ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СВЕТОФОРНЫХ ОБЪЕКТОВ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

МОСКВА 2013

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1. РАЗРАБОТАН ФГУП «РосдорНИИ»
2. ВНЕСЕН Управлением эксплуатации автомобильных дорог Федерального дорожного агентства
3. ИЗДАН на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от _____ № _____
4. ИМЕЕТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР
5. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Содержание

Раздел 1	Область применения	1
Раздел 2	Нормативные ссылки	1
Раздел 3	Термины и определения	2
Раздел 4	Общие положения	3
Раздел 5	Общие требования к проектированию светофорного объекта	5
Раздел 6	Эффективная длительность фазы регулирования	7
Раздел 7	Условия для проектирования светофорного объекта	8
Раздел 8	Порядок установки светофоров	10
Раздел 9	Режимы работы светофоров	15
Раздел 10	Рекомендуемые требования к светофорному оборудованию	16
Раздел 11	Светофорный цикл	20
Раздел 12	Расчет режима светофорного регулирования	26
Раздел 13	Светофорное регулирование пешеходного движения	33
Раздел 14	Рекомендуемые требования к размещению технических средств организации дорожного движения в местах проектирования светофорных объектов	35
Приложение 1	Расчет электротехнических параметров светофорного оборудования	37
Приложение 2	Примеры расчета светофорной сигнализации	40
Приложение 3	Методы определения потока насыщения	57
Приложение 4	Критерии выбора пофазного разъезда транспортных средств и передвижения пешеходных потоков	60
Приложение 5	Мониторинг интенсивности движения транспортных и пешеходных потоков	65
	Библиография	66

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СВЕТОФОРНЫХ ОБЪЕКТОВ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

1 Область применения

Настоящие Методические рекомендации распространяются на существующие, проектируемые автомобильные дороги и являются рекомендательными для организаций, подведомственных Федеральному дорожному агентству Министерства транспорта Российской Федерации, а также органов управления дорожным хозяйством субъектов Российской Федерации.

2 Нормативные ссылки

В настоящих Методических рекомендациях использованы ссылки на следующие документы:

ГОСТ Р 52282-2004. Технические средства организации дорожного движения. Светофоры дорожные. Типы и основные параметры. Общие технические требования. Методы испытаний.

ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств.

ГОСТ Р 52290-2004. Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования.

ГОСТ Р 51526-2011. Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Типы и основные параметры. Общие технические требования.

ГОСТ Р 34.401-90 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Средства технические периферийные автоматизированных систем дорожного движения. Типы и технические требования».

СНиП 2.05.02-85*. Автомобильные дороги.

3 Термины и определения

Дорожно-транспортное происшествие - событие, возникшее в процессе движения по дороге транспортного средства и с его участием, при котором погибли или ранены люди, повреждены транспортные средства (ТС), сооружения, грузы либо причинен иной материальный ущерб.

Знак дорожный - устройство в виде панели определенной формы с обозначениями или надписями, информирующими участников дорожного движения (далее — движения) о дорожных условиях и режимах движения, о расположении населенных пунктов и других объектов.

Контроллер дорожный - устройство для управления дорожным движением путем переключения сигналов светофоров и многопозиционных дорожных знаков, как на локальных пересечения автомобильных дорог, так и входящих в систему координированного управления дорожным движением.

Организация дорожного движения - комплекс организационно-правовых, организационно-технических мероприятий и распорядительных действий по управлению движением на дорогах.

Обеспечение безопасности дорожного движения – деятельность, направленная на предупреждение причин возникновения дорожно-транспортных происшествий, снижение тяжести их последствий.

Опасность для движения – ситуация, возникшая в процессе дорожного движения, при которой продолжение движения в том же направлении и с той же скоростью создает угрозу возникновения дорожно-транспортного происшествия.

Пересечение автомобильных дорог в одном уровне – вид пересечения дорог, в котором встречающиеся дороги и все специальные устройства для перевода движения с одной дороги на другую расположены в одном уровне.

Пешеход – лицо, находящееся вне транспортного средства на дороге и не производящее на ней работу. К пешеходам приравниваются лица, передвигающиеся в инвалидных колясках без двигателя, ведущие велосипед, мопед, мотоцикл, везущие санки, тележку, детскую или инвалидную коляску.

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.

Пофазный разъезд – организация дорожного движения, при которой группы транспортных потоков и пешеходов на пересечении автомобильных дорог пропускаются поочередно (по фазам).

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

Проезжая часть – элемент автомобильной дороги, предназначенный для движения безрельсовых транспортных средств.

Разметка дорожная - линии, стрелы и другие обозначения на проезжей части, дорожных сооружениях и элементах дорожного оборудования,

служащие средством зрительного ориентирования участников дорожного движения или информирующие их об ограничениях и режимах движения.

Светофор дорожный - светосигнальное устройство, применяемое для регулирования очередности пропуска транспортных средств и пешеходов, а также для обозначения опасных участков дорог.

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

Такт регулирования - период действия определенной комбинации светофорных сигналов. Такты делятся на основные и промежуточные.

Техническое средство организации дорожного движения - дорожный знак, разметка, светофор, дорожное ограждение и направляющее устройство.

Транспортное средство – устройство, предназначенное для перевозки по дорогам людей, грузов или оборудования, установленного на нем.

Тротуар – элемент автомобильной дороги, предназначенный для движения пешеходов и примыкающий к проезжей части или отделенный от нее газоном.

Уступить дорогу – требование, означающее, что участник дорожного движения не должен начинать, возобновлять или продолжать движение, осуществлять какой-либо маневр, если это может вынудить других участников движения, имеющих по отношению к нему преимущество, изменить направление движения или скорость.

Участник дорожного движения – лицо, принимающее непосредственное участие в процессе дорожного движения в качестве водителя транспортного средства, пешехода, пассажира транспортного средства.

Фаза регулирования - совокупность основного и следующего за ним промежуточного такта в цикле светофорного регулирования.

Цикл регулирования - периодически повторяющаяся совокупность всех фаз светофорного регулирования.

4 Общие положения

4.1 Светофорное регулирование является одним из эффективных методов повышения безопасности дорожного движения и регулирования транспортных и пешеходных потоков. Светофорные объекты, использующие индивидуальные автоматические переключатели светофорных сигналов и работающие в одном или нескольких жестких режимах, проектируют на пересечения автомобильных дорог. При значительном взаимном удалении светофорных объектов друг от друга такой способ регулирования дает хорошие результаты. Необходимыми условиями для этого являются обоснованная установка светофора и оптимальное назначение режима его работы в зависимости от объемов транспортного и пешеходного движения и планировочной характеристики пересечения автомобильных дорог.

4.2 Светофоры предназначены для поочередного пропуска участников движения через определенный участок дорожной сети, а также для обозначения

опасных участков дорог. В зависимости от условий светофоры применяются для управления движением в определенных направлениях или по отдельным полосам данного направления:

• в местах, где встречаются конфликтующие транспортные, а также транспортные и пешеходные потоки (пересечения, пешеходные переходы);

• по полосам, где направление движения может меняться на противоположное;

• на железнодорожных переездах, разводных мостах, причалах, паромах, переправах;

• при выездах автомобилей спецслужб на дороги с интенсивным движением;

• для управления движением маршрутных транспортных средств.

4.3 Светофоры классифицируются по их функциональному назначению (транспортные, пешеходные); по конструктивному исполнению (одно-, двух- или трехсекционные, трехсекционные с дополнительными секциями); по их роли, выполняемой в процессе управления движением (основные, дублеры, повторители).

4.4 В соответствии с ГОСТ Р 52282-2004 светофорам присвоены индексы, в которых первая буква соответствует группе, цифра — типу светофора, последующие буквы — его исполнению (при наличии), следующая цифра — варианту конструкции, после чего следует обозначение стандарта.

4.5 Обозначения исполнения светофора:

п — с правой дополнительной секцией;

л — то же, с левой;

пл — с правой и левой дополнительными секциями;

г — с горизонтальным расположением сигналов;

ж — с дополнительным сигналом желтого цвета;

д — с двойным сигналом.

4.6 Светофорное регулирование выполняет задачу автоматического:

- чередования фаз зеленого и красного сигналов для обеспечения безопасности при пересечении интенсивных транспортных и пешеходных потоков разных направлений;

- регулирования очередности проезда потоков разных направлений таким образом, чтобы обеспечивать максимальную пропускную способность пересечений автомобильных дорог.

4.7 Управление светофорными циклами может быть:

- жесткое (постоянное по времени независимо от его интенсивности движения);

- адаптивное (программы зависят от интенсивности движения, используются транспортные детекторы).

4.8 Светофорное регулирование может быть:

- ручным (использование контроллера);

- автоматическим (контроллер работает по заданной программе);

- автоматизированным.

5 Общие требования к проектированию светофорного объекта

5.1 Проектирование и строительство светофорного объекта является многостадийным процессом. Решение о необходимости проектирования светофорного объекта принимается на основании результатов предпроектного обследования транспортных и пешеходных потоков. В предпроектный период определяют организацию-заказчика, имеющую право финансирования проектных работ, проектную организацию и генерального подрядчика.

5.2 Рекомендуется, чтобы заказчик представлял проектной организации следующие исходные данные:

- задание на проектирование;
- геодезический план местности в масштабе 1:500 в необходимом для проектирования объеме, содержащий все подземные коммуникации, которые проходят в зоне действия объекта;
- условия на присоединение проектируемого объекта к источникам энергоснабжения, сетям передачи информации и другим сооружениям.

5.3 Рекомендуется, чтобы задание на проектирование светофорного объекта включало: наименование объекта; основание для проектирования; вид строительства (новое, расширение, реконструкция); указания о применяемых типах технических средств; схему организации движения транспортных средств и пешеходов; режим регулирования; планировочную характеристику объекта (число полос движения, наличие разделительной полосы или резервной зоны и т.д.); требования по разработке вариантов; стадийность проектирования (две стадии или одна); расчетную стоимость строительства; наименование строительной организации-генподрядчика.

5.4 Проектирование светофорных объектов рекомендуется вести в одну стадию (рабочий проект, включающий утверждаемую часть и рабочую документацию).

5.5 Рекомендуется, чтобы текстовые и графические материалы, включаемые в рабочий проект были укомплектованы в следующем порядке:

Титульный лист.
Содержание.
Состав проекта.
Ведомость ссылочных и прилагаемых документов.
Ведомость согласований.
Общая пояснительная записка.
Спецификация оборудования.
Тексты согласований.
Ведомость основных видов работ.
Тексты согласований (в том числе на присоединение мощности).
Графические документы.

5.6 Рекомендуется, чтобы графические документы включали:

Схему организации дорожного движения на пересечении автомобильных дорог с указанием применяемых средств организации дорожного движения и режима работы светофорной сигнализации.

Схему расстановки оборудования, трассы прокладки кабелей со спецификацией и кабельным расписанием.

Генеральный план (М 1:500) расстановки оборудования и прокладки питающего и контрольных кабелей, с указанием опасных мест производства работ: пересечение с газопроводами, силовыми кабелями, магистральными кабелями связи.

Электрическую схему.

Электромонтажные схемы.

Чертежи общих видов, применяемых конструкций, изделий.

Схему генерального плана с нанесением объектов благоустройства и озеленения участка.

5.7 Общая пояснительная записка должна содержать исходные данные для проектирования, характеристику светофорного объекта, обоснование необходимости ввода светофорного регулирования, данные о номенклатуре, качестве и техническом уровне используемого оборудования.

5.8 Сметная документация, разрабатываемая в составе проекта, должна содержать в своем составе пояснительную записку с данными об основных положениях, принятых при ее составлении.

5.9 При проведении проектных работ на пересечении автомобильных дорог рекомендуется:

- применять комплексный подход к решению конкретной задачи, при этом следует увязываться с мероприятиями по совершенствованию организации движения в целом по автомобильной дороге, району.

- соблюдать требования нормативных документов в части расстановки дорожных знаков, нанесения линий разметки, установки светофорных объектов, ограждений и направляющих устройств.

- использовать современное оборудование, позволяющее дальнейшее включение данного светофорного объекта в автоматизированную систему управления дорожным движением (предусматривать наиболее совершенные в техническом отношении оборудование, материалы);

- принимать технические решения, обеспечивающие экономное расходование материальных ресурсов, снижение материалоемкости, трудовых затрат, а также оптимальные условия эксплуатации кабельных линий и оборудования;

- обеспечивать согласование с заинтересованными организациями.

5.10 Проект утверждается заказчиком и Управлением эксплуатации и сохранности автомобильных дорог Росавтодора (может быть поручено органу управления дорожным хозяйством). Согласование проекта возлагается на организацию-проектировщика.

6. Эффективная длительность фазы регулирования

6.1 Эффективная длительность фазы регулирования и потерянное время показаны на рисунке 1. В течение фазы регулирования транспортные средства движутся в направлении, в котором включен разрешающий сигнал, в период основного такта t_o. В период промежуточного такта t_n интенсивность движения в сечении стоп-линий постепенно падает до нуля. В начале движения в период основного такта t_o происходит стартовая задержка ($t_{ст}$). Между тем интенсивность движения N в сечении стоп-линий постепенно нарастает и достигает через некоторое время приблизительно постоянное значение $M_н$, равное пропускной способности данного направления. В конце фазы при включении мигающего зеленого сигнала наблюдается торможение и остановка отдельных транспортных средств (t_p). Эффективность разрешающей фазы несколько увеличивается за счет времени t_p — «прорыва» на желтый сигнал транспортных средств, которые не смогли своевременно остановиться у стоп-линий.

6.2 Потерянное время в фазе $t_{пт} = t_{ст} + t_п - t_p$, а длительность фазы ($t_o + t_п$) будет равна сумме эффективной ее длительности и потерянного времени ($t_{эф} + t_{пт}$).

Показатель $M_н$, является максимальной интенсивностью разъезда очереди при полностью насыщенной фазе и называется потоком насыщения.

6.3 Для практических расчетов рекомендуется принимать $t_{ст} \approx t_p$ и $t_{пт} \approx t_п$. Поэтому потерянное время в цикле можно приближенно считать равным сумме промежуточных тактов, входящих в состав цикла.

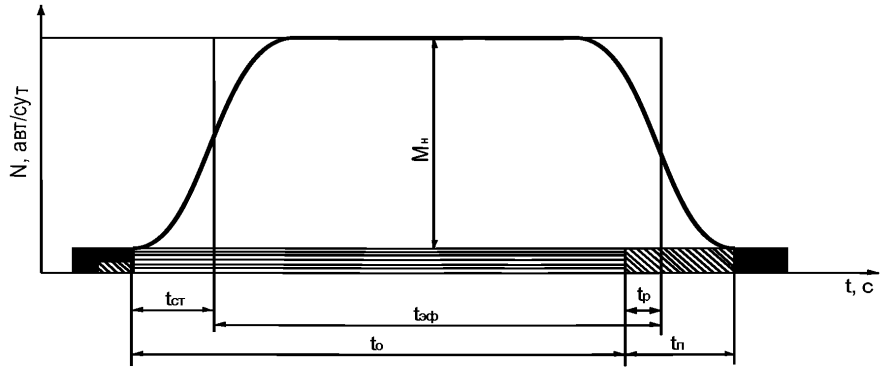


Рисунок 1- Эффективная длительность фазы регулирования

7 Условия для проектирования светофорного объекта

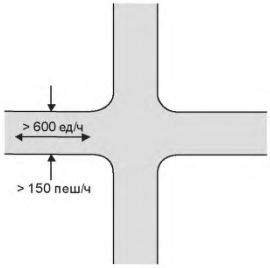
Таблица 1 - Интенсивность движения транспортных потоков пересекающихся направлений

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

7.1 Согласно ГОСТ Р 52289 светофорное регулирование на автомобильных дорогах рекомендуется применять при наличии хотя бы одного из следующих четырех условий:

Условие 1. Интенсивность движения транспортных средств пересекающихся направлений в течение каждого из любых 8 ч рабочего дня недели не менее значений, указанных в табл. 1. автомобильной дороге составляет не менее 600 ед/ч (для дорог с разделительной полосой — 1000 ед/ч) в обоих направлениях в течение каждого из любых 8 ч рабочего дня недели (рис.2). Интенсивность движения пешеходов, пересекающих проезжую часть

этой же дороги в загруженном, составляет не менее



одном, наиболее направлении в то же время 150 пеш/ч.

Рисунок 2 - Условие № 1 для введения светофорного регулирования

Условие 2. Интенсивность движения транспортных средств по дороге составляет не менее 600 ед./ч (для дорог с разделительной полосой — 1000 ед./ч) в обоих направлениях в течение каждого из любых 8 ч рабочего дня недели. Интенсивность движения пешеходов, пересекающих проезжую часть этой же дороги в одном, наиболее загруженном, направлении в то же время составляет не менее 150 пеш./ ч.

В населенных пунктах с численностью жителей менее 10 000 чел. значения интенсивности движения транспортных средств и пешеходов по условиям 1 и 2 составляют 70% от указанных.

Условие 3. Значения интенсивности движения транспортных средств и пешеходов по условиям 1 и 2 одновременно составляют 80% или более от указанных.

Условие 4. На пересечении автомобильных дорог в одном уровне совершено не менее трех дорожно-транспортных происшествий за последние 12 месяцев, которые могли быть предотвращены при наличии светофорной сигнализации. При этом условия 1 или 2 должны выполняться на 80% или более.

7.2 Необходимость введения светофорного регулирования в местах пересечения автомобильной дороги с велосипедной дорожкой должна рассматриваться в случае, если интенсивность велосипедного движения превышает 50 вел/ч.

7.3 Светофоры Т.1, Т.2, Т.3, Т.9, П.1 и П.2 рекомендуется применять в случаях, если расстояние между соседними регулируемыми пересечениями, включенными в систему координированного управления движением, превышает 800 м.

7.4 Светофоры Т.7 рекомендуется применять, если интенсивность движения транспортных средств и пешеходов составляет не менее половины от

норм для условий 1 и 2 или не обеспечена видимость для остановки транспортного средства, движущегося со скоростью, разрешенной на предыдущем участке дороги перед пересечением автомобильных дорог или пешеходным переходом.

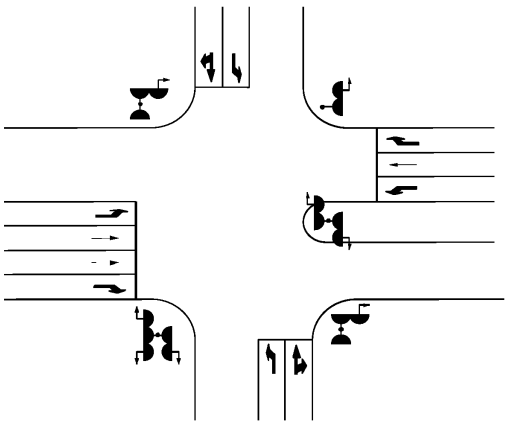


Рисунок 3 - Пример расположения в плане транспортных светофоров

8 Порядок установки светофоров

8.1 ГОСТ Р 52289-2004 определяет порядок установки светофоров на автомобильных дорогах (рис.3). На рисунках 4а и 4б представлены типы транспортных и пешеходных светофоров в соответствии с классификаций по ГОСТ Р 52282-2004.

8.2 Светофоры рекомендуется располагать, чтобы обеспечивалась наилучшая видимость их сигналов участникам дорожного движения. Таким же образом рекомендуется устанавливать светофоры-дублеры и светофоры-повторители.

8.3 При установке транспортных светофоров (кроме Т.3 любых исполнений, Т.9, П1 и П2) рекомендованная видимость их сигналов должна обеспечиваться с расстояния не менее 100 м с любой полосы движения, на которую распространяется их действие. Если данное условие выполнить невозможно, то рекомендуется установка знака 1.8 «Светофорное регулирование».

8.4 Рекомендуется, чтобы сигналы дополнительной секции светофоров Т.1п, Т.1л, Т.1пл и сигнал светофора Т.9 распознавались на расстоянии не менее
50 м.

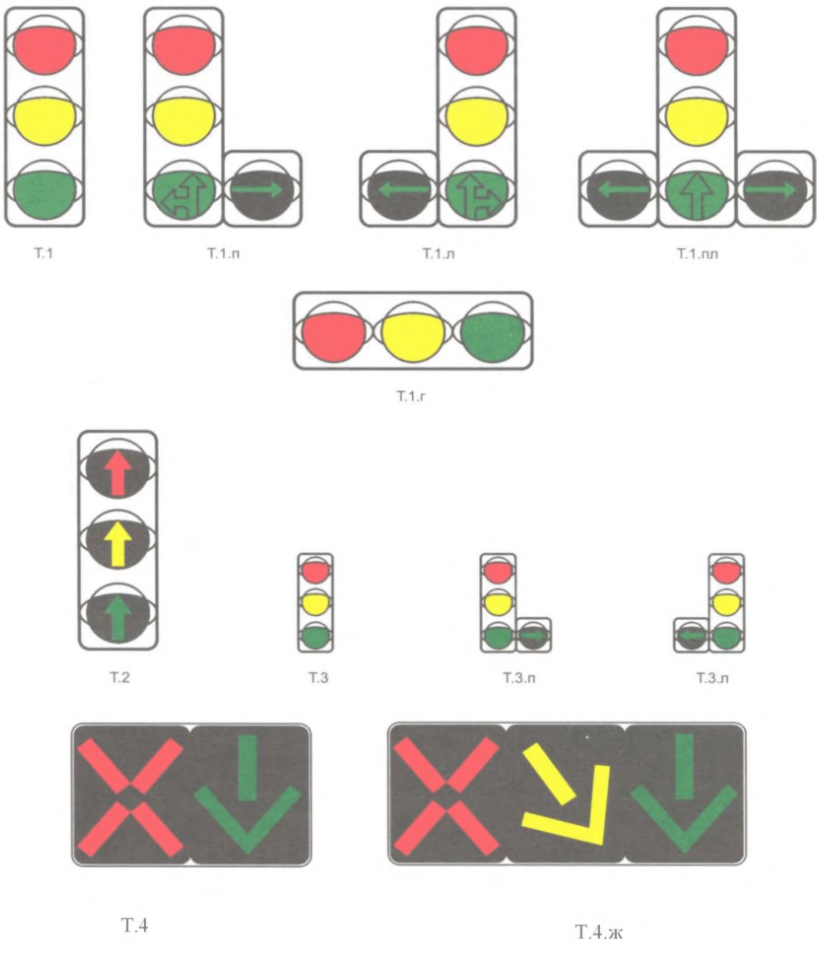


Рисунок 4 а - Типы и исполнение транспортных светофоров

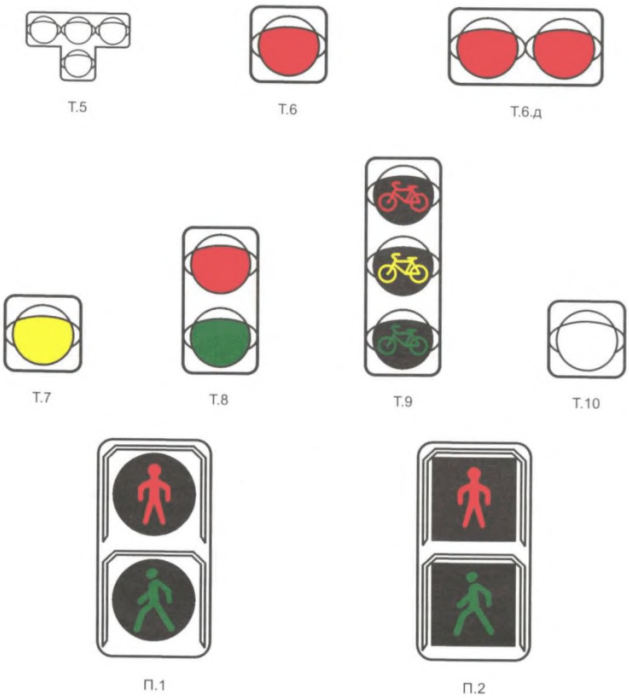


Рисунок 4 б - Типы и исполнение транспортных и пешеходных светофоров

Для улучшения видимости дополнительной секции светофоры Т.1.п, Т.1.л, Т.1.пл оборудуют экранами белого цвета прямоугольной формы с закругленными углами, выступающими за габариты светофора на 120 мм. Допускается форма экрана, повторяющая контуры светофора.

8.5 Светофоры П.1, П.2 рекомендуется устанавливать на обочинах и тротуарах с обеих сторон проезжей части, а при наличии разделительной полосы или приподнятого островка безопасности — и на них, если число полос движения в одном направлении более двух.

Рекомендуется при установке пешеходных светофоров, чтобы была обеспечена видимость их сигналов пешеходами с противоположной стороны проезжей части дороги.

Пешеходными светофорами рекомендуется оборудовать все пешеходные переходы, расположенные на регулируемом пересечении автомобильных дорог.

8.6 Рекомендуемая высота установки светофоров от нижнего края корпуса до поверхности проезжей части должна составлять (рис.5):

1) для транспортных светофоров (кроме Т.3 всех 5 исполнений, Т.5 и Т.9):

- при установке над проезжей частью — от 5 до 6 м. Допускается устанавливать светофоры над проезжей частью на высоте от 6 до 8 м;

- при установке сбоку от проезжей части — от 2 до 3 м;

2) для светофоров Т.3 любых исполнений, Т.9 — от 1,5 до 2,0 м;

3) для светофоров Т.5 — от 2 до 4 м;

4) для пешеходных светофоров — от 2,0 до 2,5 м.

8.7 Светофоры рекомендуются устанавливать на расстоянии 0,5 до 2,0 м от края проезжей части при установки их сбоку и не менее 4 м от края проезжей части при установки над проезжей частью.

8.8 Пешеходные светофоры рекомендуются устанавливать на расстоянии не более 5 м от края проезжей части. При этом расстояние от пешеходных светофоров до ближайшей границы пешеходного перехода должно быть не более 1 м (рис.6).

8.9 Светофоры рекомендуется устанавливать на расстоянии не менее 1 м от контактных проводов трамвая или троллейбуса до любой точки корпуса светофора.

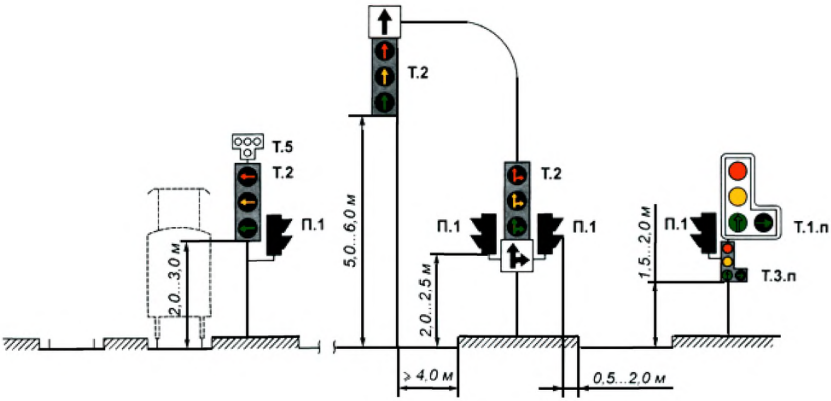


Рисунок 5 - Требования к установке светофоров

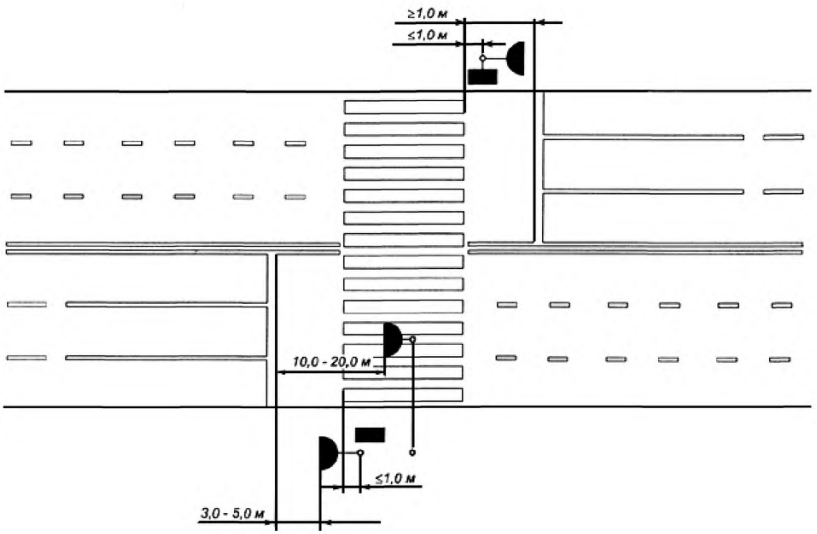


Рисунок 6 - Требования к установке светофоров на регулируемом пешеходном переходе

8.10 Дублирующие светофоры (кроме Т.1.п и Т.2 со стрелкой «направо») рекомендуется устанавливать на территории пересечения автомобильных дорог или непосредственно за пересечением автомобильных дорог перед водителем или слева. Светофоры Т.1.п и Т.2 со стрелкой «направо» рекомендуется дублировать, если поворот направо осуществляется в два ряда и более. Установка дублирующего светофора слева за пересечением автомобильных дорог может быть возможна, если проезжая часть во встречном направлении имеет не более трех полос движения, а интенсивность движения по каждой полосе составляет не более 500 ед/ч.

8.11 Транспортные светофоры Т.1 с горизонтальным расположением сигналов и Т.4 располагают только над проезжей частью в силу их конструктивных особенностей или назначения. По тем же соображениям пешеходные светофоры, светофоры-повторители над проезжей частью не устанавливают.

8.12 Не рекомендуется на протяжении одной автомобильной дороги устанавливать транспортные и пешеходные светофоры на разной высоте и удаленности от проезжей части.

8.13 Светофоры устанавливаются на колонках, кронштейнах, прикрепляемых к существующим опорам или стенам зданий, на специальных консольных опорах и тросах-растяжках. Для предотвращения наезда на опоры их рекомендуется располагать вне проезжей части или защищать ограждениями.

8.14 Опорные конструкции, используемые для крепления светофоров, рекомендуется устанавливать вне проезжей части автомобильной дороги, их элементы, находящиеся над проезжей частью, не должны быть ниже края корпуса светофора, размещаемого над проезжей частью.

9 Режимы работы светофоров

9.1 Порядок чередования сигналов, их вид и значение, принятые в России, соответствуют международной Конвенции о дорожных знаках и сигналах. Сигналы чередуются в такой последовательности: красный - красный с желтым - зеленый - желтый - красный...

9.2 При этом длительность сигнала «красный с желтым» рекомендуется устраивать не более 2 с, длительность желтого сигнала - 3 с. Если расчетная длительность промежуточного такта превышает указанные величины, то длительность красного сигнала рекомендуется увеличивать на время превышения.

9.3 Допускается последовательность включения сигналов: красный — зеленый — желтый — красный, если светофорный объект не включен в систему координированного управления движением.

9.4 В режимах работы светофорной сигнализации с использованием светофоров Т.1, Т.3 (любых исполнений), Т.2, Т.8 и Т.9 рекомендуется предусматривать мигание зеленого сигнала в течение 3 с непосредственно перед его выключением с частотой 1 миг/с (допускается отклонение от указанной частоты ± 10%), для светофоров П.1 и П.2 такой режим является обязательным.

9.5 Для информирования водителей и пешеходов о времени, оставшемся до окончания горения зеленого сигнала, допускается применение цифрового табло.

9.6 На пешеходных переходах, которыми регулярно пользуются слепые и слабовидящие пешеходы, дополнительно к светофорной сигнализации рекомендуется применять звуковую сигнализацию, работающую в согласованном режиме с пешеходными светофорами.

9.7 В период снижения интенсивности движения до значений менее 50% для условий 1 и 2 светофоры Т.1, Т.2, Т.3, и Т.9 рекомендуется переводить на режим мигания желтого сигнала. По условиям обеспечения безопасности движения допускается оставлять эти светофоры в режиме трехцветной сигнализации в течение суток.

9.8 При регулировании движения светофорами Т.1.п, Т.1.л и Т.1.пл не рекомендуется постоянное действие какой-либо комбинации сигналов (например, красный сигнал с сигналом дополнительной секции).

9.9 Рекомендуется, чтобы все светофоры, установленные на одном светофорном объекте (кроме светофоров Т.4), работали во взаимосогласованных режимах.

9.10 Рекомендуется, чтобы любой светофорный объект, входящий в систему координированного управления движением, имел возможность

работать в индивидуальном (резервном) автоматическом режиме, независимо от работы других светофорных объектов.

9.11 Расчет режимов работы светофорного объекта (времени цикла, времени пофазных разъездов) рекомендуется проводить для 3 программ для разных периодов суток (утро, день, вечер) и определяемых в ходе изучения условий движения на данном участке автомобильной дороги.

9.12 При наличии светофоров П.1 и П.2. на регулируемых пересечениях не рекомендуется использование частичного конфликта в движении пешеходов и транспорта в схемах светофорного регулирования.

10 Рекомендуемые требования к светофорному оборудованию

10.1 Требования к дорожным контроллерам

10.1.1 Дорожный контроллер должен соответствовать требованиям ГОСТ 34.401-90 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Средства технические периферийные автоматизированных систем дорожного движения. Типы и технические требования» и обеспечивать:

- управление светофорными объектами как на локальном, так и на сетевом уровне;
- возможность подключения выносного пульта управления, вызывного пешеходного табло, модуля зонального центра;
- возможность работы с дистанционным выносным пультом управления;
- управление трамвайными, пешеходными и транспортными светофорами в любой требуемой конфигурации;
- переключение светофорных сигналов в соответствии с заранее заданными резервными программами по таймеру либо адаптивно (по реально складывающейся дорожно-транспортной ситуации);
- смену резервных программ и включение режимов «желтого мигания» и «отключения светофоров» в заданное время суток.
- автоматическое отключение режима в случае одновременного включения зеленых сигналов светофора в конфликтных направлениях, а также при одновременном включении красного и зеленого сигналов одного светофора;
- возможность приема команд управления и передачу в Центр управления информации о выполняемом в данный момент режиме работы и своем техническом состоянии. Связь должна осуществляться по двухпроводным физическим линиям связи, радиоканалу или каналам связи «GSM»;
- автоматическое отключение светофоров при отключении или изменении напряжения электропитания за пределы 172-248 В и автоматическое включение в работу после восстановления электропитания;
- автоматический учет потребления электроэнергии по электронному счетчику энергопотребления и передачу информации о количестве потребления в Центр управления по запросу один раз в сутки.

10.1.2 Рекомендуется, чтобы программное обеспечение давало возможность выполнения контроллером следующих функций управления:

- ручное управление;
- «зеленая улица»;
- диспетчерское управление;
- координированное управление;
- резервная программа.

10.1.3 Контроллер рекомендуется устанавливать на асфальтированной площадке 1×1 м (на удалении не менее 3 м от края проезжей части).

10.1.4 Конструктивно контроллер рекомендуется выполнять в герметически закрытом электрошкафу, оборудованном системой автоматического поддержания рабочей температуры для обеспечения непрерывной круглосуточной работы на открытом пространстве.

10.1.5 При технико-экономическом обосновании рекомендуется применять контроллеры с использованием технологий GPRS/GPS.

10.2 Требования к пульту управления

10.2.1 Выносной пульт управления, предназначенный для управления дорожным контроллером в ручном режиме, рекомендуется снабжать специальной стойкой, и располагать в точке, с которой оператору обеспечена наилучшая видимость всего пересечения автомобильных дорог в одном уровне. Рекомендуется, чтобы с него обеспечивалось ручное переключение фаз регулирования в любой последовательности, вызов участков «зеленой улицы», режима желтого мигания, отключение светофоров.

10.3 Требования к транспортным детекторам

10.3.1 Детекторы, предназначенные для обнаружения транспортных средств и определения параметров транспортных потоков, должны обеспечивать выполнение следующих функций:

- обнаружение подвижных и неподвижных транспортных средств в контролируемой зоне;
- измерение общего количества транспортных средств, прошедших по каждой полосе за заданный период наблюдения;
- вычисление средней скорости движения транспортных средств по полосе в заданный период времени.

10.3.2 Параметры зоны детектирования, создаваемой детектором на любой полосе, должны удовлетворять следующим требованиям:

- номинальная ширина зоны: 2 м;
- длина зоны (вдоль направления движения транспортных средств): до 10 м;
- дальность действия: не менее 30 м.

10.3.3 Детектор рекомендуется монтировать на опорах освещения, опорах контактной сети, стенах зданий или других искусственных сооружениях, расположенных сбоку от проезжей части. Высота установки должна составлять 5 м.

10.4 Требования к звуковой сигнализации

10.4.1 Сигнализатор звуковой, предназначенный для оповещения слепых пешеходов о возможности перехода через проезжую часть, рекомендуется устанавливать внутри зеленой секции пешеходного светофора и подключается параллельно зеленой лампе. При загорании зеленого сигнала должен раздаваться прерывистый звуковой сигнал, позволяющий слепому пешеходу осуществить переход через проезжую часть.

10.4.2 Сигнализатор должен отвечать следующим основным техническим характеристикам:

- мощность, потребляемая сигнализатором звука от сети переменного тока 220 В 50 Гц, не превышал 5 Вт;
- интенсивность звука, db < 87;
- частота звука, Гц 2300;
- ток потребления, мА 200;
- цикличность подачи сигнала, сек. 1;
- диапазон рабочих температур от -45°С до +50°С.

10.5 Требования к табло индикации времени

10.5.1 Всю электронную схему рекомендуется помещать внутри корпуса, который устанавливается рядом с пешеходным светофором (обычно под зеленой секцией пешеходного светофора).

10.6 Требования к пешеходным вызывным устройствам

10.6.1 Пешеходные вызывные устройства, предназначенные для обеспечения безопасного перехода проезжей части пешеходами, рекомендуется применять при высокой интенсивности движения транспортных потоков и ненасыщенными, эпизодическими пешеходными фазами с целью снижения неоправданных транспортных задержек.

10.6.2 Табло вызова пешеходом рекомендуется крепить на специальных опорах, устанавливаемых перед пешеходным переходом, или может располагаться на опорах светофоров.

10.7 Требования к кабелям и способам их прокладки

10.7.1Кабели и способы их прокладки должны отвечать следующим условиям:

- контроллер должен быть подключен к источнику электропитания с помощью силового кабеля с медными жилами;
- светофоры должны быть соединены с контроллером при помощи контрольного кабеля с медными жилами;
- для связи выносного пульта управления с контроллером должен быть использован кабель типа ТПП (телефонный с полиэтиленовой изоляцией в пластмассовой оболочке).

10.7.2 Кабели рекомендуется прокладывать согласно требованиям Правил устройства электроустановок, а также соответствующих Строительных норм и правил.

10.7.3 На плане расположения трассы кабелей рекомендуется указывать опасные места производства работ - пересечения с газопроводами, нефтепроводами, с силовыми кабелями и с магистральными кабелями связи, а также производиться предупреждающие надписи об осторожности проведения

работ на пересечениях кабелей с этими подземными коммуникациями в соответствии с условиями согласований их эксплуатационных организаций или владельцев.

10.7.4 Кабели, прокладываемые в земле, должны быть защищены пластиковыми, металлическими или асбестоцементными трубами. Под проезжей частью следует прокладывать резервные трубы, что позволит не вскрывать дорожное покрытие при ремонте или замене кабеля.

10.7.5 Глубину траншеи на проезжей части рекомендуется устраивать не менее 1,1 м, а на тротуарах, газонах - 0,8 м. Ширина траншеи, разрабатываемой механизированным способом, зависит от размеров рабочего органа машины, а при разработке вручную зависит от количества закладываемых труб и составляет при прокладке одной трубы - внизу 0,3 м, вверху 0,4 м.

10.7.6 Для подключения ВПУ к контроллеру рекомендуется применять кабель ТПП 10х2х0,5 (число фаз от 1 до 5) и ТПП 20х2х0,5 (число фаз от 6). Для подключения контроллера к источнику питания рекомендуется использовать силовой кабель с медными жилами с ПВХ изоляцией, в оболочке из ПВХ пластиката на напряжение ~660В марки ВВГ3х (1 жила – общ., 2 жила – фаза, 1 жила - резервная). Сечение жил выбирается, исходя из расчетов. Для подключения светофоров к контроллеру рекомендуется использовать контрольные кабели с медными жилами с ПВХ изоляцией, в оболочке из ПВХ пластиката на напряжение ~660В марки КВВГ с сечением жил 1 мм. Жильность кабеля рекомендуется выбирать, исходя из расчета 1 жила на каждую лампу (светодиод) светофора, УЗСП, ТВП плюс две жилы на каждую колонку, консоль, опору и минимум 1 резервная жила. Для подключения ВПУ (выносного пульта управления) к контроллеру рекомендуется использовать телефонный кабель с полиэтиленовой изоляцией, в оболочке из ПВХ пластиката марки ТПП.

10.7.7 Для зарядки светофора рекомендуется использовать контрольные кабели с медными жилами с ПВХ изоляцией, в оболочке из ПВХ пластиката на напряжение ~660В марки КВВГ. Жильность кабеля рекомендуется выбирать исходя из типа светофора.

10.7.8 В целях возможного исключения проведения работ на проезжей части дороги, которые нарушают целостность дорожного покрытия и затрудняют движение транспорта, рекомендуется прокладку осуществлять кабеля методами горизонтального направленного бурения или управляемого прокола.

10.8 Требования к смотровым устройствам (колодцам) кабельной канализации

10.8.1 Проходные устройства (колодцы) рекомендуется устраивать на прямолинейных участках трасс, в мостах поворота трассы не более чем на 15°, а также при изменении глубины заложения трубопровода.

10.8.2 Угловые устройства (колодцы) рекомендуется устраивать в мостах поворота трассы более чем на 15°.

10.8.3 Разветвительные устройства (колодцы) рекомендуется устраивать в местах разветвления трассы на два (три) направления.

10.9 Требования к электроснабжению

10.9.1 Подключение оборудования к источнику питания рекомендуется осуществлять через защитные автоматические выключатели. Для автоматического учета потребления электроэнергии рекомендуется предусматривать счетчик энергопотребления.

10.9.2 Счетчики и автоматические выключатели рекомендуется размещать в специальных коробках в доступном, защищенном от атмосферных осадков месте.

10.9.3 Корпуса всех технических средств, выполненных из металла, рекомендуется заземлять. Для заземления контроллера рекомендуется устраивать специальный заземляющий контур.

10.9.4 Светофорные колонки заземляют на контур, устанавливаемый у контроллера, по специально выделенной жиле сигнальных кабелей.

10.9.5 При проектировании светофорных объектов на автомобильных дорогах при значительной их удаленности от населенных пунктов и линий электропередач рекомендуется в качестве элементов питания контроллеров использовать солнечные батареи, ветряки, бесперебойные источники питания и др.

Примечание. В приложении А приведен рекомендуемый расчет электротехнических параметров светофорного оборудования.

11 Светофорный цикл

11.1 Схему движения на регулируемом участке рекомендуется выполнять с учетом значения сигналов, определенного Правилами дорожного движения.

11.2 Если эта последовательность сигналов не может быть осуществлена из-за ограниченных коммутационных возможностей аппаратуры, то, как исключение, может быть рекомендована применение системы с двумя желтыми сигналами. На рисунке 7 показан пример режима работы светофорной сигнализации для пересечения двух автомобильных дорог: *а* — с одним промежуточным тактом в каждой фазе; *б* — с тремя промежуточными тактами в первой фазе.

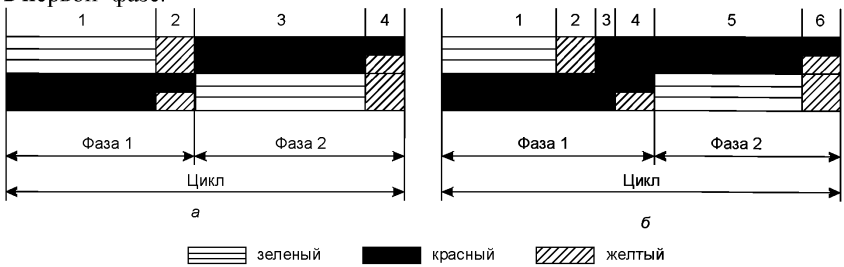


Рисунок 7 - Структура светофорного цикла:

а — с одним промежуточным тактом в каждой фазе;

б — с тремя промежуточными тактами в первой фазе;

1-6 — номера тактов

11.3 Применение промежуточного такта в светофорном цикле рекомендуется для обеспечения безопасности движения в переходный период, когда движение предыдущей группы потоков уже запрещено, а последующая группа разрешение на движение через пересечение еще не получила. В период промежуточного такта движение запрещено за исключением транспортных средств, водители которых не смогли своевременно остановиться у стоп – линий (рис.8). В период основного такта разрешено (а в конфликтующем направлении запрещено) движение определенной группы транспортных и пешеходных потоков.

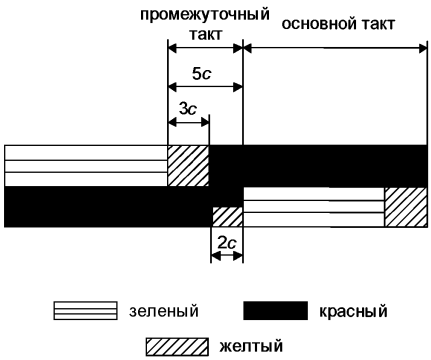


Рисунок 8 - Пример использования основных и промежуточных тактов

11.4 Длительность промежуточного такта должна быть такой, чтобы автомобиль, подходящий к пересечению автомобильных дорог на зеленый сигнал со скоростью свободного движения, при смене сигнала с зеленого на желтый смог либо остановиться у стоп-линий, либо успеть освободить пересечение (миновать конфликтные точки пересечения с автомобилями, начинающими движение в следующей фазе). Остановиться у стоп-линии автомобиль сможет только в том случае, если расстояние от него до стоп-линий будет равно или больше остановочного пути.

11.5 Учитывая, что время проезда расстояния, равного остановочному пути, состоит из времени реакции водителя на смену сигналов светофора и времени торможения, можно в общем виде представить формулу промежуточного такта:

$$t_{ni} = t_{рк} + t_m + t_i + t_{i+1}, \quad (1)$$

где $t_{рк}$ – время реакции водителя на смену сигналов светофора, с;

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

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

t_{i+1} – время, необходимое для проезда от стоп-линий до дальней

конфликтной точки автомобилю, начинающему движение в следующей фазе.

11.6 Составляющие формулы $t_{рк}$ и t_{i+1}, в большинстве случаев по значению близки друг к другу, на практике их обычно исключают из расчета. С учетом этого обстоятельства, а также предположения о постоянном замедлении при торможении автомобиля перед стоп-линией, длительность промежуточного такта:

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

где v_a – средняя скорость транспортных средств при движении на подходе к пересечению и в его зоне без торможения (с ходу), км/ч;

$a_т$ – среднее замедление транспортного средства при включении запрещающею сигнала (для практических расчетов ат = 3÷4 м/с^2);

l_i – расстояние от стоп-линий до самой дальней конфликтной точки, м;

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

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

$$t_{пi(пш)} = \frac{B_{пш}}{4v_{пш}}, \qquad (3)$$

где $B_{пш}$ – ширина проезжей части, пересекаемой пешеходами в i-й фазе регулирования, м;

$v_{пш}$ – расчетная скорость движения пешеходов (обычно принимается 1,3 м/с).

11.8 Независимо от результатов расчета минимальная длительность промежуточного такта должна быть 4 с. Учитывая, что желтый сигнал во всех случаях 3 с, а красный с желтым не более 2 с, на пересечении автомобильных дорог в период смены сигналов с разрешающего на запрещающий можно организовать режим «кругом красный», что способствует повышению безопасности движения.

11.9 Не рекомендуется назначать промежуточные такты длительностью менее 3 сек. При $t_п$ = 5 – 8 с промежуточный такт должен быть составлен из двух вспомогательных тактов. Длительность желтого сигнала никогда не должна быть менее 3 и более 4 с.

11.10 При назначении схемы светофорного регулирования рекомендуется стремиться к минимальному числу фаз и к бесконфликтному пропуску пешеходов.

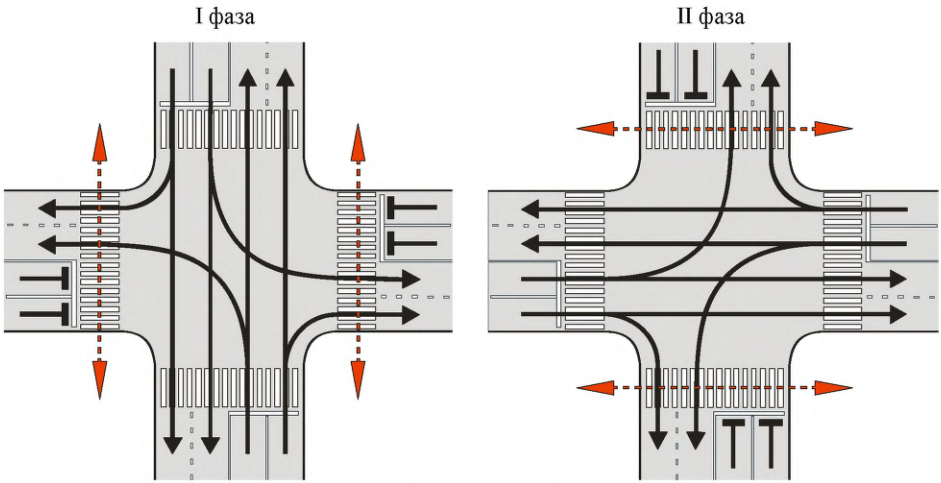


Рисунок 9 - Пример двухфазного светофорного регулирования на пересечении автомобильных дорог

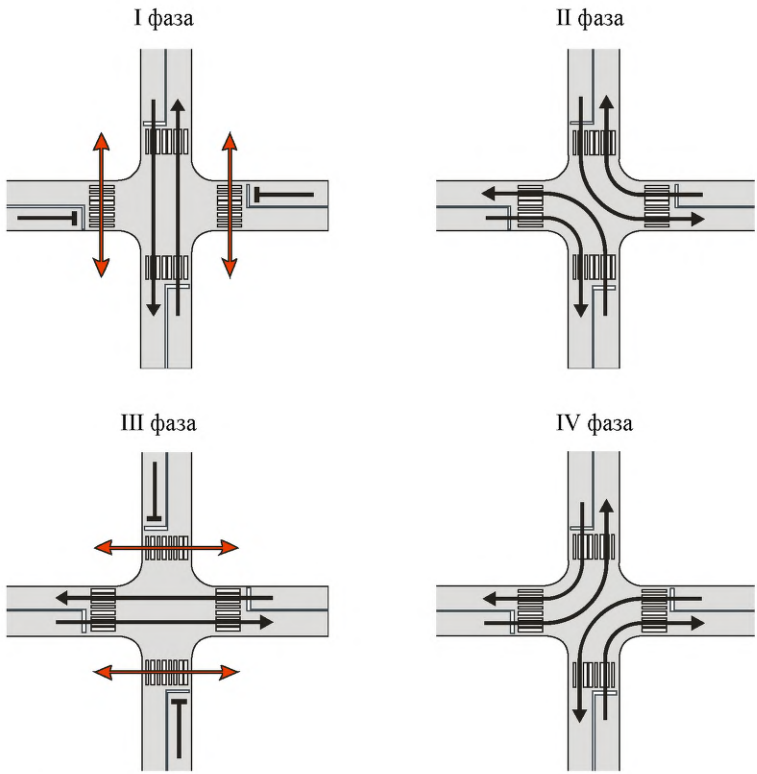


Рисунок 10 - Пример четырехфазного светофорного регулирования на пересечении автомобильных дорог

Примеры пофазного разъезда транспортных и пешеходных потоков на пересечении двух автомобильных дорог приведены на рисунках 9 и 10.

11.11 Необходимо стремиться к равномерной загрузке полос. Не рекомендуется выпускать транспортные средства, следующие в разных фазах, из одной и той же полосы (рис.11).

11.12 Пропускная способность левого поворота зависит от интенсивности основного потока. Пропуск левого поворотного потока (количество машин) пропорционален интенсивности встречного направления. Левоповоротный поток рекомендуется пропускать на просачивание через встречный прямой поток, от которого зависит длительность основных тактов, если его интенсивность не превышает 120 авт/ч. Если интенсивность левого поворотного потока больше 135 ед/ч (120 авт/ч), то рекомендуется вводить III фазу или использовать другие методы организации дорожного движения по отнесению левого поворота из зоны пересечения автомобильных дорог (рис.12).

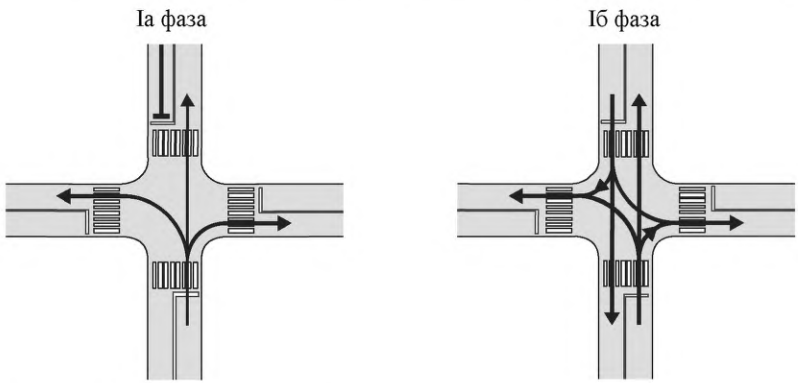


Рисунок 11 - Не рекомендуемая схема организация движения при устройстве светофорного регулирования

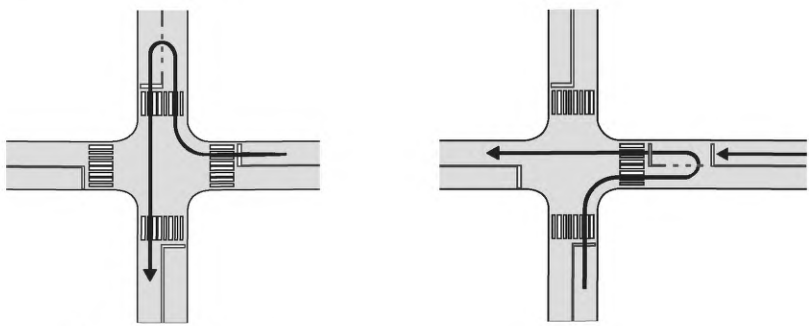


Рисунок 12 - Примеры выноса левого поворота из зоны пересечения автомобильных дорог

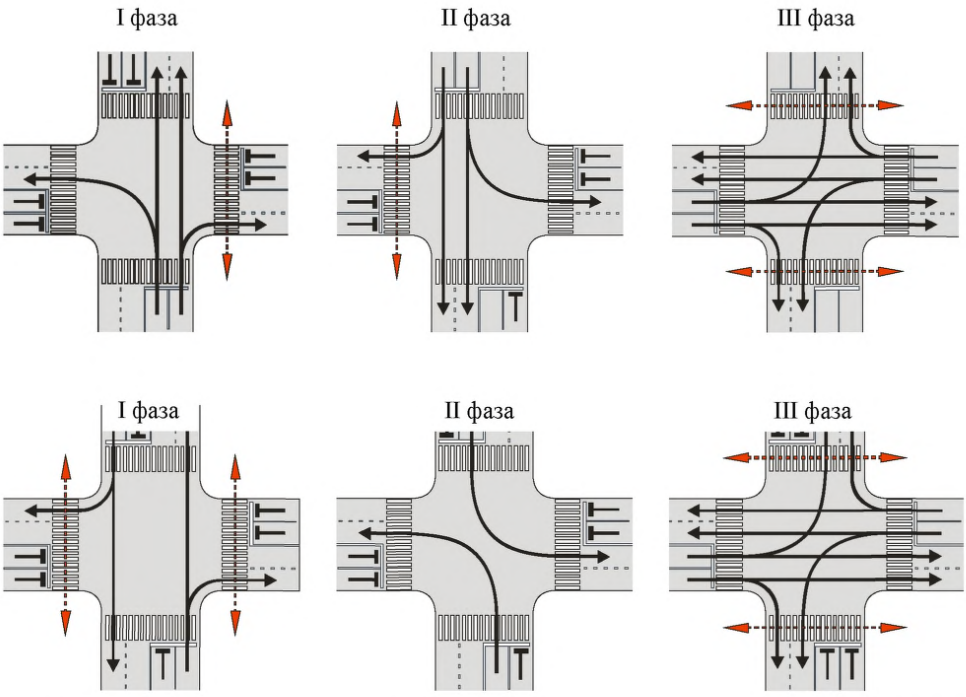


Рисунок 13 - Примеры светофорного регулирования на пересечении автомобильных дорог с обеспечением пропуска транспортного потока с частичным конфликтом через пешеходный поток

11.13 Пропускать транспортный поток на «просачивание» (с частичным конфликтом) через пешеходный поток возможно в случае, если интенсивность транспортного потока не превышает 120 авт/ч, а интенсивность пешеходного – 900 чел/ч (рис. 13). На рисунках 14 и 15 приведены примеры организации движения с выделением отдельных фаз в светофорном регулировании для пропуска пешеходных потоков.

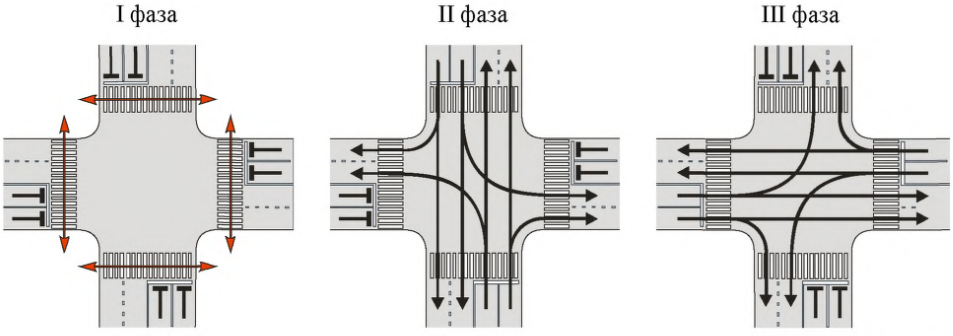


Рисунок 14 - Пример светофорного регулирования на пересечении автомобильных дорог с выделением пешеходной фазой

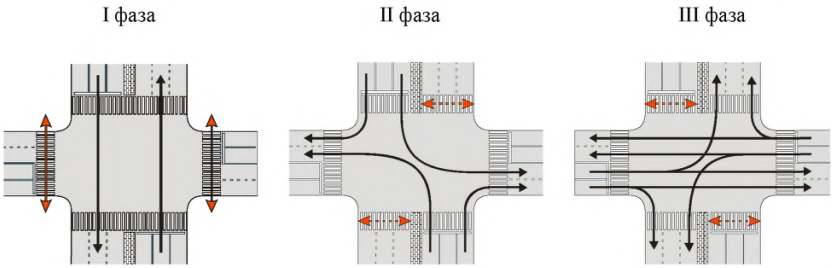


Рисунок 15 - Пример светофорного регулирования на пересечении автомобильных дорог и выделения пешеходных фаз при наличии широкой разделительной полосы

11.14 Фазовые коэффициенты необходимы для определения длительности основных тактов и цикла регулирования и их определяют для каждого из направлений движения на пересечении в данной фазе регулирования:

$$y_{ij} = N_{ij} / M_{Hij}, \qquad (4)$$

где y_{ij} – фазовый коэффициент данного направления;

N_{ij}– интенсивность движения для рассматриваемого периода суток, ед/ч;

M_{ij}– поток насыщения в данном направлении данной фазы регулирования, ед/ч. Поток насыщения определяется экспериментальным и расчетным методами.

11.15 За расчетный фазовый коэффициент принимается наибольшее его значение y_{ij} в данной фазе. Меньшие значения могут быть использованы в дальнейшем для определения минимально необходимой длительности разрешающего сигнала в соответствующих этим коэффициентам направлениях движения.

11.16 При пофазном регулировании и пропуске какого-либо транспортного потока в течение двух фаз и более для него отдельно рассчитывают фазовый коэффициент, который независимо от значения 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 из расчетных фазовых коэффициентов, входящих в эту сумму, должен быть искусственно увеличен.

11.17 При увеличении числа фаз регулирования пропускная способность полос снижается. При трехфазном регулировании максимально возможно пропустить по одной полосе 700 ед/ч, а при четырехфазном регулировании – 600 ед/ч.

12 Расчет режима светофорного регулирования

12.1 При проектировании светофорного объекта рекомендуется придерживаться следующих этапов:

- обследование пешеходных и транспортных потоков на пересечении

для последующей разработки схемы организации дорожного движения и расчета режима работы светофорной сигнализации;

– разработка пофазных схем движения пешеходов и транспортных средств;

– расчет режима работы светофорной сигнализации;

– разработка дислокации технических средств организации дорожного движения.

12.2 Для расчета режима светофорной сигнализации необходимо знать:

- геометрические и транспортные характеристики пересечении автомобильных дорог (геометрические – ширина проезжей части, число полос движения, разница закруглений тротуаров, наличие разделительных полос и их ширина; транспортные – картограмма транспортных и пешеходных потоков, скорость движения через пересечение, состав потока, длина автомобиля);

- организацию движения на пересечении автомобильных дорог;

- потоки насыщения.

12.3 При разработке схемы движения рекомендуется первоначально определить все направления, в которых должно быть разрешено движение через пересечение транспортных средств и пешеходов. Первоначальная схема разрешенных направлений движения является базисной и используется для анализа содержащихся в ней конфликтных точек. Рекомендованная последовательность расчета длительности цикла и элементов светофорной сигнализации приведена на рисунке 16.

12.4 Определение режима работы светофорной сигнализации с пофазным разъездом транспортных средств по направлениям (пример расстановки технических средств организации дорожного движения и режим работы светофорной сигнализации на пересечении двух автомобильных дорог в одном уровне приведен на рисунках 17 и 18).

12.4.1Длительность цикла регулирования рассчитывают по формуле:

$$T = \frac{1{,}5 * T_n + 5}{1 - (y_1 + y_2 + \cdots + y_n)}, \qquad (5)$$

где T – длительность цикла, с;

T_n – сумма всех промежуточных тактов, с;

y – фазовый коэффициент, который равен наибольшему из отношений $\frac{N}{M_H}$, подсчитанных для всех подходов к пересечению, обслуживаемых фазой 1;

$y_1, y_2, \ldots, y_n$ – соответствующие фазовые коэффициенты для фаз 1, 2, …, n, подсчитанные аналогичным образом;

N – интенсивность движения на рассматриваемом подходе к пересечению в направлениях (направлении), обслуживаемых данной фазой, ед/ч;

M_H – поток насыщения для этих же направлений (направления), ед/ч.

12.4.2 Для ориентировочных расчетов до проведения натурных наблюдений поток насыщения может быть приближенно определен:

$$M_H = 1250\ \gamma_n\ , \qquad (6)$$

где M_H – поток насыщения;

γ_n – коэффициент многополосности.

12.4.3 При наличии нескольких полос движения в каждом направлении рекомендуется принимать в расчетах коэффициент многополосности γ_n, учитывающий взаимные помехи транспортных средств в смежных полосах. Коэффициент полосности принимается равным:

для одной полосы движения..... 1
» двух полос »..... 1,85
» трех полос »..... 2,55
» четырех полос » 3,05

12.4.4 Длительность основных тактов (зеленых сигналов) всех фаз определяется по формулам:

$$t_{0i} = \frac{(T - T_n)y_i}{Y}; \qquad (7)$$

где T – длительность светофорного цикла, с;

T_n – сумма промежуточных тактов, с;

$y_1,\ y_2, \ldots y_n$ – фазовые коэффициенты;

Y – сумма фазовых коэффициентов.

12.4.5 Длительность основных тактов проверяется на обеспечение пропуска в соответствующих направлениях пешеходов и трамвайных поездов.

1) Для пешеходов длительность разрешающего сигнала t_n определяется по формуле:

$$t_{пш} = \frac{B_{пш}}{V_{пш}} + 5; \qquad (8)$$

где B – ширина пешеходного перехода, м;

V – скорость движения пешеходов, м/с.

Блок – схема

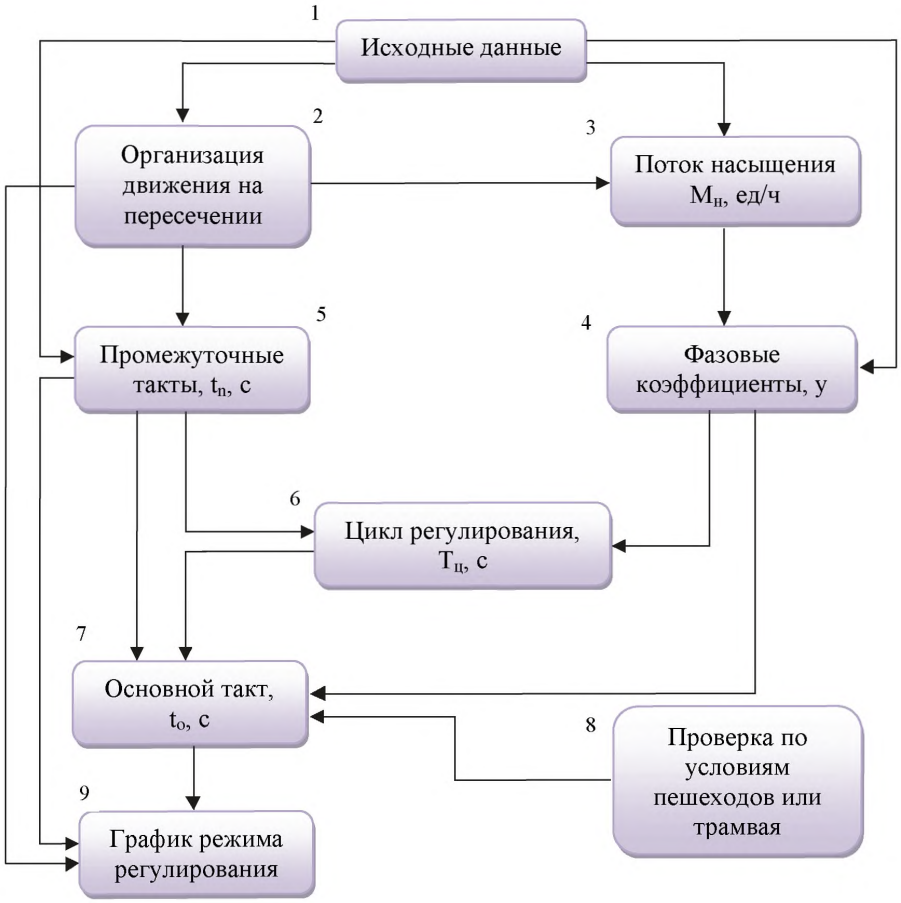


Рисунок 16 - Последовательность расчета длительности цикла и элементов светофорной сигнализации (цифрами отмечена последовательность определения параметров)

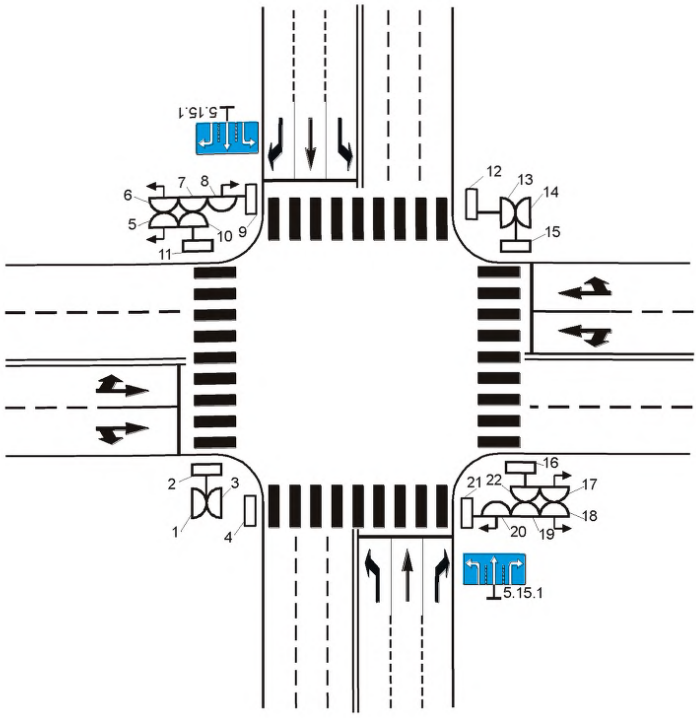


Рисунок 17 - План пересечения с размещением технических средств: 1—22 — номера светофоров

2) При движении трамвая длительность разрешающего сигнала t_T определяется по следующим формулам:

Для случая пропуска одного поезда за один цикл:

$$t_T = \frac{3{,}6(S_T + l_T)}{V_T}; \qquad (9)$$

Для случая пропуска двух поездов за один цикл:

$$t_T = \frac{3{,}6(S_T + 2l_T + \Delta l)}{V_T}, \qquad (10)$$

где S_T – путь движения трамвая от стоп-линии до самой дальней конфликтной точки с транспортными средствами или пешеходами, начинающими движение в следующей фазе, в м;

l_T – длина трамвайного поезда, в м;

Δl – дистанция между поездами (не менее 60 м при 20 км/ч);

V_T – скорость движения трамвая в пределах пересечения в км/ч.

а)

Номера светофоров	График включения сигналов	Длительность, с			
		Тз	Тж	Тк	Ткж
7,10,19,22		34	3	56	2
5,6,8,17,18,20		26	-	-	-
1,3,13,14		23	3	67	2
2,11,15,16		34	-	61	-
4,9,12,21		23	-	72	-

б)

Номера светофоров	График включения сигналов	Длительность, с			
		Тз	Тж	Тк	Тжк
7,10,19,22		19	3	58	2
5,6,8,17,18,20		34	3	43	2
1,3,13,14		28	-	-	-
2,11,15,16		13	-	-	-
4,9,12,21		23	3	54	2
2,11,15,16		19	-	63	-
4,9,12,21		23	-	59	-

зеленый красный желтый

Рис. 18. Режим работы светофорной сигнализации:
а) – пофазный разъезд транспортных средств;
б) – управление движением по направлениям пересечения

12.4.6 При проектировании светофорных объектов рекомендуется использовать среднюю скорость движения транспортного потока на дороге. Для левоповоротного движения скорость рекомендуется принимать равной 25 км/ч.

12.4.7 Для восстановления оптимального соотношения фаз в цикле его длительность рекомендуется корректировать, применяя формулу:

$$T^* = \frac{A}{2B} + \sqrt{\frac{A^2}{4B^2} - \frac{(T_n + \sum t_k^*)(1{,}5 * T_n + 5)}{B}}, \qquad (11)$$

где $A = 2{,}5\ T_n - T_n * \Sigma y_i + \Sigma t^*_k + 5; \quad B = 1 - \Sigma y_i$

T^* – скорректированная длительность цикла, с;

Σy_i – сумма фазовых коэффициентов для фаз i, не уточнявшихся по трамвайному и пешеходному движению;

Σt^*_k – суммарная длительность тактов k, уточненных по трамвайному и пешеходному движению, с;

$T_п$ – суммарная длительность всех промежуточных тактов, с.

12.4.8 Новую длительность основных тактов t^*_i фаз, не уточнявшихся по трамвайному и пешеходному движению, рекомендуется вычислять по формулам:

$$t^*_i = y_i K^* T^*; \quad (12)$$

$$K^* = \frac{T^* - T_п}{T^* - 1{,}5 * T_п - 5} \quad (13)$$

12.5 Пример расчета светофорного регулирования.

12.5.1 Для пересечения автомобильных дорог А и Б шириной соответственно 20 и 12 м получены следующие значения фазовых коэффициентов и промежуточных тактов

$$y_1 = 0{,}40;$$
$$y_2 = 0{,}25;$$
$$t_{п1} = 3\ с;$$
$$t_{п2} = 4\ с;$$
$$T_п = 4+3 = 7\ с.$$

12.5.2 Определим длительность цикла T и при необходимости скорректированную длительность цикла T*:

$$T = \frac{1{,}5 \cdot 7 + 5}{1 - (0{,}4 + 0{,}25)} = 44c;$$

$$t_1 = 0{,}4 \frac{(44-7)44}{44 - 1{,}5 \cdot 7 - 5} = 23c;$$

$$t_2 = 0{,}25 \frac{(44-7)44}{44 - 1{,}5 \cdot 7 - 5} = 14c.$$

12.5.3 Исходный цикл регулирования составляет:

$$T = t_1 + t_{п1} + t_2 + t_{п2} = 23 + 3 + 14 + 4 = 44\ с$$

12.5.4 Необходимо проверить, достаточна ли длительность зеленых сигналов t_1 и t_2 для безопасного перехода пешеходов через проезжую часть **дорог** *А и Б.* Время**,** необходимое для перехода дороги *Б* вдоль дороги *А,* составляет:

$$t_{п1} = 5 + \frac{12}{1{,}3} = 14c < t_1 = 24c$$

12.5.5 То же, для перехода дороги *А* вдоль дороги *Б*:

$$t_{n2} = 5 + \frac{20}{1,3} = 20сек > t_2^* = 14с$$

12.5.6 Уточненная длительность t^*_2 второго основного такта составляет:

$$t^*_2 = 20 \text{ с}$$

12.5.7 Определим скорректированную длительность цикла:

$$A = 2,5 \cdot 7 - 7 \cdot 0,4 + 20 + 5 = 39,7;$$

$$B = 1 - 0,40 = 0,6;$$

$$T^* = \frac{39,7}{1,2} + \sqrt{\frac{39,7^2}{1,2^2} - \frac{(7+20)(10,5+5)}{6}} = 33 + \sqrt{1089 - 700} = 33 + 19,7 \approx 52с;$$

$$t_1^* = 0,4\frac{(52-7)52}{52-10,5-7} = 25,6 \approx 26сек;$$

12.5.8 Новый (окончательный) цикл регулирования составляет:

$$T^* = 26 + 3 + 20 + 4 = 53 \text{ с.}$$

Примечание: Примеры расчета светофорного регулирования приведены в приложении Б.

Методы определения потока насыщения даны в приложении В.

Критерии выбора пофазного разъезда транспортных средств и движения пешеходных потоков приведены в приложении Г.

13 Светофорное регулирование пешеходного движения

13.1 Светофорное регулирование пешеходного движения может осуществляться трехсекционными транспортными светофорами и двухсекционными пешеходными светофорами, сигналы которых предназначены только для пешеходов.

13.2 Пешеходное движение рекомендуется регулировать двухсекционными пешеходными светофорами. Установка пешеходных светофоров на пересечениях автомобильных дорог сопровождается полным разделением во времени движения пересекающихся транспортных и пешеходных потоков.

13.3 Трехсекционные транспортные светофоры рекомендуется применять для регулирования пешеходного движения только на пересечениях автомобильных дорог и при условии взаимного пересечения транспортных и пешеходных потоков, движущихся в одной фазе светофорного регулирования с малой интенсивностью конфликтующих транспортных и пешеходных потоков, которые не превышают соответственно 120 авт/ч и 900 чел/ч.

13.4 Пешеходные светофоры должны обеспечивать полное разделение во времени пересекающихся транспортных и пешеходных потоков.

13.5 Режим работы светофоров, регулирующих движение пешеходов и установленных на магистрали, оборудованной системой координированного регулирования, должен быть согласован с графиком координации сигналов для данной магистрали и с работой транспортных светофоров, установленных на том же светофорном объекте.

13.6 Расчет режима светофорной сигнализации на пешеходном переходе, расположенном вне зоны регулируемого пересечения автомобильных дорог, рекомендуется выполняться в следующем порядке:

- определение длительности разрешающего сигнала пешеходного светофора;
- определение длительности цикла светофорного регулирования;
- определение длительности разрешающего сигнала транспортного светофора.

13.7 Если в результате расчета длительность зеленого сигнала транспортного светофора получилась больше 40 с, то рекомендуется рассмотреть возможность устройства островка безопасности. В этом случае может быть запроектирована длительность разрешающего сигнала пешеходного светофора из условия преодоления пешеходами в течение одного светофорного цикла расстояния от тротуара до островка безопасности.

13.8 При необходимости регулирования движения переходов через одну половину проезжей части (от тротуара до островка безопасности) пешеходные светофоры должны быть установлены и на второй половине проезжей части.

13.9 Оборудование пешеходных переходов вызывной пешеходной сигнализацией рекомендуется предусматривать при наличии интенсивного транспортного и пешеходного движения, причем пешеходное движение имеет эпизодический характер с резко и многократно изменяющейся в течение суток интенсивностью. Для выявления необходимости установки на пешеходном переходе вызывной светофорной сигнализации рекомендуется руководствоваться графиком, приведенным на рисунке 19.

Режим вызывного регулирования для пешеходов рекомендуется вводить в случае, если точка пересечения интенсивности движения транспортных и пешеходных потоков выше указанных линий.

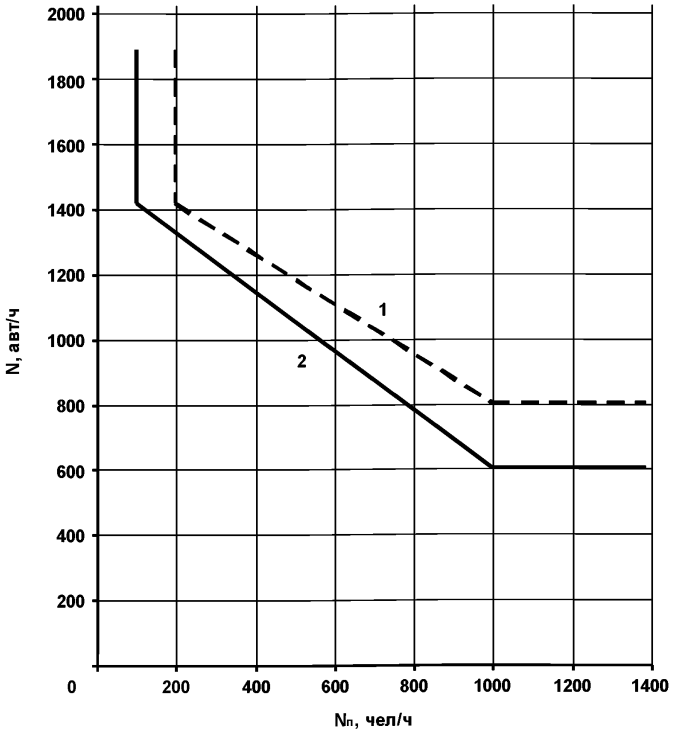


Рисунок 19 - График для определения необходимости установки пешеходных светофоров вызывного действия на пешеходных переходах

1 – с островком безопасности; *2* – без островка безопасности; *N* –интенсивность движения транспортных средств; N_n – интенсивность пешеходного движения

14 Рекомендуемые требования к размещению технических средств организации дорожного движения в местах проектирования светофорных объектов

14.1 Дорожный знак 1.8 «Светофорное регулирование» рекомендуется устанавливать вне населенных пунктов перед каждым пересечением автомобильных дорог, пешеходным переходом или участком дороги, кроме железнодорожных переездов, движение на которых регулируется светофорами, в населенных пунктах — при расстоянии видимости светофора менее 100 м, а также перед первым после въезда в населенный пункт пересечением или пешеходным переходом со светофорным регулированием.

14.2 Разметку 1.12 (стоп-линия) рекомендуется применять перед пересечением автомобильных дорог при наличии дорожного знака 2.5 «Движение без остановки запрещено», в местах, где движение регулируется светофором.

14.3 Разметку 1.12 рекомендуется наносить на расстоянии 10 — 20 м от светофора Т1 или Т2 при расположении светофора над проезжей частью и 3 — 5 м — при расположении сбоку от проезжей части для обеспечения видимости их сигналов. Допускается уменьшать указанные расстояния соответственно до 5 и 1 м при наличии светофоров Т.3 любых исполнений.

14.4 При наличии пешеходного перехода разметку 1.12 рекомендуется наносить на расстоянии не менее 1 м перед переходом.

14.5 Разметку 1.12 рекомендуется наносить на расстоянии 1 — 3 м до светофора Т.5, используемого для регулирования движения маршрутных автобусов или троллейбусов, движущихся по специально выделенной полосе.

14.6 У наземных пешеходных переходов со светофорным регулированием с двух сторон дороги рекомендуется устраивать пешеходные ограждения (перильного типа) на протяжении не менее 50 м в каждую сторону от пешеходного перехода.

Примечание. Мониторинг интенсивности движения транспортных и пешеходных потоков приведен в приложении Д.

Приложение А

А.1 Расчет электротехнических параметров светофорного оборудования

А.1.1 Расчет потребляемой мощности светофорного объекта рекомендуется проводить по следующей формуле:

$$P_у = P_р = (\sum P_с + P_к) \times 1{,}3 \qquad (А.1)$$

где $P_у$ – установленная потребляемая мощность объекта;

$P_р$ – расчётная потребляемая мощность объекта;

$P_с$ – потребляемая мощность светофора ($P_{ТРАНСП.\ ЛАМП.} \approx 100$ Вт, $P_{ПЕШЕХ.\ ЛАМП.} \approx 60$ Вт, $P_{СВЕТОДИОД.} \approx 20$ Вт);

$P_к$ – потребляемая мощность контроллера ($P_{КОНТРОЛЛЕР} \approx 60$ Вт).

А 1.2. Рекомендуется выполнять расчет силы тока выполнять по следующей формуле:

$$I = \frac{P_у}{220 \times 0{,}95} = \frac{P_у}{209} \qquad (А.2)$$

А.1.3. Расчет потерь потребляемой мощности и диаметра кабеля питания рекомендуется выполнять следующим образом по формуле:

$$\Delta U_{ТАБ} = L \times P_р \qquad (А.3)$$

где, L – длина кабеля питания от ввода до контроллера, м;

$P_р$ – расчётная потребляемая мощность объекта, кВт.

По $\Delta U_{ТАБ}$ определяются потери ΔU и диаметр сечение кабеля питания по таблице А.1.1.

Таблица А.1.1 - Определение потери потребляемой мощности светофорного объекта для выбора диаметра кабеля питания

ΔU \ жил	2,5	4	6	10	16
0,2	6	10	14	24	38
0,4	12	19	29	48	77
0,6	18	29	43	72	115
0,8	24	38	58	96	154
1	30	48	72	120	192
1,2	36	58	86	114	230
1,4	42	67	101	168	269
1,6	48	77	115	192	307
1,8	54	86	130	216	346
2	60	96	144	240	384
2,2	66	106	158	264	422
2,4	72	115	173	288	461

← Диаметр жил кабеля питания (ВВГ3х2,5, ВВГ3х4, ВВГ3х6, ВВГ3х10, ВВГ3х16)

↑ потери мощности, $\Delta U \leq 2{,}5\%$

А.1.4 Расчет проектируемых длин кабелей

1. От контроллера в колонку:

$L_{проект}=2+1,03*L_{чертёж}+n+2,5$ (А.4)

2. От контроллера в консоль:

$L_{проект}=2+1,03*L_{чертёж}+n+3$ (А.5)

3. От коробки в контроллер (шкаф):

$L_{проект}=5+1,03*L_{чертёж}+n+2$ (А.6)

4. От ВПУ в контроллер:

$L_{проект}=2+1,03*L_{чертёж}+n+2$ (А.7)

5. От ТВП в контроллер:

$L_{проект}=2+1,03*L_{чертёж}+n+2,5$ (А.8)

где n – количество колодцев проходимых кабелем.

Длину кабеля рекомендуется округлять до ближайшего целого числа в метрах.

А.1.5 Расчёт проектируемых длин кабелей для подключения оборудования (зарядки)

В таблице А.1.2 дан пример расчёта проектируемых длин кабелей для подключения оборудования светофорного объекта, приведенного на рисунке А.1.2.

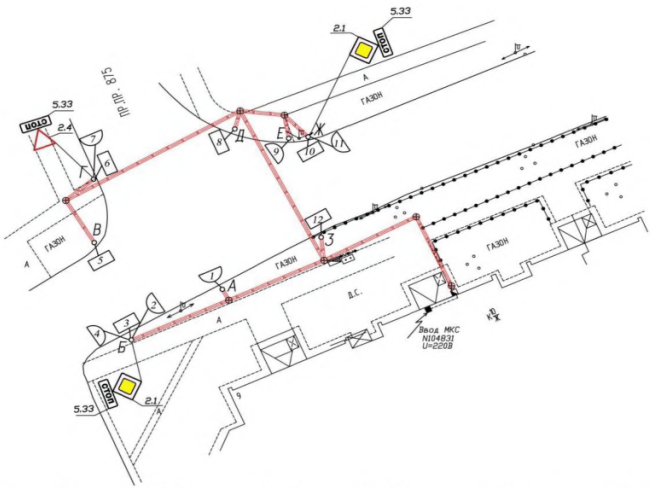


Рисунок А.1 - Пример устройства светофорного объекта и расположения кабелей для подключения его оборудования

Таблица А.1.2 - Кабельное расписание

№№ кабеля	Откуда идет	Куда поступает	Марка кабеля	Длина (м)	Примеч.
1.	Ввод	Коробка с авт. выкл.	ВВГ3х2,5	20	по ст. зд.
2.	Коробка с авт. выкл.	Контроллер	ВВГ3х2,5	40	5 м в мет тр 110 в а/ц тр
3.	ВПУ-4	Контроллер	ТПП 10х2х0,5	5	В а/ц трубе
4.	Колонка А	Контроллер	КВВГ10х1	30	В а/ц трубе
5.	Колонка Б	Контроллер	КВВГ14х1	45	В а/ц трубе
6.	Консоль В	Колонка Г	КВВГ10х1	20	В а/ц трубе
7.	Колонка Г	Контроллер	КВВГ14х1	55	В а/ц трубе
8.	Колонка Д	Контроллер	КВВГ10х1	45	В а/ц трубе
9.	Консоль Е	Колонка Ж	КВВГ10х1	25	В а/ц трубе
10.	Колонка Ж	Контроллер	КВВГ14х1	80	В а/ц трубе
11.	Колонка З	Контроллер	КВВГ10х1	10	В а/ц трубе
12.	Зарядка светофоров		КВВГ4х0,75	33	

Приложение Б

Примеры расчета светофорной сигнализации

Б.1 Пример расчета светофорной сигнализации

Расчет режима работы светофорной сигнализации приведен для локального транспортного пересечения автомобильных дорог, шириной 23 и 15 м. Пересечение автомобильных дорог в одном уровне расположено на горизонтальном участке дороги, условия движения средние. В потоке преобладают легковые автомобили.

Картограмма транспортных и пешеходных потоков приведена на рисунке Б.1.

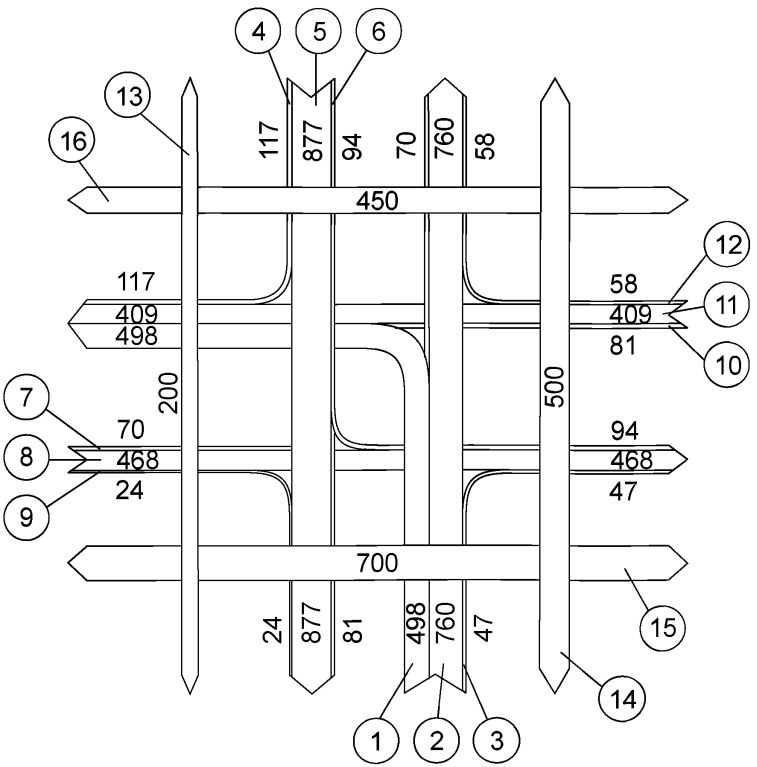


Рисунок Б.1 - Картограмма интенсивностей (ед/ч, чел/ч)

Пропуск транспортных средств будет осуществляться в 3 фазы (рис. Б.2).

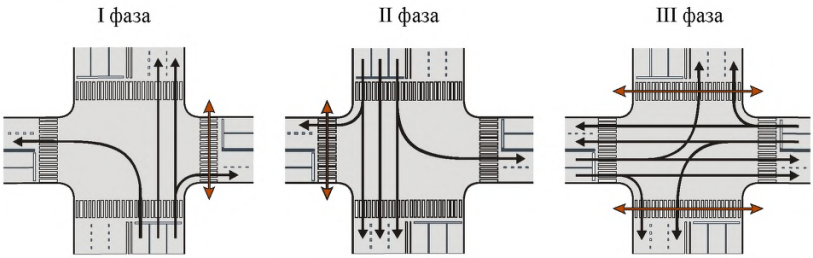


Рисунок Б.2 - Пофазный разъезд транспортных и пешеходных потоков

Расчет потока насыщения и фазовых коэффициентов

Так как в I, II и III – ей фазах прямолинейные и поворачивающие потоки пропускают одновременно и последние составляют более 10%, то потоки насыщения для данных фаз корректируют.

$$M_{нi} = \frac{100}{a + b \times 1{,}75 + c \times 1{,}25} \quad (Б.1)$$

Фазовые коэффициенты рассчитываются по формуле:

$$y_i = \frac{N_i}{M_{нi}} \quad (Б.2)$$

I – ая фаза

$$M_{н\,(1-3)} = 3 \times 1970 \times \frac{100}{58 + 38 \times 1{,}75 + 4 \times 1{,}25} = 4564, \text{ ед/ч}$$

$$y_{(1-3)} = \frac{1305}{4564} = 0{,}29$$

II – ая фаза

$$M_{н\,(4-6)} = 3 \times 1970 \times \frac{100}{80 + 9 \times 1{,}75 + 11 \times 1{,}25} = 5397, \text{ ед/ч}$$

$$y_{(4-6)} = \frac{1088}{5397} = 0{,}2$$

III – ая фаза

$$M_{н\,(7-9)} = 2 \times 1970 \times \frac{100}{83 + 13 \times 1{,}75 + 4 \times 1{,}25} = 3558, \text{ ед/ч}$$

$$y_{(4-6)} = \frac{562}{3558} = 0{,}16$$

$$\text{М}_{\text{н}\,(10-12)} = 2 \times 1970 \times \frac{100}{74 + 15 \times 1{,}75 + 11 \times 1{,}25} = 3456, \text{ ед/ч}$$

$$y_{(4-6)} = \frac{548}{3456} = 0{,}16$$

$$Y = 0{,}29 + 0{,}2 + 0{,}16 = 0{,}65$$

Определение промежуточных тактов

Промежуточные такты рассчитаны по формуле:

$$t_{\text{пі}} = \frac{v_a}{7{,}2 \times a_\text{т}} + \frac{3{,}6\,(l_i + l_a)}{v_a}, c \qquad \text{(Б.3)}$$

Для всех фаз регулирования расчетная скорость - 50 км/ч.

$l_a = 5$ м

$l_{i1} = 32$ м

$l_{i2} = 36$ м

$l_{i3} = 43$ м

$a_\text{т} = 4$ м/с^2

$$t_{\text{п}1} = \frac{50}{7{,}2 \times 4} + \frac{3{,}6\,(32 + 5)}{50} \approx 4{,}4 = 4, \text{с}$$

$$t_{\text{п}2} = \frac{50}{7{,}2 \times 4} + \frac{3{,}6\,(36 + 5)}{50} \approx 4{,}6 = 4, \text{с}$$

$$t_{\text{п}3} = \frac{50}{7{,}2 \times 4} + \frac{3{,}6\,(43 + 5)}{50} \approx 5{,}2 = 5, \text{с}$$

Промежуточный такт, необходимый для движения пешеходов, рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{п(пш)}} = \frac{B_{\text{пш}}}{4 \times V_{\text{пш}}} \qquad \text{(Б.4)}$$

Расчетная скорость пешеходов принимается равной 1,3. м/с^2.

$$t_{\text{п(пш)}1} = \frac{15}{4 \times 1{,}3} \approx 2{,}9 = 3, \text{с}$$

$$t_{\text{п(пш)}2} = \frac{15}{4 \times 1{,}3} \approx 2{,}9, = 3, \text{с}$$

$$t_{\text{п(пш)}3} = \frac{23}{4 \times 1{,}3} \approx 4{,}4, = 4, \text{с}$$

Сравнивая время, необходимое для транспортного потока и пешеходного, выбираем наибольшее, следовательно:

$$Т_п = 4 + 4 + 5 = 13, с$$

Расчет цикла регулирования

Цикл регулирования рассчитывается по формуле:

$$Т_ц = \frac{1,5 \times Т_п + 5}{1 - Y}, с \quad (Б.5)$$

$$Т_ц = \frac{1,5 \times 13 + 5}{1 - 0,65} = 70, с$$

Расчет основных тактов

Основные такты рассчитываются по формуле:

$$t_о = \frac{(Т_ц - Т_п) \times y_i}{1 - Y}, с \quad (Б.6)$$

$$t_{о1} = \frac{(70 - 13) \times 0,29}{1 - 0,65} = 25, с$$
$$t_{о2} = \frac{(70 - 13) \times 0,2}{1 - 0,65} = 18, с$$
$$t_{о3} = \frac{(70 - 13) \times 0,16}{1 - 0,65} = 14, с$$

В каждой фазе переходят проезжую часть и пешеходы. Время, необходимое им для преодоления проезжей части шириной 15 и 23 м, рассчитывается по формуле:

$$t_{пш} = \frac{B_{пш}}{v_{пш}} + 5, с \quad (Б.7)$$
$$t_{пш1} = \frac{15}{1,3} + 5 = 17, с$$
$$t_{пш2} = \frac{15}{1,3} + 5 = 17, с$$
$$t_{пш3} = \frac{23}{1,3} + 5 = 23, с$$

Так как пешеходному потоку для пересечения проезжей части в III – ей фазе необходимо на 9 с больше, чем транспортному, то необходимо скорректировать цикл по формуле:

$$Т_ц^{нов} = \frac{A}{2 \times B} + \sqrt{\frac{A^2}{4 \times B^2} - \frac{(Т_п + Т_о)(1,5 \times Т_п + 5)}{B}}, с \quad (Б.8)$$

$$A = 2{,}5 \times T_п - T_п \times Y_н + T_о + 5 = 2{,}5 \times 13 - 13 \times 0{,}49 + 23 + 5 = 54{,}1$$
$$B = 1 - Y_н = 1 - 0{,}49 = 0{,}51$$

$$T_ц^{нов} = \frac{54{,}1}{2 \times 0{,}51} + \sqrt{\frac{54{,}1^2}{4 \times 0{,}51^2} - \frac{882}{0{,}51}} = 88, c$$

Скорректированные основные такты определяются:

$$t_о = T_ц^{нов} \times k \times y_i, c \qquad (Б.9)$$
$$t_{о1} = 88 \times 1{,}2 \times 0{,}29 = 31, c$$
$$t_{о2} = 88 \times 1{,}2 \times 0{,}2 = 21, c$$
$$t_{о3} = 23, c$$

Корректирующий коэффициент рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_ц^{нов} - T_п}{T_ц^{нов} - 1{,}5 \times T_п - 5}$$
$$k = \frac{88 - 13}{88 - 1{,}5 \times 13 - 5} = 1{,}2 \qquad (Б.10)$$

Расчет задержек транспортных средств

Показатель эффективности работы светофорного объекта – задержка транспортных средств на пересечении автомобильных дорог. Ее определяют по следующей формуле:

$$t = 0{,}9 \left[\frac{T_ц \times (1 - \lambda_i)^2}{2 \times (1 - \lambda_i \times x_i)} + \frac{x_i^2}{2 \times N_i \times (1 - x_i)}\right], с/1авт \qquad (Б.11)$$

$$\lambda_i = \frac{t_{oi}}{T_ц} \qquad (Б.12)$$

$$\lambda_1 = \frac{31}{88} = 0{,}35$$
$$\lambda_2 = \frac{21}{88} = 0{,}24$$
$$\lambda_3 = \frac{23}{88} = 0{,}26$$

$$x_i = \frac{N_i \times T_ц}{t_{oi} \times M_{нi}} \qquad (Б.13)$$

$$x_1 = \frac{1305 \times 88}{31 \times 4564} = 0{,}81$$

$$x_2 = \frac{1088 \times 88}{21 \times 5397} = 0{,}85$$
$$x_3 = \frac{562 \times 88}{23 \times 3558} = 0{,}60$$
$$x_4 = \frac{548 \times 88}{23 \times 3456} = 0{,}61$$

$t_1 = 29{,}\text{с}$
$t_2 = 36{,}\text{с}$
$t_3 = 29{,}\text{с}$
$t_4 = 29{,}\text{с}$

Средняя задержка на всем пересечении составляет:

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_1 \times N_1 + t_2 \times N_2 + t_3 \times N_3 + t_4 \times N_4}{N_1 + N_2 + N_3 + N_4} = 31{,}\text{с}$$

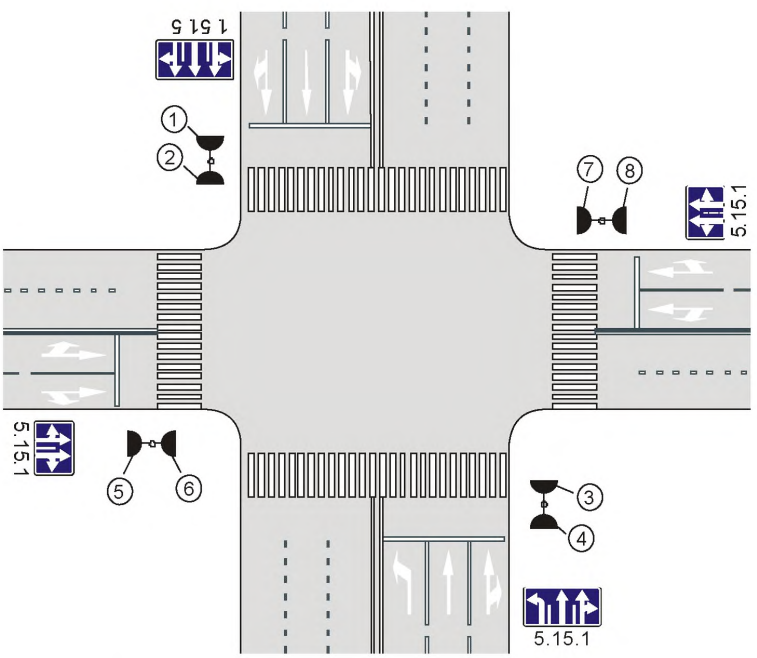


Рисунок Б.3 - Расстановка технических средств организации дорожного движения на пересечении автомобильных дорог

График работы светофорной сигнализации

Номера светофоров	График включения сигналов	Длительность, с			
		$T_з$	$T_ж$	$T_к$	$T_{юк}$
2, 4		31	3	53	1
1, 3		21	3	63	1
5, 6, 7, 8		23	3	60	2

зеленый красный желтый

Б.2 Пример расчета светофорной сигнализации с выделением пешеходной фазы

Параметры пересекаемых автомобильных дорог такие же, как и в примере Б.1.

Картограмма транспортных и пешеходных потоков приведена на рисунке Б.4.

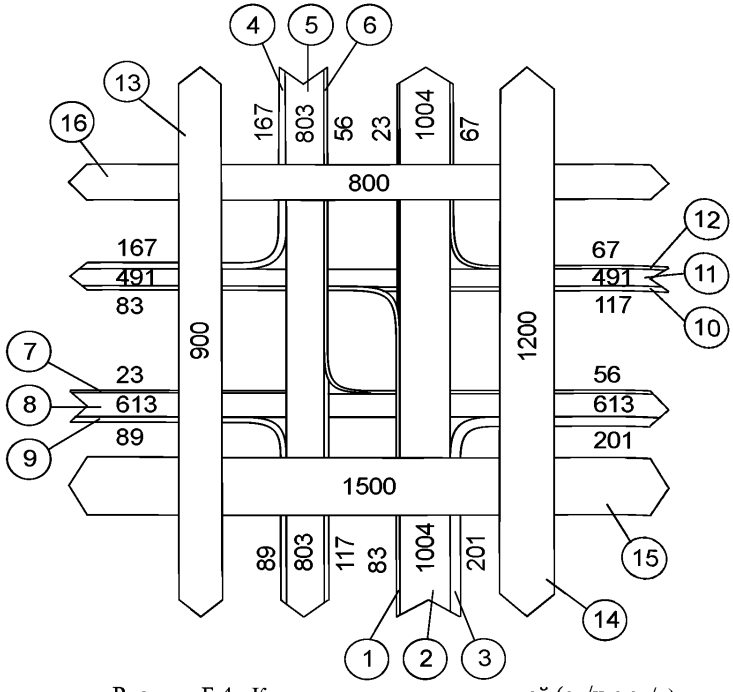


Рисунок Б.4 - Картограмма интенсивностей (ед/ч, чел/ч)

Пофазный разъезд транспортных и пешеходных потоков с учетом того, что движение транспортных средств по направлению 7 отменено, представлен на рисунке Б.5.

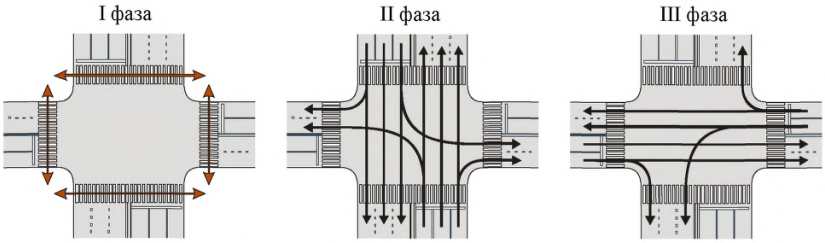


Рисунок Б.6 - Пофазный разъезд транспортных и пешеходных потоков

I – ая фаза (пешеходная)

В данной фазе пешеходы переходят проезжую часть шириной 15 и 23 м, время, необходимое им для этого, и рассчитывается по формуле (Б.7).

$$t_{пш(13,14)} = \frac{15}{1,3} + 5 = 17,c$$

$$t_{пш(15,16)} = \frac{23}{1,3} + 5 = 23,c$$

Время горения зеленного сигнала для пешеходной фазы равно 23 с.

Расчет потока насыщения и фазовых коэффициентов

Так как во II и III – ей фазах прямолинейные и поворачивающие потоки пропускаются одновременно и последние составляют более 10 % , то потоки насыщения для данных фаз корректируют по формуле (Б.1).

Фазовые коэффициенты рассчитываются по формуле (Б.2):

II – ая фаза.

$$M_{н\,(1-3)} = 3 \times 1970 \times \frac{100}{78 + 6 \times 1,75 + 16 \times 1,25} = 5447,\ ед/ч$$

$$y_{(1-3)} = \frac{1026}{5447} = 0,19$$

$$M_{н\,(4-6)} = 3 \times 1970 \times \frac{100}{78 + 6 \times 1,75 + 16 \times 1,25} = 5447,\ ед/ч$$

$$y_{(4-6)} = \frac{1288}{5447} = 0{,}24$$

III – ая фаза

$$M_{н\,(8-9)} = 2 \times 1970 \times \frac{100}{87 + 13 \times 1{,}25} = 3816,\ \text{ед/ч}$$

$$y_{(8-9)} = \frac{702}{3816} = 0{,}18$$

$$M_{н\,(10-12)} = 2 \times 1970 \times \frac{100}{73 + 17 \times 1{,}75 + 10 \times 1{,}25} = 3419,\ \text{ед/ч}$$

$$y_{(10-12)} = \frac{675}{3419} = 0{,}2$$

$$Y = 0{,}24 + 0{,}2 = 0{,}44$$

Расчет промежуточных тактов

Промежуточный такт для пешеходной фазы, принимая расчетную скорость пешеходов равной 1,3, рассчитывают по формуле (Б.4):

$$t_{п(пш)\,13,14} = \frac{15}{4 \times 1{,}3} \approx 2{,}9, = 3{,}\text{с}$$

$$t_{п(пш)\,16} = \frac{23}{4 \times 1{,}3} \approx 4{,}4, = 4{,}\text{с}$$

Промежуточные такты для транспортных потоков рассчитывают по формуле (Б3):

$$t_{пi} = \frac{V_a}{7{,}2 \times a_т} + \frac{3{,}6\,(l_i + l_a)}{V_a}, c$$

Для всех фаз регулирования расчетная скорость принимается равной 50 км/ч.

$l_{i2} = 36$ м

$l_{i3} = 62$ м

$a_т = 4$ м/с^2

$$t_{п2} = \frac{50}{7{,}2 \times 4} + \frac{3{,}6\,(36 + 5)}{50} \approx 4{,}4 = 4{,}\text{с}$$

$$t_{п3} = \frac{50}{7{,}2 \times 4} + \frac{3{,}6\,(62 + 5)}{50} \approx 6 = 5{,}\text{с}$$

$$T_п = 4 + 4 + 5 = 13, с$$

Расчет цикла регулирования и основных тактов

Проводим расчет цикла регулирования для светофорного регулирования с пешеходной фазой по формуле (Б.8):

$$A = 2{,}5 \times T_п - T_п \times Y_н + T_о + 5 = 2{,}5 \times 13 - 13 \times 0{,}44 + 23 + 5 = 55$$
$$B = 1 - Y_н = 1 - 0{,}44 = 0{,}56$$

$$T_ц^{нов} = \frac{55}{2 \times 0{,}56} + \sqrt{\frac{55^2}{4 \times 0{,}56^2} - \frac{882}{0{,}56}} = 78, с$$

Корректирующий коэффициент и скорректированные основные такты:

$$k = \frac{78 - 13}{78 - 1{,}5 \times 13 - 5} = 1{,}2$$

$$t_{пш1} = 23, с$$

$$t_{о2} = 78 \times 1{,}2 \times 0{,}24 = 23, с$$

$$t_{о3} = 78 \times 1{,}2 \times 0{,}2 = 19, с$$

Расчет задержек транспортных средств

$$\lambda_2 = \frac{23}{78} = 0{,}35$$

$$\lambda_{32} = \frac{19}{78} = 0{,}24$$

$$x_i = \frac{N_i \times T_ц}{t_{оi} \times M_{нi}}$$

$$x_1 = \frac{1026 \times 78}{23 \times 5447} = 0{,}64$$

$$x_2 = \frac{1288 \times 78}{23 \times 5447} = 0{,}8$$

$$x_3 = \frac{702 \times 78}{19 \times 3816} = 0{,}76$$

$$x_4 = \frac{675 \times 78}{19 \times 3419} = 0{,}81$$

$t_1 = 23,с$

$t_2 = 37,с$

$t_3 = 39,с$

$t_4 = 42,с$

Средняя задержка на всем пересечении составляет:

$$t_{ср} = \frac{t_1 \times N_1 + t_2 \times N_2 + t_3 \times N_3 + t_4 \times N_4}{N_1 + N_2 + N_3 + N_4} = 31,с$$

Расстановка технических средств организации дорожного движения на данном пересечении приведена на рисунке Б.6.

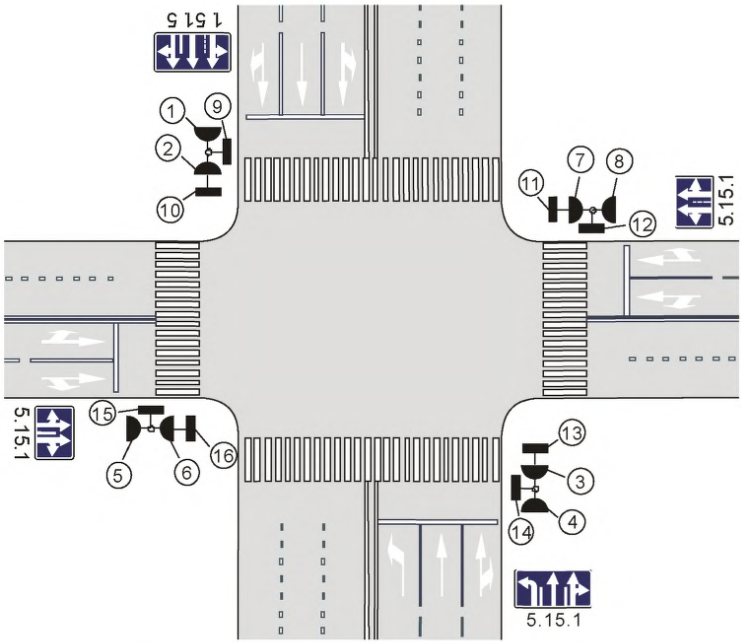


Рисунок Б.6 - Расстановка технических средств организации дорожного движения на пересечении автомобильных дорог

График работы светофорной сигнализации

Номера светофоров	График включения сигналов	Длительность, с			
		Тз	Тж	Тк	Ткж
9,10,11,12,13,14,15,16		23	4	51	-
1, 2, 3, 4		23	3	51	1
5, 6, 7, 8		19	3	54	2

зеленый красный желтый

Б.3 Пример расчета светофорной сигнализации для регулируемого пешеходного перехода

Расчет режима работы светофорной сигнализации приведен для локального пешеходного перехода, ширина проезжей частей которого составляет 15 м при ширине полосы движения 3,75 м. В потоке преобладают легковые автомобили. Картограмма интенсивностей транспортных и пешеходных потоков приведена на рисунке Б.7.

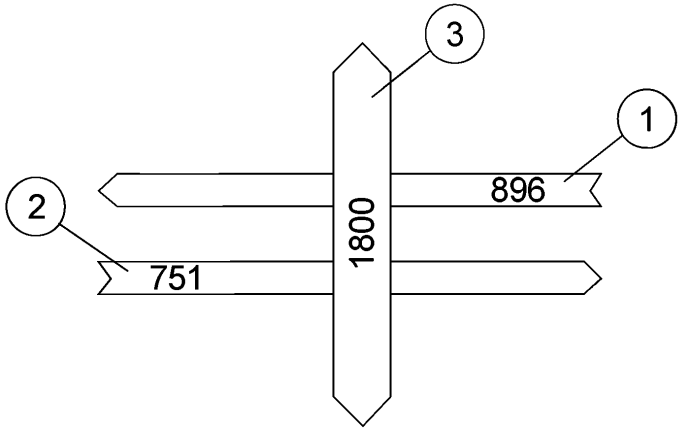


Рисунок Б.7- Картограмма интенсивностей (ед/ч, чел/ч)

Светофорное регулирование на пешеходном переходе является частным случаем регулирования на пересечении автомобильных дорог с пешеходной фазой, поэтому методика расчета будет аналогичная. Пофазный разъезд транспортных и пешеходных потоков представлен на рисунке Б.8.

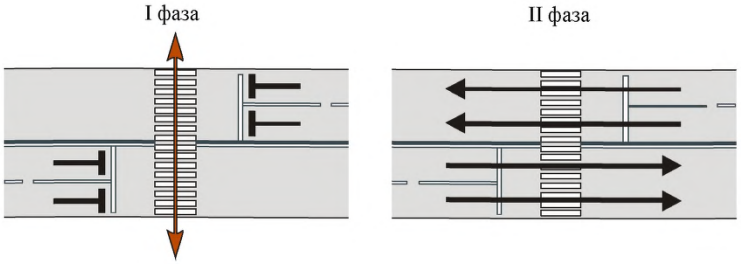


Рисунок Б.8 - Пофазный разъезд транспортных и пешеходных потоков

I – ая фаза (пешеходная)

В данной фазе пешеходы переходят проезжую часть шириной 15 м, время, необходимое им для этого, рассчитывается по формуле (Б.7):

$$t_{\text{пш}(13,14)} = \frac{15}{1,3} + 5 = 17,c$$

Расчет потока насыщения и фазовых коэффициентов

Так как во II – й фазе прямолинейное движение, то поток насыщения для данной фазы рассчитывают по формуле:

$$\text{М}_{\text{н}i} = 525 \times B_{\text{пч}},\ \text{ед/ч} \qquad \text{(Б.14)}$$

$$\text{М}_{\text{н}\,(1)} = \text{М}_{\text{н}\,(2)} = 525 \times 7,5 = 3938,\ \text{ед/ч}$$

$$y_{(1)} = \frac{896}{3938} = 0,23$$

$$y_{(2)} = \frac{751}{3938} = 0,19$$

Расчетный фазовый коэффициент:

$$\text{y} = 0,23$$

Определение промежуточных тактов

Промежуточный такт для пешеходной фазы, принимая расчетную скорость пешеходов, равной 1,3:

$$t_{\text{п(пш)}} = \frac{15}{4 \times 1,3} \approx 2,9, = 3,c$$

$T_п = 3 + 3 = 6, с$

Расчетную скорость для определения промежуточного такта транспортной фазы принимаем равной 50 км/ч.

$l_{i2} = 3$ м

$a_т = 4$ м/с^2

$$t_{п2} = \frac{50}{7,2 \times 4} + \frac{3,6\,(3 + 5)}{50} \approx 2,3 = 3, с$$

Расчет цикла регулирования и основных тактов

Определяем цикл регулирования и основные такты для светофорного регулирования с пешеходной фазой.

$$T_ц^{нов} = \frac{A}{2 \times B} + \sqrt{\frac{A^2}{4 \times B^2} - \frac{(T_п + T_{пш})(1,5 \times T_п + 5)}{A}}, с$$

$A = 2,5 \times T_п - T_п \times y_2 + T_{пш} + 5 = 2,5 \times 13 - 13 \times 0,44 + 23 + 5 = 35,6$

$B = 1 - y_2 = 1 - 0,23 = 0,77$

$$T_ц^{нов} = \frac{35,6}{2 \times 0,77} + \sqrt{\frac{35,6^2}{4 \times 0,77^2} - \frac{322}{0,77}} = 34, с$$

$t_{пш} = 23, с$

$t_{о2} = T_ц - T_п - t_{пш} = 11, с$

$t_{о2} = 34 - 6 - 17 = 11, с$

Расчет задержек транспортных средств

Рассчитываем задержку транспортных средств на пешеходном переходе.

$$\lambda_1 = \frac{11}{34} = 0,32$$

$$x_i = \frac{N_i \times T_ц}{t_{oi} \times M_{нi}}$$

$$x_1 = \frac{896 \times 34}{11 \times 3938} = 0,7$$

$$x_2 = \frac{751 \times 34}{11 \times 3938} = 0,59$$

$t_1 = 13, с$

$t_2 = 11, с$

Средняя задержка составляет:

$$t_{ср} = \frac{t_1 \times N_1 + t_2 \times N_2}{N_1 + N_2} = 12,с$$

Расстановка технических средств организации дорожного движения на данном регулируемом пешеходном переходе приведена на рисунке Б.9.

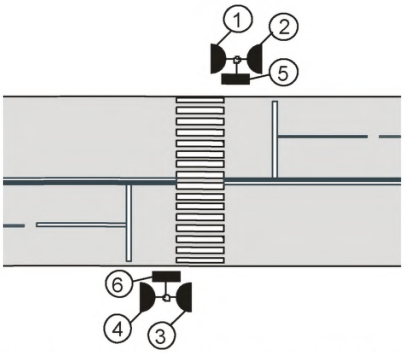


Рисунок Б.9 - Расстановка технических средств организации дорожного движения на регулируемом пешеходном переходе

График работы светофорной сигнализации

Номера светофоров	График включения сигналов	Длительность,с		
		$T_э$	$T_ж$	$T_к$
5, 6		17	3	14
1, 2, 3, 4		11	3	20

зеленый красный желтый

Б.4 Пример расчета светофорного цикла на регулируемом пешеходном переходе с устройством звукового сопровождения перехода

На рисунках Б.10-Б.11 приведен участок дороги с планируемым на нем регулируемым пешеходным переходом с пофазном разъездом транспортных средств и пешеходных потоков.

Вызов пешеходной фазы осуществляется с помощью кнопки на табло (ТВП). Направление II фазы оборудуется устройством звукового сопровождения перехода (УЗСП).

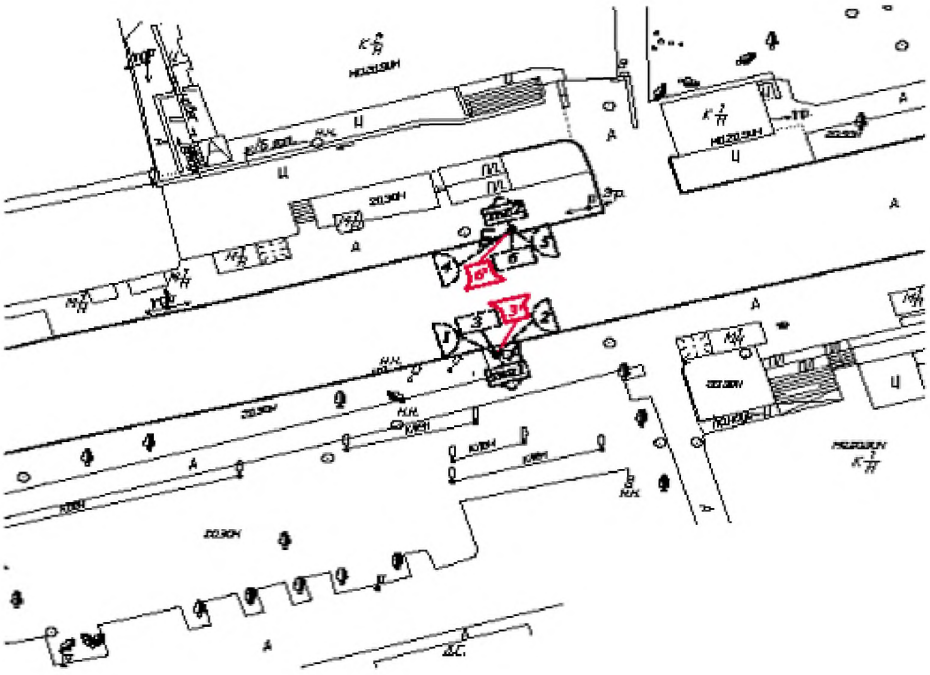


Рисунок Б.10 - Планировка регулируемого пешеходного перехода

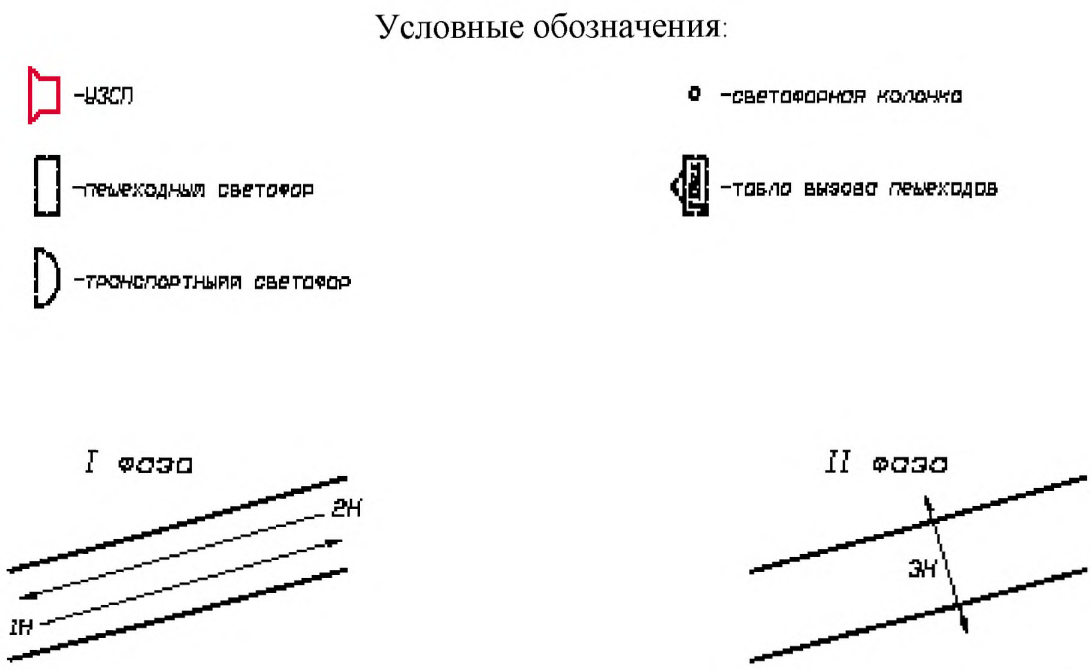


Рисунок Б.11 - Пофазный разъезд транспортных и пешеходных потоков на регулируемом пешеходном переходе с вызывным устройством для пешеходов

Основные параметры расчета светофорного цикла на регулируемом пешеходном переходе с устройством звукового сопровождения перехода в приведены в таблицах Б.1-Б.4.

Таблица Б.1 - Параметры регулируемых направлений

№ напр.	Тип напр.	Разрешённые фазы	№ светофоров	Звук, сопровождение	Тиристоры		
					Зел.	Жёл.	Кр.
1Н	трансп.	I	1,4	–	1	2	3
2Н	трансп.	I	2,5	–	5	6	7
3Н	пешех.	II	3,6	3',6'	4	–	8

Таблица Б.2 - Распределение длительности промежуточного такта ($T_{пром}$)

№ напр.	Длительность сигналов, с		
	$T_{зм}$	$T_{ж}$	$T_{кд}$
1Н	3	3	0
2Н	3	3	0
3Н	3	–	3

Таблица Б.3 - Распределение длительности фаз в режиме «Резервная программа»

	№ фазы	Разрешённые направления движения	Длительность без учёта «$T_{зм}$», с		
			$T_{осн}$	T_{min}	$T_{ц}$
1 прогр 06.00 – 24.00	I	1Н, 2Н	45	37	75
	II	3Н	10	10	

Таблица Б.4 - Параметры ТВП

№ ТВП	№ тиристора «Ждите»	№ направления
ТВП1, ТВП2	9	3Н

1 программа – $T_{ц}$= 45 + 3 + 3 + 10 + 3 + 3 = 75 сек;
2 программа – жёлтое мигание (24.00 – 06.00).

Приложение В

Методы определения потока насыщения

В.1 Расчетный метод

Применим для существующих пересечений автомобильных дорог.

1. Движение только прямо.

$$M_{нij_{прямо}} = 525 \times B_{пч}, \text{ ед/ч} \qquad (В.1)$$

где В – ширина проезжей части в данном направлении данной фазы, м;
i – номер фазы;
j – номер направления.

Формула применима при 5,4 м < $B_{пч}$ < 18,0 м. Если ширина проезжей части меньше 5,4 м, для расчета можно использовать данные, приведенные в таблице В.1.

Таблица В.1 - Значение потока насыщения от ширины проезжей части

$М_н$, ед/ч	1850	1920	1970	2075	2475	2700
В, м	3	3,5	3,75	4,2	4,8	5

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

В зависимости от продольного уклона автомобильной дороги на подходе к пересечению изменяется расчетное значение потока насыщения. Каждый процент уклона на подъеме снижает (на спуске – увеличивает) поток насыщения M_{Hij} на 3%. При этом расчетным уклоном считают средний уклон дороги на участке от стоп-линий до точки, расположенной от нее на расстоянии 60 м на подходе к пересечению.

2. Движение смешанного потока.

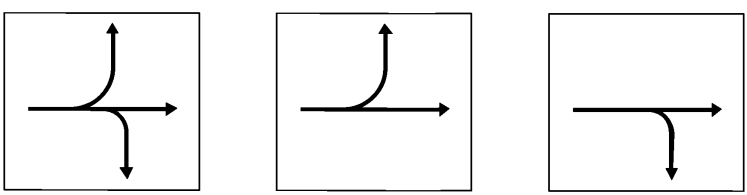


Рисунок В.1 - Схемы разветвления транспортного потока

Возможные схемы движения транспортного потока приведены на рисунке В.1.

Правый и левый поворот снижают интенсивность прямого потока транспортных средств.

$$M_{нij} = M_{нijпрямо}\frac{100}{a+1{,}75b+1{,}25c},\ \text{ед/ч} \qquad \text{(В.2)}$$

где a – интенсивность транспортных средств, движущихся прямо,

b – интенсивность транспортных средств, движущихся налево,

c – интенсивность транспортных средств, движущихся направо.

a, b, c – проценты от общей интенсивности в данном направлении данной фазы.

Если право – и левоповоротные потоки составляют меньше 10%, то поправкой можно пренебречь и считать как прямое движение.

3. Поворотное движение.

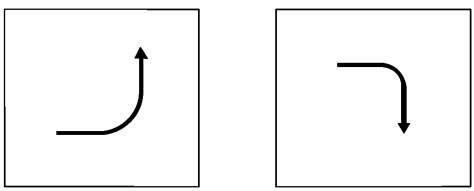


Рисунок В.2 - Схемы поворотов транспортного потока

Схемы поворотов транспортного потока приведены на рисунке В.2.

Для однорядного движения:

$$M_{нijпов} = \frac{1800}{1+1{,}525/R},\ \text{ед/ч} \qquad \text{(В.3)}$$

для двухрядного движения:

$$M_{нijпов} = \frac{3000}{1+1{,}525/R},\ \text{ед/ч} \qquad \text{(В4)}$$

где R – радиус поворота транспортных средств, м,

Радиус поворота может быть определен по плану пересечения автомобильных дорог, вычерченного в масштабе.

В.2 Экспериментальный метод

При наличии светофорного объекта поток насыщения для каждого направления данной фазы регулирования определяют путем натурных наблюдений в периоды, когда на подходе к пересечению формируются

достаточно большие очереди транспортных средств. Порядок определения потока насыщения должен быть следующим.

1. Одновременно с включением зеленого сигнала необходимо включить секундомер и регистрировать по видам транспортные средства, пересекающие стоп-линию и движущиеся по одной из полос.
2. Выключить секундомер в момент пересечения стоп-линий последним автомобилем очереди.
3. Записать показание секундомера и подсчитать число прошедших за это время приведенных транспортных единиц.
4. Повторить замеры 10 раз. (При достаточно длинной очереди на полосе, состоящей из 10 – 15 автомобилей и более, можно ограничиться 3 – 5 замерами.)
5. Определить поток насыщения для данной полосы движения в данной фазе и данном направлении движения по формуле:

$$M_{нjk} = \frac{3600}{n}(m_1 / t_1 + m_2 / t_2 + ... + m_n / t_n), \text{ед/ч} \qquad \text{(В.5)}$$

где n – число замеров;
m – число приведенных транспортных средств, которые пересекли стоп – линию в процессе замера, ед/ч;
t – показатель секундомера, с;
j – номер направления движения;
k – номер полосы.

6. Повторить операции, перечисленные в пп. 1-5, для каждой из оставшихся полос рассматриваемого направления данной фазы. Просуммировав полученные результаты, получить показатель $M_{нij}$ поток насыщения для одного из направлений данной фазы.
7. Определить поток насыщения $M_{нij}$ в соответствии с данной методикой, изложенной в пп. 1-6, для других направлений рассматриваемой фазы, а также для всех направлений движения других фаз регулирования.

При отсутствии светофорного регулирования необходимо перекрыть движение и создать очередь.

Приложение Г

Критерии выбора пофазного разъезда транспортных средств и передвижения пешеходных потоков

Г.1 При решении вопроса об обосновании выбранного варианта пофазного разъезда транспортных средств и передвижения пешеходных потоков может быть рекомендовано применение показателей конфликтности, т.е. допустимости совместного пропуска конфликтующих потоков.

Рекомендуется выделить два типовых конфликта:

«Транспорт-транспорт» – конфликт между левоповоротным транспортным потоком и транспортными потоками, движущимися со встречного направления прямо и направо.

«Транспорт-пешеход» – конфликт между пешеходами и левоповоротными и правоповоротными транспортными потоками.

Показатель конфликтности для типового конфликта «транспорт-транспорт» на основе допустимого значения интенсивности второстепенного потока рекомендуется вычислять по формуле:

$$K_{TT} = \frac{N^{BT}}{N_{BT}^{ДОП}}, \qquad (Г.1)$$

где N_{BT} – интенсивность второстепенного потока (левоповоротных транспортных средств), авт/ч;

$N_{BT}^{ДОП}$ – условная пропускная способность конфликтной зоны для второстепенного направления с учетом необходимого резерва пропускной способности.

Параметр $N_{BT}^{ДОП}$ рассчитывается по формуле:

$$N_{BT}^{ДОП} = 0{,}7 \cdot (N_{BT}^{1} + N_{BT}^{2}), \qquad (Г.2)$$

где коэффициент 0,7 соответствует допустимым условиям загрузки второстепенного направления;

N_{BT}^{1} – максимальная пропускная способность конфликтной зоны для второстепенного направления за период движения методом «просачивания», авт/ч;

N_{BT}^{2} – максимальная пропускная способность конфликтной зоны для второстепенного направления за период промежуточного такта светофорного регулирования, авт/ч.

Если значение показателя конфликтности $K_{TT} \leq 1$, то конфликт считается допустимым, в противном случае – недопустимым.

Показатель конфликтности, характеризующий типовой конфликт «транспорт-пешеход», представляет собой отношение времени, необходимого для пропуска всех участников движения ($t_{необх}$) к имеющемуся для этого времени в цикле регулирования ($t_р$ + $t_п$) с учетом «коэффициента запаса» $К_з$, учитывающего необходимый резерв пропускной способности конфликтной зоны:

$$К_{ПТ} = \frac{t_{необх}}{(t_р + t_п) \cdot К_з}, \qquad (Г.3)$$

где $t_р$ – длительность разрешающего сигнала в данной фазе, с;
$t_п$ – длительность соответствующего переходного интервала, с;
$К_з$ – «коэффициент запаса» (может быть принят равным 0,7).

Величина $К_{ПТ}$, большая единицы, является признаком недопустимости конфликта «транспорт-пешеход».

Г.2 Оценивая, достаточна ли продолжительность промежуточных тактов для пропускаемых в соседних фазах пар направлений, следует учитывать то, что в ряде случаев расстояние, проходимое «начинающими» и «заканчивающими» движение транспортные средства от стоп-линии до границы конфликтной зоны, различно. Это обстоятельство необходимо принимать во внимание при определении промежуточных тактов для каждого из рассматриваемых направлений движения.

На рисунках Г.1–Г.3 приведены примеры подобных пар направлений, где пунктирными стрелками изображены направления движения, пропускаемые в следующей фазе.

Для случая, изображенного на рисунке Г.1, требуемую длительность переходного интервала можно найти по формуле:

$$t_{пер} = \tau_1 + \tau_2 + 2, \text{ с}, \qquad (Г.4)$$

где τ_1 – время проезда (без снижения скорости) расстояния до стоп- линии, равного тормозному пути, с;

τ_2 – время проезда расстояния $l_Т$ от стоп-линий до границы зоны конфликта с пешеходами, с.

Величина τ_1 рассчитывается по формуле:

$$\tau_1 = \frac{V_{ср}}{2 \cdot A_Т}, \text{ с}, \qquad (Г.5)$$

где $V_{ср}$ – средняя скорость движения транспортных средств на дороге, м/с;
$A_Т$ – величина замедления (принимается равной 3 м/с).

Величина τ_2 вычисляется по формуле:

$$\tau_2 = \frac{l_t + l_a}{V_a}, \text{ с}, \qquad (Г.6)$$

где l_a – средняя длина автомобиля с учетом состава потока на данном направлении, м.

Г.3 Для случая, изображенного на рисунке Г.2, требуемая длительность промежуточного такта определяется по формуле:

$$t_{пер} = \tau_1 + \tau_2 - \tau_3 + 2, \text{ с}, \qquad (Г.7)$$

где величины τ_1 и τ_2 находятся по формулам (Г.7) и (Г.8). При этом в качестве l_p принимается длина криволинейного пути левоповоротного транспортного средства до границы зоны конфликта с транспортным средством, движущимися в прямом направлении.

Величина τ_3 рассчитывается по формуле:

$$\tau_3 = \sqrt{\frac{2 \cdot l_p}{A_p}}, \text{ с}, \qquad (Г.8)$$

где l_p – расстояние от стоп-линии встречного транспортного потока до границы зоны конфликта, м;

A_p = 2м/с – значение ускорения при разгоне транспортного средства от стоп-линии.

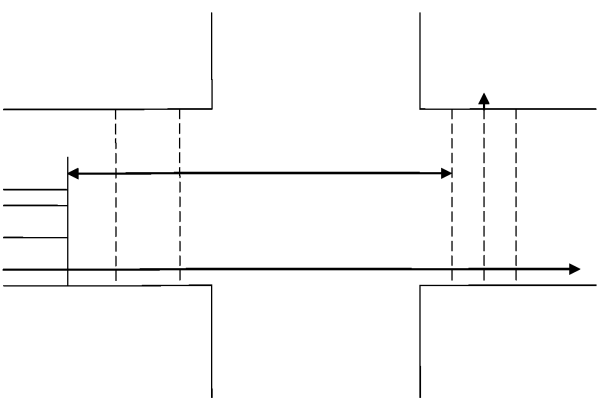


Рисунок Г.1 - Нерекомендуемое расположение траектории участников движения, пропускаемых в соседних фазах (случай 1)

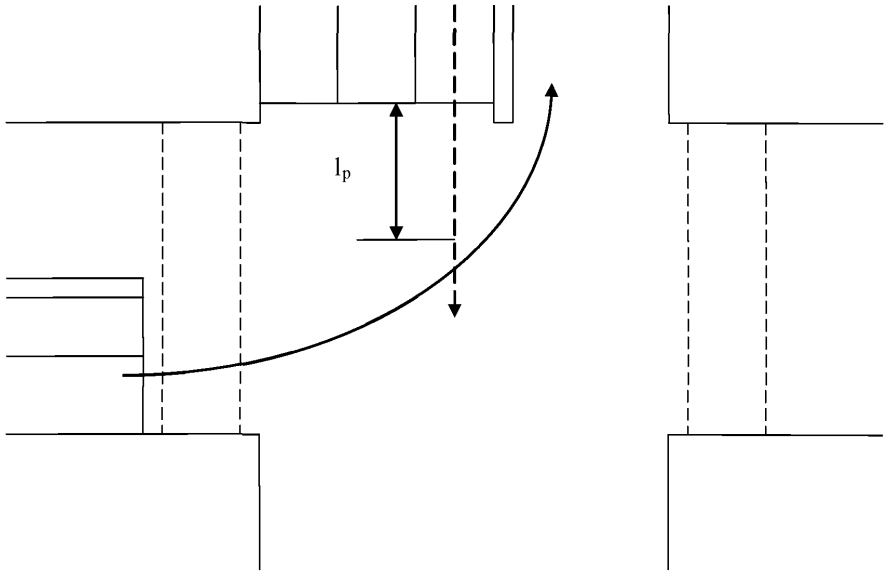


Рисунок Г.2 - Нерекомендуемое расположение траектории участников движения, пропускаемых в соседних фазах (случай 2)

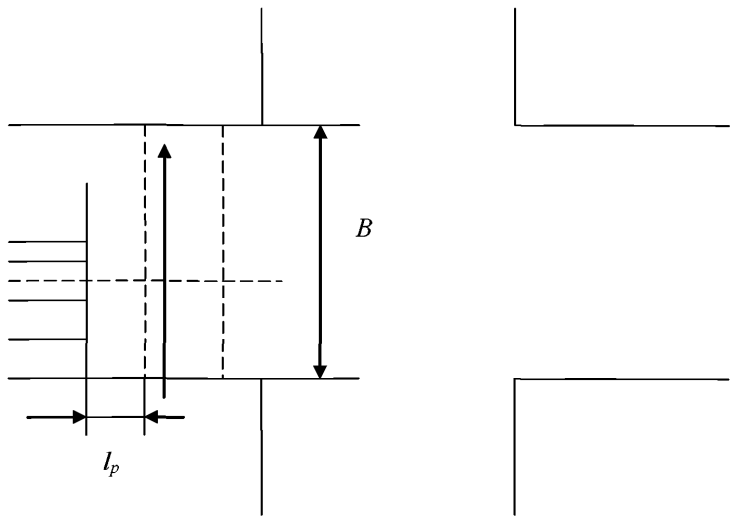


Рисунок Г.3 - Нерекомендуемое расположение траектории участников движения, пропускаемых в соседних фазах (случай 3)

Г.4. Для случая, показанного на рисунке Г.3, необходимая длительность промежуточного такта интервала вычисляется по формуле:

$$t_{пер} = \tau_2 - \tau_3 + 2, \text{ с}, \qquad (Г.9)$$

Величина τ_2 рассчитывается по формуле:

$$\tau_2 = \frac{B}{4 \cdot V_П}, \text{ с}, \qquad (Г.10)$$

где B – ширина пересекаемой проезжей части, м;

$V_П$ – скорость пешехода при пересечении проезжей части.

Г.5 Если, по условиям пропуска пешеходов и трамваев промежуточные такты недостаточно длительны, то их увеличение до необходимых значений вызывает необходимость заново рассчитывать длительность цикла и основных тактов.

Расчет допустимости конфликта «транспорт-транспорт» и «транспорт-пешеход» может быть реализован с использованием ПЭВМ.

Приложение Д

Мониторинг интенсивности движения транспортных и пешеходных потоков

Д.1 Замеры интенсивности движения и состава потока осуществляются в ключевых сечениях обследуемого участка автомобильной дороги (в начале и конце участка, а также в зоне пересечения, где наблюдается изменение интенсивности движения или состава потока).

Схема расстановки участников в каждом сечении составляется с учетом схемы организации движения и числа полос для обеспечения регистрации всех транспортных средств.

При обследовании фиксируются интенсивность движения и состав потока транспорта в физических единицах.

При проектировании светофорного объекта интенсивность движения рекомендуется определять исходя из данных пунктов автоматизированной системы учета интенсивности движения, либо определяемых специальным передвижным пунктом учета интенсивности движения, либо визуального изучения. При оперативном учете измерения для определения интенсивности движения рекомендуется делать замеры в утренние и вечерник часы пик (с 7 по 10 и с 16 по 19 часов) и в дневное время - в течение каждого часа по 15 минут в один из дней в середине недели (вторник, среда или четверг) во второй-третьей неделе месяца.

Д.2 Мониторинг пешеходного движения является важным этапом оценки дорожных условий на участке автомобильной дороге, где наблюдаются пешеходные потоки, пересекающие проезжую часть.

Для получения более точных данных обычно применяют 16-часовые (с 6 до 22 ч) и 12-часовые (с 7 до 19 ч) наблюдения. Замеры рекомендуется производить в течение каждого часа по 15-минутным периодам в утренний и вечерний часы пик и дневное время в один из дней в середине недели (вторник, среда или четверг) во второй-третьей неделе месяца.

Последующие обработка и анализ данных обследования заключаются в обобщении данных и представлении окончательных результатов обследования в виде таблиц и графиков.

Библиография

[1] ВСН 1-83 «Типовая инструкция по техническому учету и паспортизации автомобильных дорог общего пользования».

[2] Правила дорожного движения Российской Федерации, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 23 октября 1993 г. № 1090.

[3] Порядок разработки и утверждения проектов организации дорожного движения на автомобильных дорогах, 2006 год.

[4] Постановление Правительства Москвы № 860-ПП от 13 октября 2006 года «О внедрении современных технологий автоматизированного управления дорожным движением в городе Москве».

[5] ОДМ 218.2.020-2013 Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог. – М.,2012.

[6] ОДМ 218.4.005-2010 Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. – М.,2011.

[7] Руководство по регулированию дорожного движения в городах М., Стройиздат, 1974.

[8] Организация дорожного движения в городах. Методическое пособие. Под общ. ред. Ю.Д. Шелкова. Научно-исследовательский центр ГАИ МВД России. – М.: 1995. –143 с.

[9] Контроль и оценка организации дорожного движения на регулируемых перекрестках: Методические рекомендации. – М: НИЦ ГАИ МВД России, 1994. -56 с.

[10] Кременец Ю.А., Печерский М.П., Афанасьев М.Б. Технические средства организации дорожного движения: Учебник для вузов. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. - 279 с.

gost.e-ecolog.ru