} от интенсивности противоположного потока ($N = 2$, $N_O = 2$)

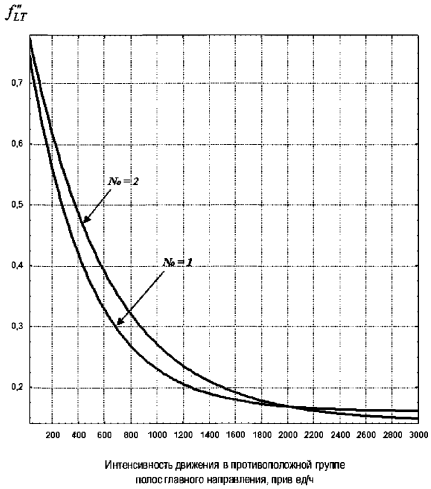


Рисунок 7.5 - Графики зависимости параметра f''_{LT} от интенсивности противоположного потока (движение налево по выделенной полосе)

2. Расчет пропускной способности левоповоротного направления при конфликте с пешеходным потоком

2.1. В случае, если левоповоротный поток, входящий в рассматриваемую группу полос, осуществляет движение в конфликте с пешеходным потоком, то расчет пропускной способности осуществляется с использованием специальной процедуры. Определяется значение коэффициента приведения потока насыщения f_{Lpb}, учитывающего левоповоротное движение с конфликтом.

2.2. В общем виде в случае движения с конфликтом коэффициент f_{Lpb} может быть определен по (7.2):

$$f_{Lpb} = \frac{G_Б}{G} \cdot f'_{Lpb} + \frac{G_K}{G} \cdot f''_{Lpb}, \qquad (7.2)$$

где

$G_Á$ – длительность зеленого сигнала, в течение которого движение налево осуществляется без конфликта, с;

G_K – длительность зеленого сигнала, в течение которого движение налево осуществляется с конфликтом, с;

f'_{Lpb} – коэффициент приведения потока насыщения, учитывающий левоповоротное движение без конфликта;

f''_{Lpb} – коэффициент приведения потока насыщения, учитывающий левоповоротное движение с конфликтом, процедура расчета которого рассмотрена ниже.

Ниже представлены графики зависимостей параметра f''_{Lpb} от следующих параметров:

– интенсивность движения на одну полосу V_{OL} в противоположной группе полос главного направления, прив.ед./ч;

– доля левоповоротного потока в рассматриваемой группе полос, P_{LT};

– количество полос $N_{П}$ в рассматриваемой группе, с которых разрешено движение налево;

– количество полос $N_{ПР}$ имеющихся для левоповоротного потока на входе;

– количество полос N_{O} в противоположной группе;

– интенсивность движения V_{P} главного пешеходного потока, пеш./ч.

На рисунке7.6 представлена схема перекрестка с рассматриваемыми участниками движения и относящимися к ним параметрами.

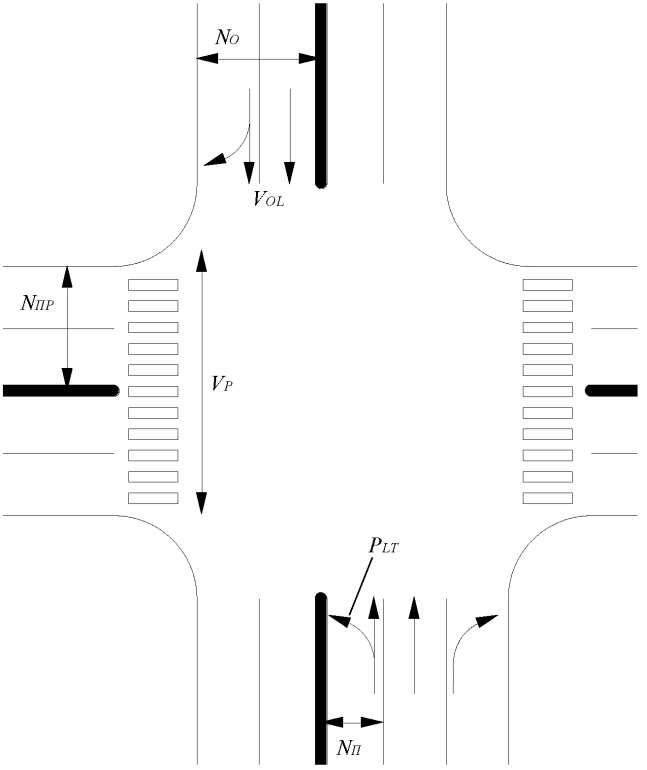


Рисунок 7.6 - Параметры, требуемые для определения коэффициента приведения потока насыщения, учитывающего движение налево в конфликте с пешеходами

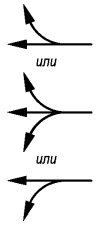
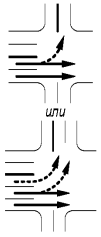
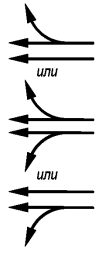
Интенсивность движения на одну полосу V_{OL} в противоположной группе полос главного направления определяется, как отношение интенсивности в данной группе к количеству в ней полос движения (7.3):

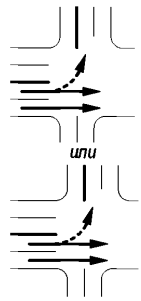
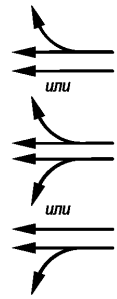
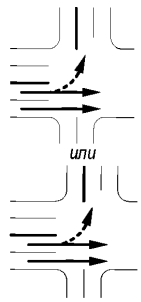
$$V_{OL} = \frac{V_O}{N_O}. \qquad (7.3)$$

В таблице 7.2 сведены возможные конфликтные ситуации, для которых предусмотрен алгоритм определения параметра f''_{Lpb}.

Таблица 7.2

Возможные случаи конфликтов

№ п/п	Группа полос, включающая рассматриваемый левоповоротный поток	Противоположная группа полос главного направления	Примечания	Параметр f''_{Lpb}
1			$N_П = N_{ПР}$, $N_O = 1$	Определяется по рис. 7.7 – 7.10 в зависимости от V_O и P_{LT}
2			$N_П = N_{ПР}$, $N_O = 2$	Определяется по рис. 7.7 – 7.10 $f''_{Lpb(N_O=1)}$ Затем: $f''_{Lpb(N_O=2)} = 0{,}5 \cdot f''_{Lpb(N_O=1)} + 0{,}5$
3			$N_П < N_{ПР}$, $N_O = 1$	Определяется по рис. 7.7 – 7.10 $f''_{Lpb(N_Л = N_{ЛЕВ})}$ Затем: $f''_{Lpb(N_Л < N_{ЛЕВ})} = 0{,}6 \cdot f''_{Lpb(N_Л = N_{ЛЕВ})} + 0{,}4$

№ п/п	Группа полос, включающая рассматриваемый левоповоротный поток	Противоположная группа полос главного направления	Примечания	Параметр f''_{Lpb}
4			$N_П < N_{ПР}$, $N_O = 2$	Определяется по рис. 7.7 – 7.10 $f''_{Lpb(N_O=1)}$ Затем: $f''_{Lpb(N_O=2)} = 0{,}5 \cdot f''_{Lpb(N_O=1)} + 0{,}5$ Затем: $f''_{Lpb(N_Ï < N_{ÏÐ})} = 0{,}6 \cdot f''_{Lpb(N_Ï = N_{ÏÐ})} + 0{,}4$
5		Движение налево без конфликта с транспортными потоками	$N_П = N_{ПР}$	Определяется по рис. 7.7 – 7.10 f''_{Lpb} при $V_O = 0$ прив.ед/ч
6		Движение налево без конфликта с транспортными потоками	$N_П < N_{ПР}$	Определяется по рис. 7.7 – 7.10 при $V_O = 0$ прив.ед/ч Затем: $f''_{Lpb(N_Ï < N_{ÏÐ})} = 0{,}6 \cdot f''_{Lpb(N_Ï = N_{ÏÐ})} + 0{,}4$

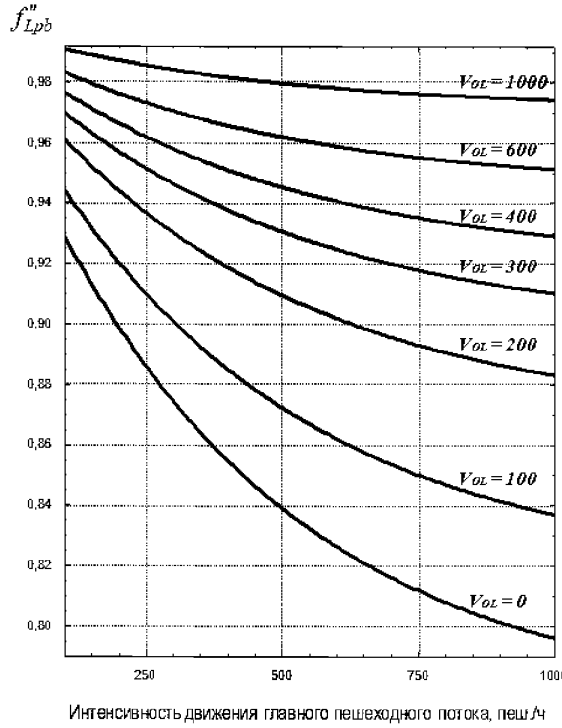


Рисунок 7.7 - Графики зависимости параметра f''_{Lpb} от интенсивностей главных пешеходного V_P (пеш./ч) и транспортного V_{OL} (прив.ед/ч) потоков (P_{LT} =0,25)

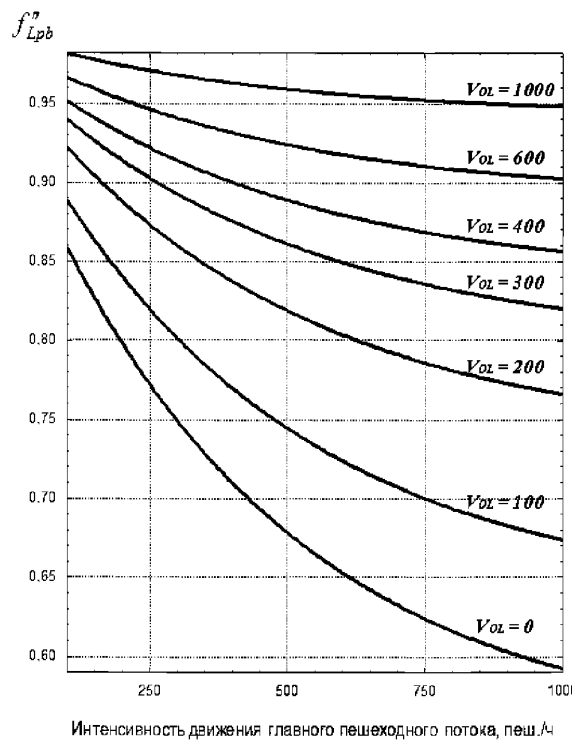


Рисунок 7.8 - Графики зависимости параметра f''_{Lpb} от интенсивностей главных пешеходного V_P (пеш./ч) и транспортного V_{OL} (прив.ед/ч) потоков (P_{LT} = 0,5)

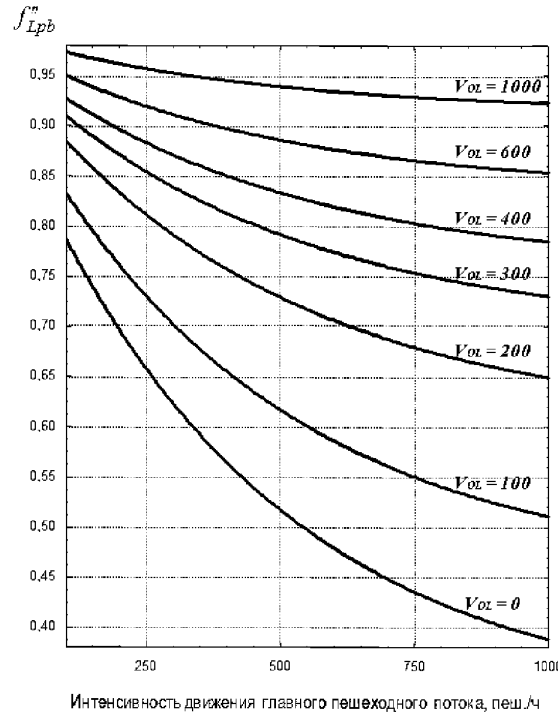


Рисунок 7.9 - Графики зависимости параметра f''_{Lpb} от интенсивностей главных пешеходного V_P (пеш./ч) и транспортного V_{OL} (прив.ед/ч) потоков ($P_{LT} = 0{,}75$)

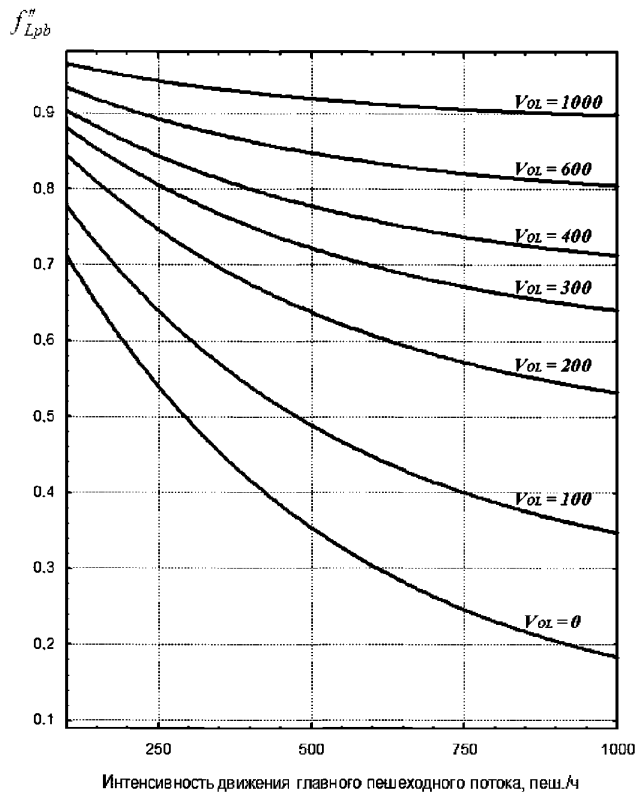


Рисунок 7.10 - Графики зависимости параметра f''_{Lpb} от интенсивностей главных пешеходного V_P (пеш./ч) и транспортного V_{OL} (прив.ед./ч) потоков ($P_{LT} = 0{,}1$)

3. Расчет пропускной способности для случая правоповоротного движения в конфликте с пешеходными потоками

3.1. В случае, если правоповоротный поток, входящий в рассматриваемую группу полос, осуществляет движение в конфликте с пешеходным потоком, то расчет пропускной способности осуществляется с использованием дополнительной процедуры. Рассчитывается значение коэффициента приведения потока насыщения f_{Rpb}, учитывающего правоповоротное движение с конфликтом.

3.2. В общем виде в случае движения с конфликтом коэффициент f_{Rpb} может быть определен по (7.4):

$$f_{Rpb} = \frac{G_{\acute{A}}}{G} \cdot f'_{Rpb} + \frac{G_{\hat{E}}}{G} \cdot f''_{Rpb}, \qquad (7.4)$$

где

$G_{\acute{A}}$ – длительность зеленого сигнала, в течение которого движение налево осуществляется без конфликта, с;

G_K – длительность зеленого сигнала, в течение которого движение налево осуществляется с конфликтом, с;

f'_{Rpb} – коэффициент приведения потока насыщения, учитывающий правоповоротное движение без конфликта;

f''_{Rpb} – коэффициент приведения потока насыщения, учитывающий правоповоротное движение с конфликтом, процедура расчета которого рассмотрена ниже.

3.3. Ниже представлен график зависимостей параметра f''_{Rpb} от следующих параметров:

- доля правоповоротного потока в рассматриваемой группе полос, P_{RT};
- интенсивность движения V_P главного пешеходного потока, пеш./ч;
- количество полос N_{Π} в рассматриваемой группе, с которых разрешено движение налево;
- количество полос $N_{\Pi P}$ имеющихся для левоповоротного потока на входе.

3.4. Параметры N_{Π} и $N_{\Pi P}$ определяются исходя из геометрии перекрестка аналогично случаю движения с конфликтом налево. Если N_{Π} меньше $N_{\Pi P}$, то:

$$f''_{Rpb\,(N_{\Pi} < N_{\Pi P})} = 0{,}6 \cdot f''_{Rpb\,(N_{\Pi} = N_{\Pi P})} + 0{,}4, \qquad (7.5)$$

где $f''_{Rpb\,(N_{\Pi} = N_{\Pi P})}$ – значение параметра f''_{Rpb}, полученное по рисунку 7.11.

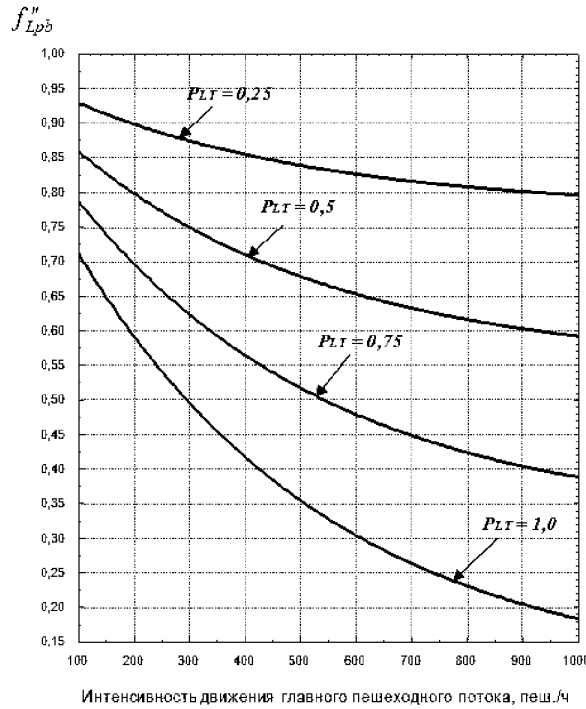


Рисунок 7.11 - Графики зависимости параметра f''_{Rpb} от интенсивности V_P (пеш./ч) главного пешеходного потока и доли правоповоротного потока в рассматриваемой группе полос P_{LT} потоков ($N_П = N_{ПР}$)

Приложение 8

РАСЧЕТ ЗАДЕРЖЕК И ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

1. Методика расчета задержек транспортных средств

1.1. Расчет транспортных задержек на регулируемом пересечении (задержек регулирования) выполняется по (8.1):

$$d = d_1(K_{пр}) + d_2, \qquad (8.1)$$

где

d – средняя задержка регулирования на один легковой автомобиль (с/прив.ед.);

d_1 – стандартная задержка, предполагающая одинаково повторяющееся прибытие автомобилей к перекрестку, с/прив.ед.;

$K_{пр}$ – коэффициент прогрессии для стандартной задержки, учитывающий прогрессию регулирования;

d_2 – дополнительная задержка, учитывающая случайность прибытия транспортных средств, с/прив.ед.

1.2. Качество прогрессии (сочетания двух характеристик: доли транспортных средств, прибывающих на зеленый сигнал, и доли связанной части потока, т.е. доли транспортных средств, прибывающих в «пачках») характеризуется типом прибытия $T_П$. Этот параметр определяется для каждой группы полос движения. В таблице8.1 представлено 6 типов прибытия транспортных средств к регулируемому перекрестку. Тип прибытия рекомендуется определять при проведении натурных обследований.

Таблица 8.1

Типы прибытия транспортных средств к регулируемому перекрестку

Тип прибытия, $T_П$	Пояснения
1	Плотный поток (более 80% всех автомобилей) прибывает к началу красного сигнала – низкая прогрессия
2	Умеренно плотный поток (40 – 80%) прибывает в течение красного сигнала – как правило, на изолированном перекрестке
3	Случайное прибытие, в котором наибольшая группа транспортных средств содержит не более 40% всех автомобилей
4	Умеренно плотный поток, прибывающий к середине зеленого сигнала, или распределенный поток, в котором 40 – 80% автомобилей прибывают в течение зеленого сигнала
5	Плотный поток прибывает (до 80%) к началу зеленого сигнала
6	Очень плотный поток проходит через группу регулируемых перекрестков, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга

1.3. В качестве параметра, характеризующего тип прибытия, используют величину коэффициента прибытия (8.2):

$$K_p = \frac{P}{\frac{g_i}{C}}, \qquad (8.2)$$

где

K_p – коэффициент прибытия;

P – доля автомобилей, прибывших на зеленый сигнал;

C – длительность цикла регулирования, с;

g_i – длительность зеленого сигнала для рассматриваемой группы полос движения, с.

1.4. Параметр P определяется при натурных обследованиях, при этом его значение не может превышать 1,0. В случае проектирования нового перекрестка коэффициент прибытия принимается в соответствии с данными таблиц 8.1 и 8.2.

1.5. Коэффициент прогрессии является одним из основных параметров, используемых не только для определения величины транспортной задержки, но и для определения длины очереди. Он определяется как (8.3):

$$K_{\text{пр}} = \frac{(1-P)f_{Tn}}{1-\left(\frac{g}{C}\right)}, \qquad (8.3)$$

где:

$K_{пр}$ – коэффициент прогрессии для стандартной задержки d_1, учитывающий прогрессию регулирования;

P – доля транспортных средств, прибывших в течение зеленого сигнала;

g/C – доля зеленого сигнала в цикле;

f_{Tn} – коэффициент, учитывающий тип прибытия транспортных средств к регулируемому пересечению.

1.6. В таблицах8.2 и 8.3 представлены справочные данные, используемые при расчете коэффициента прогрессии для взятых по умолчанию значений коэффициента f_{Tn}. При вычислении коэффициента прогрессии по формуле (8.3) его величина может быть более 1,0 для типов прибытия, с 4-го по 6-ой. В этом случае его значение принимается равным 1,0.

Таблица 8.2

Взаимосвязь между типом прибытия и коэффициентом прибытия K_p

Тип прибытия	Диапазон значений коэффициента прибытия, K_p	Значение по умолчанию, K_p	Качество прогрессии
1	≤0,5	0,333	Очень низкое
2	>0,5-0,85	0,667	Низкое
3	>0,85-1,15	1,000	Случайное прибытие
4	>1,15-1,5	1,333	Нормальное
5	>1,5-2,0	1,334	Очень высокое
6	>2,0	2,000	Исключительное

Таблица 8.3

Коэффициент прогрессии для стандартной задержки, $K_{пр}$

Отношение (g/C)	Тип прибытия, $T_П$					
	$T_П$ 1	$T_П$2	$T_П$3	$T_П$4	$T_П$5	$T_П$6
0,2	1,167	1,007	1,000	1,000	0,833	0,750
0,3	1,286	1,063	1,000	0,986	0,714	0,571
0,4	1,445	1,136	1,000	0,895	0,555	0,333

0,5	1,667	1,240	1,000	0,767	0,333	0,000
0,6	2,001	1,395	1,000	0,576	0,000	0,000
0,7	2,556	1,653	1,000	0,256	0,000	0,000
f_{Tn}	1,00	0,93	1,0	1,15	1,00	1,00
Значение по умолчанию, K_p	0,333	0,667	1,000	1,333	1,667	2,000

1.7. Если величина задержки рассчитывается для вновь проектируемого пересечения с учетом применения координированного регулирования, величину коэффициента прогрессии следует принимать, соответствующую 4-му типу прибытия. Для всех видов нескоординированного регулирования принимается 3-й тип прибытия.

1.8. Левоповоротное бесконфликтное движение по выделенной полосе, как правило, происходит при незначительной прогрессии.

В этом случае принимается 3-й тип прибытия. При сочетании бесконфликтного и конфликтного движения налево (например, с применением ранней отсечки встречного главного направления движения), коэффициент прогрессии $K_{пр}$ рассчитывается для доли зеленого сигнала, когда движение налево осуществляется без конфликта.

1.9. Стандартная задержка d_1, предполагающая одинаковое прибытие транспортных средств к регулируемому перекрестку при стабильной интенсивности движения определяется по (8.4):

$$d_1 = \frac{0.5C\left(1-\frac{g}{C}\right)^2}{1-\left[\min(1,X)\frac{g}{C}\right]}, \qquad (8.4)$$

где

d_1 – стандартная задержка, предполагающая одинаково повторяющееся прибытие автомобилей к перекрестку, с/прив.ед.;

C – длина цикла регулирования, с;

g – длительность зеленого сигнала, с;

X – уровень загрузки для рассматриваемой группы полос движения.

Величина X при расчетах стандартной задержки ограничена по величине и не может превышать значения 1,0.

1.10. Дополнительная задержка учитывает непостоянное прибытие транспортных средств к регулируемому перекрестку (случайная задержка), а также случайное появление перенасыщения в некоторых циклах регулирования (задержка перенасыщения). Эта величина является чувствительной к таким параметрам, как: уровень загрузки X, длительность анализируемого периода T, пропускная способность группы полос движения c, и тип сигнального регулирования, который учитывается с помощью специального коэффициента k. Дополнительная задержка рассчитывается по (8.5):

$$d_2 = 900T\left[(X-1)+\sqrt{(x-1)^2+\frac{8kIX}{cT}}\right], \qquad (8.5)$$

где:

d_2 – дополнительная задержка, предполагающая случайное прибытие автомобилей к перекрестку, с/прив.ед;
c_i – пропускная способность группы полос движения, прив.ед/ч;
T – длина анализируемого периода, ч;
k – коэффициент, учитывающий влияние адаптивного регулирования на величину дополнительной задержки;
I – коэффициент, учитывающий удаленность предыдущего (по направлению движения) регулируемого перекрестка от рассматриваемого;
X – уровень загрузки.

1.11. Поправочный коэффициент для дополнительной задержки (k) включен в формулу (8.5), чтобы учесть влияние адаптивного регулирования на величину дополнительной задержки.

1.12. Для жесткого регулирования параметр принимается k=0,5, что связано с процессом накопления очереди со случайным прибытием транспортных средств и постоянным временем обслуживания.

1.13. При адаптивном регулировании контроллеры могут уменьшить длительность зеленого времени в соответствие с интенсивностью движения, что в свою очередь уменьшает дополнительную (случайную) задержку. Снижение задержки зависит частично от экипажного времени (интервал, определяющий разрыв в потоке), на которое настроен данный контроллер, а также от преобладающего на данном перекрестке уровня загрузки. Использование меньших величин экипажного времени приводит к снижению параметров kи d_2. Однако при приближении уровня загрузки к 1,0, котроллеры начинают вести себя, как при жестком регулировании. Поэтому параметрkпринимается равным 0,5, когда уровень загрузки достигает 1,0. Рекомендуемые значения коэффициента k для жесткого и адаптивного регулирования даны в таблице8.4.

Таблица 8.4.

Коэффициент k, учитывающий тип регулирования

Экипажное время при адаптивном регулировании, с	Уровень загрузки X					
	≤0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	≥1,0
≤2,0	0,04	0,13	0,22	0,32	0,41	0,50
2,5	0,08	0,16	0,25	0,33	0,42	0,50
3,0	0,11	0,19	0,27	0,34	0,42	0,50
3,5	0,13	0,20	0,28	0,35	0,43	0,50
4,0	0,15	0,22	0,29	0,36	0,43	0,50
4,5	0,19	0,25	0,31	0,38	0,44	0,50
5,0	0,23	0,28	0,34	0,39	0,45	0,50
Жесткое регулирование	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Примечания: а) - для каждого экипажного времени и соответствующего ему k_{min} при X = 0,5: k = $(1\text{-}2k_{min})(X$ -0,5) $+k_{min}$, $k \geq k_{min}$ и $k \leq$ 0,5; б) - при величине экипажного времени > 5,0 (с) следует экстраполировать значения, при этом $k \leq 0{,}5$.

1.14. Для значений экипажного времени (экипажное время – интервал, на который может увеличиваться длительность зеленого сигнала в случае, если в течение данного интервала было зафиксировано хоть одно транспортное средство),

отличающихся от значений, представленных в таблице8.4, величина k может быть интерполирована. В случае экстраполяции для случая, когда экипажное время контроллера превышает 5,0 (с), величина k не должна превышать значения 0,5.

1.15. Коэффициент, учитывающий удаленность предыдущего перекрестка I для дополнительной задержки в уравнении учитывает эффект влияния транспортного потока, прибывающего с предыдущего перекрестка. В случае рассмотрения регулируемого перекрестка, как изолированного, принимается значениеI = 1,0 (при условии, что предыдущий светофор расположен на расстоянии 1,6 км и более от рассматриваемого). Для неизолированных пересечений используется величина I< 1 (таблица 8.5).

Таблица 8.5.

Коэффициент I для дополнительной задержки [1,5]

Уровень загрузки на предыдущем перекрестке $X_{пр}$	0,40	0,40	0,60	0,70	0,80	0,90	≥1,0
I	0,922	0,858	0,769	0,650	0,500	0,314	0,090

Примечания: I = 1,0-0,91$X_{пр}$ и $X_{пр} \leq 1,0$.

1.16. В таблице 8.5 представлены значения параметра I для неизолированного перекрестка. Величина I основана на средневзвешенном (по значениям интенсивности движения) значении $X_{пр}$, полученного по значениям уровня загрузки всех направлений на предыдущем перекрестке, влияющих на интенсивность движения на рассматриваемом перекрестке. Рекомендуется использовать величину $X_{пр}$, равную уровню загрузки для прямонаправленного движения с предыдущего перекрестка.

1.17. Агрегированное оценивание задержки представляет возможность определения величины задержки на всем подходе к перекрестку, а также на перекрестке в целом. Оно осуществляется с помощью определения взвешенных средних значений, где задержки каждой группы полос взвешиваются по их приведенным интенсивностями движения.

1.17. Средняя задержка для всего подхода к перекрестку определяется по (8.6):

$$d_A = \frac{\sum d_i N_i}{\sum N_i}, \qquad (8.6)$$

где

d_A – средняя задержка на всем подходе А, с/прив.ед.;

d_i – средняя задержка для группы полос движения i(на подходе А), с/прив.ед;

N_i – приведенная интенсивность движения на группе полос движения i (на подходе А), прив.ед/ч.

1.18. Средняя задержка регулирования на всех подходах может далее быть агрегирована в общую задержку регулирования на всем перекрестке по (8.7):

$$d_I = \frac{\sum d_A N_A}{\sum N_A}, \qquad (8.7)$$

где

d_I – средняя задержка регулирования на всем перекрестке, с/прив.ед.; d_A – задержка на всем подходе А, с/прив.ед.;

N_A – приведенная интенсивность движения для подхода А, прив.ед./ч.

2. Уровень обслуживания транспортных средств

2.1. Уровень обслуживания измеряется задержкой регулирования (таблица8.6).

Таблица 8.6.

Уровень обслуживания транспортных средств на регулируемом перекрестке

Уровень обслуживания	Задержка регулирования (с/прив.ед.)
A	≤10
B	10 - 20
C	20 - 35
D	35 - 55
E	55 - 80
F	>80

2.2. Уровень обслуживания А: Небольшая задержка регулирования – до 10 (с/прив.ед.). Достигается, когда большая часть автомобилей прибывает к перекрестку и проезжает его на зеленый сигнал.

2.3. Уровень обслуживания В: Величина задержки регулирования находится в границах от 10 до 20 (с/прив.ед.). Достигается при достаточно хорошей прогрессии (когда большая часть автомобилей прибывает на зеленый сигнал) или коротком цикле регулирования. Число остановившихся автомобилей возрастает по сравнению с уровнем обслуживания А.

2.4. Уровень обслуживания С: Величина задержки регулирования находится в границах от 20 до 35 (с/прив.ед.). Достигается при длинном цикле регулирования, плохой прогрессии. Число остановившихся автомобилей значительно, но, тем не менее, значительная часть автомобилей проезжают перекресток без остановок.

2.5. Уровень обслуживания D: Величина задержки регулирования находится в границах от 35 до 55 (с/прив.ед.). Почти все автомобили останавливаются. Наличие высокого отношения интенсивности движения к пропускной способности. Количество циклов с перенасыщением (коэффициент насыщения больше 1) очень велико.

2.6. Уровень обслуживания Е: Величина задержки регулирования находится в границах от 55 до 80 (с/прив.ед.). В большей части циклов наблюдается перенасыщение (коэффициент насыщения больше 1).

2.7. Уровень обслуживания F: Величина задержки регулирования находится в границах от 80 и более (с/прив.ед.). Такой уровень обслуживания рассматривается как неприемлемый для большинства водителей.

Приложение 9

РАСЧЕТ ДЛИНЫ ОЧЕРЕДЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

1. Длина очереди – это количество транспортных средств, которые скапливаются у перекрестка, показатель является одним из важнейших критериев оценки эффективности функционирования регулируемого пересечения. Значения длин очередей необходимы для проектирования режимов регулирования с учетом предотвращения сетевых заторов. Этот показатель является исходным параметром при определении длин участков уширения проезжей части на подходах к регулируемому пересечению с целью выделения дополнительных полос движения.

2. Ниже рассмотрена процедура, которая позволяет рассчитать среднюю, а также длину очереди 85, 90, 95% обеспеченности, которая может скапливаться у перекрестка.

3. Для выполнения процедуры оценки длины очереди требуются следующие параметры (9.1 – 9.3):

$$N_{П} = \frac{N}{n_{ГР} f_{ИП}}, \qquad (9.1)$$

$$S_{П} = \frac{S}{n_{ГР} f_{ИП}}, \qquad (9.2)$$

$$c_{П} = \frac{c}{n_{ГР} f_{ИП}}, \qquad (9.3)$$

где

N – интенсивность движения на группе полос, прив.ед./ч;

$N_{П}$ – интенсивность движения, приходящаяся на одну полосу в группе, прив.ед./ч;

S– поток насыщения группс полос, прив.ед./ч;

$S_{П}$ - поток насыщения, приходящийся на одну полосу в группе, прив.ед./ч;

c– пропускная способность группы полос, прив.ед./ч;

$c_{П}$ – пропускная способность, приходящаяся на одну полосу в группе, прив.ед./ч;

$n_{ГР}$ – кол-во полос в группе.

4. Определение средней длины очереди (т.е. очереди 50% обеспеченности) является основой для расчета вероятностной длины очереди. Среднюю длину очереди можно определить (9.4):

$$Q = Q_1 + Q_2, \qquad (9.4)$$

где

Q - средняя длина очереди, прив.ед.;

Q_1 – первая составляющая длины очереди, прив.ед.;

Q_2 - вторая составляющая длины очереди, прив.ед.

5. Первая составляющая Q_1 предполагает одинаковое прибытие транспортных средств к регулируемому перекрестку при стабильной интенсивности движения. Эту составляющую можно определить (9.5):

$$Q_1 = \frac{\frac{N_{\Pi} C}{3600} \cdot \left(1 - \frac{g}{C}\right)}{1 - \left[\min(1, X)\frac{g}{C}\right]}, \qquad (9.5)$$

где

C – длительность цикла регулирования, с;

g – длительность зеленого сигнала, с;

X – уровень загрузки.

6. Составляющая Q_1 представляет собой количество автомобилей, прибывающих в течение красного и зеленого сигналов до наступления момента начала рассеивания очереди.

7. Вторая составляющая Q_2 учитывает непостоянность процессов разъезда и прибытия транспортных средств на перекрестке, вызванных различными внешними факторами. Данная составляющая определяется (9.6):

$$Q_2 = 0{,}25 c_{\Pi} T\left[\left(X_{\Pi} - 1\right) + \sqrt{\left(X_{\Pi} - 1\right)^2 + \frac{8 k_P X_{\Pi}}{c_{\Pi} T}}\right], \qquad (9.6)$$

где k_P – дополнительный коэффициент приведения.

8. Дополнительный коэффициент приведения, учитывающий раннее прибытие транспортных средств, определяется (9.7):

$$k_P = 0{,}12 I\left(\frac{s_{\Pi} g}{3600}\right)^{0{,}7} \quad (\textit{без адаптивного регулирования}),$$

$$k_P = 0{,}10 I\left(\frac{s_{\Pi} g}{3600}\right)^{0{,}6} \quad (\textit{с адаптивным гулированием}), \qquad (9.7)$$

где I – коэффициент учитывающий тип прибытия транспортных средств к перекрестку.

9. Дополнительно к средней длине очереди для оценки эффективности функционирования регулируемого пересечения используются значения длины очереди, представляющие собой различные доли от ее максимально возможного значения (9.8):

$$Q_{\%} = Q \cdot f_{\max\%}, \qquad (9.8)$$

где

$Q_{\%}$ - определенная доля максимальной длины очереди, прив.ед.;

$f_{\max\%}$ - коэффициент для определения доли максимальной длины очереди.

10. Коэффициент для определения доли максимальной очереди определяется по (9.9):

$$f_{\max\%} = p_1 + p_2 e^{\frac{-Q}{p_3}}, \qquad (9.9)$$

где p_1, p_2, и p_3 – вспомогательные коэффициенты для определения доли максимальной длины очереди, которые определяются по таблице9.1 в зависимости от требуемого процента от максимальной длины очереди и типа регулирования (жесткое или адаптивное).

Таблица 9.1.

Параметры для определения длины очереди, заданной обеспеченности

Коэффициент $f_{B\%}$	Жесткое регулирование			Адаптивное регулирование		
	p_1	p_2	p_3	p_1	p_2	p_3
$f_{max\ 70\%}$	1,2	0,1	5	1,1	0,1	40
$f_{max\ 80\%}$	1,4	0,3	5	1,3	0,3	30
$f_{max\ 90\%}$	1,5	0,5	5	1,4	0,4	20
$f_{max\ 95\%}$	1,6	1,0	5	1,5	0,6	18
$f_{max\ 98\%}$	1,7	1,5	5	1,7	1,0	13

11. Умножая длину очереди на среднюю длину автомобиля, которая, при отсутствии данных, принимается равной 6 (м), можно получить расстояние, необходимое для размещения данной очереди на полосе в метрах.

Приложение 10.

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ ПЕШЕХОДОВ НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ

1. Задержка и уровень обслуживания пешеходов

1.1. Оценка уровня обслуживания пешеходных потоков на регулируемых пешеходных переходах основана на величине средней задержки пешеходов (10.1):

$$d_p = \frac{0{,}5(C-g)^2}{C}, \qquad (10.1)$$

где

d_p– средняя задержка пешехода при движении через регулируемый пешеходный переход, с;

C – длительность цикла регулирования, с;

g – длительность разрешающего движение пешеходов сигнала, с.

Таблица 10.1.

Уровни обслуживания пешеходов на регулируемых переходах

Уровень обслуживания	Средняя задержка пешеходаd_p, с	Вероятность нарушения правил дорожного движения
A	<10	Низкая
B	≥ 10 - 20	
C	>20 - 30	Умеренная
D	>30 - 40	
E	> 40 - 60	Высокая
F	>60	Очень высокая

1.2. Средняя задержка пешеходов на всех переходах перекрестка рассчитывается как отношение суммарной задержки пешеходов за цикл к общему количеству пешеходов, прибывающих за цикл.

2. Уровень обслуживания пешеходов в местах их скопления на перекрестке.

2.1. В случае если пешеходный переход входит в состав регулируемого перекрестка, то при оценке качества организации движения учитываются скопления пешеходов на углах перекрестков, где происходит взаимодействие пешеходных потоков, движущихся в разных направлениях (рисунок 10.1).



Рисунок 10.1 – Накопление пешеходов на углах регулируемых перекрестков, где происходит взаимодействие пешеходных потоков, движущихся в разных направлениях

2.2. Оцениваются средняя задержка пешеходов и пространство на углу перекрестка, приходящееся на одного пешехода.

Оценка второго показателя выполняется в приводимой последовательности:

- определяется производительность участка скопления на углу пересекающихся улиц;
- определяется производительность свободного пространства на углу пересекающихся улиц;
- производится расчет значения пространства на одного пешехода.

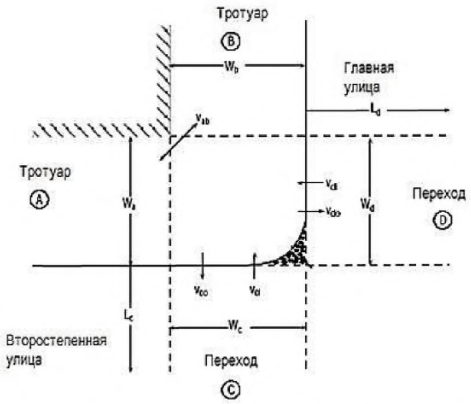


Рисунок 10.2 – Пешеходные потоки на углу регулируемого перекрестка:
W_a – эффективная ширина тротуара «*a*», м;
W_b – эффективная ширина тротуара «*b*», м;
R – радиус закругления, м;
W_c – эффективная ширина перехода «*c*», м;
W_d – эффективная ширина перехода «*d*», м;
v_{co} – поток с тротуара на переходе «*c*», пеш./цикл;

v_{cl} – поток на тротуар на переходе «*c*», пеш./цикл;
v_{do} – поток с тротуара на переходе «*d*», пеш./цикл;
v_{dl} – поток на тротуар на переходе «*d*», пеш./цикл;
v_{tof}– общее число пешеходов проходящих через рассматриваемую зону за цикл $v_{tot} = v_{ci} + v_{co} + v_{di} + v_{do} + v_{a,b}$, пеш./цикл.

3. Производительность участка скопления

Производительностью участка скопления пешеходов оценивается произведение площади самого участка на длительность цикла регулирования (10.2):

$$TS = C(W_a W_b - 0.215R^2), \tag{10.2}$$

где
TS – производительность накопительной площадки, м^2·с;
W_a – эффективная ширина тротуара «*a*», м;
W_b – эффективная ширина тротуара «*b*», м;
R – радиус закругления, м; C – длительность цикла регулирования, с.

4. Производительность свободного пространства

Производительностью оставшегося пространства на углу пересечения улиц, свободного для движения пешеходов определяется как разница между общей имеющейся площадью и площадью, занимаемой пешеходами для ожидания разрешающего сигнала (10.3):

$$TS_c = TS - 0{,}5(Q_{tdo} - Q_{tco}), \tag{10.3}$$

где
TS_c – производительность пространства, свободного для движения пешеходов, м^2·с;
TS – общая производительность существующего пространства, м^2·с;
Q_{tdo} – суммарная задержка пешеходов за цикл при движении через главную улицу, с;
Q_{tco} – суммарная задержка пешеходов за цикл при движении через второстепенную улицу, с.

5. Расчет значения пространства на одного пешехода

Пространство, приходящееся на одного пешехода и соответствующее определенному уровню обслуживания движения, определяется по формуле (10.4):

$$M = \frac{TS_c}{4v_{tot}}, \tag{10.4}$$

где
M– пространство, приходящееся на одного пешехода, м^2/пеш.;
TS_c– производительность пространства, свободного для движения пешеходов, м^2·с;
v_{tof}– общее число пешеходов проходящих через рассматриваемую зону за цикл $v_{tot} = v_{ci} + v_{co} + v_{di} + v_{do} + v_{a,b}$, пеш./цикл.

Для участков, где возможны скопления (очереди пешеходов) предложена следующая шкала уровней обслуживания (таблица 10.2).

Таблица 10.2.

Градация уровней обслуживания для участков скопления пешеходов

Уровень обслуживания (LOS)	Пространство, приходящееся на одного пешехода, м^2

Уровень обслуживания (LOS)	Пространство, приходящееся на одного пешехода, $м^2$
A	>1,2
B	0,9 – 1,2
C	0,6 – 0,9
D	0,3 – 0,6
E	0,2 – 0,3
F	≤0,2

Приложение 11

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ

1. Вероятное количество ДТП за год с участием только транспортных средств оценивается по (11.1):

$$A_v = -0{,}468 + 0{,}100 \cdot 10^{-4} x_1 + 0{,}102 \cdot 10^{-4} x_2 + 0{,}048 \cdot 10^{-4} x_3 + \\ + 0{,}207 \cdot 10^{-4} x_4 + 0{,}968 \cdot 10^{-4} x_5 + 12{,}425 \cdot 10^{-4} x_6, \quad (11.1)$$

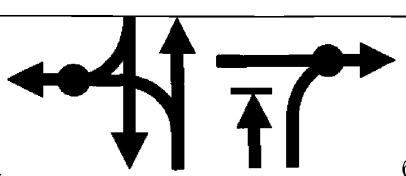
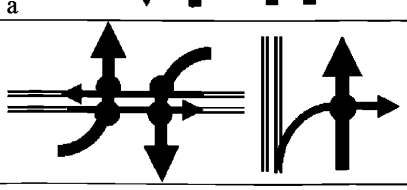
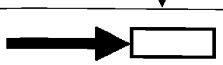
где

$x_1, x_2, \ldots x_5$ - суммы произведений интенсивностей движения в час пик потоков в конфликтных точках видов 1,2, …, 5 (таблица11.1);

x_6 – суммарная интенсивность движения через перекресток в час пик, авт./ч.

Таблица 11.1.

Типы конфликтных точек

Описание конфликта	Схема конфликта	
Повороты без помех с полосы прямого или другого поворотного движения	1	
Левый поворот при наличии помех с полосы с другим направлением движения	2	
Пересечение левоповоротного движения с прямым	3	
Слияние на одной полосе (а,б) б – при повороте «на красный»	4	 а б
Пересечение автомобильных потоков с трамвайным движением	5	
Попутные столкновения	6	

11.2. Вероятное количество ДТП за год с пешеходами оценивается по (11.2):

$$A_p = 0{,}92 \cdot 10^{-3} \sum_i^n \left(P_i^{1/4} V_i \right), \qquad (11.2)$$

где

P_i – интенсивность движения пешеходов на переходе в час пик, пеш./ч. (рисунок 11.1);

V_i – интенсивность движения транспорта через пешеходный переход, авт./ч. (рисунок 11.1);

n - количество переходов на перекрестке.

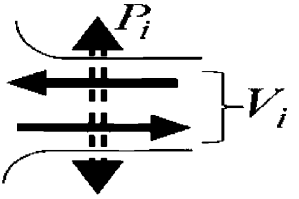


Рисунок 11.1 – Потоки на пешеходном переходе регулируемого перекрестка: P_i– интенсивность движения пешеходов; V_i– интенсивность движения транспорта

11.3. Уровень относительной аварийности (количество ДТП, в расчете на 10 миллионов автомобилей, прошедших пересечение) определяется по (11.3):

$$R = \frac{\left(A_v + A_p\right)}{365 \sum V} \beta \cdot 10^7, \qquad (11.3)$$

где

A_v - вероятное количество ДТП за год с участием только транспортных;

A_p - вероятное количество ДТП за год с пешеходами;

$\sum V$ - суммарная интенсивность движения на перекрестке в пиковый период, авт./ч.;

β - коэффициент суточной неравномерности, β = 0,07 – 0,11.

11.4. По уровню относительной аварийности степень опасности пересечений оценивается в соответствии с данными таблицы 11.2.

Таблица 11.2.

Оценка уровня аварийности R

Уровень аварийности R	R<2,5	2,5≤ R<5,0	5,0≤ R< 7,5	7,5≤ R
Опасность пресечения	Неопасное	Мало опасное	Опасное	Очень опасное

Приложение 12

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51256-2011. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования.
2. ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения.
3. ОДМ 218.2.020-2013 Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог. – М.,2012.
4. ОДМ 218.6.003-2011 Методические рекомендации по проектированию светофорных объектов на автомобильных дорогах . – М.,2013
5. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах //М.:РОСАВТОДОР, 2002 г. -218 с.
6. Руководство по регулированию дорожного движения в городах. – М.: Стройиздат, 1974. – 97 с.
7. Афанасьев М.Б. и др. Условия введения различных режимов регулирования дорожного движения. – М.: Изд-во ВНИИ БД МВД СССР, 1976. – 319 с.
8. Кременец, Ю.А. Технические средства организации дорожного движения.– М.: ИКЦ «Академия», 2005. -279 с.
9. Левашев А.Г. Михайлов А.Ю. Сравнение временных интервалов на регулируемом перекрестке. Источник: gost.e-ecolog.ru education /faculty/ air_mechanical_transport /menagment_at/ публикации/ levaschov.pdf.
10. Левашев А.Г. Повышение эффективности организации дорожного движения на регулируемых пересечениях Автор. дис. ... канд. техн. наук. Иркутск,2004. – 20 с.
11. Левашев А.Г., Михайлов А. Ю. Идеальный поток насыщения на регулируемых пересечениях Источник: gost.e-ecolog.ru /downloads/satur_flow.pdf.
12. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов. – М.: Транс порт, 1990. – 248 с.
13. Михайлов А.Ю. Разработка критерия оценки качества организации движения на регулируемых пересечениях улично-дорожных сетей городов.: Автореф. … канд. техн. наук. – М.,1986. – 18 с.
14. Михайлов А.Ю. Разработка критерия оценки качества организации движения на регулируемых пересечениях улично-дорожных сетей городов.: Автореф. … канд. техн. наук. – М.,1986. – 18 с.
15. Проектирование регулируемых пересечений: учеб. пособие / А. Г. Левашев А.Г., Михайлов А. Ю., Головных И. М.;. - Иркутск : Изд-во Иркутского государственного технического университета, 2007. - 208 с. Источник: gost.e-ecolog.ru books/b2 /signalized%20intersections.pdf.

16. Branston D., Van Zulien H.J. The estimation of saturation flow, effective green time and passenger car equivalents at traffic signals by multiple liner regression. Transp. Res., 1987, v 12, p. 47 – 53.

17. Briggs T. Time headways on crossing the stop-line after queuing at traffic lights. // Traffic Eng. and Contr., 1977, v18, N5,p. 264 – 265.

18. Canadian Capacity Guide for Signalized Intersections. Third Edition // Canadian Institute of Transportation Engineers 2008. – 232 p.

19. Capacity Analysis of Pedestrian and Bicycle Facilities. Источник http: //www.fhwa.dot.gov /publications/research/safety/pedbike/98107/intro.cfm.

20. Capacity and Level of Service of Finnish Signalized Intersections//Finnra Reports 25/2002. - 164 p.

21. Capacity and LOS Analysis of a Signalized I/S Источник: http:// gost.e-ecolog.ru 105101008/downloads/cete_37.pdf.

22. Highway Capacity Manual. // TRB, Washington, DC, 2000. – 1134 p.

23. gost.e-ecolog.ru nagement.info/Document/design-right-turn-lanes.

24. gost.e-ecolog.ru
s.pdf.

25. Signalized Intersections. Источник: gost.e-ecolog.ru /Lecture /Signalized%20Intersections_student%20notes_part2.pdf.

26. Signalized Intersections: Informational Guide Second Edition// US Department of Transport, Federal Highway Administration, Publication No. FHWA-SA-13-027, 2013. - 323 p.

27. Signalized Intersections: Informational Guide// US Department of Transport, Federal Highway Administration, Publication No. FHWA-HRT-04-091, 2004. - 369 p.

28. Sosin J.A., Delays at intersections controlled by fixed cycle traffic signals. // Traffic Eng. and Contr., 1980, v21, N5,p. 264 – 265.

29. Traffic Analysis at Signalized Intersections 3.Источник: http://nexus.umn.edu /Courses/ce3201/CE3201-L2-07.pdf.

gost.e-ecolog.ru