



Ю. А. КРЕМЕНЕЦ

**ТЕХНИЧЕСКИЕ  
СРЕДСТВА  
ОРГАНИЗАЦИИ  
ДОРОЖНОГО  
ДВИЖЕНИЯ**



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТРАНСПОРТ»

39.808

67 2.13

К 79

Ю. А. КРЕМЕНЕЦ

# ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Допущено  
Государственным комитетом СССР  
по народному образованию  
в качестве учебника для студентов,  
обучающихся по специальности  
"Организация дорожного движения"

Специальность  
11214  
388 809

МОСКОВСКАЯ  
1990



МОСКВА "ТРАНСПОРТ" 1990

ББК 39.808  
К79  
УДК 656.13.051/057

Рецензенты: кафедра организации автомобильных перевозок и дорожного движения Белорусского политехнического института, канд. техн. наук А. Г. Романов

Заведующий редакцией В. И. Лапшин

Редактор Н. В. Пинчук

### Кременец Ю. А.

К79 Технические средства организации дорожного движения: Учеб. для вузов.— М.: Транспорт, 1990.— 255 с.: ил.

ISBN 5-277-00966-3

В учебнике приведена классификация технических средств организации дорожного движения. Описаны условия их применения и перспективы развития. Уделено внимание инженерным основам управления движением.

Предназначен для студентов автомобильно-дорожных вузов, обучающихся по специальности «Организация дорожного движения».

К  $\frac{3203010000-163}{049(01)-90}$  148-90

ББК 39.808

ISBN 5-277-00966-3

© Ю. А. Кременец, 1990

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

АСУ	— автоматизированная система координированного управления
АСУ УД	— агрегатная система средств управления дорожным движением
АСУ Д	— автоматизированная система управления дорожным движением
БВР П	— блок выбора и синхронизации программ
БДКУ	— блок диспетчерского контроля и управления
ББТ	— бесконтактный контроллер телемеханический
БМГР	— блок местного гибкого регулирования
БМЗУ	— блок маршрутных зеленых улиц
БОНП	— блок накопителя постоянной памяти
БОИП	— блок обмена информацией периферийный
БОЦП	— блок обмена информацией центральный
БПКУ	— блок программного координированного управления
БПС	— блок переключения светофорных сигналов
БПУ	— блок питания унифицированный
БС	— блок связи с телемеханикой
БУ	— блок управления
БУЗ	— блок управления знаком
БУСО	— блок управления светофорным объектом
ВКУ	— видеоконтрольное устройство
ВПУ	— выносной пульт управления
ВУ	— выходное устройство
ДК	— дорожный контроллер
ДКЛ	— дорожный контроллер локальный
ДКМ	— дорожный контроллер модифицируемый
ДКМП	— дорожный контроллер с микропроцессором
ДТ	— детектор транспорта
ДТП	— блок детектора транспорта
ДУ	— диспетчерское управление
ЖМ	— желтое мигание
ЗВ	— зеленая волна
ЗЧП	— запасные части, инструменты и принадлежности
ЗУ	— зеленая улица
ИП	— инженерная панель
ИР	— индуктивная рамка
КДА	— контрольно-диагностическая аппаратура
КДУ	— комплекс средств диспетчерского управления
КЗЦ	— контроллер зонального центра
КРЦ	— контроллер районного центра
КПП	— контрольно-испытательный пункт
КР	— координатор
КУ	— координированное управление
МГР	— местное гибкое регулирование
МпСх	— мнемосхема
МП	— микропроцессор
ОЗУ	— оперативное запоминающее устройство
ОС	— отключение светофоров
ПВУ	— пешеходное вызывное устройство

ПЗУ	— постоянное запоминающее устройство
ПКА	— передвижной комплект аппаратуры приоритетного пропуска
ПКУ	— пульт контроля и управления
ППЗУ	— полупостоянное запоминающее устройство
ПУ	— пульт управления
РКУ	— резервная программа координированного управления
РП	— резервная программа
РПУ	— резервное программное устройство
РУ	— ручное управление
СКА	— стационарный комплект аппаратуры приоритетного пропуска
СМЭП	— специализированное монтажно-эксплуатационное подразделение
СО	— светофорный объект
СПРУГ	— счетно-программное решающее устройство транспорта
СУ	— синхронизирующее устройство
ТВП	— табло вызова пешеходом
ТО	— техническое обслуживание
ТСКУ	— телемеханическая система координированного управления
УВВ	— устройство ввода-вывода данных
УВК	— управляющий вычислительный комплекс
УВО	— устройство выборочного опроса периферийное
УВУ	— универсальное вызывное устройство
УЗН	— управляемый дорожный знак
УК	— упрощенный контроллер
УОИП	— устройство обмена информацией периферийное
УП	— управляющий пункт
УС	— устройство связи
УСК	— указатель скорости
УГ	— устройство телемеханики
ЦП	— центральный процессор
ЧЭ	— чувствительный элемент
ШКИУП	— шкаф управляющего пункта

Рост автомобильного парка и объема перевозок ведет к увеличению интенсивности движения, что в условиях городов с исторически сложившейся застройкой приводит к возникновению транспортной проблемы. Особенно остро она проявляется в узловых пунктах улично-дорожной сети. Здесь увеличиваются транспортные задержки, образуются очереди и заторы, что вызывает снижение скорости сообщения, неоправданный перерасход топлива и повышенное изнашивание узлов и агрегатов транспортных средств.

Перемещенный режим движения, частые остановки и скопления автомобилей на перекрестках являются причинами повышенного загрязнения воздушного бассейна города продуктами неполного сгорания топлива. Городское население постоянно подвержено воздействию транспортного шума и отработавших газов.

Рост интенсивности транспортных и пешеходных потоков непосредственно сказывается также на безопасности дорожного движения. Свыше 60% всех дорожно-транспортных происшествий (ДТП) приходится на города и другие населенные пункты. При этом на перекрестках, занимающих незначительную часть территории города, концентрируется более 30% всех ДТП.

Обеспечение быстрого и безопасного движения в современных городах требует применения комплекса мероприятий архитектурно-планировочного и организационного характера.

К числу архитектурно-планировочных мероприятий относятся строительство новых и реконструкция существующих улиц, проездов и магистралей, строительство транспортных пересечений в разных уровнях, пешеходных тоннелей, объездных дорог вокруг городов для отвода транзитных транспортных потоков и т. д.

Организационные мероприятия способствуют упорядочению движения на уже существующей (сложившейся) улично-дорожной сети. К числу таких мероприятий относятся введение одностороннего движения, кругового движения на перекрестках, организация пешеходных переходов и пешеходных зон, автомобильных стоянок, остановок общественного транспорта и др.

В то время как реализация мероприятий архитектурно-планировочного характера требует, помимо значительных капиталовложений, довольно большого периода времени, организационные мероприятия способны привести хотя и к временному, но сравни-

тельно быстрому эффекту. В ряде случаев организационные мероприятия выступают в роли единственного средства для решения транспортной проблемы. Речь идет об организации движения в исторически сложившихся кварталах старых городов, которые часто являются памятниками архитектуры и не подлежат реконструкции. Кроме того, развитие улично-дорожной сети нередко связано с ликвидацией зеленых насаждений, что не всегда является целесообразным.

При реализации мероприятий по организации движения особая роль принадлежит внедрению технических средств: дорожных знаков и дорожной разметки, средств светофорного регулирования, дорожных ограждений и направляющих устройств. При этом светофорное регулирование является одним из основных средств обеспечения безопасности движения на перекрестках. Количество перекрестков, оборудованных светофорами, в крупнейших городах мира с высоким уровнем автомобилизации непрерывно возрастает и достигает в некоторых случаях соотношения: один светофорный объект на 1,5—2 тыс. жителей города.

За последние годы в нашей стране и за рубежом интенсивно ведутся работы по созданию сложных автоматизированных систем с применением управляющих ЭВМ, средств автоматизи, телемеханики, диспетчерской связи и телевидения для управления движением в масштабах крупного района или целого города. Опыт эксплуатации таких систем убедительно свидетельствует об их эффективности в решении транспортной проблемы.

Первая установка для регулирования дорожного движения была разработана английской фирмой, выпускавшей железнодорожные семафоры, и установлена в центре Лондона в 1868 г. Она представляла собой устройство семафорного типа, управляемое при помощи системы приводных ремней. Через короткое время установка вышла из строя и в течение последующих 50 лет практически не было предпринято никаких попыток повторения такого опыта.

Лишь в 1914 г. в г. Кливленде (США), а затем в Нью-Йорке и Чикаго появились первые электрические светофоры. Сначала они имели только два сигнала — красный и зеленый; желтый сигнал заменялся предупредительным свистком полицейского. К 1930 г. относится появление в Нью-Йорке трехцветных светофоров. В Москве и Ленинграде первые светофоры появились в 1930 г. Примерно в это же время в ряде стран была предпринята попытка использования стрелочных светофоров. Их единственная секция была оснащена цветными стеклами — секторами, на которые попеременно указывала стрелка, движущаяся с постоянной угловой скоростью. При подобной системе было трудно распознать сигналы из-за плохой различимости стрелки и одновременного свечения в одном направлении всех трех разноименных сигналов. Такие светофоры в силу несовершенства их конструкции были вытеснены трехцветными светофорами современного типа, которые в практике организации дорожного движения быстро получили повсеместное распространение.

Применение электрических светофоров позволило вынести пульт управления сигналами за пределы проезжей части и значительно облегчить труд регулировщиков. Однако управление работой этих светофоров по-прежнему осуществлялось вручную. Рост интенсивности движения привел к быстрому увеличению числа перекрестков улично-дорожной сети, нуждающихся в оснащении светофорами. Это, в свою очередь, привело к увеличению штата регулировщиков, занятых ранее контролированием соблюдения установленных правил движения. Поэтому естественным был дальнейший переход процесса механизации труда регулировщиков в процесс его автоматизации.

В начале 20-х годов появились устройства автоматического переключения состояний светофоров — контроллеры, применение которых в настоящее время практически вытеснило ручное регулирование. Контроллеры работали по жесткой временной программе, характеризуемой постоянной длительностью сигналов светофора и не зависящей от интенсивности движения транспортных средств. Таким образом, программа являлась оптимальной лишь для относительно небольшого промежутка времени в течение суток (обычно для часа пик). В остальное же время сигнализация вызывала необоснованные задержки участников движения.

Увеличение глубины регулирования шло по двум направлениям: создание компьютерных контроллеров и разработка систем адаптивного регулирования, способных изменять длительность сигналов в зависимости от колебаний интенсивности движения.

Первые попытки создания систем адаптивного регулирования относятся к концу первого десятилетия. В 1928 г. в Нью-Йорке вводится в действие первое автоматическое устройство регулирования дорожного движения, оборудованное датчиками пешеходного типа для регистрации транспортных средств. Длительность сигналов светофора распределялась в соответствии с фактической интенсивностью движения на пешеходы к перекрестку. В 1929 г. в г. Лос-Анджелесе были установлены первые светофоры с пьезовым устройством для пешеходов. В Москве подобные светофоры также устанавливались в довоенные годы: на ул. Петровке — для регулирования транспортных потоков, на ул. Солянке и в других местах — для пропуска пешеходов.

Ближе к началу положили начало использованию электронных контроллеров и счетно-релеобразных устройств для управления работой светофоров. В эти же годы начались разработка и внедрение магистральных и общегородских систем управления дорожным движением с использованием ЭВМ, получивших в настоящее время широкое распространение.

Наряду с развитием средств светофорного регулирования совершенствовались дорожные знаки и дорожная разметка. С ростом интенсивности движения увеличилось число знаков и видов разметки, изменялись условия их применения, конструкция, технология производства и используемые материалы. В последнее время получили распространение знаки с внутренним освещением и с световозращающей поверхностью. Наряду с традиционной белой эмалью, используемой в течение длительного времени для дорожной разметки, в настоящее время широко применяются различные виды термопластиков, которые позволили значительно увеличить ее долговечность.

В 1926 г. в СССР были разработаны первые технические условия на дорожные знаки (только предупреждающие), а с 1935 г. на дорогах нашей страны стала применяться разметка проезжей части.

Рост междугородных перевозок и туризма привел к необходимости упорядочить правила движения, дорожных знаков и разметки в международном масштабе. В 1909 г. на I-й Международной конференции по дорожному движению в Париже было решено запрещать обозначение опасных мест щитами, по форме соответствующими указателям; рекомендовано устанавливать знаки за 250 м от опасного участка под прямым углом к направлению дороги, а не параллельно ей, как это было принято раньше во многих странах. На конференции были утверждены всего четыре предупреждающих знака: «Извилистая дорога», «Горная дорога», «Пересечение с железной дорогой» и «Пересечение дорог». Вопросы о форме и цвете знаков остались нерешенными. В 1926 г. на Международной конференции, созванной под эгидой Лиги Наций, были утверждены еще два знака: «Неохраняемый железнодорожный переезд» и «Остановка обязательна». В последующие годы число унифицированных в международном масштабе знаков увеличилось. В 1931 г. на конференции в Женеве (при участии представителей СССР) число утвержденных знаков было увеличено до 26.

Протоколом о дорожных знаках и сигналах, принятым на Женевской конференции в 1949 г., дорожные знаки были разделены на три категории: предупреждающие об опасности; ограничивающие водителя в определенных действиях (запрещающие и предписывающие); дающие указания. В Протоколе содержались рекомендации о размещении дорожных знаков, об их размерах, о форме, цвете фона.

Несмотря на стремление к унификации знаков в международном масштабе, многообразие местных условий привело к отличию дорожных знаков разных стран. Так, к началу 50-х годов существовало несколько систем знаков.

1. Система, основанная на рекомендациях Конвенции о дорожном движении и Протокола о дорожных знаках и сигналах (1949 г.). В ее основе — символические знаки, информирующие водителя о дорожных условиях или предписывающие водителю определенные действия (СССР и большинство стран Европы).

2. Система, основанная на использовании знаков с текстовым содержанием (США, Австралия, Новая Зеландия).

3. Смешанная система, основанная на сочетании символических и текстовых знаков (некоторые страны Азии и Южной Америки).

Наличие различных систем, разнообразие, а иногда и прямое противоречие в знаках и сигналах в значительной мере затруднило все более развивающиеся международные перевозки. В этой связи принятые на Венской конференции 1968 г. Конвенция о дорожных знаках и сигналах и в последующем на Женевском совещании 1971 г. дополнительное Европейское соглашение явились основой для национального законодательства по дорожному движению в странах, подписавших эти документы, и способствовали дальнейшей унификации дорожных знаков и разметки.

Советский Союз присоединился как к Конвенциям 1949 г. и 1968 г., так и к Европейскому соглашению. Поэтому действующие на территории нашей страны нормативные положения, касающиеся технических средств организации дорожного движения, учитывают основные предписания этих документов.

Учитывая рост интенсивности и связанные с этим изменения условий движения, а также непрерывное развитие технических средств организации движения, в последние годы в СССР выполнена большая работа по совершенствованию соответствующих нормативных положений. Внесены изменения и дополнения в ГОСГ «Знаки дорожные» и «Разметка дорожная», переработан и выпущен в новой редакции ГОСГ «технические средства организации движения. Правила применения». Вместо ранее действующих технических условий утвержден ГОСГ «Светофоры дорожные. Общие технические условия», выпущены государственные стандарты, касающиеся структуры и требований к автоматизированным системам управления дорожным движением (АСУД).

Материалы, изложенные в настоящем учебнике, содержат необходимые сведения по устройству и тактике применения технических средств, методам инженерных расчетов, связанных с их введением. Курс основан на исследованиях и разработках, проводимых в течение ряда лет в МАДИ, ВНИЦБД МВД СССР, НИИСГ МВД СССР, Омском НПО «Автоматика», Мосгортранспроекте, Гипродорнии и других организациях, и учитывает зарубежный опыт, а также существующие нормативные положения по дорожному движению. В учебнике применяются сокращения и обозначения, широко используемые разработчиками технических средств и систем управления дорожным движением и нашедшие отражение в специальной литературе.

## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОБ УПРАВЛЕНИИ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

### 1.1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Из курса «Организация дорожного движения» известно, что на уровне служб дорожного движения она представляет комплекс инженерных и организационных мероприятий на существующей улично-дорожной сети, обеспечивающих безопасность и достаточную скорость транспортных и пешеходных потоков. К числу таких мероприятий относится управление дорожным движением, которое, являясь составной частью организации движения, как правило, решает более узкие задачи. В общем случае под управлением понимается воздействие на тот или иной объект с целью улучшения его функционирования. Применительно к дорожному движению объектом управления являются транспортные и пешеходные потоки. Частным видом управления движением является регулирование (от латинского слова *regulare* — подчинить определенному порядку, правилу, упорядочивать), т. е. поддержание параметров движения в заданных пределах.

С учетом того, что регулирование является лишь частным случаем как управления, так и организации движения, а целью применения технических средств является реализация ее схемы, в учебнике используется термин *технические средства организации движения* или *технические средства управления движением*. Это соответствует принятой в настоящее время терминологии, зафиксированной в нормативных документах (ГОСТ 23457—86), и названию учебной дисциплины «Организация дорожного движения», логическим продолжением которой являются изложенные в данном учебнике материалы.

Вместе с тем термин *регулирование* в силу сложившейся традиции получил распространение. Например, в Правилах дорожного движения перекрестки и пешеходные переходы, оборудованные светофорами, называются регулируемыми в отличие от нерегулируемых, где светофоры отсутствуют. Существуют также термины *цикл регулирования*, *регулируемое направление* и т. п. В специальной литературе нередко перекресток, оборудованный светофором, называется *светофорным объектом*. С учетом этого обстоятельства в учебнике применительно к каждому конкретному случаю использованы термины, получившие наибольшее распространение, и поэтому наиболее понятные читателю.

Сущность управления движением заключается в том, чтобы обязывать водителей и пешеходов, запрещать или рекомендовать

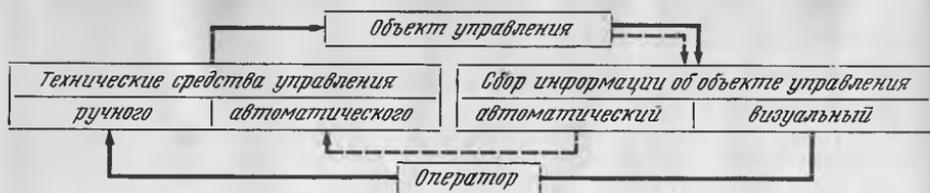


Рис. 1.1. Структурная схема контура управления

им те или иные действия в интересах обеспечения скорости и безопасности. Оно осуществляется путем включения соответствующих требований в Правила дорожного движения, а также применением комплекса технических средств и распорядительными действиями инспекторов дорожно-патрульной службы ГАИ и других лиц, имеющих соответствующие полномочия.

Объект управления, комплекс технических средств и коллективы людей, вовлеченные в технологический процесс управления движением, образуют контур управления (рис. 1.1). Поскольку часть функций в контуре управления часто выполняется автоматическим оборудованием, сложилось употребление терминов *автоматическое управление* или *системы управления*.

Автоматическое управление осуществляется без участия человека по заранее заданной программе, автоматизированное — с участием человека-оператора. Оператор, используя комплекс технических средств для сбора необходимой информации и поиска оптимального решения, может корректировать программу работы автоматических устройств. Как в первом, так и во втором случае в процессе управления могут быть использованы ЭВМ. И, наконец, существует ручное управление, когда оператор, оценивая транспортную ситуацию визуально, оказывает управляющее воздействие на основе имеющегося опыта и интуиции. Контур автоматического управления может быть как замкнутым, так и разомкнутым.

При замкнутом контуре существует обратная связь между средствами и объектом управления (транспортным потоком). Автоматически она может осуществляться специальными устройствами сбора информации — детекторами транспорта. Информация вводится в устройства автоматике, и по результатам ее обработки эти устройства определяют режим работы светофорной сигнализации или дорожных знаков, способных по команде менять свое значение (управляемые знаки). Такой процесс получил название гибкого или адаптивного управления.

При разомкнутом контуре, когда обратная связь отсутствует, управляющие светофорами устройства — дорожные контроллеры (ДК) переключают сигналы по заранее заданной программе. В этом случае осуществляется жесткое программное управление.

На рис. 1.1. цепь обратной связи, замыкающая контур автоматического управления, показана штриховой линией с учетом,

то эта связь может существовать или отсутствовать. При ручном управлении обратная связь существует всегда (в силу визуальной оценки оператором условий движения), поэтому ее цепь на рис. 1.1 показана сплошной линией.

В соответствии со степенью централизации можно рассматривать два вида управления: локальное и системное. Оба вида реализуются вышеописанными способами.

При локальном управлении переключение сигналов обеспечивает контроллер, расположенный непосредственно на перекрестке. При системном контроллеры перекрестков, как правило, выполняют функции трансляторов команд, поступающих по специальным каналам связи из управляющего пункта (УП). При временном отключении контроллеров от УП они могут обеспечивать и локальное управление. Оборудование, расположенное вне управляющего пункта, получило название периферийного (светофоры, контроллеры, детекторы транспорта), на управляющем пункте — центрального (средства вычислительной техники, диспетчерского управления, устройства телемеханики и т. д.).

На практике применяют термины — *локальные контроллеры* и *системные контроллеры*. Первые не имеют связи с УП и работают самостоятельно, вторые такую связь имеют и способны реализовать локальное и системное управление.

При локальном ручном управлении оператор находится непосредственно на перекрестке, наблюдая за движением транспортных средств и пешеходов. При системном он располагается в управляющем пункте, т. е. вдали от объекта управления, и для обеспечения его информацией об условиях движения могут быть использованы средства связи и специальные средства отображения информации. Последние выполняют в виде светящихся карт города или его районов — мнемосхем, устройств вывода с помощью ЭВМ графической и алфавитно-цифровой информации на электронно-лучевую трубку — дисплеев и телевизионных систем, позволяющих непосредственно наблюдать за контролируемым районом.

Локальное управление чаще всего применяется на отдельном или, как говорят, *изолированном перекрестке*, который не имеет связи с соседними перекрестками ни по управлению, ни по потоку. Смена сигналов светофоров на таком перекрестке обеспечивается по индивидуальной программе независимо от условий движения на соседних перекрестках, а прибытие транспортных средств к этому перекрестку носит случайный характер.

Организация согласованной смены сигналов на группе перекрестков, осуществляемая в целях уменьшения времени движения транспортных средств в заданном районе, называется *координированным управлением* (управлением по принципу «зеленой волны» — ЗВ). В этом случае, как правило, используется системное управление.

Любое устройство автоматического управления функционирует в соответствии с определенным алгоритмом, который представляет собой описание процессов переработки информации и выра-

ботки необходимого управляющего воздействия. Применительно к дорожному движению перерабатывается информация о параметрах движения и определяется характер управления светофорами, воздействующими на транспортный поток. Алгоритм управления технически реализуется контроллерами, переключающими сигналы светофоров по предусмотренной программе. В автоматизированных системах управления с использованием ЭВМ алгоритм решения задач управления реализуется также в виде набора программ ее работы.

## 1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Технические средства организации движения по их назначению можно разделить на две большие группы. К первой относятся технические средства, непосредственно воздействующие на транспортные и пешеходные потоки с целью формирования их необходимых параметров. Это — дорожные знаки, дорожная разметка, светофоры и направляющие устройства.

К второй группе относятся средства, обеспечивающие работу средств первой группы по заданному алгоритму. Это — дорожные контроллеры, детекторы транспорта, средства обработки и передачи информации, оборудование управляющих пунктов АСУД, средства диспетчерской связи и т. д.

Характер воздействия технических средств первой группы на объект управления может быть двояким. Неуправляемые дорожные знаки, разметка проезжей части и направляющие устройства обеспечивают постоянный порядок движения, изменить который можно лишь соответствующей заменой этих средств (например, установкой другого знака или применением другого вида разметки). Напротив, светофоры и управляемые дорожные знаки способны обеспечить переменный порядок движения (поочередный пропуск транспортных потоков через перекресток с помощью сигналов светофора или, например, временное запрещение движения в каком-то направлении путем смены символа управляемого знака). Работа последних связана с использованием технических средств второй группы.

На рис. 1.2 приведена структурная схема, повторяющая в более развернутом виде контур управления и поясняющая указанный принцип общей классификации.

Дорожные контроллеры имеют различное исполнение в зависимости от характера выполняемых ими задач и подразделяются (как было указано выше) на контроллеры локального и системного управления. И те, и другие могут обеспечивать жесткое программное управление, а при наличии обратной связи с транспортным потоком — адаптивное.

При автоматическом управлении обратная связь осуществляется с помощью детекторов транспорта. Так как эта связь применяется не во всех случаях, на рис. 1.2 она показана пунктирной

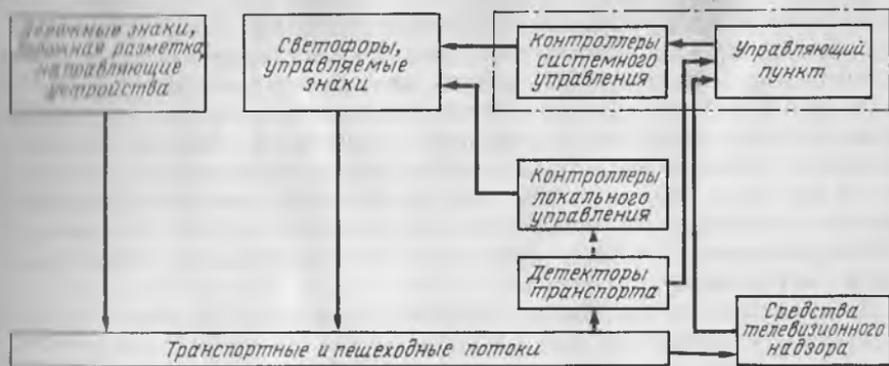


Рис. 1.2. Общая классификация технических средств организации движения

линей. При ручном управлении (если оператор не находится на перекрестке) для обратной связи могут быть использованы средства телевизионного обзора, телефонной связи или средства отображения информации управляющего пункта. Последние используют информацию, поступающую от детекторов транспорта.

Технические средства обеих групп имеют свою классификацию. Например, деление знаков на группы, разметки на виды, светофоров и детекторов на типы и т. д. Подобная классификация приведена в соответствующих разделах учебника.

В последние годы средства и методы организации дорожного движения интенсивно развиваются, поэтому приведенная в учебнике классификация не может считаться исчерпывающей, а терминология — установившейся. Здесь сформулирован лишь ряд общих принципиальных положений, позволяющих определить назначение различных видов технических средств.

### 1.3. ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Технические средства организации движения воздействуют на транспортные и пешеходные потоки. При этом параметры потоков меняются. Эти изменения могут быть положены в основу показателей, используемых для оценки эффективности применения как отдельного технического средства, так и их совокупности.

В общем виде, принимая во внимание задачи управления движением, показатели эффективности должны отражать производительность транспортного процесса и безопасность движения. Вместе с тем поиски единого показателя, который был бы универсальным, измеримым в реальных условиях движения и имел бы стоимостное выражение, связаны с определенными трудностями.

Для разных «потребителей» систем управления на первый план могут быть выдвинуты различные показатели: число и тяжесть

ДПП, пропускная способность улично-дорожной сети, транспортные задержки, число остановок транспортных средств, длина очередей перед перекрестками, время выполнения поездки, скорость сообщения, степень загазованности окружающей среды и уровень шума, создаваемого транспортными средствами. Между перечисленными показателями существует взаимозависимость, однако явный вид этих зависимостей пока неизвестен. Кроме этого, некоторые показатели не могут быть определены сразу. Например, для определения числа и тяжести ДПП необходимо время для сбора статистических данных.

В зависимости от цели оценки (например, оценка уровня безопасности движения или загазованности воздуха) используются те или иные показатели или их совокупность. Для расчетов экономической эффективности внедрения технических средств организации движения целесообразно учитывать множество показателей в их стоимостном выражении. Для целей оптимизации работы технических средств можно ограничиться использованием одного-двух показателей, поскольку практика показывает, что минимизация одного из ведущих показателей эффективности приводит к снижению (или увеличению) других. Так, снижение задержки транспортных средств приводит к увеличению скорости сообщения, уменьшению времени движения, расхода топлива, загазованности и шума.

При выборе ведущего показателя необходимо учитывать, что в наиболее явном виде об эффективности управления можно судить по характеру работы перекрестков, пропускная способность которых во многом определяет производительность всей транспортной системы.

Для перекрестка таким показателем является среднее время обслуживания или средняя задержка автомобиля. Этот показатель чаще всего используется как характеристика эффективности различных систем массового обслуживания. Задержка может быть сравнительно просто определена в реальных условиях движения и имеет стоимостное выражение.

К сожалению, средняя задержка непосредственно не отражает степень безопасности движения. Известно, что снижение задержек уменьшает раздраженность и психологическую утомляемость водителей, что в конечном счете уменьшает и вероятность возникновения ДПП. Тем не менее только путем уменьшения средних задержек транспортных средств добиться снижения числа ДПП невозможно. Поэтому, принимая указанный критерий в качестве основного, следует учитывать и другие показатели, соответствующие характеру и направленности анализа систем управления. В ряде случаев параметры систем, рассчитанные по критерию средней задержки, могут быть ограничены с учетом интересов безопасности движения, например длительность минимального разрешающего, максимального запрещающего и промежуточного сигналов светофоров, расчетная скорость движения и т. д. Кроме этого, показатель безопасности предъявляет определенные требования

и в технических средствах организации движения с точки зрения ее безопасности в работе и информативности.

С учетом роста уровня автомобилизации особое значение приобретают экологические показатели. Частые торможения и остановки транспортных средств повышают вероятность использования водителями понижающих передач и работы двигателя на неэкономичных режимах. Это способствует загрязнению атмосферы продуктами неполного сгорания топлива и увеличению транспортного шума. Поэтому параметры управления движением должны обеспечивать стабильность скоростного режима и снижение числа и продолжительности остановок транспортных средств.

### **Контрольные вопросы**

1. Какое устройство позволяет осуществить автоматический сбор информации о параметрах транспортных потоков?
2. Чем отличается жесткое управление от адаптивного?
3. Чем отличается локальное управление от системного?
4. Что означает термин «изолированный перекресток»?
5. Что такое координированное управление?
6. С помощью какого устройства осуществляется переключение сигналов светофора?
7. Каковы основные принципы классификации технических средств организации движения?
8. Какие существуют показатели для оценки эффективности применения технических средств и какие из них можно использовать в качестве ведущих?

### 2.1. ЗНАЧЕНИЕ И ЧЕРЕДОВАНИЕ СИГНАЛОВ

Светофоры предназначены для поочередного пропуска участников движения через определенный участок улично-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 (перекрестки, пешеходные переходы);

по полосам, где направление движения может меняться на противоположное;

на железнодорожных переездах, разводных мостах, причалах, паромках, переправах;

при выездах автомобилей спецслужб на дороги с интенсивным движением;

для управления движением транспортных средств общего пользования.

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

При отсутствии дополнительных секций красный немигающий сигнал запрещает движение по всей ширине проезжей части. Остальные разновидности красного сигнала имеют специальное назначение:

контурная черная стрелка на красном фоне круглой формы запрещает движение в сторону, указанную стрелкой;

косой красный крест на черном фоне квадратной формы запрещает въезд на полосу движения, над которой он расположен;

красный силуэт стоящего человека запрещает движение пешеходам;

красный мигающий сигнал или два красных попеременно мигающих сигнала запрещают выезжать на железнодорожный переезд, разводной мост, причал паромной переправы и в другие места, представляющие особую опасность для движения.

Желтый немигающий сигнал обязывает к остановке перед стоплинией всех водителей, за исключением тех, которые уже не могли

бы остановиться с учетом требований безопасности движения. Желтый сигнал, подключенный к красному, предупреждает о немедленном включении зеленого сигнала. Желтый мигающий сигнал не запрещает движение и применяется для обозначения перекрестков, которые могут быть не замечены водителями на расстоянии, достаточном для остановки транспортного средства.

Зеленый немигающий сигнал при отсутствии каких-либо дополнительных ограничений, а также дополнительных секций светофора разрешает движение по всей ширине проезжей части во всех направлениях. Зеленый мигающий сигнал предупреждает о конце разрешающего такта.

Разновидности зеленого сигнала и их назначение следующие: контурная черная стрелка на зеленом фоне круглой формы, а также зеленая стрелка на черном фоне круглой формы — разрешают движение в сторону стрелки;

зеленая стрелка, на черном фоне квадратной формы направленная вниз, разрешает движение по полосе, над которой расположен светофор;

сигнал в виде зеленого силуэта идущего человека разрешает движение пешеходов.

Зеленая стрелка дополнительной секции светофора разрешает движение в сторону, указываемую стрелкой, независимо от сигнала основного светофора. При этом красный сигнал основного светофора лишает водителей, движущихся в сторону включенной зеленой стрелки дополнительной секции, преимущественного права проезда. Выключенная секция запрещает движение в направлении стрелки этой секции даже при зеленом сигнале основного светофора.

Разрешенное направление движения для транспортных средств общего пользования зависит от сочетания включенных сигналов верхнего и нижнего ряда специального светофора (в случае его применения). При выключенном нижнем сигнале движение запрещено во всех направлениях.

## 2.2. ТИПЫ СВЕТОФОРОВ

Светофоры можно классифицировать 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, дублиеры и повторители).

На цветной вклейке показаны некоторые светофоры, применяемые в нашей стране для управления дорожным движением. В соответствии с ГОСТ 25695—83 «Светофоры дорожные. Общие технические условия» они делятся на две группы: транспортные и пешеходные. Светофоры каждой группы, в свою очередь, подразделяются на типы и разновидности исполнения. Имеются семь типов транспортных светофоров и два типа пешеходных. Каждый

светофор имеет свой номер. Первая цифра номера означает группу (1 — транспортный светофор, 2 — пешеходный), вторая цифра — тип светофора, третья цифра (или число) — разновидность его исполнения.

Транспортные светофоры типа 1 (без учета сигналов дополнительных секций) и типа 2 имеют три сигнала круглой формы диаметром 200 или 300 мм, расположенных вертикально. Как исключение, допускается для светофоров типа 1 горизонтальное расположение сигналов. Последовательность расположения сверху вниз (слева направо): красный, желтый, зеленый.

Дополнительные секции применяются только со светофорами типа 1 с вертикальным расположением сигналов и имеют сигнал в виде стрелки на черном фоне круглой формы.

Для лучшего распознавания водителем дополнительной секции (особенно в темное время суток) на линзе основного зеленого сигнала светофора наносят контуры стрел, указывающих разрешенные этим сигналом направления движения. С этой же целью при наличии дополнительных секций светофор оборудуется белым прямоугольным экраном, выступающим за габариты светофора. Расположение секций зависит от направления стрелки.

Для транспортных светофоров типа 2 контуры стрелок, указывающих разрешенное (запрещенное) направление движения, наносят на всех линзах. При этом в отличие от красного и желтого сигналов зеленый сигнал светофоров этого типа представляет собой зеленую стрелку на черном фоне. Под светофорами или над ними располагают таблички белого цвета с изображением стрелок, указывающих то же направление, что и контуры стрелок на линзах.

Светофоры типа 1 применяют для регулирования всех направлений движения на перекрестке. Допускается их использование и перед железнодорожными переездами, пересечениями с трамвайными и троллейбусными линиями, сужениями проезжей части и т. д. Светофоры типа 2 применяют для регулирования движения в определенных направлениях (указанных на линзах стрелками) и только в тех случаях, когда транспортный поток в этих направлениях не имеет пересечений или слияний с другими транспортными или пешеходными потоками (бесконфликтное регулирование). При достаточно широкой проезжей части с числом полос на подходе к перекрестку более четырех целесообразно светофоры этого типа использовать для регулирования движения по полосам.

Специфика использования светофоров типа 2, связанная с бесконфликтным регулированием, не позволяет их совместную установку со светофорами типа 1 на одном подходе к перекрестку. Исключение составляет случай, когда транспортные потоки отделены друг от друга приподнятыми островками или разделительными полосами. Таким образом, в пределах одной проезжей части водитель должен видеть светофоры только одного типа.

Транспортные светофоры типа 3 применяют в качестве повторителей сигналов светофоров типа 1. По своему внешнему виду они напоминают светофоры этого типа, однако в отличие от них

имеют меньшие габаритные размеры и диаметры сигналов 100 мм. Если основной светофор (типа 1) имеет дополнительную секцию, то светофор-повторитель также оборудуется дополнительной секцией естественно уменьшенного размера.

Светофор типа 3 размещают под основным светофором на высоте 1,5—2 м от проезжей части, если затруднена видимость сигналов основного светофора для водителя, остановившегося у стоп-линии. Светофоры этого типа могут применяться также для управления велосипедным движением в местах пересечения дороги с велосипедной дорожкой. В этом случае под ними укрепляют табличку белого цвета с изображением символа велосипеда.

Транспортные светофоры типа 4 применяют для управления машинами на отдельные полосы движения. Такая необходимость возникает, например, при организации реверсивного движения. Светофоры этого типа устанавливают над каждой полосой в ее начале. Они имеют горизонтальное расположение сигналов: слева — в виде косо красного креста; справа — в виде зеленой стрелки, направленной острием вниз. Оба сигнала выполняются на черном фоне прямоугольной формы. Габаритные размеры каждого символа 450×500 мм.

Светофоры типа 4 могут применяться вместе со светофорами типа 1, если реверсивное движение организовано не по всей ширине проезжей части. В этом случае действие светофоров типа 1 не распространяется на полосы с реверсивным движением. Запрещается въезд на полосу, ограниченную с обеих сторон двойной прерывистой линией (разметка 1.9), при отключенном светофоре типа 4, расположенном над этой полосой. В противном случае возникает возможность выезда навстречу движению (например, при перегорании ламп красного сигнала одного из светофоров полосы).

Транспортный светофор типа 5 имеет четыре сигнала белого цвета круглой формы диаметром 100 мм. Подобный светофор применяют в случаях бесконфликтного регулирования движения транспортных средств общего пользования (трамваев, маршрутных автобусов, троллейбусов), движущихся по специально выделенной полосе. Однако даже в этих случаях необходимость в установке светофоров типа 5 нередко отпадает: схема организации движения на перекрестке обеспечивает бесконфликтный пропуск транспортных средств указанных видов вместе с общим потоком, и светофоры типа 5 лишь повторяют значения сигналов светофоров типа 1 или 2.

При отсутствии специально выделенных полос для транспортных средств общего пользования или возможности их бесконфликтного пропуска применение светофоров типа 5 становится бессмысленным. Управление движением осуществляется только светофорами типа 1 или 2.

Транспортные светофоры типа 6 имеют два (реже один) красных сигнала круглой формы диаметром 200 или 300 мм, расположенных горизонтально и работающих в режиме попеременного мигания. При разрешении движения транспортных средств сиг-

налы выключаются. Светофоры этого типа устанавливают перед железнодорожными переездами, разводными мостами, причалами паромных переправ, в местах выезда на дорогу транспортных средств спецслужб.

Светофор типа 7 имеет один сигнал желтого цвета, постоянно работающий в режиме мигания. Его применяют на нерегулируемых перекрестках повышенной опасности.

Транспортные светофоры типа 8 имеют два расположенных вертикально сигнала красного и зеленого цветов круглой формы диаметром 200 или 300 мм. Их применяют при временном сужении проезжей части, когда организуют попеременное движение по одной полосе, а использование для этих целей знаков приоритета затруднено в силу ограниченной видимости на этом участке дороги. Кроме этого, светофоры типа 8 применяют также для управления малоинтенсивным движением на внутренних территориях гаражей, предприятий и организаций, где, как правило, введены ограничения скорости. В перечисленных случаях допускается и использование наиболее распространенных светофоров типа 1, однако светофоры типа 8, отличающиеся от них отсутствием желтого сигнала, указывают на специфику условий движения.

Пешеходные светофоры имеют два вертикально расположенных сигнала круглой или квадратной формы с диаметром круга или стороной квадрата 200 или 300 мм. Верхний сигнал — красный силуэт стоящего пешехода, нижний — силуэт идущего пешехода. Оба силуэта выполняются на черном фоне.

Согласно ГОСТ 23457—86, пешеходными светофорами оборудуют все пешеходные переходы на управляемом светофорами перекрестке. При этом, если не обеспечен бесконфликтный пропуск пешеходов, зеленый сигнал должен работать в мигающем режиме, предупреждая пешеходов и водителей о возможности просачивания транспортных средств через пешеходные потоки.

Для всех типов светофоров при наличии двух вариантов сигнала (200 или 300 мм) светофоры с большим размером сигнала устанавливают на магистральных улицах и площадях, на дорогах с максимально допустимой скоростью движения более 60 км/ч, а также при неблагоприятных условиях видимости. Таким образом обеспечивается лучшее восприятие сигналов участниками движения. Кроме этого, увеличенные размеры сигналов подчеркивают характер дороги, на которой находится водитель. С этой же целью перед пересечениями с указанными дорогами со стороны, где были светофоры с диаметром сигнала 200 мм, устанавливают светофор с увеличенным диаметром (300 мм) красного сигнала.

### **2.3. СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ**

Дальность видимости светофора определяется из условий временной остановки транспортных средств на запрещающий сигнал. При этом остановочный путь рассчитывают исходя не из

варийного, а из служебного торможения (замедление 2—4 м/с<sup>2</sup>). Он должен учитывать время, необходимое водителю на поиск сигнала, и его восприятие. Принятое в настоящее время в качестве нормативного минимальное расстояние видимости сигнала — 100 м.

Расстояние видимости определяет светотехнические параметры светофора. Сила света его оптической системы и указанное расстояние связаны зависимостью

$$L_c = \sqrt{I_\alpha \tau^{L_c \cdot 10^{-4}} / (E_n k_n)}, \quad (2.1)$$

где  $L_c$  — расстояние видимости сигнала, м;  $I_\alpha$  — сила света оптической системы под углом  $\alpha$  к ее оси, кд;  $\tau$  — коэффициент прозрачности атмосферы;  $E_n$  — пороговая освещенность на зрачке глаза водителя, при которой он уверенно опознает сигнал, лк (в зависимости от цвета сигнала  $E_n = 6 \cdot 10^{-6} \div 12 \cdot 10^{-6}$  в дневное время и  $E_n = 0,8 \cdot 10^{-6} \div 2 \cdot 10^{-6}$  в сумерки);  $k_n$  — поправочный коэффициент, зависящий от углового размера светового сигнала.

При расчете силы света, необходимой для обеспечения нормативного расстояния видимости, можно принять коэффициенты  $k_n \approx 1$  и  $\tau^{L_c \cdot 10^{-4}} \approx 1$ , учитывая, что для наиболее типичных условий  $\tau = 0,5 \div 0,8$ , а  $k_n$  существенно возрастает лишь при больших угловых размерах сигнала (близком расстоянии от светофора). Таким образом, применительно к рассматриваемому случаю формулу (2.1) можно упростить  $L_c = \sqrt{I_\alpha / E_n}$ .

На практике расчетное значение силы света увеличивают, принимая во внимание колебания напряжения в сети, возможность загрязнения линзы и отражателя света, а также условия адаптации при ярком фоне. Кроме этого, показатель  $I_\alpha$  представляет собой силу света под заданным углом к оптической оси. Осевая сила света, являющаяся одной из основных светотехнических характеристик светофора, должна быть больше (рис. 2.1). Исходя из высоты установки светофора, ширины проезжей части и особенности бокового зрения водителя считается достаточным иметь ширину светового пучка сигнала  $\pm 10^\circ$  в горизонтальной плоскости и  $8^\circ$  в вертикальной (вниз от нулевого значения).

Осевая сила света современных светофоров в среднем составляет 200 кд. Рассматриваются конструктивные решения, позволяющие уменьшить силу света сигналов в ночное время до 60 кд, учитывая, что в этих условиях меняются пороговая освещенность и характер адаптации. Вариантом таких решений может быть понижение напряжения в сети или применение двухнитевых ламп.

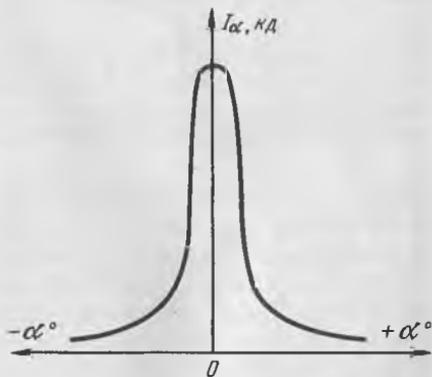


Рис. 2.1. Характер распределения силы света сигнала светофора в зависимости от положения водителя относительно его оптической оси

## 2.4. КОНСТРУКЦИЯ СВЕТОФОРОВ

Светофор состоит из отдельных секций, каждая из которых предназначена для определенного сигнала. В зависимости от типа светофора секции могут иметь различные конструктивные особенности (форма и размеры сигнала, особенности символа, источника света, светофильтра и т. д.). Общим для всех секций является наличие оптического устройства.

Светофор (рис. 2.2) состоит из секций, соединенных между собой резьбовыми пустотелыми втулками 1, через которые пропущены провода. Секция представляет собой корпус 8 с крышкой 6 и противосолнечным козырьком 4 из листовой стали или ударопрочной пластмассы (например, полистирола). Имеется опыт изготовления корпуса из легких сплавов. В крышке смонтировано оптическое устройство, состоящее из отражателя 7, цветного светофильтра 3, резинового кольца-уплотнителя 5 и подвижного стакана 10 с электролампой. При перемещении стакана нить лампы устанавливается в фокусе отражателя. Оптическое устройство крепится к крышке четырьмя лапками 2. В закрытом положении крышка удерживается двумя пружинными замками. В нижней секции установлена распределительная колодка 9 для подключения питания и электромонтажа внутри светофора. Отражатели должны иметь заземление.

Тенденция развития современных конструкций светофоров заключается в совершенствовании основных элементов светооптической системы: источника света, светофильтра, отражателя, а также надежности конструкции в целом.

**Источники света.** В качестве источников света применяют лампы накаливания общего и специального назначения. Известны конструкции, где в качестве источника света используют газосветные трубки или излучающие диоды. Основными недостатками ламп накаливания общего назначения являются большая протяженность нити, которая плохо поддается фокусировке, и низкая виброустойчивость ламп. Кроме того, они имеют сравнительно малый срок службы (500—800 ч), обусловленный специфическим режимом работы.

Специальные исследования показали, что перегорание нити чаще всего связано с неоднородностью по диаметру проволоки, шагу спирали, электрическому сопротивлению и скорости испа-

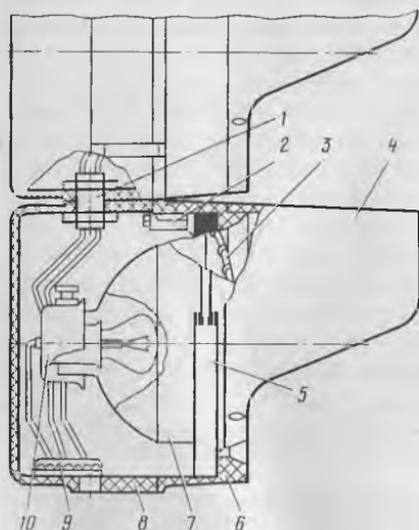


Рис. 2.2. Устройство светофора

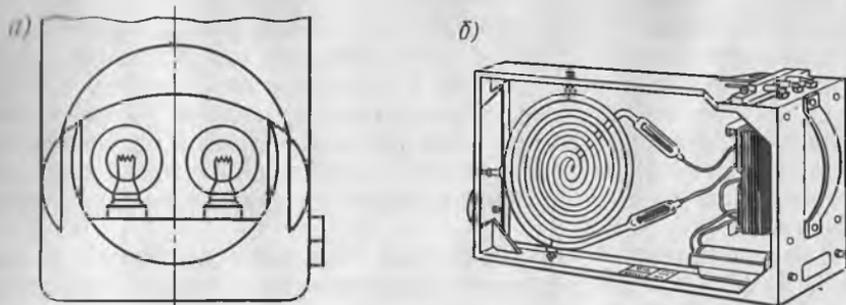


рис. 2.3. Варианты источников света:  
 а — две лампы накаливания; б — газосветная трубка

рения. Повышение срока службы ламп идет по пути применения специальных наполнителей (криптон), усложнения технологии изготовления нити накаливания, увеличения числа держателей нити (в некоторых случаях до 9—11). Существенно повышается долговечность ламп при подкалке нити для ее подогрева в период выключения сигнала. Очень важным с точки зрения фокусировки является выдерживание постоянного размера между нитью лампы и ее цоколем. Практика эксплуатации светофоров показала, что не во всех случаях выполняется операция по правильной установке лампы в отражателе, что приводит к резкому снижению силы света оптического устройства.

В некоторых конструкциях светофоров в качестве источника света используют низковольтные галогенные лампы. Обладая при малых размерах повышенной удельной светоотдачей и компактной нитью, эти лампы хорошо фокусируются. Однако широкого распространения они не получили вследствие их сравнительно высокой стоимости и необходимости применения понижающих трансформаторов.

Иногда в целях повышения надежности светофора для одного сигнала используют две одновременно работающие лампы (рис. 2.3, а). Это требует установки специального отражателя и бифокальной линзы. Подобное решение связано также с усложнением и удорожанием конструкции.

На рис. 2.3, б показана изогнутая газосветная трубка, применяемая в качестве источника света в светофорах французской фирмы «Силек». В трубках содержится наполнитель красного, желтого или зеленого цвета, что исключает необходимость использования цветного светофильтра. Для свечения трубки требуется напряжение свыше 2000 В, поэтому необходимо использование трансформатора. Несмотря на сравнительно большой срок службы светофоры с газосветными трубками уступают в 5—6 раз по силе света сигналам современным светофорам с лампами накаливания. Кроме того, надежно эксплуатировать их можно лишь в районах с умеренным климатом.

**Светофильтры.** Применяются светофильтры-рассеиватели и светофильтры-линзы. Первые обеспечивают необходимое перераспределение светового потока в пространстве. Для этих целей на их внутренней стороне формируется узорчатый, ромбический, призматический или каплевидный рисунок. Важной характеристикой является угол светорассеяния — наибольший угол, в пределах которого сила света уменьшается вдвое по сравнению с ее осевым значением.

Для современных светофильтров этот угол находится в пределах  $5...15^\circ$ , что обеспечивает нормативную дальность видимости сигнала на многополосных дорогах 100 м.

Светофильтры-линзы способствуют концентрации светового потока. Их использование позволяет отказаться от отражателя и уменьшить диаметр сигнала до 100 мм (транспортные светофоры типов 3 и 5). Светофоры с такими светофильтрами применяют, когда видимость сигнала должна быть обеспечена в достаточно узких пределах — на 1—2 полосах движения.

В последние годы все большее распространение получают пластмассовые светофильтры. Их преимущества перед стеклянными заключаются в простоте изготовления, более высокой прочности при воздействии ударных и вибрационных нагрузок, а также в меньшем весе (примерно в 3 раза). В большинстве случаев материалом для производства служит поликарбонат, обладающий необходимой прозрачностью (светопропускание 90%) и долговечностью.

**Отражатели.** Конструкция отражателя (рис. 2.4) характеризуется двумя основными внутренними поверхностями: параболической 1, обеспечивающей концентрацию светового потока, и конической (или цилиндрической) 2, предназначенной для увеличения глубины отражателя и тем самым уменьшения выгорания красителя светофильтра. При коротком фокусном расстоянии  $l$  появляется опасность возникновения ложного сигнала светофора (фантомный эффект), когда луч от постороннего источника света, попадая на отражатель, вновь возвращается к наблюдателю. Уменьшение расстояния  $l$  от линзы до фокуса  $K$  за счет ликвидации конической части отражателя способствует снижению фантомного эффекта, но требует применения специальных малогабаритных ламп, например галогенных.

В конструкциях современных отражателей фокальную плоскость  $AA$  максимально приближают к плоскости светового отверстия, за которой начинается балластная (нерабочая) коническая

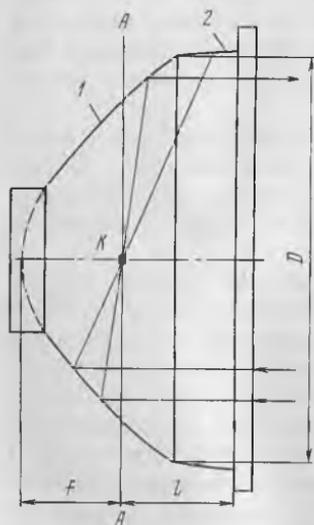


Рис. 2.4. Отражатель оптического устройства светофора

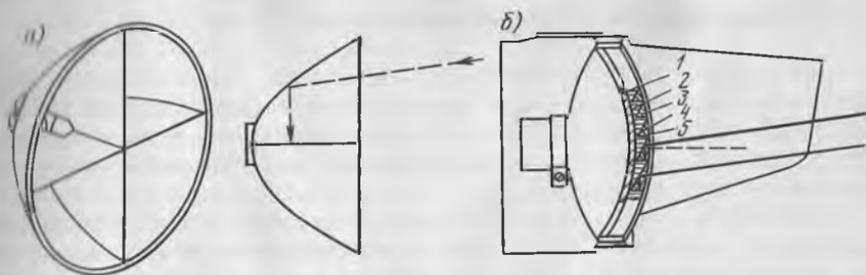


Рис. 2.5. Устройства, устраняющие фантомный эффект:

а — антифантомный крест; б — линза, поглощающая солнечные лучи

поверхность. При этом, как правило, выдерживаются следующие соотношения:

$$l/l = 1,4 \text{ и } l = 0,25D,$$

где  $D$  — диаметр светового отверстия отражателя, мм.

Все большее распространение получают пластмассовые отражатели с рабочей поверхностью, полученной методом напыления в вакууме. В этом случае отражатель получается с более гладкой поверхностью и не подвержен коррозии.

**Антифантомные устройства.** В известной мере роль антифантомного устройства выполняет противосолнечный козырек. Однако при низком положении солнца (в направлениях восток — запад, запад — восток) может возникнуть одновременно свечение всех сигналов светофора. Известно несколько методов, позволяющих устранить фантомный эффект и получивших распространение в практике регулирования. Как правило, они связаны с некоторыми изменениями конструкции отражателя или светофильтра.

Отражатель с так называемым *антифантомным крестом* (рис. 2.5, а) представляет собой взаимно перпендикулярные сегментные пластины с прорезями для размещения галогенной лампы. Луч света, попадающий от постороннего источника на отражатель, отклоняется и поглощается зачерненной поверхностью пластин. В то же время пластины практически полностью пропускают лучи от лампы светофора.

Другим решением (рис. 2.5, б) является установка перед светофильтром-рассеивателем 1 специальной антифантомной линзы, состоящей из двух частей 2 и 3, каждая из которых имеет пилообразный профиль. Луч солнца, попадая на наклонную поверхность 4, отбрасывается на горизонтальную зачерненную ступеньку 5 и поглощается.

Известны также методы устранения фантомного эффекта путем установки перед внутренней поверхностью светофильтра перегородки сотовой конструкции, которая пропускает горизонтальный световой поток оптического устройства светофора, однако задерживает солнечные лучи, если они имеют хотя бы небольшое отклонение от горизонтали.

## 2.5. РАЗМЕЩЕНИЕ И УСТАНОВКА СВЕТОФОРОВ

Светофоры устанавливают на колонках, кронштейнах, прикрепляемых к существующим опорам или стенам зданий, на специальных консольных опорах и тросах-растяжках. Для предотвращения наезда на опоры их располагают вне проезжей части или защищают ограждениями.

Светофоры располагают таким образом, чтобы обеспечить наилучшую видимость их сигналов участниками движения. С этой же целью применяют, помимо основных, светофоры-дублиеры и светофоры-повторители. Дублируют, как правило, транспортные светофоры типов 1, 2 и 8, если управляемое ими движение осуществляется по двум полосам и более.

Наилучшая видимость сигналов достигается при установке светофоров над проезжей частью на высоте 5—6 м или сбоку от нее на высоте 2—3 м (для пешеходных светофоров 2—2,5 м). При этом транспортные светофоры типа 1 с горизонтальным расположением сигналов и типа 4 располагают только над проезжей частью в силу их конструктивных особенностей или назначения. По тем же соображениям пешеходные светофоры, светофоры-повторители, а также транспортные светофоры типа 1 с дополнительными секциями над проезжей частью не устанавливают.

В плане транспортные светофоры устанавливают за стоп-линией. Расстояние от нее до светофора не должно быть менее 10 м, если светофор расположен над проезжей частью, и 3 м при его установке сбоку. В противном случае водитель, остановившийся непосредственно у стоп-линии, может не увидеть их сигналов. Уменьшить эти расстояния соответственно до 5 и 1 м можно, используя светофоры-повторители. Пешеходные светофоры не должны отстоять от ближайшей границы пешеходного перехода более чем на 1 м.

Основной светофор, если он не имеет левоповоротной секции, устанавливают справа перед перекрестком. При наличии этой секции необходимо дополнительно к расположенному справа светофору установить светофор с левоповоротной секцией перед перекрестком на центральной разделительной полосе или островке безопасности. При их отсутствии светофор типа 1 с левой дополнительной секцией может быть установлен за перекрестком на разделительной полосе или там же за перекрестком слева от проезжей части. При наличии разделительной полосы слева на пересекающей дороге он может быть установлен на ней. Что же касается светофора типа 2, то для рассматриваемого случая при отсутствии перед перекрестком центральной разделительной полосы или островка безопасности его располагают над проезжей частью. На дорогах с односторонним движением светофоры с левоповоротной секцией могут быть установлены перед перекрестком слева от дороги.

Таким образом достигается наилучшая видимость основного разрешающего сигнала: при движении прямо или направо води-

голь видят его справа, при движении налево — перед собой или слева.

Этот же принцип положен в основу установки дублирующих светофоров типа 1. Для движения в прямом направлении или налево дублирующий светофор устанавливается перед водителем или слева от него, для движения направо, как правило, справа от водителя. При этом светофор может располагаться перед перекрестком, на его территории или за ним в зависимости от наличия или отсутствия центральных разделительных полос или островков безопасности. Примеры установки основных и дублирующих светофоров этого типа показаны на рис. 2.6. В соответствии с общепринятыми обозначениями транспортный светофор показан в виде полукруга, дополнительная секция снабжена стрелкой, указывающей направление ее действия, пешеходный светофор обозначен прямоугольником.

Дублирующие светофоры типа 2 размещают перед перекрестком над проезжей частью. При управлении движением по полосам, когда режим работы светофорного объекта предусматривает различную длительность и последовательность сигналов для этих полос, светофоры этого типа размещают соответственно над каждой полосой. Необходимость в дублирующих светофорах в этом случае отпадает.

Способы размещения светофоров в особых условиях: железнодорожные переезды, места производства работ на проезжей части, управление движением транспортных средств общего пользования описаны в гл. 11.

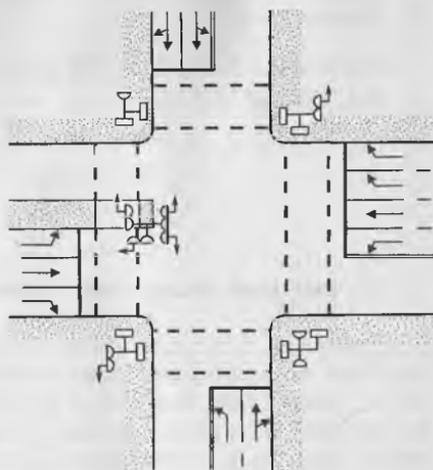


Рис. 2.6. Способы размещения светофоров на перекрестке

### Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены и где применяются светофоры?
2. Что означают сигналы светофоров?
3. Какие типы светофоров применяются в СССР?
4. Как обеспечивается необходимая дальность видимости сигнала светофора?
5. Назовите основные элементы оптического устройства светофора.
6. Что такое фантомный эффект и какие устройства существуют для его предотвращения?
7. В чем назначение светофильтра-рассеивателя и светофильтра-линзы?
8. Перечислите способы установки светофоров на перекрестке.
9. Для чего необходимы светофоры-дублиеры и светофоры-повторители?

**РЕЖИМЫ РАБОТЫ СВЕТОФОРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ  
НА ПЕРЕКРЕСТКЕ****3.1. КРИТЕРИИ ВВОДА СВЕТОФОРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ**

Введение светофорного регулирования ликвидирует наиболее опасные конфликтные точки, что способствует повышению безопасности движения. Вместе с тем появление светофора на перекрестке вызывает транспортные задержки даже на главной дороге, порой весьма значительные из-за характерной для этой дороги высокой интенсивности движения и господствующего в настоящее время жесткого программного регулирования. Таким образом, введение светофорного регулирования является не всегда оправданным и зависит прежде всего от интенсивности конфликтующих потоков и от числа и тяжести ДТП.

В соответствии с ГОСТ 23457—86 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения» транспортные светофоры типов 1 и 2, а также пешеходные светофоры следует устанавливать на перекрестках и пешеходных переходах при наличии хотя бы одного из следующих условий.

*Условие 1* задано в виде сочетаний критических интенсивностей движения на главной и второстепенной дорогах (табл. 3.1). Введение светофорного регулирования считается оправданным, если наблюдаемая на перекрестке интенсивность конфликтующих транспортных потоков в течение каждого из любых 8 ч обычного рабочего дня не менее заданных сочетаний.

*Условие 2* задано в виде сочетания критических интенсивностей конфликтующих транспортного и пешеходного потоков. Введение светофорного регулирования считается оправданным, если в течение каждого из любых 8 ч обычного рабочего дня по дороге в двух направлениях движется не менее 600 ед/ч (для дорог с разделительной полосой 1000 ед/ч) транспортных средств<sup>1</sup> и в то же время эту улицу переходят в одном, наиболее загруженном направлении не менее 150 чел/ч.

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

---

<sup>1</sup> В отличие от размерности интенсивности в физических единицах — автомобилей в час (авт/ч) через размерность ед/ч обозначается интенсивность, подсчитанная в приведенных транспортных единицах путем использования коэффициентов приведения к условному легковому автомобилю.

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

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

*Условие 4* задано определенным числом Д1П. Введение светофорного регулирования считается оправданным, если за последние 12 мес на перекрестке произошло не менее 3 Д1П (которые могли бы быть предотвращены при наличии светофорной сигнализации) и хотя бы одно из условий 1 и 2 выполняется не менее чем на 80%.

Перевод светофоров на режим желтого мигающего сигнала (или применение для этих целей специального транспортного светофора типа 7) осуществляют при снижении интенсивности движения до 50% от норм, оговоренных условиями 1 и 2. Кроме этого, светофоры типа 7 могут применяться и при более низкой интенсивности на опасных участках, где не обеспечена видимость на расстоянии, достаточном для остановки транспортного средства в случае необходимости.

Перечисленные положения разработаны с учетом зарубежного опыта и специфики наших условий. Соблюдение этих положений в принципе должно обеспечить экономическую целесообразность введения светофорного регулирования. Вместе с тем в каком бы виде не были представлены указанные нормативы, они не смогут охватить всего многообразия случаев, встречающихся

на практике. Поэтому, рассматривая условия 1—4 в качестве критериев введения светофора, необходимо в каждом конкретном случае проводить технико-экономический анализ. При соответствующем обосновании светофоры могут быть установлены на перекрестке и при невыполнении условий 1—4.

Сущность технико-экономического анализа заключается в сравнении годовых суммарных приведенных затрат, связанных с движением через перекресток конфликтующих транспортных потоков для случаев отсутствия и наличия на том же перекрестке светофорного регулирования.

На нерегулируемом перекрестке суммарные, приведенные к году затраты ( $ПЗ_n$ ) складываются из потерь народного хозяйства, связанных с транспортными задержками на второстепенной дороге, и ущерба от ДТП. При наличии светофорной сигнализации суммарные затраты ( $ПЗ_p$ ) складываются из потерь от транспортных задержек на главной и второстепенной дорогах, ущерба от ДТП, а также из затрат, связанных со стоимостью, установкой и эксплуатацией технических средств.

Введение светофорного регулирования на перекрестке является целесообразным, если отношение  $ПЗ_n/ПЗ_p > 1$ .

### 3.2. ОСНОВЫ ЖЕСТКОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

**Структура светофорного цикла.** Поочередное предоставление права на движение предполагает периодичность или цикличность работы светофорного объекта. Для количественной и качественной характеристики его работы существуют понятия такта, фазы и цикла регулирования.

*Тактом регулирования* называется период действия определенной комбинации светофорных сигналов. Такты бывают основные и промежуточные. В период основного такта разрешено (а в конфликтующем направлении запрещено) движение определенной группы транспортных и пешеходных потоков. Во время промежуточного такта выезд на перекресток запрещен, за исключением транспортных средств, водители которых не смогли своевременно остановиться у стоп-линии. Идет подготовка перекрестка к передаче права на движение следующей группе потоков. Указанная подготовка означает освобождение перекрестка от транспортных средств и пешеходов, имевших право на движение во время предыдущего такта. Целью применения промежуточного такта является обеспечение безопасности движения в переходный период, когда движение предыдущей группы потоков уже запрещено, а последующая группа разрешение на движение через перекресток еще не получила.

*Фазой регулирования* называется совокупность основного и следующего за ним промежуточного такта. Минимальное число фаз равно двум (в противном случае отсутствуют конфликтующие потоки, и необходимость в применении светофоров отпадает).

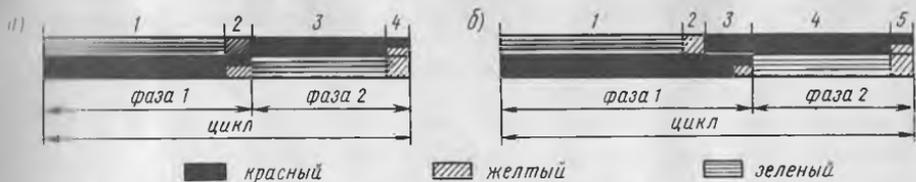


Рис. 3.1. Структура светофорного цикла:

*а* — с одним промежуточным тактом в каждой фазе; *б* — с двумя промежуточными тактами в первой фазе; 1—5 — номера тактов

Обычно число фаз регулирования соответствует числу наиболее нагруженных конфликтных направлений движения на перекрестке.

*Циклом регулирования* называется периодически повторяющаяся совокупность всех фаз.

Под режимом светофорного регулирования (светофорной сигнализации) понимаются длительность цикла, а также число, порядок чередования и длительность составляющих цикл тактов и фаз. В аналитическом виде режим светофорного регулирования можно представить в виде выражения:

$$T_{\text{ц}} = t_{o_1} + t_{n_1} + t_{o_2} + t_{n_2} + \dots + t_{o_n} + t_{n_n}, \quad (3.1)$$

где  $T_{\text{ц}}$  — длительность цикла регулирования, с;  $t_{o_1}, \dots, t_{o_n}$  — длительности основного такта, с;  $t_{n_1}, \dots, t_{n_n}$  — длительности промежуточного такта, с;  $n$  — число фаз.

Обычно промежуточный такт обозначается желтым сигналом в направлении, где ранее (во время основного такта) осуществлялось движение (рис. 3.1, *а*). Учитывая, что в период его действия возможно движение транспортных средств, водители которых, находясь в непосредственной близости от стоп-линии, не смогли своевременно остановиться в момент его включения, длительность желтого сигнала  $t_{\text{ж}}$  не должна быть менее 3 с. С другой стороны, с позиций безопасности движения (для предотвращения злоупотреблений водителями правом проезда на желтый сигнал) его длительность не делают более 4 с. Таким образом,

$$4 \geq t_{\text{ж}} \geq 3.$$

Вместе с тем встречаются случаи, когда транспортному средству, проехавшему стоп-линию в момент выключения разрешающего сигнала, требуется для освобождения зоны перекрестка более 4 с. Это может быть связано с широкой проезжей частью в зоне перекрестка или сравнительно низкой скоростью транспортных средств. В таких случаях после основного такта, как правило, включаются последовательно два промежуточных: по истечении 4 с желтый сигнал в рассматриваемом направлении заменяется на красный. В поперечном (конфликтующем) направлении продолжает действовать красный сигнал, который заменяется на красный с желтым непосредственно перед включением зеленого сигнала (за 3—4 с). Таким образом, на перекрестке в течение

определенного времени может по всем направлениям действовать красный сигнал (рис. 3.1, б).

Промежуточные такты, образованные вышеописанными методами, получили название *переходных интервалов*. Структура переходного интервала может быть и более сложной. Это зависит от конфигурации перекрестка, параметров транспортных и пешеходных потоков и от принятой схемы организации движения. В целях снижения транспортной задержки длительность переходных интервалов не назначают более 8 с. При больших значениях переходных интервалов следует рассматривать возможность устройства промежуточных стоп-линий.

**Потерянное время в цикле регулирования.** В течение фазы регулирования транспортные средства движутся в направлении, в котором включен разрешающий сигнал, в период основного такта  $t_0$ . В период промежуточного такта  $t_{II}$  интенсивность движения в сечении стоп-линии постепенно падает до нуля. Вместе с тем в начале основного такта ожидающие разрешающего сигнала транспортные средства начинают движение с некоторой задержкой, которая связана с реакцией водителя на разрешающий сигнал и с разгоном транспортных средств. При этом интенсивность движения  $N$  в сечении стоп-линии постепенно нарастает и достигает через некоторое время приблизительно постоянного значения  $M_n$ , равного пропускной способности данного направления. Задержка в движении в начале такта  $t_0$  называется *стартовой задержкой* ( $t_{CT}$ ). Это потерянное время в фазе, так как практически движение в этот период отсутствует. К потерянному времени следует отнести и промежуточный такт за вычетом времени  $t_p$  — «прорыва» на желтый сигнал транспортных средств, которые не смогли своевременно остановиться у стоп-линии.

Таким образом, движение начинается позже момента включения разрешающего сигнала и заканчивается позже момента его окончания. Время, в течение которого фактически осуществляется движение, называется *эффективной длительностью фазы*  $t_{эф}$ .

На рис. 3.2 показан процесс разъезда очереди бесконечной длины в течение фазы регулирования (полностью насыщенная фаза). Число транспортных средств, покинувших перекресток в среднем в течение  $t_{эф}$ , равно их числу, покинувшему перекресток за время фазы. Тогда интенсивность движения в сечении стоп-линии в данном направлении может быть представлена прямоугольником с высотой  $M_n$ , основанием которого является  $T_{эф}$ .

Потерянное время в фазе  $t_{пт} = t_{CT} + t_{II} - t_p$ , а длительность фазы ( $t_0 + t_{II}$ ) будет равна сумме эффективной ее длительности и потерянного времени ( $t_{эф} + t_{пт}$ ).

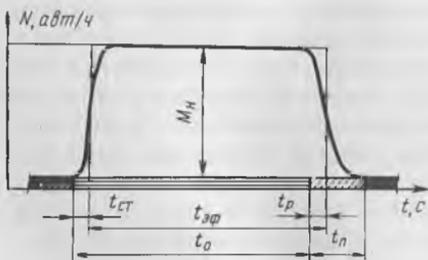


Рис. 3.2. Эффективная длительность фазы

Показатель  $M_n$  является максимальной интенсивностью разъезда очереди при полностью насыщенной фазе. В специальной литературе он получил название *потока насыщения*. Полностью насыщенные фазы наблюдаются при высокой интенсивности движения обычно в часы пик. В большинстве случаев при включении зеленого сигнала очередь вначале разъезжается, а затем транспортные средства движутся свободно. Поэтому поток насыщения обычно определяется как интенсивность разъезда очереди транспортных средств, ранее остановленных запрещающим сигналом.

Потерянное время в цикле регулирования  $T_{пт}$  складывается из потерянных времен в каждой его фазе

$$T_{пт} = \sum_i t_{пт_i} = \sum_i (t_{ст_i} + t_{п_i} - t_{р_i}),$$

где  $i$  — номер фазы.

Экспериментальные исследования показывают, что  $t_p$  в среднем больше  $t_{ст}$  на 1 с, т. е. эффективная деятельность фазы несколько больше длительности разрешающего сигнала. Однако для практических расчетов обычно принимают  $t_{ст} \approx t_p$  и, таким образом,  $t_{пт} \approx t_n$ . Поэтому потерянное время в цикле можно приближенно считать равным сумме промежуточных тактов (переходных интервалов), входящих в состав цикла.

### 3.3. ПОФАЗНЫЙ РАЗЪЕЗД ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Пофазный разъезд обеспечивает разделение конфликтующих потоков по времени. Число фаз, а следовательно, и выделенных групп транспортных и пешеходных потоков в соответствующих фазах зависит от характера конфликтных точек на перекрестке и интенсивности движения в каждом направлении. С точки зрения безопасности движения число фаз должно быть таким, чтобы не было ни одной конфликтной точки. Вместе с тем увеличение числа фаз ведет к увеличению длительности цикла и, что особенно важно, к увеличению его непроизводительных составляющих — числа и суммарной длительности промежуточных тактов.

В процессе пофазного разъезда каждый участник движения получает право на пересечение стоп-линии, как правило, лишь в одной фазе. С ростом их числа время ожидания права проезда каждого участника движения увеличивается, следовательно, увеличивается суммарная задержка на перекрестке. Кроме того, каждой фазе должна соответствовать минимум одна своя полоса движения на подходах к перекрестку. В противном случае реализовать пофазный разъезд не удастся. Типичной ошибкой, нередко встречающейся в практике организации движения, является попытка обеспечить выезд транспортных средств, получающих право на движение в различных фазах, из одной полосы. В конечном

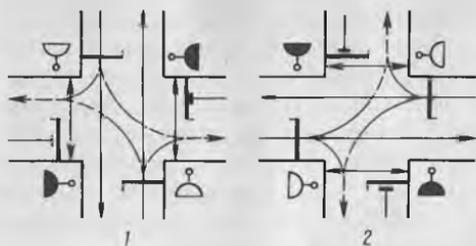


Рис. 3.3. Пример двухфазного цикла

Выделение для каждой фазы своей полосы (или полос) движения в свою очередь приводит к недоиспользованию пропускной способности полосы. Следствием этого является уменьшение с ростом числа фаз пропускной способности перекрестка.

Таким образом, определение оптимального числа фаз регулирования является решением компромиссным. В интересах высокой пропускной способности следует всегда стремиться к минимальному числу фаз настолько, насколько позволяют условия безопасности движения.

В простейшем случае, когда преобладает движение в прямых направлениях, разъезд транспортных средств может быть организован по двухфазному циклу (рис. 3.3). Все участники движения делятся на две группы. Очередность их движения ликвидирует на перекрестке наиболее опасные конфликтные точки. Правые и левые повороты, а также движение пешеходов осуществляются при наличии конфликтов в соответствии с порядком, предусмотренным Правилами дорожного движения. Так как непременным условием применения двухфазного регулирования является сравнительно небольшая интенсивность в этих направлениях, интересы безопасности движения соблюдаются.

На рис. 3.3 так же, как и на последующих рисунках, связанных с организацией движения на перекрестках, в целях упрощения схем светофоры условно расположены только на ближайшей стороне перекрестка справа (по ходу движения) и показаны односторонними. Черный цвет светофора на рисунке обозначает красный сигнал или выключенную стрелку дополнительной секции, отсутствие окраски — зеленый сигнал или включенную стрелку. Не показаны пешеходные светофоры, зеленый сигнал которых работает в мигающем режиме (существует конфликт между пешеходными и транспортными потоками). В целях упрощения на рисунках показаны только основные такты каждой фазы регулирования. Номера фаз обозначены цифрами.

Применение трех и более фаз связано, как правило, с высокой интенсивностью левоповоротных потоков или пешеходного движения. Транспортное средство, поворачивающее налево при двухфазном регулировании и интенсивном встречном потоке, вынуждено находиться в центре перекрестка до конца разрешающей фазы. Завершить поворот удается лишь в период промежуточного такта, когда желтый сигнал прерывает движение во встречном направлении. В этот сравнительно короткий момент времени

результате такая полоса оказывается выключенной в течение всего цикла из работы перекрестка. Первое же транспортное средство, остановившееся у стоп-линии в ожидании своей фазы, лишило возможности остальных участников движения, находящихся на этой полосе и обладающих в данный момент правом проезда, воспользоваться этим правом.

спевают повернуть налево лишь одно-два транспортных средства. Учитывая среднюю длительность существующих двухфазных циклов, избежать третьей фазы можно лишь при интенсивности левоповоротного потока не более 120 авт/ч.

Естественно, если встречный поток прямого направления является малоинтенсивным, то предельная интенсивность левоповоротного потока может быть увеличена пропорционально соотношению интенсивностей встречного и попутного потоков в прямом направлении. В данном случае длительность фазы будет определяться интенсивностью потока попутного направления. Во встречном направлении появляется избыток зеленого сигнала, позволяющий некоторым транспортным средствам завершить левый поворот до окончания фазы.

Появление третьей фазы открывает возможность для различных вариантов организации движения. Выбор варианта зависит от интенсивности конфликтующих потоков и числа полос движения перед стоп-линией. В одном из типичных вариантов (рис. 3.4) специальная фаза может обслуживать два встречных левоповоротных потока. Другим вариантом является объединение левоповоротного потока с потоком в прямом попутном направлении, если последний отличается высокой интенсивностью и пропустить его полностью в первой фазе не удастся. Часто с целью повышения безопасности пешеходов третья фаза используется для пропуска правоповоротных потоков. Такой прием возможен при наличии достаточного числа полос на подходе к перекрестку и редко рассматривается в качестве главной задачи (правые повороты объединяются с каким-то главным направлением, которое обслуживается данной фазой). Естественно, возможны и другие варианты. В каждом конкретном случае характер пофазного разъезда определяют местные условия.

Применение четырехфазного регулирования является следствием сочетания весьма неблагоприятных условий; сложные перекрестки с интенсивным движением транспортных средств и пешеходов; интенсивные транспортные потоки, конфликтующие с трамвайным движением; узкая проезжая часть на подходах к перекрестку при невозможности запрещения движения в каком-то из направлений.

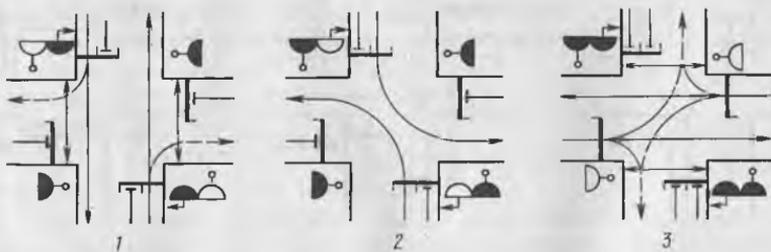


Рис. 3.4. Пример трехфазного цикла

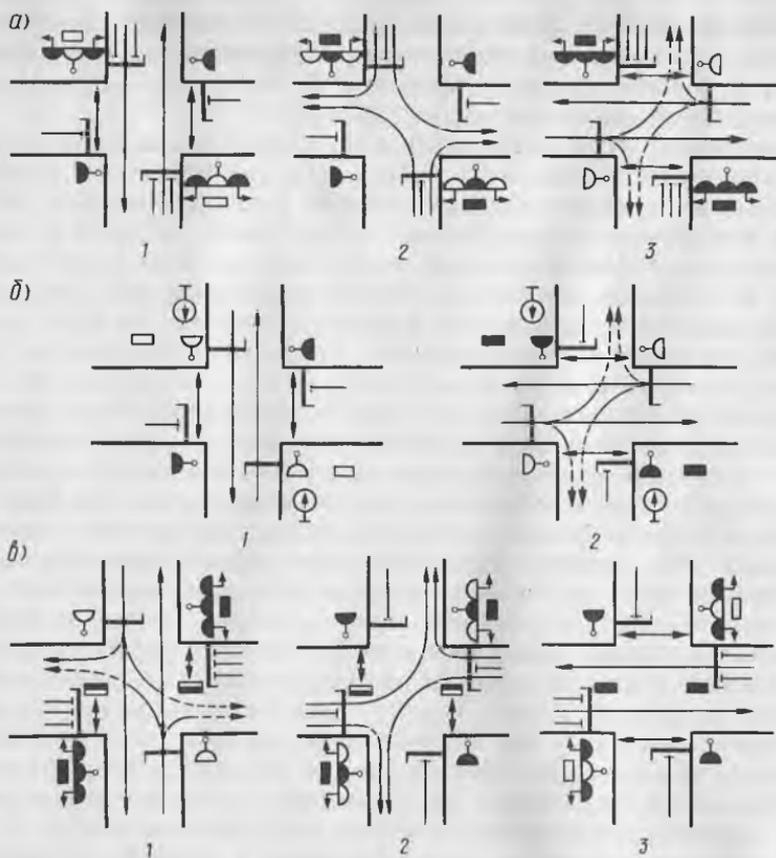


Рис. 3.5. Методы бесконфликтного пропуска пешеходов при организации пофазного разъезда транспортных средств:

*а* — выделение специальной фазы для левых и правых поворотов; *б* — запрещение поворотов в первой фазе; *в* — поэтапный пропуск пешеходов через проезжую часть

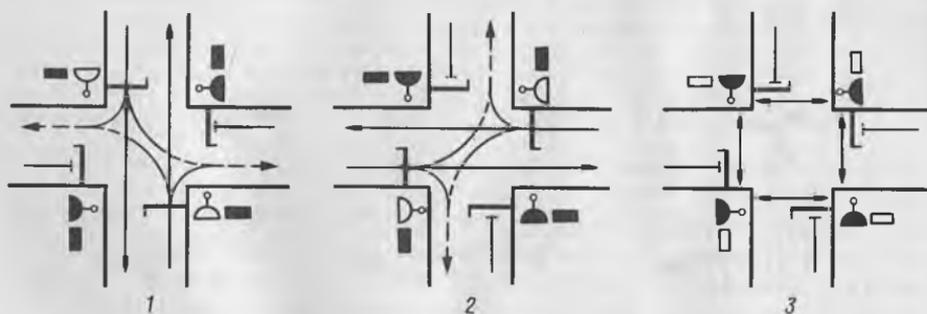


Рис. 3.6. Грехфазный цикл с выделенной пешеходной фазой

Многофазное регулирование (4 фазы и более) является весьма нежелательным, учитывая связанные с этим рост транспортной задержки и снижение пропускной способности перекрестка. Обычно во избежание 4 фаз и более прибегают к запрещению отдельных маневров, сокращению числа пешеходных переходов или устройству подземных пешеходных тоннелей.

Полная безопасность движения пешеходов может быть обеспечена лишь путем ликвидации всех конфликтных точек между транспортными и пешеходными потоками. Однако в целях повышения пропускной способности перекрестка часто такие конфликты допускаются, если суммарная интенсивность пешеходных потоков на одном переходе не превышает 900 чел/ч, а интенсивность транспортных лево- и правоповоротного потоков, конфликтующих с пешеходами, не более 120 авт/ч.

Превышение указанной предельной интенсивности пешеходных потоков приводит к резкому увеличению числа ДТП, связанных с пешеходами. При интенсивности пешеходного движения на одном переходе более 1000 чел/ч, целесообразно обеспечить их бесконфликтный пропуск. На перекрестке это достигается различными организационными методами (рис. 3.5). В идеальном случае в цикле регулирования выделяется специальная (пешеходная) фаза, в течение которой на перекрестке по всем направлениям включается красный сигнал в транспортных светофорах, в то время как пешеходные светофоры разрешают движение (рис. 3.6). К сожалению, указанный прием применяется редко, так как приводит к увеличению транспортной задержки. Такой метод регулирования является целесообразным при интенсивных пешеходных потоках на всех переходах перекрестка.

Подводя итоги, можно сформулировать основные принципы пофазного разезда.

1. Стремиться к минимальному числу фаз в цикле регулирования.

2. Учитывать, что допускается совмещать в одной фазе:

левоповоротный поток, конфликтующий с определяющим длительность фазы встречным потоком прямого направления, если левоповоротный поток не превышает 120 авт/ч;

пешеходный и конфликтующие с ним поворотные транспортные потоки, если пешеходный поток не превышает 900 чел/ч, а поворотные транспортные потоки не превышают 120 авт/ч.

3. Не выпускать из одной и той же полосы транспортные средства, движение которых предусмотрено в разных фазах, т. е. полосы движения закрепляют за определенными фазами.

4. Стремиться к равномерной загрузке полос. Интенсивность движения, в среднем приходящаяся на одну полосу, не должна превышать диапазон 600—700 ед/ч.

5. При широкой проезжей части (3 полосы движения и более в одном направлении) следует рассматривать возможность поэтапного перехода пешеходами улицы в течение двух следующих друг за другом фаз регулирования.

### 3.4. УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ПО ОТДЕЛЬНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ ПЕРЕКРЕСТКА

Пофазный разъезд транспортных средств является сравнительно простым методом организации движения на перекрестке. В течение фазы длительность основных тактов по всем направлениям перекрестка одинакова, что существенно упрощает конструкцию контроллера и коммутацию ламп светофоров.

Вместе с тем длительность основного такта в каждом направлении зависит от интенсивности движения. Фазу (основной такт), как правило, определяет наиболее загруженное направление. В остальных, менее загруженных направлениях фаза ненасыщенная, т. е. существует избыток зеленого сигнала. Это приводит к некоторому увеличению длительности цикла и к снижению пропускной способности перекрестка. Появление контроллеров с программным обеспечением отдельных направлений позволяет ликвидировать этот недостаток и повысить гибкость процесса управления движением на перекрестке. В этом случае обеспечивается соответствие загрузки направлений и длительности зеленых сигналов. Для менее загруженного направления разрешающий движение сигнал может быть выключен раньше и, следовательно, раньше может начаться движение в направлении, конфликтующем с предыдущим.

Для случаев управления движением по направлениям перекрестка основные принципы пофазного разъезда, сформулированные в подразд. 3.3, сохраняются.

На рис. 3.7 показаны два варианта организации движения на перекрестке, где интенсивность движения в направлении юг — север значительно превышает интенсивность в направлении се-

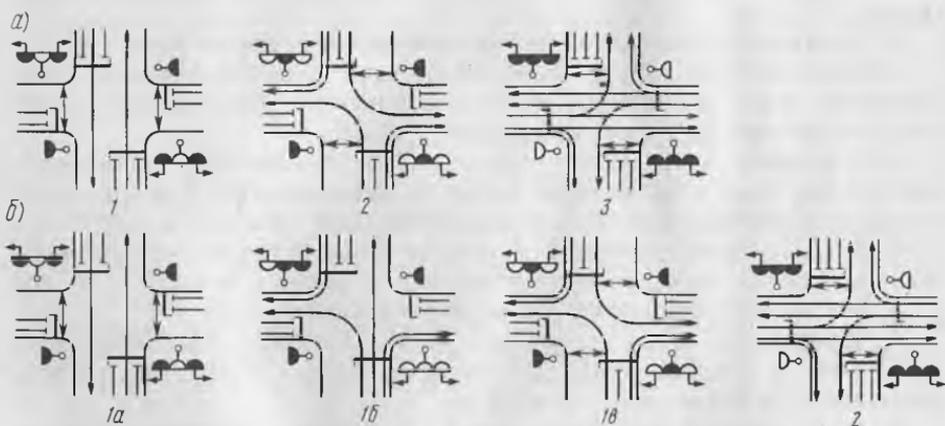


Рис. 3.7. Организация движения на перекрестке:

*а* — пофазный принцип управления движением; *б* — управление движением по отдельным направлениям

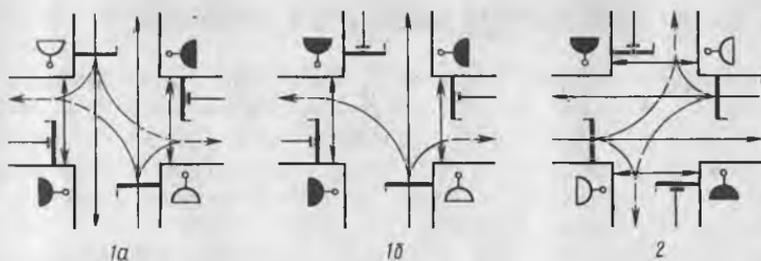


Рис. 3.8. Пропуск интенсивного левоповоротного потока с частичным конфликтом

пер — юг. Этот случай является характерным для утренних и вечерних часов пик, когда высокая интенсивность движения наблюдается в одном из направлений (например, с периферии в центр города, или наоборот).

Первый вариант (см. рис. 3.7, а) реализован на основе пофазного разъезда. Учитывая высокую интенсивность лево- и правоповоротных потоков с южного направления, повороты вынесены в специальную фазу. Малая интенсивность движения во встречном направлении приводит к неэффективному использованию в этом направлении проезжей части (к ненасыщенным первой и второй фазам). Поэтому первый вариант следует признать нерациональным.

Второй вариант (рис. 3.7, б) позволяет выпустить интенсивные лево- и правоповоротные потоки раньше, после пропуска малоинтенсивного встречного потока прямого направления. В этот же момент могут начинать движение транспортные средства правоповоротного потока встречного направления. Левоповоротный поток встречного направления выпускается позже, по истечении времени, необходимого для пропуска через перекресток интенсивного потока прямого направления. Таким образом, вторая фаза как бы внедряется в первую, что приводит к уменьшению длительности зеленого сигнала в малозагруженных направлениях, к рациональной загрузке полос движения и в конечном итоге к снижению длительности цикла регулирования.

В рассматриваемом случае для реализации как первого, так и второго вариантов необходимо иметь в каждом направлении (север — юг и юг — север) минимум по три полосы движения. При отсутствии такой возможности, например при наличии на каждом подходе к перекрестку лишь по одной полосе движения, может быть применен метод пропуска интенсивного левоповоротного потока с частичным конфликтом (рис. 3.8).

Для реализации управления движением по отдельным направлениям важно располагать данными о необходимой длительности зеленых сигналов в каждом направлении и о возможностях применяемого контроллера.

### 3.5. РАСЧЕТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЦИКЛА И ЕГО ЭЛЕМЕНТОВ

**Последовательность расчета.** Определение длительности цикла и основных тактов регулирования основано на сопоставлении фактической интенсивности движения на подходах к перекрестку и пропускной способности (потокам насыщения) этих подходов. Поэтому эти параметры следует рассматривать в качестве основных исходных данных расчета (рис. 39).

Как интенсивность, так и потоки насыщения рассматриваются для каждого направления движения данной фазы. Следовательно, расчету режима регулирования должно предшествовать формирование схемы организации движения на перекрестке (проект пофазного разъезда транспортных средств).

Число фаз регулирования определяет количество основных и промежуточных тактов. Основной такт является частью цикла регулирования, пропорциональной фазовому коэффициенту, расчетное значение которого соответствует максимальному отношению интенсивности к потоку насыщения для различных подходов к перекрестку в данной фазе. Промежуточный такт, учитывая его назначение (см. подразд. 3.2), мало зависит от интенсивности движения, а определяется планировочной характеристикой пере-

крестка и скоростью движения транспортных средств в его зоне.

Данные о промежуточных тактах (потерянном времени) и расчетных фазовых коэффициентах лежат в основе расчета длительности цикла регулирования, которая может быть скорректирована с учетом требований пешеходного или трамвайного движения. Завершающим этапом работы является построение графика режима работы светофорной сигнализации, на котором отражаются длительность и порядок чередования сигналов.

**Исходные данные.** Исходными данными для расчета являются планировочные и транспортные характеристики перекрестка: ширина проезжих частей, число и ширина полос в каждом направлении движения; ширина разделительных полос; ширина тротуаров и радиусы их закругления; продольный уклон на подходах к пере-



Рис. 3.9. Последовательность расчета длительности цикла и его элементов

крестку; состав транспортных потоков; картограмма интенсивности транспортных и пешеходных потоков для рассматриваемых периодов суток (транспортная интенсивность выражается в приведенных единицах); средняя скорость движения транспортных средств на подходе и в зоне перекрестка (без торможения).

**Потоки насыщения.** Поток насыщения для каждого направления данной фазы регулирования определяют путем натуральных наблюдений в периоды, когда на подходе к перекрестку формируются достаточно большие очереди транспортных средств. Порядок определения потока насыщения должен быть следующим.

1. Одновременно с включением зеленого сигнала включить секундомер и регистрировать по видам транспортные средства, пересекающие стоп-линию и движущиеся по одной из полос.

2. Выключить секундомер в момент пересечения стоп-линии 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

$$M_{n,jk} = \frac{300}{n} (m_1/t_1 + m_2/t_2 + \dots + m_n/t_n), \quad (3.2)$$

где  $M_{n,jk}$  — поток насыщения для данной полосы в данной фазе и данном направлении движения, ед/ч;  $n$  — число замеров;  $m$  — число приведенных транспортных единиц, прошедших через стоп-линию за время  $t$ ;  $t_1, \dots, t_n$  — показания 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  $M_{nj}$  — поток насыщения для одного из направлений данной фазы.

7. Определить поток насыщения  $M_{nj}$  в соответствии с методикой, изложенной в пп. 1—6, для других направлений рассматриваемой фазы, а также для всех направлений движения других фаз регулирования.

Поток насыщения является показателем, зависящим от многих факторов: ширины проезжей части (полосы движения), продольного уклона на подходах к перекрестку, состояния дорожного покрытия, видимости перекрестка водителем, наличия в зоне перекрестка пешеходов и стоящих автомобилей и т. п. Поэтому для каждого перекрестка (и даже для каждого характерного часа суток и периода года, для которых рассчитывается программа регулирования) он должен определяться экспериментально по приведенной методике.

---

При отсутствии светофоров на перекрестке руководствоваться сигналами регулировщика.

Вместе с тем методика экспериментального определения потока насыщения  $M_{н/л}$  требует существенных затрат времени. Кроме этого, она неприменима для вновь проектируемых перекрестков. Для ориентировочных расчетов (до проведения натуральных наблюдений) может быть использован приближенный эмпирический метод определения потоков насыщения, сущность которого заключается в следующем.

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

$$M_{н/л, \text{прям}} = 525 B_{пч}, \quad (3.3)$$

где  $M_{н/л, \text{прям}}$  — поток насыщения, ед/ч;  $B_{пч}$  — ширина проезжей части в данном направлении данной фазы, м.

Формула (3.3) применима при  $5,4 \text{ м} \leq B_{пч} \leq 18,0 \text{ м}$ . Если ширина проезжей части меньше 5,4 м, для расчета можно использовать следующие данные:

$M_{н/л, \text{прям}}, \text{ ед/ч}$	1850	1875	1950	2075	2475	2700
$B_{пч}, \text{ м}$	3,0	3,3	3,6	4,2	4,8	5,1

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

В зависимости от продольного уклона дороги на подходе к перекрестку изменяется расчетное значение потока насыщения. Каждый процент уклона на подъеме снижает (на спуске — увеличивает) поток насыщения  $M_{н/л}$  на 3%. При этом расчетным уклоном считают средний уклон дороги на участке от стоп-линии до точки, расположенной от нее на расстоянии 60 м на подходе к перекрестку.

Для случая движения транспортных средств прямо, а также налево и (или) направо по одним и тем же полосам движения, если интенсивность лево- и правоповоротного потоков составляет более 10% от общей интенсивности движения в рассматриваемом направлении данной фазы, поток насыщения, полученный по формуле (3.3) или из приведенных данных, корректируют:

$$M_{н/л} = M_{н/л, \text{прям}} \frac{100}{a + 1,75b + 1,25c}, \quad (3.4)$$

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

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

Условия движения	Описание условий	Поправочный коэффициент
Хорошие	Отсутствует влияние пешеходов и стоящих автомобилей. Хороший обзор, достаточная ширина проезжей части на выходе с перекрестка. В темное время суток освещение перекрестка в пределах норм	1,2
Средние	Наличие характеристик из групп «хорошие» и «плохие» условия	1,0
Плохие	Низкая средняя скорость движения. Неудовлетворительные ровность и сцепные качества покрытия. Имеется влияние стоящих автомобилей, конфликтов с транспортными потоками при поворотном движении, пешеходов. Плохой обзор перекрестка, слабая освещенность проезжей части	0,85

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

для одноподвижения

$$M_{н,пов} = \frac{1800}{1 + 1,525/R}; \quad (3.5)$$

для двухрядного движения

$$M_{н,пов} = \frac{3000}{1 + 1,525/R}. \quad (3.6)$$

Радиус поворота может быть определен по плану перекрестка, вычерченного в масштабе. При двухрядном движении в формулу (3.6) подставляют среднее значение радиуса.

Остальные перечисленные факторы, влияющие на поток насыщения, учитывают с помощью поправочных коэффициентов. Эти коэффициенты отражают условия движения на перекрестке (табл. 3.2), которые можно подразделить на три группы: хорошие, средние и плохие. Отнесение условий на данном направлении движения через перекресток к одной из групп влечет за собой изменение потока насыщения. Его значение, определенное по формулам (3.3) — (3.6) или по вышеприведенным данным (см. с. 42), должно быть умножено на соответствующий поправочный коэффициент.

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

$$y_{ij} = N_{ij}/M_{н,ф}, \quad (3.7)$$

где  $y_{ij}$  — фазовый коэффициент данного направления;  $N_{ij}$  и  $M_{н,ф}$  — соответственно интенсивность движения для рассматриваемого периода суток и поток насыщения в данном направлении данной фазы регулирования, ед/ч.

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

При пофазном регулировании и пропуске какого-либо транспортного потока в течение 2 фаз и более для него отдельно рассчитывают фазовый коэффициент, который независимо от значения не принимают в качестве расчетного. Однако этот фазовый коэффициент должен быть не более 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.

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

**Промежуточные такты.** В соответствии с назначением промежуточного такта (см. подразд. 3.2) его длительность должна быть такой, чтобы автомобиль, подходящий к перекрестку на зеленый сигнал со скоростью свободного движения, при смене сигнала с зеленого на желтый смог либо остановиться у стоп-линии, либо успеть освободить перекресток (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-линии на проезжей части будет равно или больше остановочного пути.

Таким образом, если рассматривать крайний случай, когда автомобиль в момент смены сигналов находился от стоп-линии на расстоянии остановочного пути, то длительность промежуточного такта должна включать в себя не только время, необходимое для освобождения автомобилем перекрестка, но и время его движения в пределах расстояния, равного остановочному пути. С другой стороны, автомобилю, начинающему движение в следующей фазе,

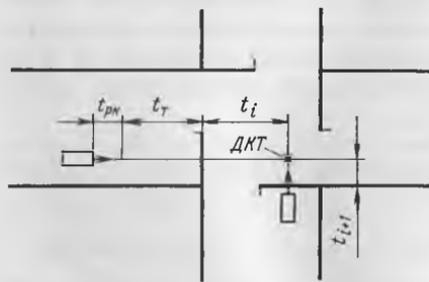


Рис. 3.10. Составляющие промежуточного такта

также необходимо определенное время, чтобы достигнуть точки конфликта с автомобилем предыдущей фазы. Это способствует уменьшению длительности промежуточного такта. 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 (рис. 3.10).

$$t_{\Pi} = t_{\text{PK}} + t_{\text{T}} + t_i - t_{i+1}, \quad (3.8)$$

где  $t_{\Pi}$  — длительность промежуточного такта в данной фазе регулирования, с;  $t_{\text{PK}}$  — время реакции водителя на смену сигналов светофора, с;  $t_{\text{T}}$  — время, необходимое автомобилю для проезда расстояния, равного тормозному пути, с;  $t_i$  — время движения автомобиля до самой дальней конфликтной точки, ДКТ, с;  $t_{i+1}$  — время, необходимое для проезда от стоп-линии до ДКТ автомобилю, начинающему движение в следующей фазе.

Так как составляющие формулы (3.8)  $t_{\text{PK}}$  и  $t_{i+1}$  в большинстве случаев по значению близки друг к другу, на практике обычно их исключают из расчета. С учетом этого обстоятельства, а также предположения о постоянном замедлении при торможении автомобиля перед стоп-линией формулу для определения длительности промежуточного такта можно представить в следующем виде:

$$t_{\Pi} = v_a / (7,2a_T) + 3,6 (l_i + l_a) / v_a, \quad (3.9)$$

где  $v_a$  — средняя скорость транспортных средств при движении на подходе к перекрестку и в зоне перекрестка без торможения (с ходу), км/ч;  $a_T$  — среднее замедление транспортного средства при включении запрещающего сигнала (для практических расчетов  $a_T = 3 \div 4 \text{ м/с}^2$ );  $l_i$  — расстояние от стоп-линии до самой ДКТ, м;  $l_a$  — длина транспортного средства, наиболее часто встречающегося в потоке, м.

В период промежуточного такта заканчивают движение и пешеходы, ранее переходившие улицу на разрешающий сигнал светофора. За время  $t_{\Pi}$  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,

$$t_{\Pi(\text{пш})} = B_{\text{пш}} / (4v_{\text{пш}}), \quad (3.10)$$

где  $B_{\text{пш}}$  — ширина проезжей части, пересекаемой пешеходами в  $i$ -фазе регулирования, м;  $v_{\text{пш}}$  — расчетная скорость движения пешеходов (обычно принимается 1,3 м/с).

В качестве промежуточного такта выбирают наибольшее значение из  $t_{\Pi}$  и  $t_{\Pi(\text{пш})}$ .

**Цикл регулирования.** В простейшем случае при равномерном прибытии транспортных средств к перекрестку (через равные интервалы времени) минимальная длительность цикла может быть определена из следующих соображений. Транспортные средства, которые прибывают к перекрестку в  $j$ -м направлении за период, равный циклу регулирования  $T_{\text{ц}}$ , покидают перекресток в течение основного такта  $i$ -й фазы с интенсивностью, равной потоку насы-

щения  $M_{n_{ij}}$ . Тогда справедливо соотношение  $N_{ij}T_u = M_{n_{ij}}t_{0i}$ . Отсюда длительность основного такта

$$t_{0i} = N_{ij}T_u / M_{n_{ij}} = y_{ij}T_u. \quad (3.11)$$

Так как в данном случае фаза будет полностью насыщенной,  $y_{ij} = y_j$ . С учетом этого замечания, подставляя в формулу (3.1) значение  $t_{0i}$ , определенное по формуле (3.11), получаем:

$$T_u = y_1T_u + t_{n_1} + y_2T_u + t_{n_2} + \dots + y_nT_u + t_{n_n}. \quad (3.12)$$

Обозначив  $\sum_1^n y_i = Y$  и  $\sum_1^n t_{n_i} = T_n$ , после преобразования выражения (3.12) получим

$$T_u = T_n / (1 - Y). \quad (3.13)$$

На практике равномерное прибытие транспортных средств к перекрестку является весьма редким случаем. Чаще для изолированного перекрестка характерным является случайное прибытие (интервалы между последовательно прибывающими транспортными средствами не одинаковы).

Случайному прибытию транспортных средств соответствует формула цикла

$$T_u = (1,5T_n + \delta) / (1 - Y), \quad (3.14)$$

предложенная английским исследователем Ф. Вебстером на основе минимизации транспортной задержки (см. подразд. 3.7). Методика Ф. Вебстера получила достаточную практическую проверку в реальных условиях движения, поэтому формула (3.14) широко используется для инженерных расчетов во многих странах мира, в том числе и в СССР.

При высокой интенсивности движения и недостаточной пропускной способности перекрестка (низкие значения  $M_n$ ) сумма расчетных фазовых коэффициентов  $Y$  стремится к единице, а длительность цикла к бесконечности.

По соображениям безопасности движения длительность цикла больше 120 с считается недопустимой, так как водители при продолжительном ожидании разрешающего сигнала могут посчитать светофор неисправным и начать движение на запрещающий сигнал. Если расчетное значение  $T_u$  превышает 120 с, необходимо добиться снижения длительности цикла путем увеличения числа полос движения на подходе к перекрестку, запрещения отдельных маневров, снижения числа фаз регулирования, организации пропуска интенсивных потоков в течение двух и более фаз. По тем же соображениям нецелесообразно принимать длительность цикла менее 25 с.

**Основные такты.** Длительность основного такта  $t_{0i}$  в  $i$ -й фазе регулирования пропорциональна расчетному фазовому коэффициенту этой фазы. Поэтому, если сумма основных тактов равна  $T_u - T_n$ , то

$$t_{0i} = [(T_u - T_n) y_i] / Y. \quad (3.15)$$

По соображениям безопасности движения  $t_{oi}$ , обычно принимают не менее 7 с. В противном случае повышается вероятность пешеходных ДТП при разезде очереди на разрешающий сигнал светофора. Поэтому, если длительность основного такта, рассчитанная по формуле (3.15), получается менее 7 с, ее следует увеличить до минимально допустимой. Расчетную длительность основных тактов необходимо проверить на обеспечение ими пропуска в соответствующих направлениях пешеходов и трамвая.

Время, необходимое для пропуска пешеходов по какому-то определенному направлению  $t_{пш}$ , рассчитывают по эмпирической формуле, получившей широкое распространение в мировой практике и учитывающей суммарные затраты времени на пропуск пешеходов,

$$t_{пш} = 5 + B_{пш}/v_{пш}. \quad (3.16)$$

Время, необходимое для пропуска трамвая через перекресток, зависит от пути, проходимого трамваем от стоп-линии до самой ДКГ перекрестка, и его скорости

$$t_{тр} = [3,6 (l_i + l_{тр})]/v_{тр}, \quad (3.17)$$

где  $t_{тр}$  — длительность такта регулирования, обеспечивающего пропуск трамвая, с;  $l_i$  — путь движения трамвая от стоп-линии до самой ДКГ с транспортными средствами, начинающими движение в следующей фазе, м;  $l_{тр}$  — длина трамвайного поезда, м;  $v_{тр}$  — скорость движения трамвая в зоне перекрестка (в расчетах может быть принята равной 20 км/ч).

Если какие-либо значения  $t_{пш}$  и (или)  $t_{тр}$  оказались больше рассчитанной по формуле (3.15) длительности соответствующих основных тактов, то окончательно принимают новую уточненную длительность этих тактов, равную наибольшим значениям  $t_{пш}$  или  $t_{тр}$ . При этом не будет оптимального соотношения фаз в цикле регулирования, так как нарушается условие пропорциональности между  $t_{oi}$  и  $y_i$ . При большем значении  $t_{oi}$  в конфликтующем направлении накапливается в ожидании разрешающего сигнала большее число транспортных средств, которые получают право на движение в других фазах, где основные такты могли остаться без изменения.

Такое нарушение пропорциональности не приводит к существенному возрастанию транспортной задержки, если  $t_{oi}$  и  $t_{пш}$ , (или  $t_{тр}$ ) незначительно отличаются друг от друга (на 4—5 с). В этом случае можно  $t_{oi}$  увеличить до  $t_{пш}$ , (или  $t_{тр}$ ) и соответственно увеличить длительность цикла.

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

Существуют два способа коррекции.

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

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

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

В связи с отсутствием методики по определению потоков насыщения для пешеходного и трамвайного движения непосредственный расчет фазовых коэффициентов для указанных случаев затруднителен. Поэтому для определения новой, скорректированной длительности цикла составим систему уравнений с использованием выражений (3.14) и (3.15):

$$\left. \begin{aligned} T_{\text{ц}}^* &= (1,5T_{\text{п}} + 5) / (1 - (y_{\text{п}} + y^*)); \\ T_{\text{с}}^* &= [(T_{\text{ц}}^* - T_{\text{п}}) y^*] / (y_{\text{п}} + y^*), \end{aligned} \right\} \quad (3.18)$$

где  $T_{\text{ц}}^*$  — новая, скорректированная длительность цикла регулирования, с;  $y_{\text{п}}$  и  $y^*$  — суммы фазовых коэффициентов, основные такты которых соответственно не уточнялись и уточнялись (получили новое значение) по условиям пешеходного и трамвайного движения;  $T_{\text{с}}^*$  — суммарная длительность основных тактов, уточненных по условиям пешеходного и трамвайного движения, с.

В системе уравнений (3.18) два неизвестных члена  $T_{\text{ц}}^*$  и  $y^*$ . Решая систему уравнений относительно  $T_{\text{ц}}^*$ , получаем квадратное уравнение

$$AT_{\text{ц}}^{*2} + BT_{\text{ц}}^* + C = 0,$$

где

$$A = 1 - y_{\text{п}}; \quad B = 2,5T_{\text{п}} - T_{\text{п}}y_{\text{п}} + T_{\text{с}}^* + 5; \quad C = (T_{\text{п}} + T_{\text{с}}^*)(1,5T_{\text{п}} + 5),$$

откуда

$$T_{\text{ц}}^* = B / (2A) + \sqrt{B^2 / (4A^2) - C/A}. \quad (3.19)$$

Зная скорректированное значение цикла регулирования  $T_{\text{ц}}^*$ , можно определить новую длительность основных тактов  $t_{\text{с}}^*$ , не уточнявшихся по пешеходному или трамвайному движению. Для этого в формулу (3.15) надо подставить скорректированное значение  $Y$ , полученное после преобразования формулы (3.14):

$$t_{\text{с}}^* = [(T_{\text{ц}}^* - T_{\text{п}}) T_{\text{с}}^* y_{\text{п}}] / (T_{\text{ц}}^* - 1,5T_{\text{п}} - 5). \quad (3.20)$$

Коррекция цикла приводит к его увеличению и, следовательно, к росту транспортной задержки. Избежать коррекции можно путем организации поэтапного пропуска пешеходов через проезжую часть (см. рис. 3,5, в). Это позволяет уменьшить длину перехода  $B_{\text{пш}}$  и, таким образом, снизить время  $t_{\text{пш}}$ . Однако в этом случае необходимо устройство на проезжей части островков безопасности.

При управлении движением по отдельным направлениям перекрестка длительность  $T_{\text{ц}}$ , как правило, уменьшается. Необходимые для ее расчета по формуле (3.14) значения  $Y$  и  $T_{\text{п}}$  могут быть

получены с помощью графика фазовых коэффициентов, отражающей последовательность пропуска транспортных потоков в соответствии с разработанной с учетом этого метода схемой организации движения. В состав  $Y$  включают только фазовые коэффициенты так называемых определяющих потоков, в период движения которых пропускаются потоки всех остальных направлений. Определяющие потоки являются конфликтующими, поэтому они отделяются друг от друга промежуточными тактами. По числу и длительности этих тактов рассчитывается длительность  $T_n$ . Основные такты для каждого направления рассчитывают по формуле (3.15), куда подставляют полученные таким образом значения  $T_n$ ,  $T_n$  и  $Y$ , а также фазовый коэффициент рассматриваемого направления.

Качество различных вариантов схем организации движения на перекрестке оценивают средней задержкой транспортных средств (см. подразд. 3.7). С этим показателем непосредственно связана *степень насыщения направления движения  $x$* , представляющая собой отношение среднего числа прибывающих в данном направлении к перекрестку в течение цикла транспортных средств к максимальному числу покинувших перекресток в том же направлении в течение разрешающего сигнала:

$$x = N_j \Gamma_{ij} / (M_{nj} t_{0j}), \quad (3.21)$$

где  $N_j$  и  $M_{nj}$  — соответственно интенсивность движения и поток насыщения в данном направлении, ед/ч;  $t_{0j}$  — длительность основного такта в том же направлении, с;  $j$  — номер направления.

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

**График режима светофорной сигнализации.** Порядок чередования и длительность сигналов для каждого светофора, установленного на перекрестке, отражают график режима светофорной сигнализации. Это позволяет использовать его для коммутации ламп светофоров в период монтажных работ. Каждая строка графика соответствует одному или нескольким светофорам с одинаковым режимом работы. В левой части графика указывают номера светофоров и дополнительных секций, присваиваемых им в процессе проектирования светофорного объекта. В средней части графика соответствующими цветами показано чередование сигналов светофоров. Эту часть графика выполняют в масштабе, который отражает длительности сигналов, записанных в правой части графика. Масштаб выбирают произвольно. Перед выполнением графика вычерчивают генплан перекрестка с нанесенными на нем техническими средствами организации движения.

**Необходимое число программ жесткого управления.** Из-за суточных колебаний интенсивности движения меняются фазовые

коэффициенты, а следовательно, и цикл (программа управления). С точки зрения оптимальности управления каждому значению интенсивности должна соответствовать своя программа. На практике обычно ограничиваются использованием в течение активного периода суток (например, с 7 до 21 ч) двух-трех программ. При этом исходят из того, что отклонение фактической длительности цикла от оптимальной на 25% в любую сторону допустимо, так как это не приводит к значительному увеличению задержек.

Первую программу рассчитывают по интенсивности, соответствующей пиковому периоду. Для определения момента перехода ко второй программе необходимо уменьшить длительность  $T_c$  первой на 25% и по формуле (3.14) рассчитать новое значение  $Y$ . Пропорционально уменьшению  $Y$  следует уменьшить фазовый коэффициент для наиболее загруженного направления. По этому направлению, используя формулу (3.7), определяют интенсивность движения, которая является ориентировочно нижней границей применения первой программы. Аналогично определяют моменты перехода к следующим программам.

При однопрограммном управлении нецелесообразно рассчитывать цикл исходя из пиковой интенсивности, так как он будет избыточным в период ее спада. Цикл уменьшают на 20—25% по сравнению с расчетным значением, соответствующим максимальному значению интенсивности. Естественно, искусственное уменьшение цикла вызовет увеличение степени насыщения  $x$  в пиковые периоды суток. Поэтому для наиболее загруженных направлений перекрестка необходима проверка по условию возникновения затора. В формулу (3.21) подставляется значение нового (уменьшенного) цикла и соответствующего ему основного такта, а интенсивность  $N_i$  принимают равной максимально наблюдаемой.

*Пример расчета.* Расчет режима работы светофорной сигнализации приведен для пересечения двух улиц, условно названных Горизонтальной и Вертикальной (рис. 3.11). Ширина проезжих частей позволяет организовать движение на Горизонтальной ул. в 4 ряда и на Вертикальной в 6 рядов при ширине полосы движения 3,75 м. Перекресток расположен на горизонтальном участке дороги. Условия движения средние (см. табл. 3.2). В потоке преобладают легковые автомобили.

Анализ картограммы интенсивности движения (рис. 3.12) указывает на необходимость бесконфликтного пропуска пешеходных потоков 5 и 13, учитывая их высокую интенсивность, а также интенсивность право- и левоповоротных потоков 14 и 16. Право- и левоповоротные потоки 1, 3, 9 и 11 малоинтенсивные. С учетом этого и принимая во внимание интенсивность транспортных 2, 10 и пешеходных 4, 12 потоков, указанные правые и левые повороты могут быть организованы методом «просачивания» (в соответствии с правилами пофазного разъезда конфликтные точки считаются допустимыми).



Рис. 3.11. Параметры перекрестка

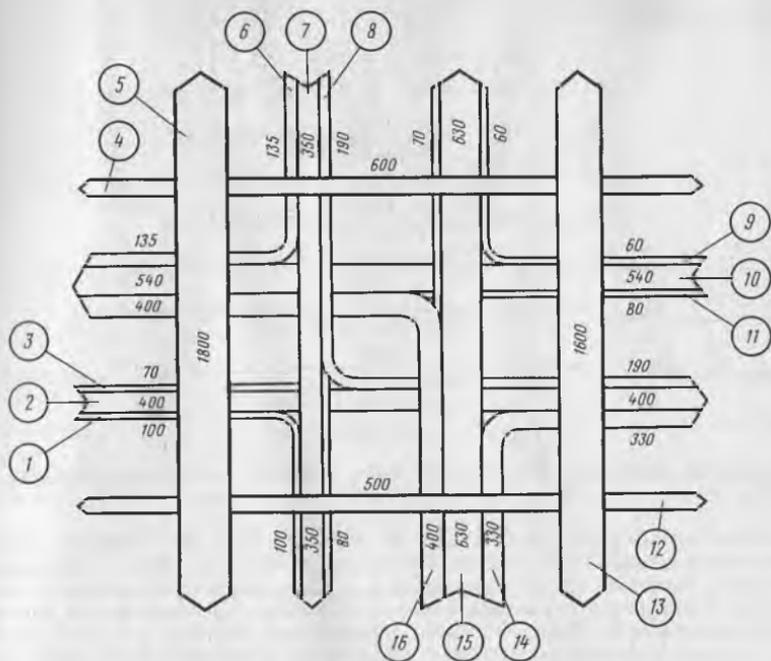


Рис. 3.12. Картограмма интенсивности транспортных (ед/ч) и пешеходных (чел/ч) потоков (в кружках даны порядковые номера потоков)

Таким образом, движение на перекрестке может быть организовано в три фазы с пропуском: в 1-й фазе по Вертикальной ул. транспортных потоков прямого направления и пешеходов; во 2-й фазе поворотных потоков, выходящих с Вертикальной ул.; в 3-й фазе транспортных и пешеходных потоков, следующих по Горизонтальной ул. Так как на Вертикальной ул. поворотные потоки и потоки прямого направления организованы в разных фазах, полосы на подходах к перекрестку необходимо специализировать: левая полоса предназначена для движения только влево, средняя — прямо, правая — только направо.

После определения числа фаз и порядка разъезда транспортных средств рассчитывают потоки насыщения и фазовые коэффициенты для каждого направления в каждой фазе регулирования. Номера фаз и направлений движения обозначены соответствующими индексами (см. рис. 3.7 и 3.12). В расчетах для отличия индексов фаз от индексов направлений последние заключены в скобки.

Для движения в прямом направлении и при ширине полосы 3,75 м поток насыщения может быть принят равным 1970 ед/ч (см. с. 42). Потоки насыщения для лево- и правоповоротных направлений рассчитаны по формуле (3.5). При этом радиус поворота  $R$  определяют по плану перекрестка, вычерченного в масштабе. Для правого поворота  $R=7$  м, для левого  $R=15$  м. В 3-й фазе потоки в прямом направлении и поворачивающие пропускают вместе. Так как интенсивность последних составляет более 10% от общей интенсивности движения на соответствующем подходе к перекрестку, то применена коррекция потоков насыщения по формуле (3.4).

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

Таким образом:

$$\begin{aligned}
 M_{n_{1(7)}} &= M_{n_{1(15)}} = 1970 \text{ ед/ч;} \\
 y_{1(7)} &= 350/1970 = 0,18; \quad y_{1(15)} = 630/1970 = 0,32; \\
 M_{n_{2(8)}} &= M_{n_{2(16)}} = \frac{1800}{1 + 1,525/15} = 1636 \text{ ед/ч;} \\
 y_{2(8)} &= 190/1636 = 0,12; \quad y_{2(16)} = 400/1636 = 0,24; \\
 M_{n_{3(6)}} &= M_{n_{3(14)}} = \frac{1800}{1 + 1,525/7} = 1488 \text{ ед/ч;} \\
 y_{2(6)} &= 135/1488 = 0,09; \quad y_{2(14)} = 330/1488 = 0,22; \\
 M_{n_{3(1-3)}} &= 2 \cdot 1970 \frac{100}{70 + 12 \cdot 1,75 + 18 \cdot 1,25} = 3471 \text{ ед/ч*}; \\
 M_{n_{3(9-11)}} &= 2 \cdot 1970 \frac{100}{79 + 12 \cdot 1,75 + 9 \cdot 1,25} = 3542 \text{ ед/ч**}; \\
 y_{3(1-3)} &= 570/3471 = 0,16; \\
 y_{3(9-11)} &= 680/3542 = 0,19.
 \end{aligned}$$

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

Промежуточные такты рассчитаны по формуле (3.9) при скорости движения в прямом направлении 50 км/ч и в поворотном 25 км/ч. С учетом преимущественно легкового движения принято, что длина  $l_a = 5$  м и среднее замедление  $a_r = 4$  м/с<sup>2</sup>. При определении длины  $l$  учитывалось, что стоп-линия расположена на расстоянии 10 м от пересекаемой проезжей части (пешеходный переход в 5 м от проезжей части у начала закругления тротуара, его ширина в соответствии с требованиями ГОСТ 23457—86 принята равной 4 м и расстояние от него до стоп-линии  $l$  м). По плану перекрестка определено местоположение дальних конфликтных точек пересечения с транспортными средствами, начинающими движение в следующих фазах. Приблизительно они удалены от стоп-линии для 1-й, 2-й и 3-й фаз соответственно на 17, 16 и 27 м.

Таким образом,

$$\begin{aligned}
 t_{n_1} &= 50/(7,2 \cdot 4) + 3,6(17 + 5)/50 = 4 \text{ с;} \\
 t_{n_2} &= 25/(7,2 \cdot 4) + 3,6(16 + 5)/25 = 4 \text{ с;} \\
 t_{n_3} &= 50/(7,2 \cdot 4) + 3,6(27 + 5)/50 = 4 \text{ с;} \\
 T_{II} &= 12 \text{ с.}
 \end{aligned}$$

Длительности цикла и основных тактов регулирования рассчитаны по формулам (3.14) и (3.15):

$$\begin{aligned}
 \Gamma_{II} &= (1,5 \cdot 12 + 5)/(1 - 0,75) = 92 \text{ с;} \\
 t_{0_1} &= (92 - 12) 0,32/0,75 = 34 \text{ с;} \\
 t_{0_2} &= (92 - 12) 0,24/0,75 = 26 \text{ с;} \\
 t_{0_3} &= (92 - 12) 0,19/0,75 = 20 \text{ с.}
 \end{aligned}$$

Структура цикла регулирования:  $92 = 34 + 4 + 26 + 4 + 20 + 4$ .

В 1-й фазе пешеходы переходят проезжую часть шириной 15 м, в 3-й — 23 м. Время, необходимое для их движения, рассчитано по формуле (3.16):

$$t_{IIш} = 15/1,3 + 5 = 17 \text{ с}; \quad t_{IIIш} = 23/1,3 + 5 = 23 \text{ с.}$$

\* Интенсивность составляет в прямом направлении 70%, левоповоротного потока 12% и правоповоротного 18% от общей интенсивности движения 570 ед/ч (см. рис. 3.12).

\*\* Интенсивность составляет в прямом направлении 79%, левоповоротного потока 12% и правоповоротного 9% от общей интенсивности 680 ед/ч.

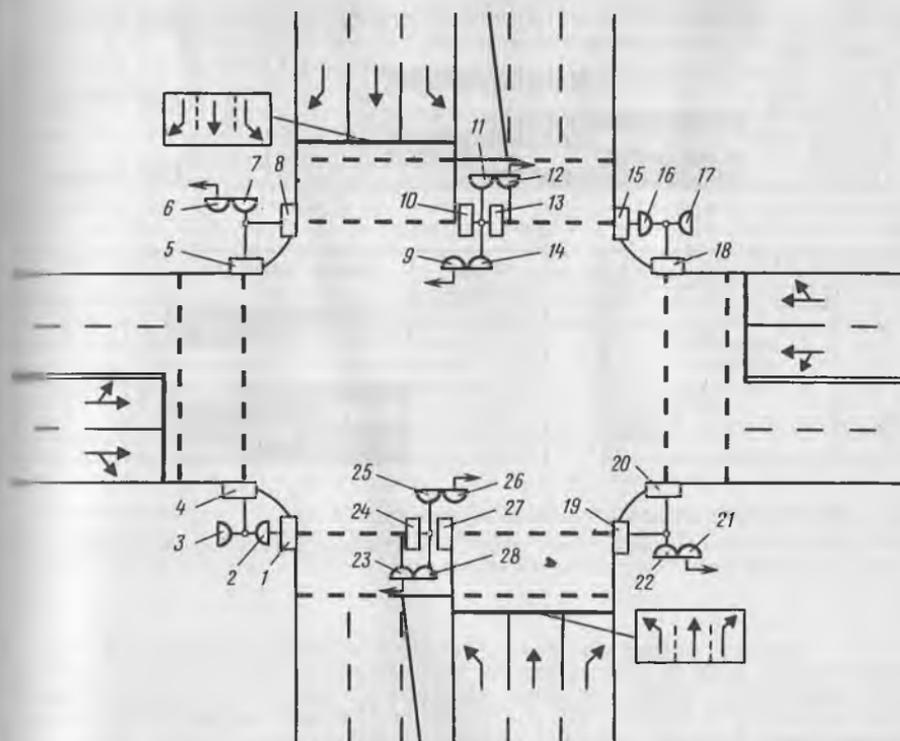


Рис. 3.13. План перекрестка с размещением технических средств:

$i=28$  — номера светофоров

В 3-й фазе пешеходы не успевают закончить переход проезжей части, так как  $t_{пш3} > t_{o3}$ . Поэтому необходимо либо скорректировать цикл, приняв  $t_{o3} = t_{пш3}$ , либо организовать их поэтапный переход Вертикальной ул. в период 2-й и 3-й фаз светоустройством на этой улице островков безопасности. Такая возможность имеется. На Вертикальной ул. для движения в прямом направлении используется только по одной полосе (потоки 7 и 15 на рис. 3.12), и островки безопасности могут быть устроены за счет крайней левой полосы на выходе с перекрестка так, как это показано на рис. 3.13. При этом во 2-й фазе пешеходы будут переходить проезжую часть шириной 7,5 м, а в 3-й фазе 11,25 м.

Соответственно

$$t_{пш2} = 7,5 / 1,3 + 5 = 11 \text{ с}$$

$$t_{пш3} = 11,25 / 1,3 + 5 = 14 \text{ с.}$$

Полученные значения меньше  $t_{o2}$  и  $t_{o3}$ , поэтому приведенная выше структура цикла может быть оставлена без изменений и положена в основу окончательной схемы организации движения и графика режима работы светофорной сигнализации (см. рис. 3.7, а и 3.14, а).

При использовании контроллера, обеспечивающего управление движением по отдельным направлениям перекрестка, возможно уменьшение длительности цикла за счет раннего выпуска интенсивного левоповоротного потока 16 после пропуска малоинтенсивного потока прямого направления 7 (см. рис. 3.7, б и 3.12). Для этого

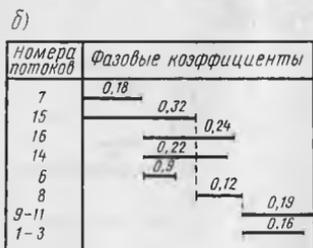


Рис. 3.14. Режим работы светофорной сигнализации:

а — пофазный разезд транспортных средств; б — график фазовых коэффициентов; в — управление движением по направлениям перекрестка

строят график фазовых коэффициентов, отражающий последовательность пропуска через перекресток потоков различных направлений (рис. 3.14, б). Определяющими будут потоки 15, 8 и 9—11 (на рис. 3.14, б их фазовые коэффициенты отделены прерывистыми линиями), поэтому  $\gamma = 0,32 + 0,12 + 0,19 = 0,63$ .

Так как число определяющих потоков равно трем и длительность промежуточного такта равна 4 с, то  $t_{п} = 12$  с, а

$$f_{ц} = (1,5 \cdot 12 + 5) / (1 - 0,63) = 62 \text{ с.}$$

Длительности основных тактов для каждого направления, рассчитанные по формуле (3.15), следующие:

Номер потока . . . . .	1—3	6	7	8	9—11	14	15	16
Расчетная длительность такта, с . . . . .	13	7	15	10	15	18	26	19

В такте 1а (см. рис. 3.7, б) пропускаются поток 7, частично поток 15 и пешеходные потоки 5 и 13. Для пропуска пешеходных потоков требуется 17 с, что больше  $t_{o(7)}$ , равного 15 с. Поэтому длительность такта 1а принимается равной 17 с. После такта 1а в течение 4 с транспортный поток 7 и пешеходные 5 и 13 освобождают перекресток, а поток 15 продолжает движение.

В такте 1б могут быть выпущены левоповоротный поток 16 и правоповоротные 6 и 14. Одновременно продолжается пропуск потока 15. Так как он уже находился в движении 21 с (17 с + 4 с), а  $t_{o(15)} = 26$  с, то длительность такта 1б составит 5 с.

Далее через 4 с, необходимые для освобождения перекрестка потоком 15, в такте 1в может быть совместно с потоками 6, 14 и 16 выпущен поток 8. Длительность этого такта определяют по максимальному времени, необходимому для пропуска этих потоков:  $t_{o(6)} = 7$  с;  $t_{o(8)} = 10$  с;  $t_{o(14)} = 18$  с;  $t_{o(16)} = 19$  с. Так как потоки 6, 14 и 16 уже находились в движении 9 с (5 с + 4 с), то длительность такта 1в составит 10 с.

Через 4 с, необходимые для освобождения перекрестка потоками 6, 8, 14, 16, выпускаются в такте 2 потоки 1—3 и 9—11. Длительность такта определяется более интенсивным потоком 9—11 и должна быть принята равной 15 с.

Пешеходы (потоки 4 и 12) переходят Вертикальную ул. поэтапно (см. рис. 3.7, б). В такте 1в им требуется для этого 11 с, поэтому его длительность необходимо увеличить на 1 с. В такте 2 пешеходам необходимо 14 с, что меньше 15 с, в силу чего его длительность остается без изменений.

После такта 2 спуска 4 с, необходимые для освобождения перекрестка потоками 1—3 и 9—11, выпускаются транспортные 7 и 15 и пешеходные 5 и 13 потоки, т. е. процесс повторяется.

Просуммировав длительности всех основных и промежуточных тактов (с учетом увеличения такта 1в на 1 с), можно получить окончательную длительность цикла, которая составит 64 с. Последовательность и длительность сигналов светофоров для этого случая показаны на рис. 3.14, в. Использование в данном примере метода управления движением по отдельным направлениям позволяет уменьшить длительность цикла по сравнению с пофазной организацией движения на 28 с.

Данные о степени насыщения  $x$  направлений движения, рассчитанной по формуле (3.21), следующие:

Номер потока . . . . .	1—3	6	7	8	9—11	14	15	16
при пофазном разъезде . . . . .	0,74	0,32	0,49	0,42	0,87	0,78	0,87	0,85
при регулировании по направлениям . . . . .	0,68	0,29	0,68	0,70	0,81	0,70	0,79	0,77

Таким образом, при управлении движением по отдельным направлениям степень насыщения направлений выравнивается, что способствует повышению пропускной способности перекрестка.

### 3.6. СВЕТОФОРНЫЙ ЦИКЛ С ПОЛНОСТЬЮ ПЕШЕХОДНОЙ ФАЗОЙ

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

Типичным приемом в указанных случаях является применение трех фаз регулирования, из которых две фазы предназначены для движения транспортных средств и одна — для бесконфликтного пропуска пешеходов (см. рис. 3.6). При интенсивных левоповоротных потоках число транспортных фаз может быть больше.

В связи с наличием полностью пешеходной фазы, для которой определение фазового коэффициента связано с определенными трудностями, для расчета цикла регулирования применяют формулу (3.19). При этом используемое в расчетах значение  $y_n$  определяется как сумма расчетных фазовых коэффициентов для фаз, предназначенных для пропуска транспортных потоков, а  $T_0^* = t_{пш}$ . Значение  $t_{пш}$  рассчитывают по формуле (3.16) для всех направлений движения пешеходов. В качестве расчетной принимают наибольшее из полученных значений. Это будет основной такт пешеходной фазы.

Длительности промежуточных тактов для транспортных фаз определяют по формуле (3.9), а для пешеходной фазы — по фор-

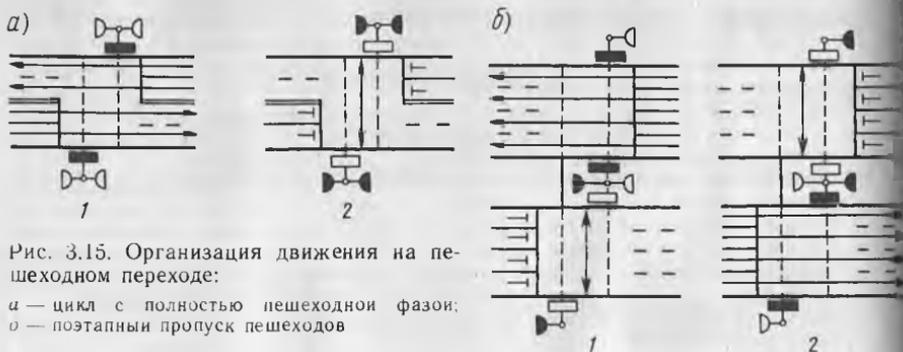


Рис. 3.15. Организация движения на пешеходном переходе:

*a* — цикл с полностью пешеходной фазой;  
*б* — поэтапный пропуск пешеходов

муле (3.10). Основные такты, предназначенные для пропуска транспортных потоков, определяют по формуле (3.20).

Частным случаем описанного метода организации движения является режим светофорного регулирования на пешеходном переходе, расположенном на перегоне улицы. Здесь конфликтующие транспортные и пешеходные потоки пропускаются поочередно в две фазы (рис. 3.15, *a*). Таким образом, одна из фаз является полностью пешеходной и режим регулирования рассчитывают аналогично изложенному ранее: цикл определяют по формуле (3.19);  $y_n$  равен расчетному фазовому коэффициенту транспортной фазы;  $T_n^* = t_{пш}$ .

Так как цикл регулирования состоит только из двух фаз, использование формулы (3.20) для определения основного такта транспортной фазы  $t_{от}$  не является обязательным. Его длительность рассчитывают, вычитая из цикла уже известные  $T_n$  и  $t_{пш}$ :

$$t_{от} = T_n - T_n - t_{пш}.$$

В расчетах режима светофорного регулирования на пешеходных переходах, расположенных на перегонах улиц, следует обращать внимание на время ожидания пешеходами разрешающего сигнала  $t_{ож} = T_n - t_{пш}$ . Оно не должно превышать среднее время «терпеливого ожидания» пешеходов, обычно принимаемого равным 30 с. Если  $t_{ож} > 30$  с, то следует уменьшить значение  $t_{от}$ . В исключительных случаях при высокой интенсивности транспортного потока, превышающей 700 ед/ч на полосу движения, время  $t_{ож}$  может быть увеличено, но не более чем до 40 с.

При широкой проезжей части и наличии центральной разделительной полосы или островка безопасности может быть организован поэтапный переход пешеходами проезжей части (рис. 3.15, *б*). Это способствует снижению длительности цикла и, следовательно, времени ожидания пешеходами разрешающего сигнала. В этом случае полностью пешеходная фаза отсутствует и цикл регулирования, а также основные такты рассчитывают по формулам (3.14) и (3.15) с последующей проверкой основных тактов по условиям пешеходного движения.

### 3.7. ЗАДЕРЖКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

**Задержки на нерегулируемых перекрестках.** На нерегулируемых перекрестках (при наличии знаков приоритета) движение по главной дороге обеспечивается практически без задержек. На второстепенной дороге водитель, не обладающий преимущественным правом проезда, вынужден для дальнейшего движения ожидать появления приемлемого для него интервала времени между транспортными средствами на главной дороге.

В диапазоне минимальных значений приемлемых интервалов находится граничный интервал времени  $t_{гр}$ , который определяется из условия, что он с одинаковой вероятностью может быть принят или отвергнут водителями. Граничный интервал зависит от многих факторов и прежде всего от вида маневра, который совершает автомобиль, выезжающий на перекресток с второстепенной дороги. По данным исследований при пересечении двухполосной дороги  $t_{гр}$  находится в пределах 6—8 с, при левом повороте 10—13 с, при правом повороте 4—7 с.

Задержка автомобиля на второстепенной дороге зависит от продолжительности ожидания водителем приемлемого интервала (как минимум  $t_{гр}$ ), продолжительности пребывания в очереди и степени изменения автомобилем скорости движения, обусловленного торможением перед перекрестком.

Составляющие потерь даже при постоянных интенсивностях движения на пересекающихся дорогах изменяются в широких пределах и для каждого автомобиля различны. Учитывая влияние большого числа случайных факторов, потери времени обычно оценивают средней задержкой одного автомобиля  $t_{\Delta н}$ , рассчитываемой при наличии некоторых допущений. В общем виде

$$t_{\Delta н} = t_{\Delta н1} + t_{\Delta н2} + t_{\Delta н3},$$

где  $t_{\Delta н1}$  — среднее время ожидания приемлемого интервала, с;  $t_{\Delta н2}$  и  $t_{\Delta н3}$  — средние задержки, связанные соответственно с пребыванием автомобилей в очереди на второстепенной дороге, и с торможением автомобиля перед перекрестком, с.

Методы определения  $t_{\Delta н1}$  и  $t_{\Delta н2}$  рассматриваются в теории транспортных потоков и заключаются в следующем. Среднее время  $t_{\Delta н1}$  принимают равным отношению суммарной продолжительности неприемлемых интервалов к числу приемлемых. Средняя задержка  $t_{\Delta н2}$  зависит от числа автомобилей в очереди перед главной дорогой, которое может быть определено с использованием основных положений теории массового обслуживания, когда примыкающий к перекрестку участок второстепенной дороги можно представить как канал обслуживания с экспоненциальным распределением времени поступления требований и времени обслуживания. Среднюю задержку  $t_{\Delta н3}$  определяют как разность между временем, необходимым на торможение перед перекрестком и последующий разгон автомобиля, и временем его движения в свободных условиях (без торможения).

При условии постоянных замедления и ускорения в процессе изменения скорости и экспоненциального распределения временных интервалов между автомобилями на главной дороге средняя задержка автомобиля на данном направлении второстепенной дороги

$$t_{\Delta n} = \frac{e^{N_r t_{rp}} - N_r t_{rp} - 1}{N_r - N_n (e^{N_r t_{rp}} - N_r t_{rp} - 1)} + \frac{v_n}{7,2} \left( \frac{1}{a_r} + \frac{1}{a_p} \right) \quad (3.22)$$

где  $e$  — основание натурального логарифма;  $N_r$  — интенсивность транспортного потока на главной дороге в обоих направлениях, авт/с;  $N_n$  — интенсивность, приходящаяся в среднем на одну полосу второстепенной дороги в рассматриваемом направлении движения, авт/с;  $a_r$  и  $a_p$  — соответственно замедление и ускорение автомобиля (в расчетах можно принять  $a_r = 3 \div 4$  м/с<sup>2</sup>,  $a_p = 1,0 \div 1,5$  м/с<sup>2</sup>).

Среднюю задержку автомобиля  $t_{\Delta n}$  на перекрестке в целом определяют как средневзвешенное значение задержек для всех направлений (подходов к перекрестку) второстепенной дороги, рассчитываемых по формуле (3.22):

$$\bar{t}_{\Delta n} = \frac{\sum_1^n (t_{\Delta n j} N_j)}{\sum_1^n N_j} \quad (3.23)$$

где  $N_j$  — интенсивность движения на  $j$ -м направлении второстепенной дороги, авт/ч;  $n$  — число направлений (подходов к перекрестку) второстепенной дороги.

**Задержка на регулируемых перекрестках.** Она зависит в основном от режима работы светофорной сигнализации и возникает на второстепенной и главной дорогах в силу действия запрещающего сигнала. Как и в предыдущем случае, она оценивается средней задержкой одного автомобиля в рассматриваемом направлении движения.

Эту задержку иногда определяют по приближенной формуле

$$t_{\Delta p} = (T_u - t_0) / 2. \quad (3.24)$$

Формула получена на основе предположения, что задержка автомобиля, прибывающего к перекрестку в начале запрещающего сигнала, равна длительности этого сигнала. Если автомобиль прибывает в момент окончания запрещающего сигнала, задержка равна нулю.

Использование формулы (3.24) приводит к ощутимым погрешностям при определении задержки, учитывая, что эта формула справедлива лишь при условии прибытия автомобилей к перекрестку регулярно через постоянные интервалы времени. Это характерно для потоков высокой интенсивности, близкой к пропускной способности дороги. Обычно же для изолированного перекрестка (не имеющего связи с соседним по потоку и управлению) прибытие автомобилей является случайным. Это учитывает формула определения задержки Ф. Вебстера, получившая широкое распространение в практике управления дорожным движением в СССР и других странах:

$$t_{\Delta p} = \frac{T_u (1 - \lambda)^2}{2(1 - \lambda x)} + \frac{x^2}{2N(1 - x)} - 0,65 \left( \frac{T_u}{N^2} \right)^{0,75} x^{1 - 0,75}, \quad (3.25)$$

$\lambda$  — отношение длительности разрешающего сигнала к циклу ( $\lambda = t_0/T_n$ );  $N$  — интенсивность движения транспортных средств в рассматриваемом направлении, ед/с.

Первая составляющая формулы (3.25) позволяет определить задержку при регулярном прибытии автомобилей к перекрестку. При полностью насыщенной фазе ( $x=1$ ) она после простейших преобразований превращается в формулу (3.24).

Вторая составляющая учитывает случайный характер прибытия. Она получена на основе теории массового обслуживания и позволяет определить среднюю задержку в данном направлении перекрестка, который представляется одноканальной системой обслуживания, куда поступает поток заявок с постоянной интенсивностью.

Третья составляющая является корректирующим членом. Она позволяет учесть погрешность при расчете задержки по первым двум составляющим формулы (3.25) по сравнению с ее значением, определенным экспериментально. В среднем эта погрешность составляет 10%, поэтому для практических расчетов обычно применяют упрощенную формулу

$$t_{\Delta p} = 0,9 \left\{ \frac{T_n (1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2N(1-x)} \right\} \quad (3.26)$$

Естественно, при машинных методах расчета задержки лучше использовать формулу (3.25). Она дает более точные результаты.

В целом для регулируемого перекрестка средневзвешенную задержку  $t_{\Delta p}$  определяют так же, как и для нерегулируемого [см. формулу (3.23)], с той лишь разницей, что учитывают все направления не только второстепенной, но и главной дороги.

**Экспериментальные методы определения задержки.** Изложенные ранее расчетные методы основаны на моделях, содержащих известные допущения. Поэтому использование расчетных методов приводит к погрешностям, особенно при режиме работы перекрестка, близким к насыщению. Более точные результаты дают экспериментальные методы определения задержки, которую и здесь оценивают средним значением, приходящимся на один автомобиль.

Широкое распространение получили простые методы, не требующие специального аппаратного обеспечения. Один из них основан на сравнении времени проезда автомобиля через перекресток с определенной интенсивностью движения и работающей светофорной сигнализацией (для регулируемого перекрестка) с временем, необходимым для проезда того же перекрестка в свободных условиях (интенсивность движения близка нулю, проезд осуществляется на зеленый сигнал или при выключенных светофорах).

Другим методом является подсчет стоящих автомобилей  $n_{ст}$  на входе перекрестка через равные, достаточно малые промежутки времени  $\delta$ . Средняя задержка автомобиля

$$t_{\Delta f} = \delta \sum n_{ст_i} / n_{пр}, \quad (3.27)$$

где  $n$  — число замеров, выполненных за определенный период наблюдения;  $n_{пр}$  — число автомобилей, проехавших перекресток за тот же период;  $j$  — номер направления движения (входа перекрестка);  $i$  — номер замера.

Обычно рекомендуется подсчитывать стоящие автомобили каждые 15 с в течение 5-минутного периода наблюдений.

Последовательность операций при определении задержки сводится к следующему:

1) в назначенное время наблюдений подсчитать число автомобилей, стоящих на рассматриваемом подходе к перекрестку в ожидании проезда;

2) повторять подсчеты через каждые 15 с в течение 5 мин (автомобили, стоящие более 15 с, учитываются дважды, трижды и т. д.);

3) в течение указанных 5 мин вести регистрацию общего числа автомобилей, прошедших перекресток в данном направлении (в том числе и без остановки);

4) данные подсчетов свести в таблицу по следующей форме:

Время наблюдения	Число автомобилей, стоящих на данном подходе к перекрестку в указанные моменты времени, с				Общее число автомобилей, проследовавших через перекресток с рассматриваемого подхода
	0	15	30	45	
1-я минута					
2-я »					
.....					
5-я »					
Итого			$\sum n_{ст}$		$n_{пр}$

5) определить среднюю задержку автомобиля в данном направлении перекрестка по формуле (3.27).

Точность определения задержки существенно повышается при уменьшении промежутка времени  $\delta$ . Рекомендуется каждую минуту наблюдений разбивать на 10- и даже 5-секундные интервалы. Однако это требует опыта и тренировки наблюдателей.

### 3.8. ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЖИМА СВЕТОФОРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Расчет режима светофорной сигнализации при достаточно сложной схеме организации движения на перекрестке является довольно трудоемким, особенно, если учесть, что для активного периода суток необходимо несколько программ управления. Подобные расчеты необходимо выполнить несколько раз с анализом критерия качества управления. Применение для этих целей ЭВМ позволяет не только резко сократить трудоемкость расчетов, но и

существовать автоматизированный поиск оптимальных вариантов решений.

В простейшем случае ЭВМ применяется для расчетных операций, связанных с определением цикла регулирования, длительности промежуточных и основных тактов, транспортных задержек. При этом схема организации движения на перекрестке должна быть намечена предварительно. Типичный алгоритм таких расчетов представлен на рис. 3.16.

Программа расчета предусматривает ввод в память ЭВМ следующих исходных данных: числа фаз регулирования и направлений движения в каждой фазе;

интенсивностей движения и потоков насыщения для каждого направления в каждой фазе;

длины и скорости автомобилей при проезде перекрестка, а также расстояния, проходимого ими от стоп-линии до дальней конфликтной точки;

ширины проезжей части, пересекаемой пешеходами в каждой фазе.

При наличии трамвайного движения дополнительно необходимы длина трамвая и его скорость движения в пределах перекрестка и путь движения трамвая от стоп-линии до самой дальней конфликтной точки.

При расчете предпочтительным является диалоговый режим, так как он позволяет оперативно исправлять ошибки, которые могут появляться при вводе данных. Обычно данные вводят отдельно для каждой фазы регулирования. При этом предварительно необходимо ввести информацию о наличии или отсутствии полностью пешеходной фазы в цикле. При наличии полностью пешеходной фазы расчет ведут по правой части алгоритма (см. рис. 3.16) в соответствии с методикой, изложенной в подразд. 3.6. В этом случае цикл корректируют только по условиям трамвайного движения.

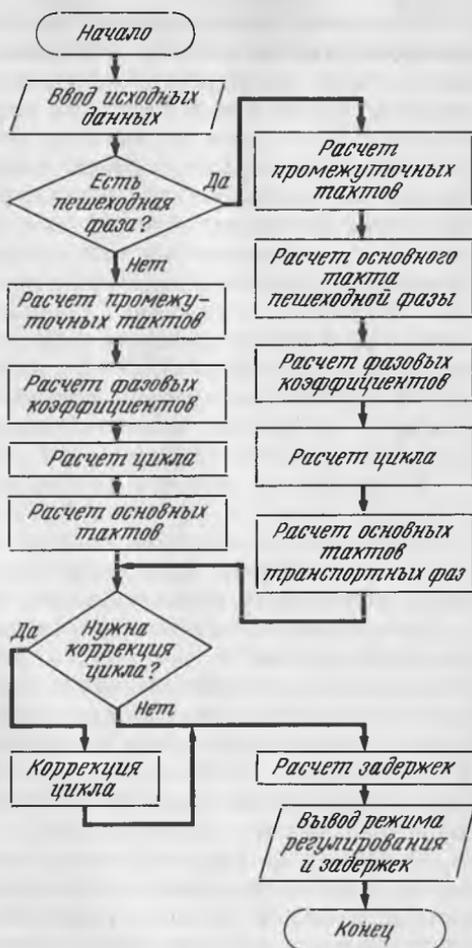


Рис. 3.16. Блок-схема алгоритма расчета на ЭВМ режима светофорного регулирования на перекрестке

В процессе ввода данных в диалоговом режиме возможно их варьирование с целью прикидочного поиска наилучшей схемы организации движения. Критерием служит средневзвешенная задержка, которая выводится на печать вместе с режимом регулирования. Критерием неудачного решения может быть также появляющаяся на экране надпись «Затор», свидетельствующая о том, что степень насыщения рассматриваемого направления больше единицы. Путем изменения специализации полос движения на подходах к перекрестку или запрета движения в отдельных направлениях какой-либо из фаз регулирования возможны ликвидация заторов и снижение задержки. Необходимость этих мероприятий может возникнуть либо в процессе ввода данных (появление надписи «Затор»), либо после анализа результатов расчета. Таким образом, схемы организации движения при использовании данного алгоритма можно совершенствовать путем нескольких просчетов режима светофорного регулирования.

В программу расчета закладываются ограничения, связанные с максимальной и минимальной длительностями цикла, а также с минимальным основным тактом (см. подразд. 3.5).

Данные расчета, выводимые на печать, являются достаточными для построения графика режима работы светофорной сигнализации.

Как показывает практика, решение подобных задач не требует большой памяти и машинного времени. Для этих целей можно использовать микроЭВМ. Задача значительно усложняется, если наряду с расчетом режима регулирования ведется автоматический поиск оптимальной схемы организации движения на перекрестке. В этом случае ЭВМ перебирает все возможные варианты по заданному критерию эффективности (как правило, по задержке транспортных средств и пешеходов).

Помимо уже перечисленных исходных данных, в память ЭВМ вводят число подходов к перекрестку и количество полос на каждом подходе, а также ограничения, связанные с допустимостью транспортных и транспортно-пешеходных конфликтов (см. подразд. 3.3), максимальной загрузкой полосы, возможностями контроллера (максимальное число фаз регулирования, максимальное число регулируемых направлений), требования однократного пропуса в течение цикла транспортных средств или пешеходов в определенных направлениях.

Варианты перебирают путем объединения геометрических направлений движения в регулируемые направления. Последние являются совокупностью геометрических направлений, для которых моменты включения и выключения сигналов одинаковы. Схема организации движения составляется из отдельных элементов — групп одновременно обслуживаемых регулируемых направлений.

Если учесть, что на каждом подходе к перекрестку могут в принципе существовать 4 варианта специализации полос движения (прямо, направо и налево — одно направление; прямо и направо, налево — два направления; прямо и налево, направо — два направления; прямо, направо, налево — три направления),

то для обычного четырехстороннего перекрестка в поисках оптимальной схемы организации движения необходим направленный перебор 256 вариантов. Практически их значительно меньше, учитывая возможности современных контроллеров и допустимость определенных конфликтных точек на перекрестке.

Компоновка каждого варианта схемы организации движения, расчет соответствующих ему режима регулирования и показателей эффективности, сравнение полученных результатов с данными расчетов для альтернативных вариантов являются весьма трудоемкими операциями. Это требует соответствующих памяти и быстродействия ЭВМ.

Алгоритм и программа решения указанной задачи были разработаны МАДИ совместно с Омским МПО «Автоматика» в рамках системы автоматизированного проектирования АСУД. Задача решается на машинах среднего класса.

### 3.9. АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Наблюдаемое в течение суток изменение интенсивности движения требует соответствующего изменения длительности цикла и разрешающих сигналов. В противном случае задержка транспортных средств неоправданно возрастает. Многопрограммное жесткое управление способствует снижению задержки, однако не является оптимальным. Оно не способно учитывать кратковременные случайные колебания в числе автомобилей, подходящих к перекрестку.

Параметры управления должны учитывать как суточное изменение интенсивности, так и ее колебания в один и тот же период времени (случайное прибытие транспортных средств к перекрестку). Это возможно при использовании адаптивного управления, имеющего обратную связь с транспортным потоком. Она реализуется с помощью детекторов транспорта, расположенных в зоне перекрестка и обеспечивающих непрерывную информацию о параметрах потока.

По способу переработки этой информации алгоритмы адаптивного управления можно разделить на три группы.

1. Алгоритмы, предусматривающие переключение сигналов светофора по информации о состоянии перекрестка в данном цикле регулирования.

2. Алгоритмы статистической оптимизации, позволяющие по информации о состоянии перекрестка в данный момент определить параметры управления на следующий момент времени на основе вероятностного прогнозирования этого состояния.

3. Алгоритмы случайного поиска. Параметры управления изменяются случайно с одновременным анализом критерия эффективности (например, задержки). Управление считается оптимальным при достижении максимума или минимума критерия эффективности (минимума задержки).

Реализация алгоритмов 2-й и 3-й групп требует применения быстродействующих ЭВМ. Они еще не нашли широкого распространения в практике управления дорожным движением. Внедрение микропроцессоров в контроллеры перекрестка открывает возможность для их реализации в самом ближайшем будущем.

Алгоритмы 1-й группы отличаются сравнительной простотой. Проще и их техническая реализация. Поэтому некоторые из них получили более широкое распространение. К ним относятся следующие алгоритмы.

*Алгоритм поиска разрыва в транспортном потоке в направлении действия разрешающего сигнала при фиксированных значениях управляющих параметров* (время, определяющее разрыв в потоке, минимальная и максимальная длительность разрешающего сигнала). Сигнал переключается с разрешающего на запрещающий при обнаружении временного интервала между прибывающими к перекрестку автомобилями, большего или равного заданному. В противном случае длительность разрешающего сигнала продлевается на длительность заданного интервала.

*Алгоритм поиска разрыва при переменных управляющих параметрах, зависящих от условий движения.* Такой способ управления является более гибким, так как при этом используется большая информация о параметрах потока. В частности, интервал времени, определяющий разрыв в потоке, задается в зависимости от скорости прибывающих к перекрестку автомобилей, минимальная и максимальная длительности разрешающего сигнала зависят от очереди автомобилей соответственно в рассматриваемом и конфликтующем направлениях.

*Алгоритмы сравнения плотности потока на подходе к перекрестку в направлении разрешающего сигнала с транспортной задержкой в конфликтующем направлении.* Сигналы переключаются, если задержка за данный такт регулирования достигнет определенной длительности, превышающей текущее значение плотности потока. Фактически подобный метод управления преследует цель минимизации общей задержки на перекрестке.

*Алгоритм, предусматривающий лишь пропуск очередей, образовавшихся в период действия запрещающего сигнала.* Сигналы переключаются сразу после проезда стоп-линии последним автомобилем очереди. Реализация алгоритма основана на информации о потоках насыщения на всех подходах к перекрестку. По потоку насыщения определяют временной интервал между автомобилями очереди, покидающей перекресток. Превышение этого интервала означает, что интенсивность движения стала меньше потока насыщения, следовательно, наступил момент смены сигналов.

*Алгоритм, предусматривающий перераспределение длительности фаз внутри цикла на основе анализа текущих фазовых коэффициентов в конфликтующих направлениях.* Длительность разрешающих сигналов при этом способе управления соответствует фактической загрузке направлений движения. Возможно применение этого алгоритма как с постоянным циклом регулиро-

пания, так и с переменным, рассчитываемым заново на каждом шаге управления.

На практике исключительно широкое применение получил лишь алгоритм поиска разрыва в потоке при фиксированных значениях управляющих параметров. Это объясняется простотой самого алгоритма, а также реализующих его автоматических устройств, не требующих использования средств вычислительной техники. Кроме этого, для отработки алгоритма требуется минимум информации о параметрах потока. В любой момент времени важен лишь факт наличия или отсутствия транспортных средств на подходе к перекрестку. При этом информация не накапливается: с прибытием к перекрестку очередного автомобиля информация о предыдущем автомобиле не требуется. В силу этого работа по указанному алгоритму меньше подвержена влиянию погрешности детекторов транспорта (нет накопления ошибок). Один детектор может быть использован для нескольких полос обслуживаемого направления движения. К достоинствам алгоритма относится также обеспечение необходимого уровня безопасности движения, ибо при появлении разрыва в потоке в момент выключения разрешающего сигнала есть гарантия отсутствия автомобиля в зоне перекрестка.

Учитывая широкое применение на практике алгоритма поиска разрывов, опишем его более подробно.

Основными параметрами управления, используемыми в рамках данного алгоритма, являются: минимальная длительность основного такта  $t_{3\text{ мин}}$ ; максимальная длительность основного такта  $t_{3\text{ макс}}$ ; экипажное время (интервал, определяющий разрыв в потоке)  $t_{\text{эк}}$ . Эти параметры заранее определяют расчетом. На всех подходах к перекрестку устанавливают детекторы транспорта. Расстояние от места их установки до стоп-линии в зависимости от скорости автомобилей находится в пределах 30—50 м.

При включении разрешающего сигнала вначале обрабатывается длительность  $t_{3\text{ мин}}$ . Это время необходимо для пропуска транспортных средств, ожидавших разрешающего сигнала и находившихся между стоп-линией и детектором транспорта. Кроме того,  $t_{3\text{ мин}}$  должно обеспечить пешеходам возможность перехода проезжей части (минимум до осевой линии).

Если до истечения времени  $t_{3\text{ мин}}$  в зоне детектора не появится ни одного автомобиля, сигналы переключаются с разрешающего на запрещающий (рис. 3.17, а), т. е. происходит переход к следующей фазе регулирования. Если до истечения времени  $t_{3\text{ мин}}$  в зоне детектора появится автомобиль, разрешающий сигнал продлевается на время  $t_{\text{эк}}$ , которое позволит этому автомобилю пройти расстояние от детектора до стоп-линии. Если до истечения экипажного времени в зоне детектора появится еще один автомобиль (отсутствие разрыва в потоке), то начинается отсчет нового  $t_{\text{эк}}$  и т. д. Таким образом, каждый последующий автомобиль, проезжающий в зоне детектора до истечения предыдущего времени  $t_{\text{эк}}$ , продлевает действие разрешающего сигнала. Переключение сигналов с разрешающего на запрещающий произойдет в том случае, если

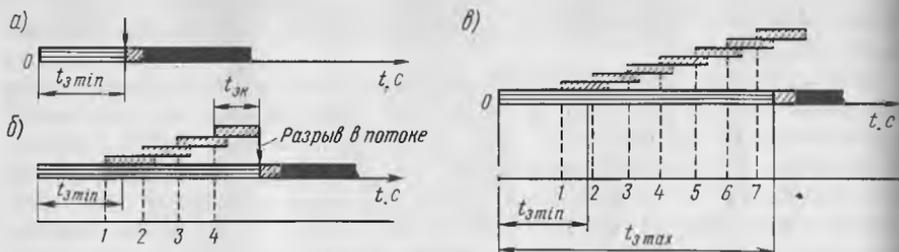


Рис. 3.17. Случай реализации поиска разрывов:

а — отсутствие автомобилей в течение  $t_{3\text{min}}$ ; б — наличие разрыва в потоке до истечения  $t_{3\text{max}}$ ; в — отсутствие разрыва в потоке; 1, 2, ...,  $i$  — моменты проезда автомобилями зоны детектора

временной интервал между двумя следующими друг за другом автомобилями окажется больше экипажного времени (рис. 3.17, б).

При высокой интенсивности прибывающего к перекрестку потока временные интервалы между автомобилями могут быть меньше экипажного времени в течение достаточно большого периода. Это вызовет неоправданное по отношению к конфликтующему направлению увеличение разрешающего сигнала. Поэтому его длительность должна быть ограничена разумными пределами — не превышать  $t_{3\text{max}}$ . Таким образом, если в направлении действия разрешающего сигнала в течение  $t_{3\text{max}}$  не будет обнаружен разрыв в потоке, сигналы переключаются (рис. 3.17, в).

Очевидно, что при высокой интенсивности движения на всех подходах к перекрестку (отсутствие разрывов в потоках), на перекрестке автоматически произойдет переход к жесткому регулированию с основными тактами, равными соответствующим длительностям  $t_{3\text{max}}$ .

Данный алгоритм реализуется как при пофазном управлении, так и при управлении движением по отдельным направлениям независимо от числа полос, предназначенных для движения в определенном направлении. При пофазном управлении, когда длительность основного такта  $t_0$  является одинаковой для всех направлений этой фазы, он продлевается или ограничивается до  $t_{3\text{max}}$ , если даже в каком-то одном из направлений этой фазы не обнаружен разрыв в потоке.

Исходя из назначения основных параметров управления, их рассчитывают следующим образом:

$$t_{3\text{min}} = 3600n_0/M_n, \quad (3.28)$$

где  $n_0$  — число автомобилей, стоящих в ожидании разрешающего сигнала между стоп-линией и детектором транспорта и в среднем приходящихся на полосу движения (определяется путем наблюдений);  $M_n$  — среднее значение потока насыщения, приходящегося на одну полосу движения в данной фазе (для приближенных расчетов отношение  $3600/M_n$  можно принять равным 2 с), ед/ч;

$$t_{3 \text{ min}} = 5 + B_{\text{пш1}} / v_{\text{пш}}, \quad (3.29)$$

где  $B_{\text{пш1}}$  — расстояние от тротуара до островка безопасности или линии разметки, разделяющей потоки противоположных направлений, м.

В качестве расчетного принимают большее значение  $t_{3 \text{ min}}$  из полученных по формулам (3.28) и (3.29). Обычно  $t_{3 \text{ min}}$  лежит в пределах 7—12 с.

Длительность

$$t_{3 \text{ max}} = (1,2 \div 1,3) t_0, \quad (3.30)$$

где  $t_0$  — длительность основного такта данной фазы, рассчитанная для случая жесткого управления по формуле (3.15) в условиях пикового периода часов суток.

Как видно из формулы (3.30),  $t_{3 \text{ max}}$  больше  $t_0$  на 20—30%. Это делается для облегчения условий движения в наиболее загруженных направлениях, учитывая, что высокая интенсивность движения (когда длительное время отсутствует разрыв в транспортном потоке) обычно наблюдается не на всех подходах к перекрестку.

Как уже упоминалось, в течение экипажного времени автомобиль должен успеть пройти расстояние от детектора до стоп-линии. Это зависит от скорости автомобиля, которую определяют натурными наблюдениями. Затем принимают, что автомобиль с момента пересечения детектора движется до стоп-линии с постоянной скоростью. С учетом этих замечаний экипажное время

$$t_{\text{эк}} = 3,6 S_{\text{дт}} / v_{\text{с}}, \quad (3.31)$$

где  $S_{\text{дт}}$  — расстояние от места установки детектора транспорта до стоп-линии, м;  $v_{\text{с}}$  — средняя скорость движения автомобиля на подходе к перекрестку (без торможения), км/ч.

Значения  $t_{\text{эк}}$  необходимо рассчитать для всех направлений данной фазы регулирования и в качестве управляющего параметра принять наибольшее из полученных. Обычно  $t_{\text{эк}}$  находится в пределах 4—5 с.

Промежуточные такты рассчитывают по формуле (3.9) в соответствии с методикой, изложенной в подразд. 3.5. Необходимо лишь отметить, что при низкой интенсивности движения, когда длительность разрешающего сигнала редко достигает максимального значения, рассчитанный по этой формуле промежуточный такт может оказаться избыточным. Это объясняется тем, что время  $t_{\text{эк}}$  частично выполняет роль промежуточного такта и гарантирует достижение автомобилем стоп-линии еще при зеленом сигнале светофора.

Алгоритм поиска разрывов в потоке по сравнению с жестким управлением обеспечивает снижение задержки на 10—60%. Это во многом определяется загрузкой перекрестка. Высокая эффективность алгоритма наблюдается при малоинтенсивном движении, что достигается за счет снижения числа ненасыщенных направлений движения.

## Контрольные вопросы

1. В каких случаях введение светофорной сигнализации на перекрестке является целесообразным?
2. Какие элементы входят в состав цикла регулирования?
3. Из чего складывается потерянное время в цикле?
4. Каковы правила пофазного разъезда транспортных средств?
5. Чем отличается пофазное управление от управления движением по отдельным направлениям перекрестка?
6. Какова последовательность расчета режима светофорной сигнализации?
7. Какие исходные данные необходимы для расчета цикла регулирования?
8. Что такое поток насыщения и каковы методы его определения?
9. Как определяется длительность основного и промежуточного тактов?
10. С какой целью и как производится коррекция цикла по условиям пешеходного и трамвайного движения?
11. Что такое степень насыщения направления движения?
12. Как строится график режима работы светофорной сигнализации?
13. Как определить среднюю задержку автомобиля на перекрестке?
14. Какие существуют методы адаптивного управления?
15. Как определить управляющие параметры при использовании метода поиска разрывов в транспортном потоке?

## ДОРОЖНЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ

### 4.1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Дорожные контроллеры предназначены для переключения сигналов светофоров и символов управляемых дорожных знаков. Помимо этого, в зависимости от конструкции ДК могут сигнализировать о выполнении команд, поступающих из центра управления, о исправности самого контроллера, выступать в роли командного устройства для группы других контроллеров при объединении нескольких перекрестков в единую систему управления.

Контроллеры делятся на локальные и системные. Локальные контроллеры управляют светофорной сигнализацией только с учетом условий движения на данном перекрестке. Обмен информацией с контроллерами других перекрестков и управляющим пунктом не предусмотрен.

К локальным относятся следующие типы ДК.

1. Контроллеры жесткого управления с фиксированными длительностями фаз или разрешающих сигналов по отдельным направлениям перекрестка. Светофорные сигналы переключаются по одной или нескольким заранее заданным временным программам. Такие контроллеры предназначены для управления дорожным движением на перекрестках с мало изменяющейся в течение дня интенсивностью движения.

2. Вызывные устройства, которые обеспечивают переключение светофорных сигналов по вызову пешеходами или транспортными средствами, прибывающими с прилегающих к магистрали улиц. Эти контроллеры предназначены для управления эпизодическим движением пешеходов или транспортных средств по пересекающим магистраль направлениям. Длительности разрешающих сигналов для пешеходов и указанных транспортных средств, как и в предыдущем случае, фиксированы. В последнее время вызывные устройства отдельно не выпускают. Вызов фазы по запросу пешеходов обеспечивают контроллеры всех типов.

3. Контроллеры адаптивного управления, обеспечивающие непостоянную длительность фаз (разрешающих сигналов). Они предназначены для управления движением на перекрестках, где интенсивность движения часто изменяется в течение суток. Длительность сигналов так же, как и всего цикла регулирования, меняется в заранее заданных пределах от минимального до максимального значения (см. подразд. 3.9).

Системные контроллеры переключают сигналы светофоров по командам управляющего пункта или какого-либо контроллера, включенного в систему и выполняющего роль координатора.

К ним относятся следующие типы.

1. Программные контроллеры жесткого управления. Они управляют движением по одной из нескольких заранее заданных временных программ, заложенных в контроллерах. Все входящие в систему дорожные контроллеры подключены к магистральному каналу связи. Программа и момент ее включения выбираются по команде одного из контроллеров или управляющего пункта.

2. Контроллеры непосредственного подчинения жесткого и адаптивного управления. Каждый из них имеет отдельный канал связи с УП. Момент включения и длительность сигналов зависят от команд, поступающих из УП по указанным каналам связи. В свою очередь каждый контроллер по этим же каналам информирует УП о режиме функционирования и исправности своего оборудования. Контроллеры адаптивного управления имеют возможность коррекции управляющих воздействий УП. Каждый такой контроллер имеет только одну заложенную в него программу, выполняющую роль резервной. Она реализуется при нарушении связи с УП, когда контроллер временно переходит на локальный режим управления.

3. Контроллеры для переключения символов управляемых дорожных знаков (УЗН) и указателей рекомендуемой скорости (УСК). Такие контроллеры, как правило, применяют в рамках АСУД, поэтому относятся к классу системных.

Помимо этой классификации, все ДК, находящиеся в эксплуатации, можно разделить на две группы: контроллеры, обеспечивающие только пофазное управление (длительности разрешающих сигналов для всех направлений данной фазы одинаковы); контроллеры, имеющие возможность обеспечивать, помимо пофазного, управление по отдельным направлениям перекрестка. Последние получают наибольшее распространение, так как увеличивают гибкость, а следовательно, и эффективность управления.

По конструктивному признаку ДК могут быть выполнены на базе электромеханических, электронно-релейных или полностью электронных схем. Последние изготавливают на дискретных элементах (потенциально-импульсные схемы) или на интегральных микросхемах. Отличительной особенностью контроллеров, выпускаемых в настоящее время в СССР и других странах, является также использование в их конструкции микроЭВМ (микропроцессоров). Выпуск электромеханических контроллеров прекращен.

#### 4.2. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА КОНТРОЛЛЕРА

Исходя из назначения ДК (рис. 4.1) основными его устройствами являются блок управления (программно-логическое устройство) и силовая часть (исполнительное устройство). Блок управ-

ления предназначен для формирования длительности основных и промежуточных тактов регулирования, силовая часть — для переключения сигналов светофоров. Так как на перекрестке одновременно могут быть включены несколько десятков ламп, силовая часть контроллера коммутирует токи большой величины. Работа блока управления основана на слаботоковых устройствах, действующих при напряжении 5—12 В. Поэтому в любом контроллере блок управления и силовая часть представляют отдельные его части. Причем силовая часть работает по командам блока управления.

Управление светофорным объектом происходит автоматически. Однако нередко возникает необходимость в ручном управлении перекрестком (спецрежимы, наладка контроллера). Для этого существует пульт управления (блок 4 на рис. 4.1), который может быть встроенным или выносным. Последний предусмотрен для удобства работы оператора — инспектора ГАИ, управляющего движением непосредственно на перекрестке.

Таким образом, в простейшем случае для работы контроллера в локальном режиме необходимы блоки 3, 4 и 6 (блок 2 может быть объединен с блоком 3).

Как были построены электромеханические контроллеры, находившиеся в эксплуатации в 50—60-х годах, где роль программно-логического устройства выполняли моторные автоматы, а исполнительного устройства — мощные реле. Основным недостатком этих контроллеров была низкая надежность релейно-контактных схем, так как реле работали циклично с достаточно высокой частотой. При этом коммутация ими высоких токов способствовала их частому выходу из строя. В настоящее время эти контроллеры сняты с производства, не используются в эксплуатации, поэтому в данном учебнике они не рассматриваются.

Современный локальный контроллер содержит все блоки, показанные на рис. 4.1; кроме блока 1, который используется, если контроллер подключается к системе управления. В этом случае блок 1 расшифровывает поступающую с управляющего пункта информацию, формирует ответную телесигнализацию для передачи ее в линию связи. Кроме этого, здесь формируются служебные сигналы для контроллера и сигналы синфазирования. Последние нужны для гарантии правильности расшифровки команд телеуправления и телесигнализации. Это необходимо в связи с тем, что в ряде устройств управляющего пункта и контроллера применены генераторы импульсов, использующие в качестве исходной частоту сети 50 Гц. В отдельных частях города она име-



Рис. 4.1. Обобщенная структурная схема контроллера:

ВПУ — выносной пульт управления; ТВП — табло вызова пешеходом

ет различный сдвиг по фазе. Узел синфазирования обеспечивает автоматическую подстройку фаз с постоянной точностью.

Блок опорных импульсов формирует импульсы, необходимые как для работы самого контроллера, так и его телеуправления.

В блоке управления формируется временная программа управления перекрестком с помощью задатчика времени, позволяющего заранее установить длительность сигналов в различных фазах движения. Такты переключаются либо в соответствии с программой блока управления, либо при подаче сигналов от управляющего пункта, либо от внешних устройств, например ВПУ (блок 4 на рис. 4.1). Подключение к блоку управления детекторов транспорта позволяет продлить действие разрешающих сигналов, если не обнаружен разрыв в транспортном потоке в направлении, где включен зеленый сигнал. Переключение сигналов блоком 3 может произойти и по запросу пешехода с помощью ТВП. Кроме этого, с помощью этого же блока перекресток может быть переведен на режим желтого мигающего сигнала. Таким образом, блок управления может реализовать различные режимы управления по требованию задатчика времени, запросов УП или внешних устройств.

Блок контроля следит за правильностью отработки тактов светофорной сигнализации, а также за исправностью силовых цепей контроллера. Исправность фиксируется узлом индикации, выводимой на лицевую панель контроллера и выносного пульта управления. При системном управлении эта информация поступает также в УП. Сигнал о неисправности контроллера служит основой для принятия решения по управлению в критических ситуациях.

Силовая часть имеет узел силовых переключателей, позволяющих коммутировать цепи включения светофорных ламп. Кроме того, каждый контроллер имеет защиту от коротких замыканий и схему заземления.

#### 4.3. ПРОГРАММНО-ЛОГИЧЕСКИЕ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Блок управления формирует длительности основных и промежуточных тактов, по окончании отсчета которых поступает команда в исполнительное устройство контроллера о переключении сигналов светофора. Для отсчета длительности и числа тактов необходим генератор импульсов, частота которого подбирается в зависимости от заданной точности отсчета времени. Если эта точность составляет 1 с, то частота генератора выбирается равной 1 Гц, что соответствует одному импульсу в 1 с.

Необходимая частота генератора формируется в блоке опорных импульсов. В качестве генератора импульсов (рис. 4.2, а) используется схема, формирующая сигналы из частоты промышленной сети переменного тока 50 Гц. Эта частота выдерживается достаточно стабильной (по нормам допустимое отклонение равно



Рис. 4.2. Обобщенная схема программно-логического устройства контроллера:  
 а — генератор секундных импульсов; б — структурная схема программно-логического устройства

$\pm 1$  Гц). Напряжение сети выпрямляется однополупериодным выпрямителем, на выходе которого действует уже пульсирующее напряжение с той же частотой 50 Гц. Это напряжение поступает на вход схемы формирователя, который каждую полуволну напряжения синусоидальной формы превращает в прямоугольный импульс напряжения. Поэтому на его выходе постоянно имеется последовательность прямоугольных импульсов с частотой также в 50 Гц. Если точность отсчета времени 1 с, то с выхода формирователя импульсы поступают на вход счетчика импульсов, который имеет предельное число счета, равное 50. При достижении этого числа он выдает импульс в счетчик времени. Очевидно, что частота этих импульсов равна теперь 1 Гц.

Основой для построения программно-логических устройств являются счетно-переключающие схемы. Обобщенная структурная схема одного из вариантов устройств такого типа приведена на рис. 4.2, б.

С выхода генератора импульсов они поступают с необходимой частотой на вход счетчика импульсов блока управления. Число, до которого в данном такте счетчик должен досчитать, задается заранее задатчиком времени. Как только счетчик импульсов досчитает до заданного числа, схема формирования сигналов переключения, связанная со счетчиком, вырабатывает импульс, который поступает в счетчик тактов. Текущее число, записанное в этот счетчик, означает номер действующего в данный момент на перекрестке такта. С каждым новым импульсом, поступающим на вход счетчика тактов, его показатель увеличивается на 1, следовательно, изменяется и такт. Изменение происходит только в тот момент, когда счетчик времени заканчивает отсчет длительности очередного такта. Задатчик времени поочередно задает счетчику времени в зависимости от текущего номера такта то число импульсов, до которого он должен досчитать. Например, при двухфазной схеме организации движения имеются четыре такта — два основ-

ных и два промежуточных, поэтому счетчик тактов в этом случае досчитывает до четырех, а затем вновь сбрасывается до исходного положения.

Для определения текущего состояния счетчика тактов используется специальная схема — дешифратор. Эта схема выдает сигналы, соответствующие каждому состоянию, в исполнительные устройства и в задатчик времени.

Задатчик времени может быть выведен на лицевую панель контроллера в виде переключателя, задающего длительность тактов в каждой фазе регулирования. Другим вариантом исполнения может быть коммутатор, также выведенный на лицевую панель или расположенный в блоке управления, где с помощью переключек запаивается необходимая длительность тактов. Учитывая, что в последние годы получили распространение контроллеры с 2—3 программами управления (что потребовало бы большое число переключателей), широкое применение получил последний вариант исполнения задатчика времени.

В электронных контроллерах, выпускавшихся ранее, счетчик импульсов работал на зарядной емкости, время заряда которой зависело от подключенного к емкости сопротивления. Меняя задатчиком времени сопротивление, можно было увеличить или уменьшить время заряда емкости и таким образом длительность такта регулирования. При полном заряде емкости срабатывало исполнительное устройство, т. е. переключались сигналы светофора. Указанный метод обладал погрешностью при определении длительности такта. Погрешность увеличивалась по мере увеличения срока эксплуатации контроллера. Это определило переход к другой схеме работы счетчика импульсов.

В современных контроллерах счетчик импульсов работает на триггерной схеме. Как известно, каждый триггер имеет два состояния: логическая единица — наличие напряжения на выходе или логический нуль — отсутствие напряжения на выходе. В схеме счетчика импульсов задействовано несколько триггеров. Поступление очередного импульса (из блока опорных импульсов) меняет состояние одного из триггеров. Число различных комбинаций зависит от числа задействованных триггеров и определяется значением  $2^n$ , где  $n$  — число задействованных триггеров. Задатчик времени заранее настроен на определенную комбинацию их состояний. Окончание такта (отсчета импульсов) соответствует совпадению определенной комбинации состояний и настройке задатчика времени.

Для контроллеров адаптивного управления, работающих по алгоритму поиска разрывов в потоке, характерно наличие двух цепей отсчета длительности такта (рис. 4.3). Одна цепь — для отсчета  $t_{3\text{min}}$  и  $t_{3к}$  и вторая — для отсчета  $t_{3\text{max}}$ . Каждая цепь имеет свой задатчик времени. При отсутствии разрыва в потоке разрешающий сигнал продлевается. Исходное состояние счетчиков  $t_{3к}$  и  $t_{3\text{max}}$  фиксируется сигналом «Сброс 1», формируемым в момент начала отсчета времени разрешающих сигналов. Наличие сигнала

лов Д1 соответствующих фаз через схемы совпадения и сборку приводят счетчик  $t_{ЭК}$  в исходное состояние сигналом «Сброс 2», если временной интервал между соседними, следующими друг за другом автомобилями не превышает  $t_{ЭК}$ . В противном случае формируется сигнал окончания текущего такта. Такой же сигнал формируется при окончании максимального времени, отсчитываемого с помощью счетчика и задатчика времени  $t_{Э, макс}$ .

Команды управления, пришедшие одновременно от нескольких внешних устройств (УП, ВПУ, ГВП, Д1), разделяются в зависимости от приоритетности этих устройств. Приоритетность реализуется

узлом приема команд, который состоит из коммутатора приоритетов, формирователя их порядка и коммутатора разрешений. Приоритет команд определяется произвольно исходя из общей схемы организации движения в районе и числа подключаемых внешних устройств. При этом большую роль играет масштабность системы управления движением (перекресток, магистраль, район, город).

Например, для системного контроллера приоритетность запросов может быть установлена следующим образом:

- 1 — ручное управление (РУ);
- 2 — «зелёная улица» (ЗУ);
- 3 — диспетчерское управление (ДУ);
- 4 — координированное управление (КУ);
- 5 — местное гибкое регулирование (МГР);
- 6 — резервная программа (РП).

В зависимости от необходимой приоритетности на коммутаторе приоритетов устанавливаются переключки, причем поданный на шину «Приоритет 1» сигнал имеет наивысший ранг, поданный в последнюю цепь сигнал — низший ранг. Таким образом, при наличии запросов на нескольких выходах наивысший приоритет отдается запросу, поступающему на вход с более низким порядковым номером. На остальные запросы накладывается запрет.

В выпускаемых в настоящее время контроллерах для обеспечения безопасности движения в любой момент времени контролируется напряжение на светофорных лампах. Контроль заключается в проверке исправности цепей включения ламп красных сигналов (перегорания ламп) и проверке включения ламп зеленых сигналов в конфликтных направлениях.

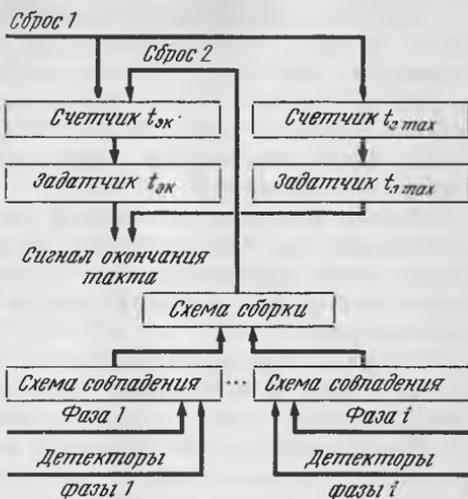


Рис. 4.3. Структурная схема узла продления тактов

Для автоматического определения перегоревшей лампы красного сигнала, помимо питающей эту лампу жилы кабеля, соединяющего светофор с контроллером, необходима дополнительная жила. В силовой части контроллера она через резистор соединяется с общей нулевой жилой. Отсутствие напряжения на резисторе при включенной фазе регулирования является сигналом перегорания лампы.

Схема контроля включения разрешающих сигналов светофора в конфликтных направлениях предусматривает отключение сигнализации на перекрестке. При этом сигнал «Конфликтная ситуация» поступает в УП (при системном управлении) и на отключение светофоров.

Исправность основных узлов контроллера проверяют визуально по лампам индикации или светодиодам, выведенным на его лицевую панель или на соответствующие блоки.

Лампы светофоров включает и выключает силовая часть контроллера с использованием полупроводниковых приборов — тиристоров, представляющих собой электронный выключатель ламп данного такта. Когда программно-логическое устройство вырабатывает разрешающий включение сигнал, он поступает на управляющий электрод тиристора и отпирает его. Если тиристор закрыт, то он представляет собой как бы разомкнутый ключ, и напряжение на лампах равно нулю. В такой схеме исполнительного устройства число тиристоров должно быть как минимум равно числу тактов в цикле регулирования.

Для экономии числа тиристоров в контроллерах ранних выпусков (серии УК) использовалась смешанная тиристорно-релейная схема. Как известно, основной причиной выхода из строя реле в исполнительных устройствах релейно-контактных контроллеров является разрушение контактов в момент прерывания ими тока. Для устранения этого недостатка последовательно с контактами реле в общий провод включается один тиристор. Контакты реле переключаются только тогда, когда тиристор закрыт и цепь контактов обесточена. В этом случае контакты в момент переключения не прерывают ток, и их долговечность повышается.

Недостатком тиристорно-релейной схемы является то, что в момент запираания тиристора на перекрестке на короткое время гаснут все светофорные лампы, что может дезориентировать водителя.

Кроме этого, наличие контактных групп (несмотря на работу тиристора) все же снижает надежность исполнительного устройства. Поэтому в современных контроллерах полностью отказались от использования реле в исполнительных устройствах.

В силовой части контроллера для защиты от коротких замыканий устанавливаются автоматический выключатель и предохранители, которые рассчитаны на пропуск тока не выше заданной силы. Для защиты радиоприема от помех, создаваемых контроллером, в узле защиты предусмотрен фильтр подавления радиопомех.

#### 4.4. ПРИНЦИПЫ КОММУТАЦИИ ЛАМП СВЕТОФОРОВ

Для одновременного включения и выключения ламп светофоров с одинаковой длительностью горения необходима предварительная их группировка. Это определяется схемой организации движения на перекрестке. Контрольный кабель от светофоров подводят к панели коммутации контроллера. Жилы контрольного кабеля ламп, работающих в одном и том же такте, объединяют и крепят к свободной клемме этой панели, образуя одну цепь коммутации. Таким образом, минимальное число цепей коммутации равно числу тактов. Однако фактически таких цепей может быть больше, так как каждая цепь рассчитана на определенную мощность тока. (Это оговаривается инструкцией по эксплуатации контроллера.) Образующие цепи коммутации жилы объединяют в один кабель, поступающий в силовую часть контроллера. Затем каждую цепь подключают к соответствующему тиристорному или контактам реле, переключающих сигналы светофоров.

Для облегчения монтажных работ предварительно в соответствии с принятой схемой организации движения составляют таблицы коммутации ламп, где отражают их группировку по тактам.

В качестве примера рассмотрим простейший случай — перекресток с двухфазной схемой организации движения (см. рис. 3.3). Нумерация светофоров для рассматриваемого случая показана на рис. 44. Каждая лампа и связанная с ней жила кабеля обозначаются буквами (Кр., Ж., Зел.), соответствующими цвету сигнала, и номером светофора, в котором расположена лампа (рис. 4.5). Распределение ламп по тактам следующее:

Такты	Лампы, включаемые в данном такте	Такты	Лампы, включаемые в данном такте
1.	Кр. 1, 2, 5, 6 Зел. 3, 4, 7, 8	3.	Кр. 3, 4, 7, 8 Зел. 1, 2, 5, 6
2.	Кр. 1, 2, 5, 6 Ж. 1—8	4.	Кр. 3, 4, 7, 8 Ж. 1—8

На рис. 4.5 показана упрощенная схема коммутации ламп для рассматриваемого примера с использованием контроллера типа УК, находящегося в эксплуатации во многих городах СССР. Как было указано выше, исполнительное устрой-

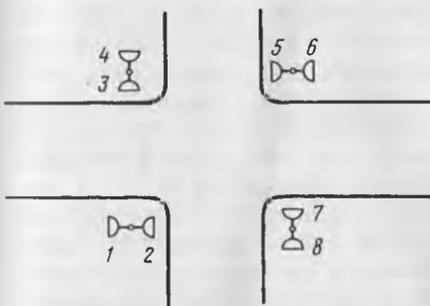


Рис. 4.4. Нумерация светофоров на перекрестке



Рис. 4.5. Пример коммутации ламп светофоров для двухфазной схемы

ство контроллеров этого типа основано на тиристорно-релейной схеме. Реле каждого такта имеет 6 пар контактов, из которых 5 пар предназначены для переключения сигналов светофоров. 6-я пара — для коммутации самих реле (отключения остальных реле при работе одного из них). Каждая пара контактов может коммутировать ток не более 400 Вт. Учитывая, что в светофорах обычно применяют бытовые лампы мощностью 60 Вт, они собраны по 4 в каждой группе. Таким образом, цепи коммутации работают с некоторой недогрузкой. Однако такая группировка ламп позволяет использовать одни и те же цепи коммутации в разных тактах. В 1-м и 3-м тактах используются 2 пары контактов, во 2-м и 4-м тактах — 3 пары. Естественно, при более сложной схеме организации движения на перекрестке, когда число светофоров и тактов регулирования растет, увеличивается и число цепей коммутации, а следовательно, нагрузка и число задействованных контактов.

#### **4.5. ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРОВ В ДОРОЖНЫХ КОНТРОЛЛЕРАХ**

В настоящее время в СССР и других странах освоен выпуск дорожных контроллеров с применением микропроцессорной техники (ДКМП). Принципиально они отличаются от описанных ранее контроллеров традиционного исполнения наличием встроенной в контроллер микроЭВМ, которая выполняет функции блока управления и контроля.

Использование микропроцессора резко расширяет технологию управления дорожным движением, поскольку в режиме адаптивного управления позволяет, помимо широко освоенного алгоритма поиска разрывов, реализовать и другие алгоритмы (например, по критерию задержки или длины очереди). Кроме этого, появляется возможность функционирования на перекрестках нескольких алгоритмов с автоматическим переходом от одного к другому в зависимости от конкретной транспортной ситуации. Это достигается за счет смены программ обработки информации в запоминающих устройствах и достаточного быстродействия микропроцессора (50—100 тыс. операций в секунду).

Наличие вычислительной техники в контроллере позволяет решать и попутную задачу: вывод в любой момент времени на инженерную панель (ИП) контроллера данных об интенсивности, скорости, задержке для отдельных направлений перекрестка.

Расширение объема решаемых ДКМП задач ведет, в свою очередь, к уменьшению объема передаваемой в центр информации, т. е. уменьшает загрузку каналов связи системы, разгружает ЭВМ управляющего пункта от решения тактических задач по управлению движением на отдельных перекрестках. Разгрузка ЭВМ центра управления делает возможным за счет освобожденных вычислительных мощностей расширить функции АСУД.

Управляющие светофорами ДКМП отличаются более высокой надежностью за счет интеграции исполнения: уменьшения связи между блоками, улучшения теплообмена и процесса поиска неисправностей контроллера. Эксплуатация контроллера упрощается, так как изменение программы его работы не связано с перепайкой перемычек в коммутаторах блоков или заменой самих блоков.

В состав ДКМП (рис. 4.6) входят вычислительный модуль, узел ввод-вывода, силовой узел, периферийный узел обмена информацией, узел синхронизации программ. Последние два узла необходимы, если контроллер работает в составе АСУД. При этом узел синхронизации программ необходим при подключении к ДКМП таких же контроллеров или ДКМ 2С-4 с целью организации магистральной бесцентровой системы координированного управления. Узел обмена информацией применяется при подключении ДКМП к централизованной системе управления движением, когда группой ДКМП управляет контроллер зонального центра — КЗЦ. Кроме того, этот же узел используется для связи ДКМП с управляемыми дорожными знаками или аппаратурой приоритетного пропуска (СКА) специальных транспортных средств, что осуществляется, как правило, также в рамках АСУД.

Вычислительный модуль включает в себя центральный процессор и субблоки оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) и полупостоянного запоминающего устройства (ППЗУ). Центральный процессор выполняет логические и арифметические операции по формированию команд на переключение сигналов светофора и по обработке информации, поступающей от детекторов транспорта и других внешних устройств. В ОЗУ хранятся данные, которые меняются в процессе обработки информации — промежуточные результаты вычислений, входная информация и т. д. В ППЗУ хранятся постоянные или редко меняющиеся массивы информации, необходимые для управления движением на перекрестке. Информация в ППЗУ остается и при выключенном питании контроллера в течение длительного времени. Стирание информации в субблоках ППЗУ происходит при их ультрафиолетовом облучении примерно в течение 20—30 мин.

Связь вычислительного модуля со всеми узлами ДКМП обеспечивается через интерфейсную магистраль — средство сопряжения ЭВМ с внешними устройствами.



Рис. 4.6. Структурная схема контроллера ДКМП:

ИП — инженерная панель; ДТ — детектор транспорта; ИР — индуктивные рамки; ДК 2С-4 — дорожные контроллеры; СКА — стационарный комплект аппаратуры приоритетного пропуска; КЗЦ — контроллер зонального центра

Узел ввода-вывода связывает вычислительный модуль с органами управления контроллером и детекторами транспорта. К этому узлу подключается инженерная панель, с которой можно осуществить ввод в ОЗУ новых параметров управления (при отладке режима), а также ручное включение режимов в соответствии с их приоритетом, заложенным в контроллере. На инженерную панель с помощью соответствующей индикации выводится информация о режиме функционирования контроллера и его исправности. Управлять движением на перекрестке вручную можно также с помощью выносного пульта, подключаемого к узлу ввода-вывода.

Силовой узел ДКМП передает информацию от вычислительного модуля к тиристорам и обратно, обеспечивает запоминание информации о включенных тиристорах и бесконтактное переключение ламп светофоров.

Важной особенностью ДКМП является осуществление операций, обусловленных требованиями безопасности движения: контроль перегорания ламп красного сигнала и одновременного горения зеленых сигналов в конфликтных направлениях. В этих случаях происходит отключение светофоров или перевод их на режим желтого мигающего сигнала. Указанные операции могут осуществляться без участия микропроцессора.

#### **4.6. ХАРАКТЕРИСТИКА КОНТРОЛЛЕРОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Отечественной промышленностью освоен серийный выпуск контроллеров различных типов, отличающихся по конструктивному исполнению и реализуемой ими технологии управления движением. В зависимости от времени их выпуска и элементной базы, являющейся основой конструкции контроллера, можно наметить три этапа их производства.

Контроллеры первого поколения разработаны в 60-х годах, выпускались промышленностью примерно до 1980 г. Большинство из них находится в эксплуатации в настоящее время. Их общие отличительные особенности — выполнение на дискретных элементах, узкая специализация по алгоритмам управления, отсутствие возможности управления по отдельным направлениям перекрестка (а следовательно, и реализации переходных интервалов, состоящих из двух и более промежуточных тактов), ограниченное число фаз регулирования (не более трех). Подобный подход имел свои преимущества: узкая специализация и ограничения в технологии управления позволяли создавать экономичные схемы с относительно малой стоимостью.

В рамках первого этапа было освоено производство:

локальных контроллеров — упрощенные контроллеры серии УК (УК-1, УК-1У1, УК-2), пешеходные и универсальные вызывные устройства (ПВУ-2М и УВУ-2М), счетно-программное решающее устройство транспорта (СПРУТ-1М);

системных контроллеров — бесконтактные контроллеры телемеханические (БКТ-3М, БКТ-4, БКТ-5, БКТ-6, БКТ-7).

Следует отметить, что, хотя основным назначением контроллеров УК-1У1 и УК-2 является управление движением на отдельном перекрестке, они обладают возможностью работы в составе простых бесцентровых систем координированного управления. Контроллеры СПРУТ-1М и БКТ-7 являются адаптивными с возможностью реализации алгоритма поиска разрыва в транспортном потоке. Назначение контроллеров БКТ-3М и БКТ-4 было практически одинаковым, поэтому последний выпускался сравнительно короткое время. В дальнейшем в соответствующих системах управления его функции заменил контроллер БКТ-3М.

Рост интенсивности движения и связанное с этим усложнение схем организации движения потребовали дальнейшего совершенствования технических средств управления. Этому препятствовал ряд крупных недостатков контроллеров первого поколения. Во-первых, чрезвычайно развитая номенклатура затрудняла освоение серийного выпуска и модернизацию изделий. Во-вторых, отсутствовала возможность наращивания функций установленных на перекрестках контроллеров в процессе их эксплуатации. В-третьих, отсутствие унификации в запасных изделиях и необходимость изучения службой эксплуатации развитой номенклатуры устройств ухудшали показатели надежности изделий.

Поэтому в 70-х годах был разработан принципиально новый подход к проектированию и производству ДК. Практически начиная с 1980 г. в эксплуатации появились контроллеры второго поколения, выпускаемые в рамках агрегатной системы средств управления дорожным движением (АСС УД).

Отличительной особенностью контроллеров второго поколения явилось их построение из унифицированных функциональных блоков (агрегатный принцип). Указанная унификация позволила по сравнению с ранее выпускаемой техникой сократить число блоков примерно в 10 раз. Кроме этого, применение унифицированных шкафов и сопряжений сделало возможным менять назначение контроллера без его демонтажа путем лишь комбинации соответствующих блоков. Изменилась элементная база контроллеров — субблоки строились уже не на дискретных элементах, а на интегральных схемах. Значительно улучшилась технология управления: появилась возможность управлять движением по отдельным направлениям перекрестка, увеличилось число фаз регулирования, в контроллерах появились устройства, обеспечивающие безопасность движения при выходе из строя ламп красного сигнала или включении зеленых сигналов в конфликтующих направлениях.

В рамках второго поколения было освоено производство: локальных контроллеров — дорожный контроллер локальный ДКЛ-А, дорожный контроллер модифицируемый ДКМ 4-4; системных контроллеров — дорожные контроллеры модифицируемые ДКМ 2С-4, ДКМ 5-4, ДКМ 5-8, ДКМ 6-4, ДКМ 6-8, контроллер для управляемых дорожных знаков ДК 7.

В названиях контроллеров слово «модифицируемый» означает изменение типа контроллера путем установки или изъятия в существующем контроллере функциональных блоков.

Контроллеры ДКМ 4-4, ДКМ 6-4 и ДКМ 6-8 в своем составе имеют блоки, позволяющие реализовать адаптивный режим управления по поиску разрывов в транспортном потоке.

С 1985 г. освоено производство контроллеров третьего поколения с использованием микропроцессорной техники (ДКМП). Они существенно отличаются по конструктивному исполнению и технологии управления от контроллеров более ранних выпусков. Переход к производству контроллеров этого типа связан, с одной стороны, с широким внедрением микропроцессоров в сферу управления технологическими процессами в народном хозяйстве (переход на новую элементную базу), с другой — необходимостью реализации более эффективных режимов управления дорожным движением и построением разнообразных и гибких структур АСУД, приспособленных для городов с различной улично-дорожной сетью в условиях высокой интенсивности транспортных и пешеходных потоков.

Ниже в соответствии с указанными этапами развития приводится описание отечественных контроллеров. При этом большее внимание уделяется контроллерам, находящимся в настоящее время в производстве.

**Контроллеры первого поколения.** Наибольшее распространение получили контроллеры серии УК (упрощенные контроллеры), находящиеся в эксплуатации практически во всех городах СССР, где имеются светофорные объекты. Упрощенный контроллер размещается в металлическом шкафу навесного типа, который может быть установлен на стене здания, мачте освещения или специальной опоре. Передняя стенка шкафа имеет замки и уплотнения, препятствующие проникновению в контроллер пыли и влаги. Все контроллеры этой серии реализуют 2—3-фазную схему организации движения. Длительность промежуточного такта одинакова для всех фаз регулирования (устанавливается одним задатчиком времени). Ручное включение фаз с пульта контроллеров не предусмотрено.

Первая модель этого контроллера — УК-1 реализует одну жесткую программу или режим желтого мигания (ЖМ). Изменение программы возможно с помощью переключателей (задатчиков времени), предусмотренных для каждой фазы регулирования и промежуточного такта и расположенных на лицевой панели шкафа. Здесь же находится тумблер для перевода контроллера с режима «Программа» на режим ЖМ.

В период выпуска этого контроллера отсутствовали простые технические средства для реализации бесцентрового координированного управления на нескольких перекрестках одной магистрали. Поэтому в дальнейшем был налажен выпуск модернизированного контроллера УК-1У1, который отличался от предшествующей модели возможностью работать в системе координации.

И, наконец, последний контроллер этой серии УК-2 отличается от УК-1У1 наличием двух жестких программ, которые могут быть использованы в различные периоды суток в зависимости от интенсивности движения. Установка длительностей тактов в каждой фазе регулирования при наличии двух программ потребовала бы увеличения числа переключателей — задатчиков времени. Поэтому конструктивно лицевая панель УК-2 выполнена иначе, чем на предыдущих моделях. В данном случае на лицевую панель выведен коммутатор, где необходимая длительность тактов устанавливается с помощью перемычек. Переход с одной программы на другую или режим ЖМ может осуществляться либо вручную с помощью расположенных на лицевой панели тумблеров, либо автоматически в заданное время суток с помощью таймера (автомата переключения программ), подключаемого к контроллеру в качестве внешнего устройства. Особенностью всех контроллеров серии УК является четное значение длительности основных тактов, так как дискретность их задания составляет минимум 2 с. Остальные характеристики этих контроллеров приведены в табл. 4.1 (знак «+» означает наличие данного режима).

Таблица 4.1

Основные технические данные	УК-1У1	УК-2	1ВУ-2М	УВУ-2М	СПРУ1-1М
Число фаз регулирования	2 или 3	2 или 3	2	2	2 или 3
Режим работы:					
число программ	1	2	1	1	1
желтое мигание	+	+	—	+	+
ручное управление	—	—	—	+	+
вызывное действие	—	—	+	+	—
поиск разрывов в потоке	—	—	—	—	+
Длительность такта, с:					
основного	2—40	2—50	—	6—56	—
вызываемой фазы	—	—	12—28	10—30	—
промежуточного	2—13	2—13	3—7	3—13	3—8
Минимальная длительность такта по магистрали в режиме вызова, с	—	—	25—40	28—56	—
Длительность зеленого сигнала, с:					
минимальная	—	—	—	—	3—15
максимальная	—	—	—	—	20—60
Длительность экипажного времени, с	—	—	—	—	2—8
Число миганий ламп желтых сигналов в 1 мин	60	60	—	60	60
Мощность нагрузки, коммутируемая в такте (при напряжении 220 В), Вт	2000	2000	1200	2400	2400
Мощность, потребляемая контроллером без нагрузки, Вт	100	100	20	100	150
Габаритные размеры, мм	530 × 455 × 325	530 × 455 × 325	720 × 520 × 370	1247 × 644 × 524	1247 × 644 × 522
Масса, кг	50	45	60	120	120

Принцип работы вызывных устройств изложен в гл. 10. Пешеходное вызывное устройство ПВУ-2М, как и контроллеры серии УК, выполнено в виде навесного шкафа и реализует только 2 режима — вызов фазы пешеходами и режим жесткой программы по двухфазной схеме организации движения. Установка длительности основных («Стойте», «Идите») и промежуточных тактов, а также переключение с одного режима управления на другой осуществляются вручную с лицевой панели контроллера. При работе в режиме жесткой программы используются длительности основных тактов, принятых для режима вызова.

В отличие от ПВУ-2М универсальное вызывное устройство УВУ-2М расположено в напольном шкафу, который устанавливается рядом с проезжей частью на фундаменте. Оно может работать в режимах: одной жесткой программы, когда интенсивность движения в прямом и пересекающем направлениях носит стабильный характер; вызова фазы, если в одном из указанных направлений интенсивность мала и резко меняется в течение активного периода суток; желтого мигания; ручного управления. С пульта контроллера, расположенного на его лицевой панели, устанавливают длительность фаз, переводят с одного режима на другой, а также вручную переключают сигналы светофоров. При подключении к УВУ-2М таймера перевод с режима на режим (кроме ручного управления) может осуществляться автоматически в заданное время суток. Контроллер обрабатывает только 2 фазы регулирования. В режиме вызова необходимо подключить к контроллеру ДТ, устанавливаемые на направлениях, где осуществляется вызов фазы. УВУ-2М может работать в режиме пешеходного вызывного устройства, если вместо ДТ к нему подключить ТВП.

СПРУТ-1М является первым отечественным контроллером серийного производства, осуществляющим адаптивное управление на перекрестке. Контроллер обрабатывает 2 или 3 фазы регулирования. При этом в адаптивном режиме возможна работа контроллера с пропуском фазы, в которой ДТ не обнаружили прибывающие к перекрестку автомобили. Режим пропуска фазы можно отключить с пульта контроллера, если, кроме автомобилей, в течение этой фазы разрешено движение пешеходов. Кроме адаптивного, СПРУТ-1М реализует жесткое управление по одной программе, желтое мигание, ручное управление. Причем в режиме жесткой программы (когда контроллер отключается от детекторов транспорта) длительности основных тактов равны  $t_{3\max}$  соответственно для каждой фазы регулирования (см. подразд. 3.9).

Наличие большого числа режимов потребовало вывода на лицевую панель контроллера развитого пульта управления. На пульте имеются переключатели, с помощью которых устанавливаются длительности минимального и максимального зеленых сигналов, экипажного времени, промежуточного такта. Эти параметры устанавливаются для каждой фазы отдельно. Кроме этого, с помощью тумблеров, расположенных на пульте, можно переводить СПРУТ-1М в режимы ручного управления, ЖМ, жесткой программы, пропус-

ва фазы. При переводе контроллера в режим ручного управления фазы включаются с помощью кнопок, расположенных в нижней части пульта. Контролируют выполнение режимов по лампам индикации, также выведенным на пульт.

Контроллеры типа БКГ занимают особое место, так как они являются базовыми для серийно выпускавшихся систем управления дорожным движением и имеют узкую специализацию. В соответствии с классификацией, приведенной в подразд. 4.1, БКГ-3М и БКГ-5 являются программными контроллерами, а БКГ-6 и БКГ-7 — контроллерами непосредственного подчинения.

Все контроллеры БКГ представляют собой устанавливаемые на фундаменте металлические шкафы с запираемой на замок передней дверью. Шкаф изготовлен в брызгозащитном исполнении и имеет двухскатную крышу для защиты контроллера от атмосферных осадков. Провода вводятся через отверстие в дне шкафа. Все блоки контроллера укреплены на поворотной раме шкафа, благодаря чему к ним обеспечивается свободный доступ при наладке контроллера и его ремонте. На лицевой панели расположен пульт управления, который используют при работе контроллера в локальном режиме, а также для контроля его работы по выведенным на пульт лампам индикации. Для облегчения доступа к органам ручного управления в передней двери имеется специальная дверца, запираемая ключом. Ко всем контроллерам могут быть подключены выносные пульты управления. Шкафы контроллеров БКГ унифицированы и имеют габаритные размеры такие же, как и у контроллеров УВУ-2М и СПРУТ-1М (см. табл. 4.1).

Контроллеры БКГ-3М являются основной частью периферийного оборудования телемеханической системы координированного управления ГСКУ-3М или входят в состав бесцентровой системы координации ГСКУ-4. При работе в системе ГСКУ-3М контроллер обеспечивает прием и выполнение команд с диспетчерского пункта (ДП) и посылку в него телесигнализации о выполнении этих команд. С ДП контроллер может быть выведен на следующие режимы: работа по одной из трех жестких программ, заложенных в контроллере; ЖМ; ЗУ (включение вдоль магистрали на нескольких перекрестках зеленого сигнала для безостановочного пропуска специальных транспортных средств); отключение контроллера; перевод его на местное управление.

При отключении БКГ-3М от системы он переходит в локальный режим управления, продолжая обрабатывать ту программу, которая была в этот момент. В локальном режиме с пульта управления контроллера (или выносного пульта) можно вручную перевести контроллер с одной программы на другую, включить желтое мигание светофоров или ручное управление. В последнем случае фазы включают с помощью кнопок, расположенных в нижней части пульта. Число фаз может быть 2 или 3 в зависимости от схемы организации движения на перекрестке. Длительности основных и промежуточных тактов для каждой программы задаются путем установки перемычек на коммутаторах специальных субблоков.

Контроллер БК1-5 работает в составе автоматизированной системы координированного управления (АСКУ), которая может охватывать не одну, а несколько магистралей города. БК1-5 отрабатывает те же режимы, что и БК1-3М, однако в отличие от последнего имеет 5 программ, также заложенных в контроллер.

Контроллеры БК1-6 и БК1-7 предназначены для общегородской АСУД «ГОРОД-М». Их принципиальное отличие от других контроллеров серии БК1 заключается в том, что программы управления содержатся не в контроллерах, а в запоминающих устройствах управляющего вычислительного комплекса УП (обычно 4—5 программ), откуда они передаются в контроллеры по радиальным каналам связи. БК1-6 и БК1-7 имеют только по одной резервной программе, которая реализуется в локальном режиме при выходе из строя каналов связи с УП или при отключении контроллера от системы. Оба контроллера реализуют 2- или 3-фазную схему организации движения и при поступлении команды с УП передают обратную телесигнализацию об их выполнении. БК1-7 работает по алгоритму поиска разрывов в потоке и применяется вместе с Д1, устанавливаемыми на подходах к перекрестку.

В системном управлении БК1-6 обеспечивает работу по одной из программ УП, режимов ЖМ, ЗУ и ДУ. При этом в целях обеспечения безопасности движения фазы переключаются с одной на другую по командам из УП лишь по истечении заранее заданной минимальной длительности основного такта. По тем же причинам, если длительность основного такта превысила заранее заданное максимальное время, фазы переключаются независимо от команды из УП. В режиме диспетчерского управления фазы переключаются также по командам УП, но длительность основного такта не ограничивается, что необходимо для реализации режима ЗУ. В локальном режиме контроллером управляют с его пульта или выносного пульта управления.

БК1-7 отрабатывает те же режимы, однако в отличие от БК1-6 может корректировать программы УП в зависимости от обнаружения разрыва в транспортном потоке. При отключении от системы БК1-7 работает так же, как контроллер СПРУ1-1М.

Основные технические данные контроллеров БК1 приведены в табл. 4.2.

Выносной пульт управления применяется, когда затруднено ручное управление движением на перекрестке с пульта контроллера. При этом команды, посылаемые с ВПУ (переключение фаз, включение режима желтого мигания), имеют приоритет. Помимо контроллеров БК1, ВПУ, может быть также подключен к контроллерам СПРУ1-1М и УК-2.

**Контроллеры второго поколения (АСС УД).** К локальным контроллерам относятся ДКЛ-А и ДКМ 4-4, к системным ДКМ 2С-4, ДКМ 5-4, ДКМ 5-8, ДКМ 6-4, ДКМ 6-8, ДК 7. При этом ДКМ 2С-4 относится к классу программных контроллеров жесткого управления, остальные системные контроллеры — непосредственного

Таблица 4.2

Основные технические данные	БК1-3М	БК1-0	БК1-1
	2 или 3	2 или 3	2 или 3
Число фаз регулирования	2 или 3	2 или 3	2 или 3
Режим работы:			
число программ	3	1	1
желтое мигание	+	+	+
переключение фаз по командам с УП «зеленая улица»	+	+	+
диспетчерское управление	+	+	+
ручное управление	+	+	+
поиск разрывов в потоке	-	-	+
Длительность такта, с:			
основного	6—66	10—62	—
промежуточного	3—13	3—8	3—8
Длительность зеленого сигнала, с:			
минимальная	—	10	8—15
максимальная	—	62	20—60
Длительность экипажного времени, с	—	—	1—7
Число миганий ламп желтых сигналов в 1 мин	60	60	60
Мощность нагрузки, коммутируемая в такте (при напряжении 220 В), Вт	2400	2400	2400
Мощность, потребляемая контроллером без нагрузки, Вт	100	200	200
Масса, кг	120	150	150

подчинения. Особое место занимает ДК 7, управляющий дорожными знаками со сменными символами (УЗН).

Принцип максимально возможной унификации и серийной способности технических средств, заложенный в АСС УД, определил следующие типы конструктивов, из которых komponуется контроллер: субблок; блок-каркас, в котором размещаются субблоки; шкаф, в котором размещаются блоки. В зависимости от числа блоков в шкафу и их назначения определяется тип контроллера.

Субблок — основной элемент конструкции, не имеющий самостоятельного эксплуатационного назначения. Он представляет собой печатную плату, предназначенную для размещения электрического объединения и подсоединения к внешним цепям электро- и радиоэлементов. В зависимости от применяемой элементной базы субблоки могут выполняться на дискретных элементах или на интегральных микросхемах (рис. 4.7). Под дискретными понимаются логические элементы (транзисторы, резисторы, диоды), совокупность которых позволяет реализовать определенную функцию блока.

Увеличение функциональной сложности аппаратуры требует повышения плотности конструктивного исполнения, снижения массы и габаритных размеров устройств. Это, в свою очередь, ведет к снижению надежности систем в результате применения большого количества электро- и радиоэлементов. Увеличение плотности конструктивного исполнения при обеспечении достаточной надежности функциональных схем стало возможным после широкого освоения интегральных микросхем. В принципе одна интеграль-

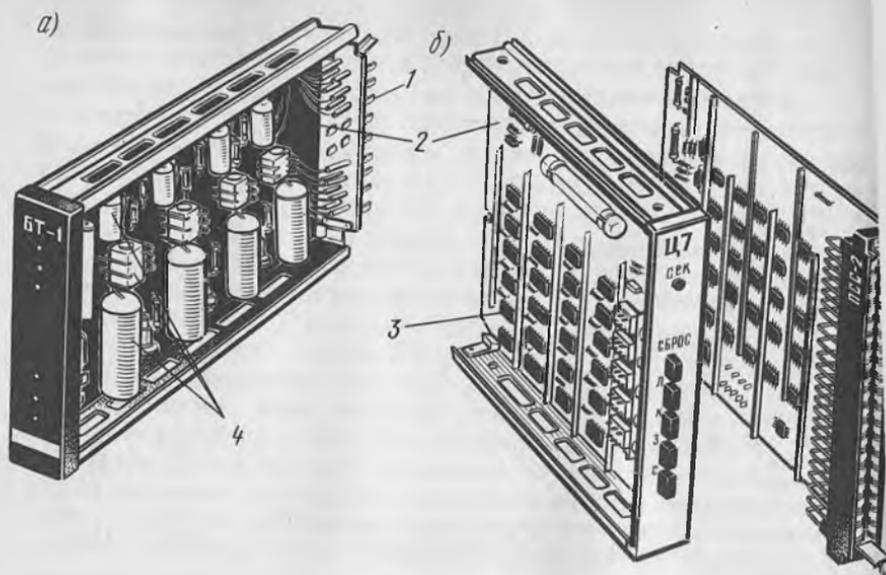


Рис. 4.7. Субблоки:

*а* — на дискретных элементах; *б* — с применением интегральных микросхем;  
 1 — разъем; 2 — печатная плата; 3 — микросхема; 4 — дискретные элементы

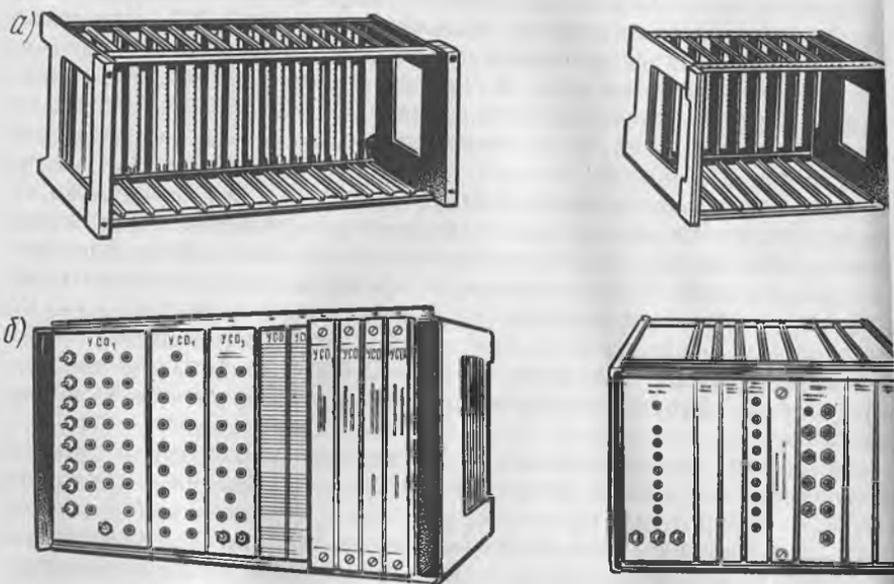


Рис. 4.8. Блок-каркасы (*а*) и блоки контроллера (*б*)

ная микросхема может заменить субблок, выполненный на дискретных элементах. При этом применение микросхем, кроме снижения габаритных размеров и массы изделий, способствует меньшему потреблению мощности и снижению стоимости.

В контроллерах первого поколения применялись только субблоки на дискретных элементах. В контроллерах второго поколения применяются субблоки обоих типов, причем большинство из них выполнено на микросхемах.

Субблок является подвижной, незащищенной монтажной платой с соответствующими разъемами для установки в блок-каркасах.

Блок-каркас — это несущая конструкция, где, кроме субблоков, могут устанавливаться блоки питания, панели индикации и ручного управления (рис. 4.8, а). Он состоит из двух вертикальных боковин, соединенных между собой металлическими планками, к которым крепятся направляющие. С задней стороны предусмотрены гнезда для установки ответных частей разъемов субблоков. В верхней части передней стороны блок-каркаса расположена специальная планка для маркировки устанавливаемых в блок-каркас субблоков. Блок-каркасы устанавливаются на поворотную раму контроллера и крепятся к ней винтами. Заполненные субблоками блок-каркасы (или их совокупность) образуют функциональные блоки контроллера (рис. 4.8, б).

Блоки устанавливают в металлический шкаф, унифицированный для всех контроллеров ДКМ (рис. 4.9). Шкаф снабжен дверью со специальными запорами, позволяющими герметизировать шкаф, и замком для предотвращения открывания шкафа посторонними лицами. На внутренней стороне двери имеется карман для документации. Межблочные соединения осуществляются с помощью разъемов, установленных на специальной панели с левой стороны поворотной рамы шкафа. Блоки соединяются с разъемами плоскими жгутами. На задней стенке шкафа установлены элементы коммутации ламп светофоров, присоединительные элементы (разъемы, клеммники) внешних цепей, фильтр подавления радиопомех и т. д. Кабели вводятся через специальные отверстия в дне шкафа. Сверху шкаф закрыт крышкой для защиты контроллера от пыли и атмосферных осадков. В его основании имеются отверстия для его крепления к фундаменту. Габаритные размеры шкафа, мм,  $1900 \times 800 \times 450$ . Масса полностью укомплектованного контроллера зависит от его типа (числа и вида установленных в нем блоков) и находится в пределах 140—260 кг.

Контроллеры ДКЛ-А, ДКМ 2С-4 и ДК 7 располагаются в небольших шкафах меньших размеров.

Для построения контроллера любого типа используют стандартный набор следующих блоков. *Блок управления светофорным объектом* — БУСО. Он обеспечивает преобразование сигналов от внешних устройств в сигналы включения светофорных ламп и формирование ответной сигнализации об обрабатываемой фазе движения. На коммутаторах блока устанавливаются: приоритет режимов управления; число фаз регулирования; распределение направле-

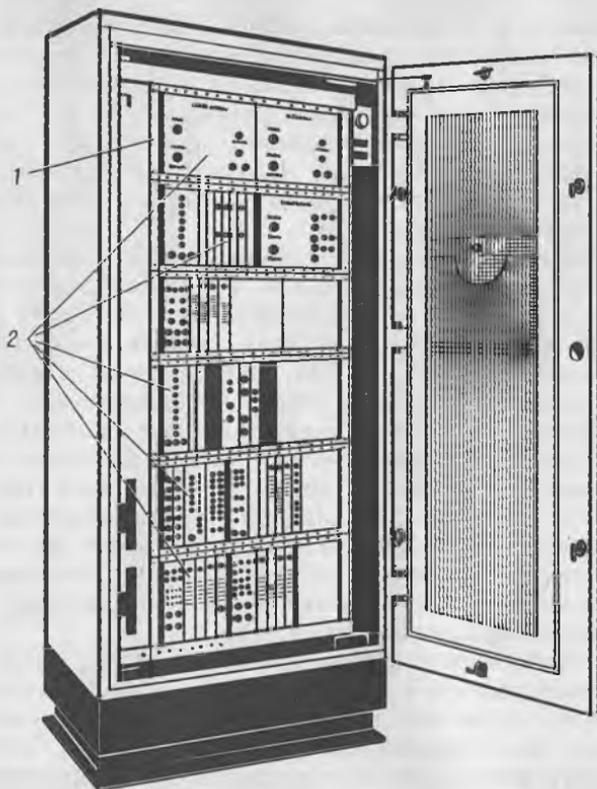


Рис. 4.9. Дорожный контроллер ДКМ:  
 1 — поворотная рама; 2 — олоки контроллера

ний по фазам; порядок переключения фаз; длительности основных тактов жесткой программы, заложенной в контроллере; минимальное время основного такта, до истечения которого фазы не переключаются; длительность красного сигнала, который включается на всех светофорах перекрестка после включения контроллера в сеть или после режима ЖМ (обычно 3—7 с). Кроме этого, БУСО включает режим ЖМ и контролирует включение зеленых сигналов в конфликтных направлениях. Для контроллеров жесткого управления к БУСО подключают ИВГ.

*Блок переключения светофорных сигналов* — БПСС. Он обрабатывает команды, посылаемые в силовую часть контроллера на переключение ламп светофорного объекта, контролирует переключение ламп красных сигналов, обеспечивает обработку временных программ промежуточных тактов. Последняя функция блока позволяет управлять движением по отдельным направлениям перекрестка. Для этого на коммутаторах соответствующих субблоков БПСС устанавливается время дополнительного зеленого сигнала.

но позволяет продлить основной такт, установленный в БУСО, или начать его раньше. Дополнительное время зеленого сигнала берется из 20 с, отводимых для промежуточного такта. Оставшееся время распределяется между зеленым миганием, желтым и красным (или красным с желтым и красным) сигналами. Таким образом формируется программа переключений сигналов для отдельных направлений. Каждым регулируемым направлением управляет один субблок БИСС. Лишние субблоки убирают (если не использовано максимальное число регулируемых направлений, заложенных в контроллере).

*Блок местного гибкого регулирования* — БМГР. Он обеспечивает реализацию алгоритма поиска разрывов в транспортном потоке. В блоке устанавливаются распределение каналов связи с блоками ДПП и число фаз с гибким управлением (максимум 4 фазы даже, если контроллер имеет 8 фаз регулирования), группируются направления движения по фазам, определяются фазы, которые не пропускаются при отсутствии сигналов от детекторов. На коммутаторах БМГР устанавливаются длительности минимального и экипажного времени для каждой фазы регулирования. К БМГР подключается табло ГВП.

*Блок связи с телемеханикой* — БСТ. Он обеспечивает расшифровку команд телеуправления из управляющего пункта и формирование телесигналов в управляющий пункт.

*Блок обмена информацией периферийный* — БОИП. Он осуществляет функцию обмена информацией между дорожным контроллером и управляющим пунктом, выдачу служебных сигналов в блоки ДПП I и БСТ и обмен информацией в последовательном коде с этими блоками.

*Блок детекторов транспорта* — ДПП. Он выдает сигналы запроса от проходящих контролируемую детектором зону транспортных средств в БМГР и БОИП.

*Блок выбора и синхронизации программ* — БВСП. Он обеспечивает синхронизацию контроллеров в бесцентровой системе координации.

*Блок управления знаком* — БУЗ. Он формирует сигналы для переключения символов управляемых знаков в зоне перекрестка.

*Блоки питания унифицированные* — БПУ-6, БПУ-9. Они обеспечивают выработку напряжений питания логических элементов контроллера.

Число и тип блоков, входящих в состав различных контроллеров, приведены в табл. 4.3.

В соответствии с функциональным назначением блоков контроллеры обрабатывают следующие режимы:

ДКЛ-А управляет светофорной сигнализацией по двум жестким программам;

ДКМ 4-4 управляет светофорной сигнализацией по алгоритму поиска разрывов в транспортном потоке с пропуском или без пропуска фаз в локальном режиме. При необходимости может быть переведен на работу по одной жесткой программе;

тип ДК	Число блоков в ДК									
	БУСО	БПСС	БС1	БМГР	БУЗ	БВСП	БОИП	ДТП1	БПУ-6	БПМ
ДКЛ-А	1	1	—	—	—	—	—	—	1	—
ДКМ 2С-4	1	2	—	—	—	1	—	—	1	1
ДКМ 4-4	1	2	—	1	—	—	—	1	1	1
ДКМ 5-4	1	2	1	—	—	—	1	—	2	—
ДКМ 5-8	1	4	1	—	—	—	1	—	2	1
ДКМ 6-4	1	2	1	1	—	—	1	1	2	1
ДКМ 6-8	1	4	1	1	—	—	1	1	3	1
ДК 7	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1

ДКМ 2С-4 управляет светофорной сигнализацией по трем жестким программам с возможностью его включения в бесцентровую систему координации. Переход с программы на программу осуществляется вручную или автоматически в заданное время суток с помощью таймера.

ДКМ 5-4 (ДКМ 5-8) управляет светофорной сигнализацией в режиме «телеуправление» по программам, заложенным в УП. При этом осуществляется либо координированное, либо диспетчерское управление, либо включение участков маршрутов «зеленой улицы». При диспетчерском управлении любой из светофорных объектов может быть переведен на режим ЖМ или отключен. Контроллеры могут управлять работой светофоров типа 4 на полосах или улицах с реверсивным движением. В режиме «Телесигнализация» контроллеры передают в УП информацию о режиме управления, об обрабатываемой фазе, о неисправности светофорного объекта. При нарушении каналов связи или отключении от УП контроллеры переходят на управление светофорами по одной жесткой резервной программе.

ДКМ 6-4 (ДКМ 6-8) — имеют те же режимы управления, что и два предыдущих контроллера, однако в силу наличия в них блоков БМГР и ДТП1 могут корректировать программы, поступающие из УП. В режиме резервной программы они, помимо жесткого управления, могут работать по алгоритму поиска разрывов в транспортном потоке.

Общими свойствами всех контроллеров второго поколения (кроме ДК 7) являются:

- вызов фазы пешеходами при подключении к ДК ТВП;
- режим ЖМ (60 миганий ламп желтого сигнала в 1 мин);
- ручное управление как с выносного пульта, так и с органов управления, расположенных на блоках контроллера;
- работа в диапазоне температур  $-50...+50^{\circ}\text{C}$ ;
- длительность основных тактов в пределах 3—60 с;
- длительность промежуточных тактов в пределах 3—20 с;
- максимальная мощность нагрузки, коммутируемая в такте 3300 Вт;

Технические данные	ДКЛ-А	ДКМ 2С-4	ДКМ 4-4	ДКМ 5-4	ДКМ 5-8	ДКМ 6-4	ДКМ 6-8
	Число фаз регулирования	4	4	4	4	8	4
Число регулируемых направлений движения	4	8	8	8	16	8	16
Число программ в контроллере	2	3	1	1	1	1	1
Адаптивное управление	—	—	+	—	—	+	+
Переключение фаз по командам с УП	—	—	—	+	+	+	+
Циспетчерское управление	—	—	—	+	+	+	+
Число маршрутов ЗУ	—	—	—	4	4	4	4

максимальная длина линии связи между ДКМ и управляющим пунктом 25 км;

максимальная длина линии связи между ДК и ВПУ или ДТ — 500 м.

Остальные технические данные контроллеров различных типов приведены в табл. 4.4.

Контроллер ДК 7 обеспечивает смену 7 позиций УЗН по сигналам из управляющего пункта. При этом максимальный ток нагрузки, коммутируемый в момент переключения позиций знака, составляет 5,6 А. Максимальная длина линии связи между ДК 7 и знаком 50 м.

Выносной пульт управления контроллером применяется для обеспечения удобства ручного управления. Его размещают либо в кабине регулировщика, либо на месте, с которого хорошо виден весь перекресток. В последнем случае ВПУ снабжается специальной стойкой. В зависимости от числа фаз регулирования (4 или 8) для контроллеров второго поколения применяют два типа выносных пультов — ВПУ 2 и ВПУ 4. В качестве примера на рис. 4.10 показан ВПУ 4, снабженный стойкой 2 для установки его на открытом воздухе, а также крышкой 1, шарнирно соединенной с корпусом пульта. При опускании ее на пульт она запирается на замок, предотвращая доступ к пульту посторонних лиц.

С ВПУ возможны ручное переключение фаз регулирования в любой последовательности, вызов участков ЗУ, режима ЖМ, отключение светофоров. При этом перед включением очередной фазы автоматически обрабатывается промежуточный такт. Для визуального контроля выполнения запрашиваемых режимов управления на пульте имеется соответствующая индикация.

**Контроллеры третьего поколения.** Для контроллеров этого поколения характерно применение встроенного микропроцессора, что меняет устройство контроллера и существенно расширяет технологию управления дорожным движением.

В настоящее время освоено производство контроллера ДКМП-1М, который является универсальным, учитывая возможность с его помощью обработки всех алгоритмов управления, характерных

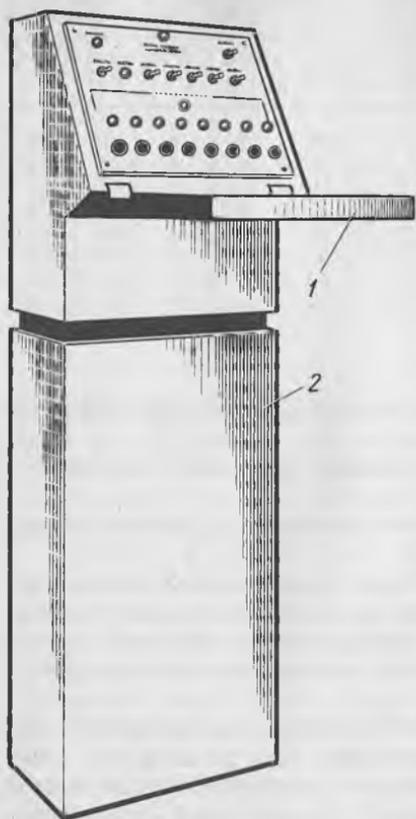


Рис. 4.10. Вариант исполнения ВПУ

для ДК АСС УД. Кроме этого, и ДКМП-1М могут быть запрограммированы и реализованы адаптивные алгоритмы, иные, чем общепринятый метод поиска разрывов в транспортном потоке, предусмотрены вывод в любой момент времени на инженерную панель (пульт управления контроллера) параметров транспортных потоков на перекрестке, построение на базе ДКМП-1М иных структур АСУД и возможность их сопряжения с системами, построенными на технических средствах АСС УД.

Контроллер расположен в брызгозащитном металлическом шкафу тех же размеров, что и контроллеры ДКМ, и рассчитан на непрерывную круглосуточную работу на открытом воздухе при температуре  $-45...+50^{\circ}\text{C}$ .

При локальном управлении ДКМП-1М обеспечивает работу по жесткой временной программе или в режиме местного гибкого регулирования (поиск разрывов в потоке или любой другой адаптивный алгоритм, запрограммированный в вычислительном модуле).

Кроме этого, он осуществляет вызов фазы от 1ВП или СКА, а также по командам, посылаемым с ИП контроллера или ВПУ. При необходимости может обрабатываться режим ЖМ.

ДКМП-1М обеспечивает переключение сигналов с разрешающего на запрещающий только по истечении заранее заданного минимального зеленого сигнала. При включении контроллера в сеть обрабатывается в течение 3 с режим «кругом красный».

Технические данные ДКМП-1М:

Число фаз регулирования . . . . .	до 8
Число подключаемых детекторов транспорта . . . . .	до 16
» » управляемых знаков (через ДК 7) . . . . .	до 5
» » СКА . . . . .	до 4
Максимальная мощность нагрузки, коммутируемая в такте, Вт . . . . .	до 6600
Мощность, потребляемая контроллером без нагрузки, Вт . . . . .	400
Масса, кг . . . . .	300

Возможное число регулируемых направлений определяется исходя из наличия в контроллере 64 тиристоры, которые вклю-

аются и выключаются независимо друг от друга. К каждому тиристорному устройству может быть подключено до 4 светофорных ламп.

При системном управлении могут быть два варианта использования ДКМП-1М.

Первый вариант предусматривает его использование в бесцентровой системе координированного управления, когда с контроллером посредством магистрального канала связаны другие ДКМП-1М или ДКМ 2С-4. Координированное управление осуществляется по трем программам, заложенным в контроллеры. Переход с одной программы на другую происходит вручную с любого контроллера или автоматически с помощью таймера в заданное время суток.

Второй вариант предусматривает использование ДКМП-1М в рамках АСУД. Каждый контроллер перекрестка связан своим (радиальным) каналом связи с контроллером зонального центра (КЗЦ). По командам КЗЦ обрабатываются режимы включения: фазы или разрешающего сигнала в данном направлении; резервной программы координированного управления (РКУ); УЗН; резервной программы (РП) местного управления; ЖМ; участка ЗУ, а также отключение светофоров (ОС), диспетчерское управление (ДУ).

При поступлении нескольких команд (например, из КЗЦ, ВПУ или ТВП) контроллер обеспечивает следующую последовательность приоритета их исполнения: команды с инженерной панели ДКМП-1М; с ВПУ (ОС, ЖМ, фаза); режим ДУ (ОС, ЖМ, фаза); режим ЗУ из КЗЦ; ЗУ от СКА; команды ДУ на включение режима РП; режим КУ; режим МГР; режим РКУ; режим РП.

ДКМП-1М контролирует перегорание светофорных ламп и одновременное включение зеленых сигналов в конфликтных направлениях. Кроме этого, контролируется исправность каналов детекторов транспорта, подключенных к контроллеру; исправность группы УЗН; исправность связи с КЗЦ.

Выпускаемый в настоящее время ДКМП-1М, учитывая его широкие технологические возможности, предназначен в основном для работы в составе общегородских АСУД или для эксплуатации в локальных режимах на перекрестках со сложной организацией движения. Для более простых случаев освоен выпуск контроллеров ДКЛ-МП1 и ДКЛ-МП2. Первый является локальным и реализует как жесткое, так и адаптивное управление (при наличии ДТ). Второй предназначен для работы в составе централизованных или бесцентровых АСУД. В последнем случае точность отсчета параметров управления контролируется по радиосвязи один раз в час по шестому сигналу точного времени. Благодаря этому необходимость в синхронизирующем устройстве отпадает.

Общим для обоих контроллеров является:

Число фаз регулирования . . . . .	До 6
« регулируемых направлений . . . . .	До 8
« программ управления . . . . .	До 8

Максимальная мощность нагрузки, Вт . . . . .	2640
Габаритные размеры шкафа, мм . . . . .	600×600×450
Масса, кг . . . . .	60

В настоящее время отечественной промышленностью ведется разработка и других типов ДКМП. Это позволит в дальнейшем полностью перейти на использование технических средств третьего поколения.

### Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены дорожные контроллеры?
2. Назовите основные типы контроллеров.
3. Какие основные устройства входят в состав контроллера?
4. Как работают программно-логическое и исполнительное устройства?
5. Каковы особенности программно-логического устройства контроллера, работающего по принципу поиска разрывов в транспортном потоке?
6. Назовите конструктивные элементы, из которых компонуется контроллер.
7. Каково назначение выносного пульта управления?
8. Каковы принципы коммутации ламп светофоров?
9. Как осуществляется автоматический контроль перегорания ламп?
10. Каковы особенности контроллеров первого поколения?
11. Дайте характеристику контроллеров АСС УД.
12. Каковы особенности устройства и работы контроллера с микропроцессором?

## 5.1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Детекторы транспорта предназначены для обнаружения транспортных средств и определения параметров транспортных потоков. Эти данные необходимы для реализации алгоритмов гибкого регулирования, расчета или автоматического выбора программы управления дорожным движением.

Любой детектор (рис. 5.1) включает в себя чувствительный элемент (ЧЭ), усилитель-преобразователь и выходное устройство (ВУ).

Чувствительный элемент непосредственно воспринимает факт прохождения или присутствия транспортного средства в контролируемой детектором зоне в виде изменения какой-либо физической характеристики и вырабатывает первичный сигнал.

Усилитель-преобразователь усиливает, обрабатывает и преобразовывает первичные сигналы к виду, удобному для регистрации измеряемого параметра транспортного потока. Он может состоять из двух узлов: первичного и вторичного преобразователей. Первичный преобразователь усиливает и преобразует первичный сигнал к виду, удобному для дальнейшей обработки. Вторичный преобразователь обрабатывает сигналы для определения измеряемых параметров потока, представления их в той или иной физической форме. В отдельных детекторах вторичный преобразователь может отсутствовать или совмещаться с первичным в едином функциональном узле.

Выходное устройство предназначено для хранения и передачи по специально выделенным каналам связи в УП или контроллер сформированной детектором транспорта информации.

Детекторы транспорта можно классифицировать по назначению, принципу действия чувствительного элемента и специализации (измеряемому ими параметру).

По назначению детекторы делятся на проходные и присутствия.

Проходные детекторы выдают нормированные по длительности сигналы при появлении транспортного средства в контролируемой



Рис. 5.1. Общая структурная схема ДД

детектором зоне. Параметры сигнала не зависят от времени нахождения в этой зоне транспортного средства. Таким образом, этот тип детекторов фиксирует только факт появления автомобиля, что необходимо для реализации алгоритма поиска разрыва в потоке. В силу этого проходные детекторы нашли наибольшее распространение.

Детекторы присутствия выдают сигналы в течение всего времени нахождения транспортного средства в зоне, контролируемой детектором. Эти типы детекторов по сравнению с проходными применяются реже, так как они предназначены в основном для обнаружения предзаторовых и заторовых состояний потока, определения длины очередей, транспортных задержек.

По принципу действия чувствительные элементы детекторов транспорта можно разделить на три группы: контактного типа, излучения, измерения параметров электромагнитных систем.

*Чувствительные элементы контактного типа* бывают электро-механические, пневмо- и пьезоэлектрические. Их объединяет то, что сигнал о появлении автомобиля возникает от непосредственного его соприкосновения с ЧЭ (в электро-механическом — с электрическим контактором, в пневматическом — с шлангом, в пьезоэлектрическом — с пьезоэлементом).

Электро-механический ЧЭ состоит из двух стальных полос, завулканизированных герметически резиной. Его устанавливают перпендикулярно к направлению движения транспортных средств на уровне дорожного покрытия. При наезде колес автомобиля на ЧЭ контакты замыкаются и формируется электрический импульс.

Пневмоэлектрический ЧЭ представляет собой резиновую трубку, заключенную в стальной лоток. Лоток состоит из секций, эластично соединенных между собой, что позволяет устанавливать ЧЭ поперек проезжей части в соответствии с профилем дороги. Один конец резиновой трубки заглушен, а другой связан с пневмореле. При наезде автомобиля на трубку давление воздуха в ней повышается, действуя на мембрану пневмореле и замыкая его электрические контакты. Стальной лоток устанавливают в бетонном основании таким образом, чтобы усилия от колес автомобиля воспринимались лотком и окружающим его бетоном. Это гарантирует определенный зазор между стенками трубки в момент сжатия, что позволяет в случае остановки автомобиля на трубке детектора не перекрывать ее полностью и таким образом регистрировать другие проходящие автомобили.

Пьезоэлектрический ЧЭ представляет собой полимерную пленку, обладающую способностью поляризовать на поверхности электрический заряд при механической деформации. Для предохранения от механических повреждений пленку оборачивают резиновой лентой, а ленту, в свою очередь, латунной сеткой, являющейся одновременно электростатическим экраном. Чувствительный элемент крепят на поверхности дорожного покрытия металлическими скобами.

Чувствительные элементы контактного типа сравнительно просты по конструкции и монтажу. Однако им присущ общий недостаток — счет числа осей, а не числа автомобилей. Для устранения этого недостатка в схеме детектора необходимо применять специальный временной селектор. Кроме этого, их работоспособность зависит от климатических условий (обледенение дорожного покрытия, снежные заносы и т. п.). Поэтому такие детекторы транспорта не получили широкого распространения.

К ЧЭ излучения можно отнести фотоэлектрические, радарные, ультразвуковые.

Фотоэлектрический ЧЭ включает в себя источник светового луча и приемник с фотоэлементом. При прерывании луча транспортным средством изменяется освещенность фотоэлемента, что вызывает изменение его электрических параметров. Луч света должен быть направлен поперек проезжей части. Поэтому излучатель и фотоприемник располагают по разные стороны дороги напротив друг друга. Они могут размещаться и в одном корпусе. В этом случае луч света отражается от установленного на противоположной стороне дороги зеркала. В качестве источников излучения могут применяться лампы накаливания, источники инфракрасного излучения и т. п. Недостатком фотоэлектрических ЧЭ является погрешность измерений, возникающая при многорядном интенсивном движении автомобилей. Кроме этого, подобные ЧЭ не обладают необходимой надежностью: на их работу оказывают большое влияние пыль, грязь, дождь, снег. Это обуславливает необходимость постоянного надзора за их работой. Вместе с тем благодаря сравнительно простой установке чувствительных элементов фотоэлектрические детекторы нашли применение для научно-исследовательских целей при кратковременных обследованиях дорожного движения.

Радарный ЧЭ представляет собой направленную антенну, устанавливаемую сбоку от проезжей части или над ней. Излучение направляется вдоль дороги и, отражаясь от движущегося автомобиля, принимается антенной. Радарный детектор не только фиксирует факт проезда автомобилем контролируемой зоны, но и его скорость по разности частот колебаний излученной и отраженной радиоволн (эффект Доплера).

Ультразвуковой ЧЭ представляет собой приемоизлучатель импульсного направленного луча. Он выполнен в виде параболического рефлектора с помещенным внутри пьезоэлектрическим преобразователем, генерирующим ультразвуковые импульсы. Приемоизлучатель устанавливается над проезжей частью на высоте 7—10 м. В работе этого детектора используется принцип отражения ультразвуковых импульсов от поверхности проходящего автомобиля. Автомобиль регистрируется при обнаружении разницы в интервалах времени от момента посылки до приема импульсов, отраженных от автомобиля или дорожного покрытия. Недостатками ультразвуковых ЧЭ являются его чувствительность к акустическим и механическим помехам и необходимость жесткого фикси-

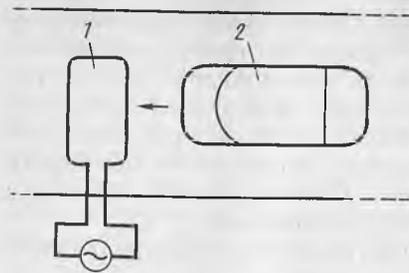


Рис. 5.2. Чувствительный элемент индуктивного детектора:  
1 — рамка; 2 — автомобиль

рования в пространстве для того, чтобы приемоизлучатель противостоял действию ветровой нагрузки.

К ЧЭ измерения параметров электромагнитных систем можно отнести магнитные и индуктивные ЧЭ.

Магнитный ЧЭ состоит из катушки с магнитным сердечником. Катушку помещают в трубу для защиты от повреждений и закладывают под дорожное покрытие на глубину 15—30 см. Авто-

мобиль регистрируется благодаря искажению магнитного поля в момент его прохождения над ЧЭ. Недостатками этого детектора являются низкие помехоустойчивость и чувствительность. Транспортные средства, движущиеся с малыми скоростями (менее 10 км/ч), он не регистрирует.

Индуктивный ЧЭ представляет собой рамку, состоящую из одного-двух витков изолированного и защищенного от механических воздействий провода (рис. 5.2). Рамку закладывают под дорожное покрытие на глубину 5—8 см. При прохождении над рамкой автомобиля, обладающего металлической массой, ее индуктивность изменяется и автомобиль регистрируется.

Специализация детектора зависит от параметра транспортного потока, для определения которого он предназначен (интенсивность, плотность, состав, скорость и т. д.). Принципы построения детекторов основаны на методах прямого и косвенного определения этих параметров.

Прямыми методами определяют момент прохождения автомобилем контролируемой зоны  $t_{пр}$  и время присутствия автомобиля в этой зоне  $\tau_{пр}$ . Остальные параметры определяют косвенно через эти показатели.

Среднюю скорость автомобиля  $v_a$ , м/с, определяют по времени прохождения им базового расстояния  $l$  между сечениями дороги  $i$  и  $j$ :

$$v_a = l_{ij} / (t_{прj} - t_{прi}),$$

где  $l_{ij}$  — расстояние между сечениями  $i$  и  $j$ , м;  $t_{прi}$  и  $t_{прj}$  — моменты прохождения автомобилем соответственно сечений дороги  $i$  и  $j$ , с.

Временной интервал между  $n$ -м и  $(n-1)$ -м автомобилями  $\Delta t$  в одном и том же сечении дороги  $\Delta t = t_{пр(n)} - t_{пр(n-1)}$ .

Число автомобилей между сечениями  $i$  и  $j$  в момент времени  $t$ :

$$n_{ij}(t) = n_i(t) - n_j(t) + n_{ij}(0),$$

где  $n_i(t)$ ,  $n_j(t)$  — число автомобилей, прошедших за время  $t$  соответственно через сечения  $i$  и  $j$ ;  $n_{ij}(0)$  — начальное число автомобилей между этими сечениями.

Длина автомобиля

$$l_a = \tau_{пр} v_a - b_{дт}, \quad (5.1)$$

где  $b_{дт}$  — длина контролируемой детектором зоны, м.

Естественно, в случае остановки автомобиля в контролируемой детектором зоне формула (5.1) теряет смысл.

## 5.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕТЕКТОРОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Наибольшее распространение в нашей стране и во многих других странах получили индуктивные детекторы транспорта. Это объясняется простотой исполнения чувствительного элемента и расположением детектора в дорожном покрытии, что упрощает его эксплуатацию и повышает надежность. Кроме этого, определенное время выпускался серийно ультразвуковой детектор, предназначенный в основном для работы с контроллером СПРУТ-1М.

Таким образом, в рамках первого поколения технических средств было налажено производство детекторов: индуктивного ДИ-М и ультразвукового ДГУ-2, в рамках технических средств второго поколения — индуктивных детекторов ДП1 — ДП6.

ДИ-М определяет момент прохождения или время присутствия транспортного средства по четырем каналам. Действие детектора основано на появлении фазового сдвига между входными сигналами фазового преобразователя в момент прохождения автомобиля над индуктивной рамкой.

Блок управления (усилитель-преобразователь) ДИ-М располагается в навесном шкафу, который устанавливают на специальной опоре или крепят к стене здания. В дне шкафа предусмотрен вывод кабеля, соединяющего детектор с рамкой. Для связи используется тот же провод, что и для индуктивной рамки (сечение не менее 1,5 мм<sup>2</sup>), или любой коаксиальный кабель.

Технические данные ДИ-М:

Потребляемая мощность, Вт	60
Длительность проходного сигнала, мс	25
Максимальная скорость движения обнаруживаемого автомобиля, км/ч	120
Контролируемая зона (по ширине дороги), м	3—10
Число полос, контролируемых одним каналом в режиме:	
проходном	1—3
присутствия	1
Длина линии связи между рамкой и блоком управления, м	до 200

Работа ДГУ-2 основана на принципе ультразвуковой локации (рис. 5.3). Импульсы, ультразвуковые частоты, излучаемые передатчиком ПД, установленным на высоте  $h$  над проезжей частью, отражаются от дорожного покрытия либо от крыши автомобиля и поступают в приемник ПР детектора. В первом случае время прохождения импульса от ПД к ПР детектора

$$t_1 = 2h / v_{зв},$$

где  $v_{зв}$  — скорость распространения звуковых колебаний в воздухе ( $v_{зв} = 330$  м/с).

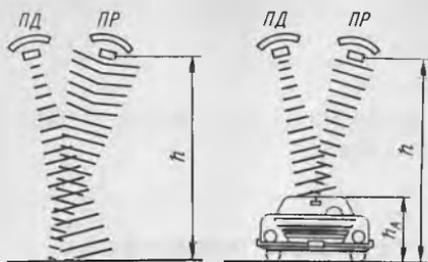


Рис. 5.3. Принцип действия ультразвукового детектора транспорта

Во втором случае

$$t_2 = 2(h - h_A) / v_{зв},$$

где  $h_A$  — высота автомобиля, м.

Очевидно, что  $t_2 < t_1$ .

Приемник детектора содержит электронный ключ, связанный с усилительно-преобразовательным каскадом (УПК). Эта связь существует, пока электронный ключ включен. Время включенного состояния  $t_{вк}$  выбрано таким образом, что  $t_1 > t_{вк} > t_2$ . Поэтому

в УПК поступают лишь импульсы, отраженные от автомобиля.

Технические данные Д1У-2:

Потребляемая мощность, Вт . . . . .	50
Рабочая частота, кГц . . . . .	18
Максимальная скорость обнаруживаемого автомобиля, км/ч . . . . .	100
Максимальная длина связи между приемоизлучателем и блоком управления, м . . . . .	300

Приемоизлучатель располагается над каждой полосой движения, обозначенной сплошной линией разметки, и связан с электронным блоком управления детектора коаксиальным кабелем. Блок управления расположен в навесном шкафу, который устанавливают на специальных опорах, мачтах уличного освещения или стенах зданий.

В настоящее время в нашей стране освоено серийное производство только индуктивных ДГ следующих модификаций:

ДГ1 — формирует сигналы прохождения или присутствия транспортных средств с учетом или без учета направления движения при грубом измерении времени присутствия;

ДГ2 — формирует сигналы присутствия транспортного средства без учета направления движения при точном измерении времени присутствия;

ДГ3 — формирует сигналы присутствия транспортного средства с учетом направления движения при точном измерении времени присутствия;

ДГ4 — формирует сигналы, соответствующие времени прохождения транспортным средством базового участка пути;

ДГ5 — формирует сигналы прохождения транспортных средств с разделением транспортных единиц на грузовые и легковые;

ДГ6 — формирует сигналы, соответствующие числу транспортных средств, находящихся на контролируемом участке дороги.

Таким образом, ДГ1 предназначен в основном для установления факта прохождения автомобилем контролируемой зоны (измерения интенсивности движения), ДГ2 и ДГ3 — для определения длины очереди, задержки, затора в движении, ДГ4 — для измерения скорости движения, ДГ5 — состава потока, ДГ6 — плотности потока.

Д11—Д16 отличаются друг от друга вторичным преобразованием, вид которого определяется измеряемой детектором характеристикой. Первичный преобразователь в этих детекторах унифицирован и в отличие от Д1И-М фиксирует проходящий автомобиль не по фазовому сдвигу, а по изменению амплитуды колебаний.

Из первичного и вторичных преобразователей формируются функциональные блоки, соответствующие определенному типу детектора.

Так как для реализации алгоритма поиска разрыва в потоке достаточным является использование детектора Д11, то блок, обеспечивающий его работу, ДТ11 располагается непосредственно в контроллере (см. табл. 4.3). В остальных случаях, когда информация от детектора передается непосредственно в УП системы (например, интенсивность движения, скорость, состав потока), его функциональные блоки устанавливают в специальных напольных контейнерах (рис. 5.4), состоящих из двух секций. В верхней секции находится блок питания и функциональный блок детектора, в нижней — коммутационные элементы, предохранители, сетевой фильтр. Расстояние от контейнера (контроллера) до индуктивной рамки не должно превышать 250 мм. Потребляемая детектором мощность не более 60 Вт.

Детектор Д11 может иметь индуктивную рамку, предназначенную для одной или нескольких полос движения (до четырех). Это зависит от принятой схемы организации движения на перекрестке. Остальные детекторы с учетом характера собираемой ими информации в качестве чувствительного элемента имеют только однополосные рамки.

Индуктивным детектором, несмотря на ряд их преимуществ, присущи и некоторые недостатки. В частности, расположение индуктивной рамки в дорожном покрытии предъявляет к нему достаточно высокие тре-

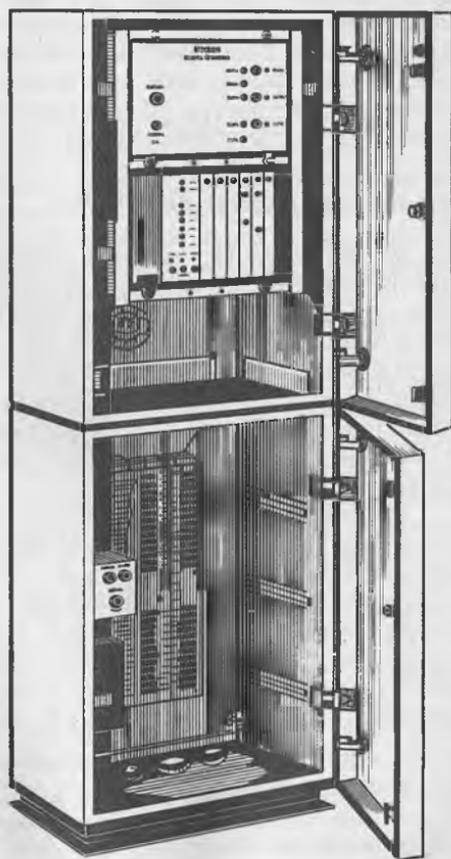


Рис. 5.4. Блок управления детекторов Д11—Д16

бования. Волнообразование и смещение верхнего слоя асфальтобетона, образование трещин и выбоин ведут к деформации, а порои и к разрушению рамок, обрыву каналов связи. Периодический ремонт дорожных покрытий вызывает, как правило, необходимость демонтажа старых и укладки новых индуктивных рамок.

В нашей стране ведутся работы по повышению надежности, помехоустойчивости и чувствительности индуктивных детекторов. Одновременно с этим идут поиски детекторов с другими ЧЭ. Перспективным является использование магнитоэлектрических и телевизионных детекторов транспорта. В первых чувствительным элементом является феррозонд, ориентированный относительно магнитного поля Земли. Проходящий над ним автомобиль искажает в контролируемой детектором зоне магнитное поле, что и фиксируется электронной схемой. Феррозонд более прост с точки зрения его установки по сравнению с индуктивной рамкой. Однако устройство блока управления усложняется с целью повышения помехоустойчивости детектора. Чувствительным элементом телевизионных детекторов является передающая камера. Использование микропроцессоров позволяет с помощью специальной программы анализировать полученное изображение: выделить движущиеся автомобили; определить интенсивность, скорость и другие необходимые параметры транспортного потока.

### 5.3. РАЗМЕЩЕНИЕ ДЕТЕКТОРОВ

Эффективность адаптивного управления во многом определяется местом установки ЧЭ детектора транспорта. Оно определяется характером задач, решаемых в рамках локального и системного управления. В первом случае ЧЭ детектора устанавливаются на подходе к перекрестку, обеспечивая реализацию алгоритма МГР, во втором — детекторы необходимы для автоматического выбора необходимой программы координации по транспортной ситуации в районе, определения скорости движения, включения ЗУ, обнаружения заторов.

Для реализации алгоритма МГР необходимо ЧЭ установить на таком расстоянии от перекрестка, чтобы автомобиль после обнаружения разрыва, пройдя контролируемую детектором зону, смог своевременно остановиться перед стоп-линией. Самым неблагоприятным случаем является тот, когда в момент прохождения автомобилем контролируемой зоны включается желтый сигнал. Поэтому расстояние от ЧЭ детектора до стоп-линии  $S_{дт}$  определяется по остановочному пути:

$$S_{дт} = v_a t_{рк} / 3,6 + v_a^2 / (26a_{т}),$$

где  $t_{рк}$  — время реакции водителя на смену сигналов светофора, с (в расчетах может быть принято  $t_{рк} = 1$  с);  $a_{т}$  — замедление автомобиля при торможении на запрещающий сигнал, м/с<sup>2</sup>.

По расстоянию  $S_{дт}$  определяют остальные параметры МГР, в частности  $t_{эк}$  и  $t_{3\text{мин}}$  (см. подразд. 3.9). Подобный подход прак-

тически исключает проезд автомобилем перекрестка на желтый сигнал и повышает безопасность движения. При такой установке ЧЭ «прорыв» автомобиля на желтый сигнал возможен лишь при длительном отсутствии разрыва в потоке, когда контроллер обрабатывает время  $t_{\text{max}}$ . Этот случай соответствует жесткому регулированию, и длительность промежуточного такта, рассчитанная по формуле (3.9), обеспечивает необходимую безопасность движения.

Для автоматического выбора программы координации по транспортной ситуации в районе необходимо

определить характерные сечения на улично-дорожной сети с установкой в этих местах детекторов транспорта. Информация от них должна дать объективную оценку изменения транспортной ситуации по всем району управления. При этом рассматриваются два типа сечений. К первому типу относятся сечения в тех местах, где параметры потоков близки по значению параметрам в близлежащей окрестности. Сечения второго типа определяют в местах, где, наоборот, эти параметры резко изменяются: потоки ответвляются или сливаются.

Для выбора сечений первого типа определяют маршруты потоков без существенных ответвлений с примерно одинаковыми условиями движения. Таким маршрутам на рис. 5.5 соответствуют  $a-b$ ;  $c-d$ ;  $k-b$ . На них устанавливают детекторы 1-5. Кроме интенсивности, на этих маршрутах определяется скорость. К местам, где устанавливаются детекторы скорости, предъявляются особые требования: ЧЭ должны располагаться на второй полосе движения на среднем участке длины перегона; расстояние от ЧЭ до перекрестка должно быть таким, чтобы исключались изменения скорости за счет торможения или разгона автомобилей. Скорость определяется по времени проезда автомобилем расстояния между двумя последовательно установленными ЧЭ. Обычно это расстояние принимают равным 5 м.

На сечении второго типа устанавливают детекторы для измерения только интенсивности движения. Так как в этом случае имеются ответвления потоков, ЧЭ устанавливают на каждом направлении движения (детекторы 6 и 7 на рис. 5.5).

Если не нарушаются названные требования, детекторы интенсивности обоих типов могут совмещаться с детекторами, предназначенными для реализации алгоритма МГР.

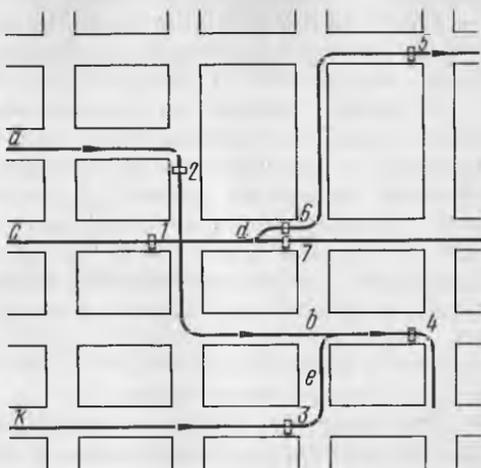


Рис. 5.5. Пример схемы размещения детекторов для выбора программы координации

При автоматическом включении участка ЗУ длина участка и место установки детектора, фиксирующего специальный автомобиль, определяют из следующих соображений.

В момент появления спецавтомобиля в контролируемой детектором зоне на перекрестках участка в направлениях, конфликтующих с маршрутом его движения, включается минимальный зеленый сигнал на время  $t_{3, \text{мин}}$  (обычно 10—12 с), что обеспечивает предварительную разгрузку этого направления. Учитывая, что до  $t_{3, \text{мин}}$  и после него должны быть промежуточные такты (красный с желтым и желтый сигналы), расстояние от ЧЭ детектора до первого перекрестка участка должно быть, м,

$$L_{3y1} \geq (l_{жк} + t_{3, \text{мин}} + l_{ж}) v_{ca} / 3,6,$$

где  $v_{ca}$  — скорость спецавтомобиля, км/ч.

По мере движения спецавтомобиля через перекрестки участка «зеленой улицы» длительность красного сигнала в конфликтующем направлении возрастает. Для снижения задержки в этом направлении и исключения случаев проезда на красный сигнал длительность ограничивается до  $t_{к, \text{макс}}$  (последний перекресток участка). Таким образом, интервал времени, разделяющий момент фиксации спецавтомобиля и момент выключения ЗУ на участке, должен соответствовать  $t_{\text{выкл. зу}} = l_{жк} + t_{3, \text{мин}} + l_{ж} + t_{к, \text{макс}}$ , а длина участка «зеленой улицы», м,  $L_{3y2} = t_{к, \text{макс}} v_{ca} / 3,6$ .

Для обнаружения заторов расстояние от ЧЭ детектора до стоп линий  $L_{зат}$  определяется требованием зафиксировать конец очереди автомобилей, длина которой такова, что она не разгружается за один цикл регулирования. Исходя из этого

$$L_{зат} = l_a t_0 M_n / 3600,$$

где  $l_a$  — средняя длина автомобиля в направлении затора, м;  $t_0$  — длительность зеленого сигнала в рассматриваемом направлении, с.

Во всех случаях, когда информацию собирают с одной из полос движения, или для определения параметра потока необходима последовательная установка двух ЧЭ (например, для определения скорости или плотности потока); для обозначения границ полос движения применяют сплошную линию разметки.

## Контрольные вопросы

1. Для чего применяются детекторы транспорта?
2. Из каких устройств состоит детектор и в чем их назначение?
3. Чем отличаются проходные детекторы от детекторов присутствия?
4. Назовите основные виды чувствительных элементов детекторов.
5. В чем заключается принцип прямого и косвенного определения параметров транспортного потока?
6. Как определяют место установки чувствительных элементов детекторов для реализации алгоритма поиска разрывов, автоматического выбора программы координации, включения участка «зеленой улицы», обнаружения затора?
7. Дайте характеристику детекторов транспорта отечественного производства.
8. Каковы перспективы совершенствования детекторов?

## ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА КООРДИНИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

### 6.1. ОСНОВЫ КООРДИНИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

*Координированным управлением* называется согласованная работа ряда светофорных объектов с целью сокращения задержки транспортных средств.

Принцип координации заключается в включении на последующем перекрестке по отношению к предыдущему зеленого сигнала с некоторым сдвигом, длительность которого зависит от времени движения транспортных средств между этими перекрестками. Таким образом, транспортные средства следуют по магистрали (или какому-либо маршруту движения) как бы по расписанию, прибывая к очередному перекрестку в тот момент, когда на нем в данном направлении движения включается зеленый сигнал. Это обеспечивает уменьшение числа неоправданных остановок и торможений в потоке, а также уровня транспортных задержек.

Возможность такой координации работы светофорных объектов позволила в свое время назвать этот способ управления «зеленой волной». Этот термин и в настоящее время достаточно широко используется в отечественной и зарубежной практике.

В нашей стране координированное управление было впервые успешно реализовано в 1955 г. в Москве на участке Садового кольца с пятью светофорными объектами. В настоящее время этот способ управления широко применяется почти во всех крупных городах и является основным алгоритмом, реализуемым в рамках АСУД.

Для организации координированного управления необходимо выполнение следующих условий: наличие не менее двух полос для движения в каждом направлении; одинаковый цикл регулирования на всех перекрестках, входящих в систему координации; расстояние между соседними перекрестками не должно превышать 800 м.

Первое условие связано с необходимостью безостановочного движения транспортных средств с расчетной скоростью и своевременного их прибытия к очередному перекрестку. Их задержка в пути приведет к нарушению процесса координированного управления, так как увеличение времени движения на перегонах способствует прибытию автомобиля к перекрестку с опозданием (в период действия запрещающего сигнала). При узкой проезжей части вероятность задержки в пути повышается, так как затруднен объезд возможных препятствий на дороге (остановившиеся у тро-

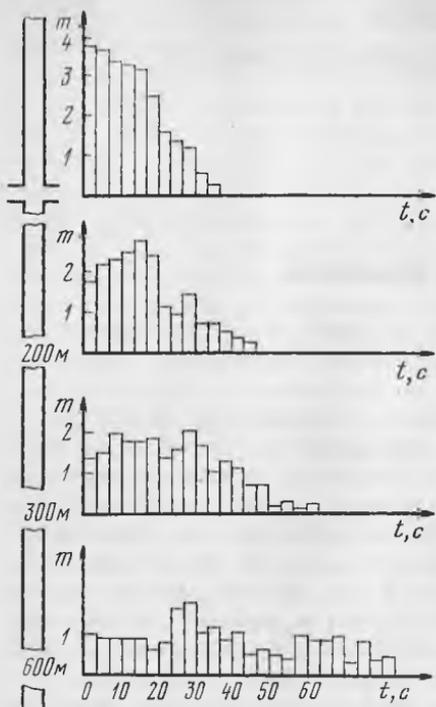


Рис. 6.1. Процесс распада группы автомобилей

индивидуальных особенностей водителей. Автомобили с более высокими скоростями перемещаются в головную часть группы, медленно движущиеся автомобили — в ее конец или отстают от группы. Этот процесс прогрессирует по мере удаления группы от предыдущего перекрестка, время проезда группы мимо неподвижного наблюдателя увеличивается, ее средняя интенсивность движения падает.

На рис. 6.1 приведен типичный пример распада группы автомобилей на одном из перегонов ш. Энтузиастов в Москве. По горизонтальной оси отложено время  $t$ , а по вертикальной — среднее число автомобилей  $m$  в определенном сечении улицы, находящемся на заданном расстоянии от стоп-линии по ходу движения. Можно отметить, что на расстоянии 600 м от перекрестка длина группы во времени увеличивается более чем в 2 раза.

По данным многочисленных наблюдений установлено, что группа полностью распадается при длине перегона более 800—1000 м. Прибытие автомобилей к перекрестку, удаленному от предыдущего на большее расстояние, будет носить случайный характер, взаимосвязь по потоку с соседним перекрестком прерывается. Естественно, на динамику этого процесса, помимо состава потока и индивидуальных качеств водителей, оказывает влияние число полос

туара автомобиля, остановочные пункты общественного транспорта и т. д.).

Одинаковый цикл на всех перекрестках обеспечивает необходимую периодичность смены сигнала, сохранение расчетного сдвига включения фаз, разрешающего движение вдоль маршрута координации.

Ограничение, накладываемое на длину перегона, связано с процессом группообразования в транспортном потоке. Группа автомобилей образуется при разъезде очереди, скопившейся в ожидании разрешающего сигнала светофора. В начале перегона непосредственно за перекрестком интенсивность такой группы близка к потоку насыщения. В процессе дальнейшего движения группы начинается ее распад из-за различных скоростей транспортных средств, составляющих эту группу. Разброс скоростей обусловлен разнородностью состава транспортного потока, а также влиянием

в данном направлении движения, интенсивность движения, наличие на перегонах остановочных пунктов общественного транспорта, пунктов притяжения пешеходов и т. п.

Для количественной оценки распада группы автомобилей на перегоне В. Г. Капитановым (ВНИЦБД МВД СССР) предложена эмпирическая формула, полученная путем обработки достаточно большого объема экспериментальных данных,

$$t_x = t_r e^{0,0001x}, \quad (6.1)$$

где  $t_x$  — временная длина группы автомобилей на расстоянии  $x$  от перекрестка, генерирующего эту группу, с;  $t_r$  — временная длина группы непосредственно за генерирующим перекрестком, с;  $t_d$  — время движения группы от генерирующего перекрестка до сечения  $x$  на перегоне магистрали.

Группообразный характер потоков играет большую роль при организации координированного управления. Чем короче расстояние между перекрестками, тем меньше вероятность распада группы и, таким образом, меньше времени требуется для ее пропуска на следующем перекрестке. При увеличении временного размера группы в процессе ее распада длительность зеленого сигнала на последующем перекрестке необходимо увеличивать (что ущемляет интересы конфликтующего направления) или пропускать только часть группы, задерживая входящие в ее состав медленно движущиеся автомобили. Остановленные у стоп-линии на запрещающий сигнал, они проедут данный перекресток лишь в следующем цикле вместе с очередной (следующей) группой.

При координированном управлении используются оба способа, причем первый (удлинение зеленого сигнала) ограничено — лишь для выпуска задержанной части предыдущей группы автомобилей с тем, чтобы они не являлись препятствием для безостановочного проезда через перекресток большей части автомобилей следующей группы.

При расстоянии между соседними перекрестками более 800 м в связи с полным распадом группы ее задержанная часть резко увеличивается и координированное управление становится малоэффективным.

Правильный выбор расчетной скорости, а следовательно, и сдвига включения зеленых сигналов на соседних перекрестках оказывает большое влияние на эффективность координированного управления. Естественно, при выборе расчетной скорости следовало бы ориентироваться на среднюю скорость группы. Однако это вызовет задержку лидирующих автомобилей, которые в свою очередь помешают безостановочному проезду через перекресток основной части группы. Поэтому обычно в качестве расчетной выбирают скорость, которую не превышают 85% автомобилей группы. Эта скорость определяется методом натурных наблюдений для всех перегонов участка магистрали, где вводится координированное управление (для прямого и обратного направлений движения). Если разница между полученными значениями невелика, данные осредняются для получения единой расчетной скорости

на этом участке. Это облегчает расчет планов координации, так как потоки попутного и встречного направлений прибывают к перекрестку практически одновременно.

Если на отдельных перегонах скорость существенно отличается от общей расчетной для всей магистрали (например, на участках подъемов и спусков), то для этих перегонов принимают свою расчетную скорость. Аналогично поступают, если есть существенное различие между скоростями попутного и встречного направлений. В этих случаях в силу указанной причины координация работы светофорных объектов затрудняется. Однако искусственное выравнивание скорости, т. е. «навязывание» водителю скорости, отличающейся от реальной, даже с помощью знаков 5.18, как показывает практика, является малоэффективным.

## 6.2. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПРОГРАММ КООРДИНАЦИИ

**Графоаналитический метод.** Благодаря своей простоте этот метод получил широкое распространение. Однако он связан с большой трудоемкостью расчетно-графических операций и поэтому эффективен при сравнительно небольшом числе светофорных объектов.

Сущность метода заключается в построении графика *путь—время*, который выполняют в системе прямоугольных координат желательно на миллиметровой бумаге. В масштабе, который выбирают произвольно и который зависит от длины магистрали и числа светофорных объектов, по горизонтальной оси откладывают значения времени в секундах, по вертикальной оси — значения пути в метрах.

Исходными данными для расчета являются: выполненный в масштабе план магистрали с обозначением расстояний между перекрестками; схема существующей организации движения, на которой показаны светофоры, дорожные знаки и разметка, организация движения на перекрестках; картограммы интенсивности движения транспортных средств и пешеходов на каждом перекрестке в характерные часы суток; данные о расчетных скоростях движения для магистрали в целом или для отдельных ее участков.

На основе исходных данных для рассматриваемого периода суток рассчитывают режимы регулирования для всех светофорных объектов как для изолированных перекрестков (в том числе и для вновь создаваемых на длинных перегонах) в соответствии с методикой, изложенной в гл. 3. Перекресток, для которого получена максимальная длительность цикла, является наиболее загруженным и носит название *ключевого*. Учитывая, что при координированном управлении длительность цикла на всех перекрестках должна быть одинаковой, в качестве расчетного принимают цикл ключевого перекрестка. Таким образом, оптимальным цикл регулирования будет только на ключевом перекрестке, на остальных перекрестках он будет избыточным.

При средней и высокой интенсивности движения на магистрали (свыше 500 ед/ч на полосу) расчетный цикл может быть избыточным и для ключевого перекрестка, так как усиливается процесс группообразования в потоке: для пропуска компактной группы автомобилей через перекресток требуется меньшая длительность зеленого сигнала, чем при их случайном прибытии. В этих случаях расчетный цикл может быть уменьшен на 15—20% с обязательной проверкой длительности основных тактов по условиям движения пешеходов и трамвая (особенно для ключевого перекрестка).

Следует отметить, что при многопрограммном координированном управлении в разное время суток ключевыми могут быть различные перекрестки. При этом и расчетная длительность цикла для разных программ, как и расчетная скорость, могут быть различными.

После определения единого расчетного цикла для магистрали по формуле (3.15) определяют соответствующие ему длительности основных тактов для каждого перекрестка (включая и ключевой перекресток, если его цикл был уменьшен в силу указанных ранее соображений).

График координации строят в следующем порядке. Слева от вертикальной оси графика *путь—время* с соблюдением его вертикального масштаба наносят выпрямленный схематический план магистрали с указанием расстояний между перекрестками А—Е и режимов регулирования на них, соответствующих расчетному циклу (рис. 6.2). Вправо через границы перекрестков проводят линии, параллельные горизонтальной оси. На горизонтальной оси, соответствующей ключевому перекрестку А, наносят слева направо

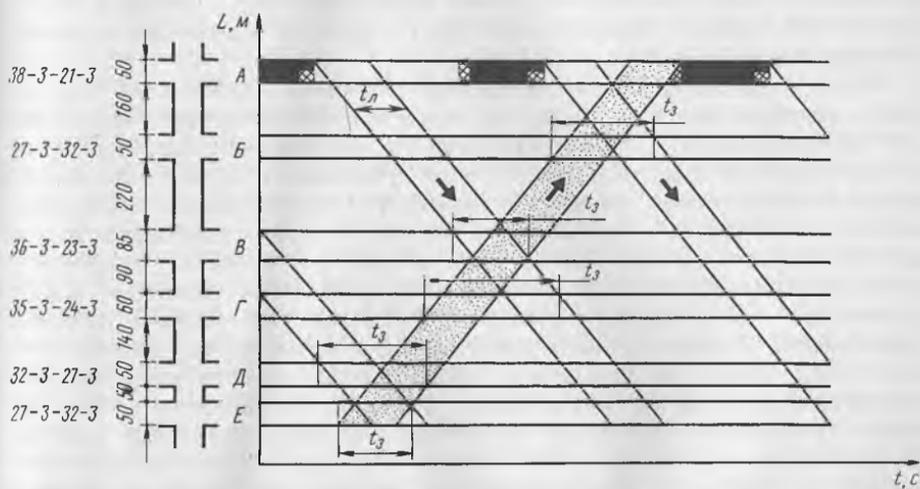


Рис. 6.2. Первоначальный этап построения графика координированного управления. Слева указана продолжительность, с, сигналов светофоров по магистрали в последовательности: зеленый — желтый — красный — красный с желтым

с соблюдением горизонтального масштаба повторяющуюся последовательность сигналов вдоль магистрали.

От начала зеленых сигналов и точек, отстоящих вправо на  $t_d = (0,4 \div 0,5) T_{ц}$ , проводят наклонные к горизонтали линии. Тангенс угла наклона этих линий соответствует расчетной скорости

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_p M_r}{3,6 M_v}, \quad (6.2)$$

где  $v_p$  — расчетная скорость движения, км/ч;  $M_r$  — горизонтальный масштаб (число секунд в 1 см);  $M_v$  — вертикальный масштаб (число метров в 1 см).

Показатель  $t_d$  определяет ширину так называемой ленты времени. Если график движения автомобиля находится внутри этой ленты, то ему гарантируется безостановочное движение.

Лента времени для встречного направления берется той же ширины, но имеет обратный наклон, определяемый по формуле (6.2), соответственно расчетной скорости этого направления. Из плотной бумаги вырезают полоску шириной, равной ширине этой ленты, и, расположив ее под расчетным углом, передвигают по горизонтали в границах зеленого сигнала на ключевом перекрестке. При этом добиваются по возможности такого положения, чтобы на линиях остальных перекрестков расстояние  $t_3$  (см. рис. 6.2), отсекаемое двумя лентами времени (лентой и полоской), было не больше длительности зеленого сигнала для каждого перекрестка.

После этого на все горизонтальные полосы, соответствующие остальным перекресткам, наносят повторяющиеся последовательности сигналов таким образом, чтобы зеленые сигналы охватывали участки  $t_3$ , занятые обеими лентами времени. Если при этом имеется избыток зеленого сигнала, то он должен быть расположен по возможности слева от участка  $t_3$ . Взаимное расположение на горизонтали точек, соответствующих началу зеленых сигналов, определяет их сдвиги относительно друг друга и принятой нулевой отметки времени.

Если участок  $t_3$  оказался больше зеленого сигнала на каком-либо перекрестке, т. е. одна из лент времени попадает частично на запрещающий сигнал, необходима коррекция графика. Она осуществляется следующими путями: уменьшением ширины ленты времени; изменением расчетной скорости (угла наклона ленты времени); увеличением длительности зеленого сигнала по магистрали на некоторых перекрестках. Перечисленные способы коррекции должны быть ограничены разумными пределами, так как могут привести к обратному результату — снижению эффективности управления. Ширину ленты времени не рекомендуется делать менее  $0,3T_{ц}$ , ибо с ее сужением уменьшается вероятность безостановочного проезда по магистрали транспортных средств. Допустимыми границами изменения расчетной скорости являются  $\pm 10\%$ . В противном случае расчетная скорость будет существенно отличаться от реальной, что приведет к увеличению числа задержанных автомобилей. Длительность зеленого сигнала по магистрали увеличивают за счет пересекающей улицы, вследствие чего на

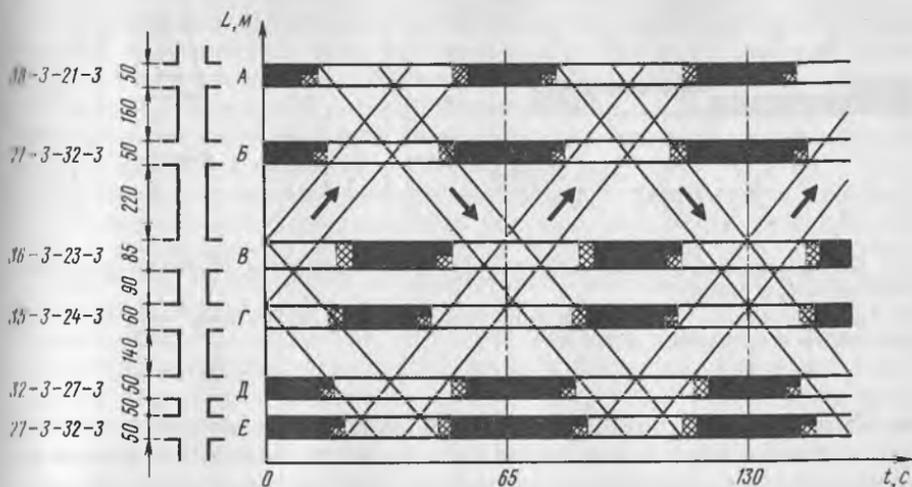


Рис. 6.3. График координированного управления движением на городской магистрали

этой улице на подходах к магистрали могут возрасти транспортные задержки.

После коррекции графика на него наносят все ленты времени для потоков прямого и встречного направлений. В результате он приобретает законченный вид (рис. 6.3).

При организации координированного управления следует учитывать транспортные средства, поворачивающие с примыкающих улиц на магистраль. Часть из них подъезжает к перекрестку при красном сигнале на магистрали и поэтому останавливается. Кроме этого, медленно движущиеся автомобили группы, следующей по магистрали, также могут быть остановлены, прибывая к перекрестку с опозданием на красный сигнал светофора. Такие автомобили носят название внегрупповых.

Очередь внегрупповых автомобилей является препятствием для безостановочного движения последующей группы, подходящей к перекрестку к моменту начала зеленого сигнала. Поэтому зеленый сигнал по магистрали должен включаться с некоторым опережением. Длительность опережения определяют по среднему числу внегрупповых автомобилей, стоящих на одной из полос перед перекрестком в ожидании разрешающего сигнала, из расчета 2 с на один внегрупповой автомобиль. Очереди внегрупповых автомобилей определяют для каждого перекрестка методом натурных наблюдений после внедрения системы координированного управления. Таким образом, в процессе эксплуатации этой системы программа координации требует своей дальнейшей доработки. Опережение включения зеленого сигнала обеспечивается за счет разницы между его расчетным значением и длительностью  $t_3$ . Если эти значения равны или  $t_3$  превышает расчетную длительность зеленого сигнала

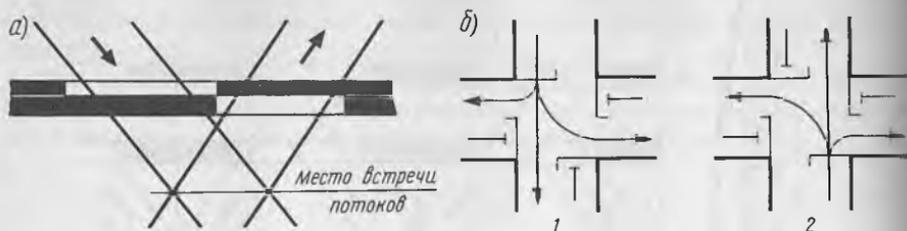


Рис. 6.4. Организация левых поворотов при одновременном прибытии встречных потоков к перекрестку:

*a* — фрагмент графика координированного управления; *б* — поочередный пропуск потоков встречного и попутного направления

по магистрали, то опережение может быть получено только за счет уменьшения зеленого сигнала во второстепенном направлении. Учитывая, что интенсивность в этом направлении, как правило, значительно меньше, чем на магистрали, суммарная задержка в районе координации существенно не возрастает.

Известные трудности возникают при организации левых поворотов с магистралью при координированном управлении. Пропуск достаточно плотных групп автомобилей через перекрестки практически исключает использование метода «просачивания» левоповоротных потоков через потоки встречного направления. Поэтому целесообразней левые повороты выносить в отдельную фазу при условии, что перед перекрестком имеется для этих целей специальное уширение (например, за счет центральной разделительной полосы). Если потоки встречных направлений подходят к перекрестку в разное время (перекрестки *A*, *B*, *Г* и *Д* на рис. 6.3), то такое уширение не требуется. Пока не подошел встречный поток, левый поворот пропускается беспрепятственно с потоком, движущимся в прямом направлении. Для встречного потока в это время включен запрещающий сигнал. Пример такой организации движения показан на рис. 6.4.

Эффективность координированного управления определяется обычно после внедрения системы. Показателем является степень снижения времени проезда автомобиля от начального до конечного пункта магистрали, на которой внедрена система координации. По данным многочисленных наблюдений время движения обычно снижается на 15—20%.

Показателями эффективности могут быть также относительная ширина ленты времени (напомним, что ее минимальная ширина не должна быть меньше  $0,3T_{\text{ц}}$ ) и коэффициент безостановочной проходимости

$$\beta = (N - Z) / N,$$

где  $N$  — интенсивность движения через перекресток в данном направлении магистрали, ед/ч;  $Z$  — число остановившихся транспортных средств на этом перекрестке в этом же направлении, ед/ч.

Коэффициент  $\beta$  определяют методом натуральных наблюдений на каждом перекрестке для попутного и встречного направлений. Может быть определено среднее значение коэффициента  $\beta$  для всей магистрали в целом. Координированное управление считается эффективным, если  $\beta \geq 0,8$ . Это означает, что 80% транспортных средств проходит перекресток безостановочно.

Графоаналитический метод может быть использован и для расчета программ координированного управления на сети улиц. В этом случае длительность цикла должна быть единой для всей сети и равняться наибольшей из полученных расчетом для всех перекрестков. График координации строят сначала для одной из магистралей, затем для другой, ее пересекающей. При этом в качестве ключевого выбирают перекресток, где эти магистрали пересекаются. Сдвиги фаз отсчитывают от единой для всей системы нулевой отметки времени. На общем перекрестке начало зеленого сигнала по второй магистрали сдвинуто относительно начала зеленого сигнала по первой магистрали на полную длительность первой фазы.

В случае замкнутой сети, когда улицы, входящие в систему координации, ограничивают со всех сторон какую-либо часть городской территории, использование графоаналитического метода связано с определенными трудностями и малоэффективно. Подобные задачи возникают, как правило, при подготовке программ координации, реализуемых в рамках АСУД, и решаются на ЭВМ.

**Методы расчета программ координации на ЭВМ.** Описанные графоаналитические методы получили в свое время самое широкое распространение благодаря их сравнительной простоте и наглядности. Однако в настоящее время при повсеместном внедрении АСУД, предусматривающих использование большого числа программ координации, эти методы стали малоэффективными в силу их высокой трудоемкости. Кроме этого, основой графоаналитического метода является максимизация ширины ленты времени. При этом игнорируются разброс скоростей в транспортном потоке, трансформация группы автомобилей по мере ее движения по перекрестку, не оптимизируется процесс управления по такому ведущему критерию эффективности, как транспортная задержка.

Начиная с 60-х годов получают распространение методы расчета программ координации на ЭВМ. Подобные расчеты выполняют целенаправленно с поиском каких-либо оптимальных условий. При этом были разработаны методы расчета, позволяющие строить программы координации не только для отдельных магистралей, но и для сетей пересекающихся улиц. Применение ЭВМ позволило проводить процедуру расчета более качественно с учетом сравнительно большого числа факторов, формирующих транспортный поток.

Сущность расчета заключается в направленном переборе вариантов, в результате чего находят управляющие параметры (сдвиг включения зеленых сигналов, цикл регулирования), соответствующие минимуму (или максимуму) принятого в расчете критерия эффективности. В качестве последнего, как правило, выбирают

транспортную задержку. В некоторых случаях в качестве критериев оптимизации применяют также число остановок транспортных средств, расход топлива, экологические показатели, потери времени пассажирами средств общественного транспорта. В основу методов расчета положены математические модели, приближенно отражающие процесс движения групп автомобилей при координированном управлении.

Подобные методы расчета были разработаны как в СССР (НИИСТ МВД СССР, Омское НПО «Автоматика», Мосгортранс-ниипроект), так и за рубежом. Из зарубежных методов широкую известность получили: комбинационный метод (Великобритания), СИГОП (США), ДАСАМ (Швеция), ІРАНЗИІ (Великобритания).

Сущность комбинационного метода заключается в нахождении сдвигов фаз регулирования, минимизирующих общую задержку в транспортной сети. Предполагаются известными длительность цикла, фазы регулирования на всех перекрестках, потоки насыщения. Вид транспортного потока, прибывающего к каждому перекрестку, предполагается независимым от соседних перекрестков. Таким образом, задержка транспортных средств зависит только от режимов работы светофоров. Основным достоинством метода является простота процесса оптимизации. Однако допущения о непрерывности потока с постоянной во времени интенсивностью, равной потоку насыщения на генерирующем перекрестке, ограничивает применение этого метода областью высокоинтенсивного движения.

Методы СИГОП и ДАСАМ позволяют находить оптимальные сдвиги, длительности циклов и основных тактов также по критерию задержки. Первый метод предусматривает использование более простой математической модели, требует меньше машинного времени при расчете программ координации, однако задержка при этом получается больше на 5—7% по сравнению со вторым методом.

Наибольшее распространение (в том числе и в СССР) получил метод ІРАНЗИІ, который базируется на детерминированной модели транспортного потока. Метод позволяет прогнозировать параметры группы автомобилей в процессе ее движения по магистрали при заданных режимах светофорного регулирования на перекрестках. Оптимизация сдвигов фаз и режимов регулирования ведется по интегральному критерию качества управления

$$M = \sum_{i=1}^n (t_{\Delta i} + k r_i),$$

где  $t_{\Delta i}$  — средняя задержка автомобиля на  $i$ -м направлении дороги, измеряемая в долях цикла;  $r_i$  — среднее число остановок автомобилей на  $i$ -м направлении в течение цикла;  $k$  — весовой коэффициент (относительная стоимость остановки);  $n$  — число направлений движения.

Оптимизацию программы координации начинают с задания исходного режима регулирования, при котором на всех перекрест-

ках выбирают одинаковую длительность цикла. Затем путем последовательного изменения сдвигов фаз находят минимальный интегральный критерий качества управления. После оптимизации по сдвигам возможно изменение распределения фаз внутри цикла для каждого перекрестка, способствующее также минимизации критерия  $M$ . Оптимальный цикл находят путем нескольких последовательных расчетов по данной программе при различных значениях цикла.

Существуют модернизированные версии метода ТРАНЗИИ, которые предусматривают оптимизацию параметров управления по потерям времени пассажирами, расходу топлива, экологическим показателям. В частности, ТРАНЗИИ-6 предназначен для минимизации затраченного в поездке времени пассажиров. Тем самым рассчитывается программа координации, которая обеспечивает приоритет средствам общественного транспорта, например автобусу, движущемуся как в потоке, так и по обособленным полосам. При этом сокращается время движения автобусов до 10%. В этом случае транспортный поток делится как минимум на два подпотока, представленные двумя связями (одна из них — для автобусов). Транспортные задержки в каждом подпотоке рассчитывают отдельно, причем принято, что обгоны запрещены с момента, когда автомобили присоединяются к очереди, ожидающей разрешающего сигнала светофора. Общественные и обычные транспортные средства разделены на две связи с соответствующими весовыми коэффициентами. Последние учитывают относительную занятость приведенного автомобиля. Например, если автобус представляет собой 2,5 приведенного автомобиля и перевозит в среднем 35 пассажиров (14 пассажиров на приведенный автомобиль), а легковой автомобиль имеет наполнение в среднем 1,4 пассажира, то задержки на автобусной связи «весят» в 10 раз больше.

К недостаткам метода ТРАНЗИИ следует отнести длительный процесс оптимизации (большую потребность в машинном времени) даже при использовании высокопроизводительных ЭВМ.

Методы расчета на ЭВМ программ координации, разработанные в СССР, как правило, также обеспечивают направленный поиск оптимальных сдвигов, соответствующих минимальной транспортной задержке. Например, расчет по методу, предложенному НИИСИ МВД СССР и МАДИ, предусматривает ряд операций, результатом которых является оптимальный сдвиг цикла для соседних перекрестков.

Исходными данными для расчета являются: число перекрестков и расстояния между ними; интенсивность транспортных потоков, прибывающих к каждому перекрестку; потоки насыщения для прямого и пересекающего направлений; расчетная скорость для каждого перегона; ширина проезжих частей, пересекаемых пешеходами на каждом перекрестке.

На основе исходных данных рассчитывают для каждого перекрестка циклы регулирования с проверкой основных тактов на пропуск пешеходов. Находят максимальный цикл, который прини-

мают в качестве расчетного для всей магистрали. Для прямого и обратного направлений определяют временную длину группы автомобилей  $t_r$ , выходящей с предыдущего перекрестка на перегон магистрали:

$$t_r = N \Gamma_{ц} / M_n,$$

где  $M_n$  — поток насыщения, ед/ч;  $\Gamma_{ц}$  — расчетный цикл регулирования, с.

По формуле (6.1) определяют временную длину группы при ее подходе к следующему перекрестку. При этом время движения по перегону  $t_d$  определяют исходя из его длины и расчетной скорости движения. По времени  $t_d$  находят и момент прибытия лидирующего автомобиля группы к следующему перекрестку.

Суммарная задержка на перекрестке в данном направлении движения в течение цикла определяется суммированием произведений текущей очереди на шаг расчета задержки, который для получения необходимой точности результатов принимается равным 1 с. Число автомобилей в очереди зависит от момента, когда происходит их подсчет, т. е. от момента прибытия лидирующего автомобиля группы и времени действия запрещающего сигнала.

Поиск оптимального сдвига осуществляется путем минимизации суммарной задержки для двух соседних перекрестков. Это делается путем наращивания сдвига с шагом, равным 1 с, в пределах от 0 до  $\Gamma_{ц}$ . Минимальное значение суммарной задержки для двух соседних перекрестков соответствует оптимальному сдвигу. Аналогичные расчеты ведут для каждого перегона магистрали.

Естественно, в рассматриваемой модели принят ряд допущений. Минимизация суммарной задержки осуществляется не для всей магистрали, а для каждого перегона, расположенного между двумя соседними перекрестками. Однако метод отличается сравнительной простотой и наглядностью и позволяет вести расчет на микроЭВМ.

### 6.3. ОБЩАЯ И МЕСТНАЯ КОРРЕКЦИЯ ПРОГРАММ

Одна программа координированного управления обычно соответствует определенной транспортной ситуации, т. е. интенсивности движения на перекрестках и скорости потоков, характерных для рассматриваемого периода суток. Изменение транспортной ситуации приводит к снижению эффективности программы, что выражается прежде всего в увеличении числа задержанных автомобилей, а следовательно, и в росте расхода топлива, в загазованности воздуха и т. п.

Увеличивать гибкость управления в зависимости от аппаратурного обеспечения систем координации можно двумя путями.

В первом, простейшем случае в течение суток применяют несколько жестких (с постоянными параметрами управления) программ координации. Переход от одной программы к другой осуществляется вручную или в заранее заданное время суток с помощью автомата переключения программ — таймера. Обычно число

программ, реализуемых в течение активного периода суток, не превышает трех. Технически этот метод управления обеспечивается с помощью программных дорожных контроллеров, объединенных в бесцентровую систему или находящихся под контролем управляющего пункта.

Второй путь увеличения гибкости управления — это увеличение числа программ, реализуемых в течение суток, и их общая и местная коррекция, позволяющая как можно ближе «подогнать» программу к существующей в данный момент реальной транспортной ситуации. Реализация такого метода возможна, как правило, в рамках сложных магистральных или общегородских АСУД с помощью системных контроллеров непосредственного подчинения.

Одну из жестких программ, называемую в данном случае базовой, выбирают из библиотеки, заложенной в памяти ЭВМ (для общегородских АСУД) или в специальном программном устройстве на основе сигналов, поступающих от детекторов транспорта, расположенных в характерных точках улично-дорожной сети (см. подразд. 5.3). Возможен выбор программы и по командам таймера.

Так как для обработки и осреднения информации, поступающей от детекторов, необходимо определенное время (обычно 15—20 мин), то базовая программа, полученная таким образом, может не соответствовать транспортной ситуации, для которой она предназначена. Для ликвидации этой погрешности данные, полученные в конце периода измерений, используют для прогнозирования условий движения на следующий период, а программу координации выбирают по спрогнозированным данным. Для этого используют ранее накопленные статистические материалы об изменении интенсивности и скорости движения в течение активного периода суток. Полученная на основе этого базовая программа будет лишь грубо соответствовать рассматриваемому периоду времени, так как при этом не учитываются текущие колебания этих показателей (реальные значения скорости и интенсивности).

Следующим этапом является *общая коррекция* (модификация) базовой программы, смысл которой заключается в ее подстройке под реальную транспортную ситуацию. В данном случае при коррекции используют закономерности транспортных потоков — с увеличением интенсивности скорость примерно линейно уменьшается, а циклы регулирования возрастают. Таким образом, пропорциональным увеличением всех параметров базовой программы координации — цикла, основных тактов, временных сдвигов можно без изменения основных геометрических свойств программы координации обеспечить ее соответствие реальной транспортной ситуации («сжать» или «растянуть» базовую программу).

Общая коррекция осуществляется с помощью ЭВМ в управляющем пункте. После чего спрогнозированная и откорректированная программа передается на периферию, где ее реализуют дорожные контроллеры.

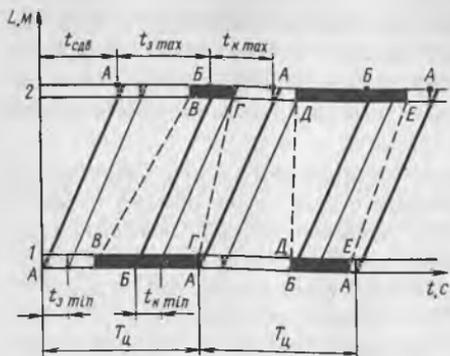


Рис. 6.5. Принцип местной коррекции программы координированного управления

стует существенному снижению неоправданных транспортных задержек. Для сохранения принципа координированного управления запрещается выключение сигнала до истечения его минимального значения, отсчитываемого с момента сдвига фазы. При этом в направлении координации минимальный зеленый сигнал делается достаточно большим, чтобы обеспечить пропуск основной части группы автомобилей.

Поиск разрыва может осуществляться только по второстепенному направлению, если в этом направлении наблюдается малая интенсивность движения, и по главному направлению, если интенсивность по магистрали подвержена резким колебаниям за достаточно короткие промежутки времени. Если такие колебания наблюдаются по всем направлениям, то поиск разрыва целесообразно вести и по магистрали, и по пересекающим направлениям.

Пример реализации последнего метода показан на рис. 6.5. Для простоты рассматривается одностороннее движение от перекрестка 1 к перекрестку 2, промежуточные такты на рисунке не показаны. В соответствии с базовой программой отсчет  $t_{3 \min}$  и  $t_{к \min}$  (т. е.  $t_{3 \min}$  в пересекающем направлении) ведут после отсчета сдвига фазы  $t_{сдв}$ . На рис. 6.5 эти моменты обозначены соответственно для обоих перекрестков точками А и Б.

В течение первого цикла после отработки  $t_{3 \min}$  разрыв в потоке как на первом, так и на втором перекрестках был обнаружен раньше, чем истекло  $t_{3 \max}$ . Поэтому зеленый сигнал по магистрали выключился раньше (точки В). Начиная с точки Б, начался отсчет  $t_{к \min}$ , по истечении которого на пересекающем направлении первого перекрестка до конца  $t_{к \max}$  не был обнаружен разрыв в потоке, а на втором перекрестке в пересекающем направлении автомобилей не было. Поэтому сигнал переключился сразу по истечении  $t_{к \min}$  (точки Г).

В течение второго цикла в главном направлении перекрестка 1 разрыв в потоке не был обнаружен, и длительность зеленого сигнала составила  $t_{3 \max}$ . На перекрестке 2 разрыв зафиксирован по истечении  $t_{3 \min}$  (точки Д). В пересекающем направлении после отработки  $t_{к \min}$  на обоих перекрестках разрыв в потоке был обнаружен до истечения  $t_{к \max}$  по магистрали (точки Е). Поэтому сигналы переключились раньше, чем это было предусмотрено базовой программой (точки А). Прерывистыми линиями на рис. 6.5 показаны границы получившихся таким образом «зеленых» и «красных» лент времени.

Если в состав периферийного оборудования входят адаптивные контроллеры, то возможна дальнейшая *местная коррекция программ*. Она может осуществляться по алгоритму поиска разрывов: зеленый сигнал выключается раньше (по сравнению с моментом переключения, предусмотренным базовой программой) в направлении, в котором происходит поиск разрывов, если разрыв в потоке будет обнаружен. Тем самым раньше включится зеленый сигнал в конфликтующем направлении. Это способ-

Таким образом, длительности основных тактов на перекрестках являются переменными, зависящими от фактической интенсивности движения. Однако длительность цикла и сдвига фазы постоянна, что обеспечивает принцип координированного управления.

Корректировать базовую программу координации можно и путем так называемого градиентного управления. Сущность его сводится к пошаговому изменению сдвигов цикла, предусмотренных базовой программой, с последующей проверкой эффективности этой операции по критерию суммарной задержки. Градиентное управление позволяет в некоторой степени учитывать случайные колебания параметров транспортного потока.

В процессе градиентного управления осуществляется направленный поиск оптимальных сдвигов путем многократных расчетов суммарной задержки и ее сравнения с предыдущими значениями. Его реализация возможна лишь с помощью вычислительного модуля контроллера зонального центра или ЭВМ управляющего пункта.

#### **6.4. ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМ КООРДИНИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Одинаковый цикл на всех перекрестках, входящих в систему координации, а также наличие сдвигов включения зеленых сигналов в принципе должны обеспечить координированное управление, если даже контроллеры этих перекрестков будут работать в локальных режимах. Однако практически осуществить это не удастся в силу погрешностей, возникающих при отсчете длительностей тактов и сдвигов. Малейшая погрешность, измеряемая даже долями секунды, будет накапливаться от цикла к циклу и через некоторое время приведет к рассогласованию работы светофорных объектов.

Для предотвращения этого применяют два метода — создание единого для всех контроллеров программно-логического устройства (ЕПЛУС) и метод «остановки» каждого контроллера 1 раз в цикл с последующим его запуском по команде специального синхронизирующего устройства (СУ).

Первый метод обычно реализуется контроллерами непосредственного подчинения (*ДК1, ДК2, ..., ДК $n$* ) с радиальными каналами связи с управляющим пунктом, где размещается единое программное устройство (рис. 6.6, *a*). Это устройство отсчитывает длительность тактов и сдвиги для каждого перекрестка *П*, которые передаются в исполнительные устройства контроллеров. При таком решении необходимость в программном устройстве самих контроллеров отпадает. Однако, учитывая возможность повреждения каналов связи между управляющим пунктом и контроллерами, в них закладывается одна резервная программа, переход на которую в этих случаях происходит автоматически. Естественно, при повреждении канала связи контроллер работает в локальном режиме и принцип координации светофорных объектов нарушается.

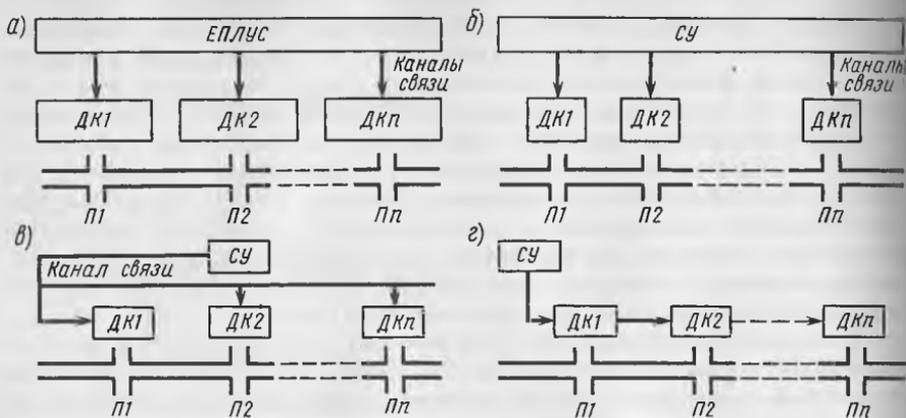


Рис. 6.6. Структурная схема систем координированного управления:  
 а — с единым программно-логическим устройством; б—г — с устройством синхронизации соответственно с радиальными, параллельными и последовательным каналами связи

Размещение ЕПЛУС в управляющем пункте (т. е. в отдельном помещении) упрощает эксплуатацию системы, ремонт и обслуживание аппаратуры. Проще обеспечивается необходимый температурный режим, влажность и пылезащита. Появляется возможность организовать диспетчерское управление системой. Однако такая структура требует большого числа каналов связи, дополнительного оборудования и, следовательно, повышает стоимость системы.

Второй метод реализуется с помощью программных контроллеров, работающих в системах координации по так называемому принципу *стартстоп* — запуска программно-логического устройства контроллера сигналом синхронизации и его автоматического отключения после отработки цикла регулирования. Это позволяет погасить погрешность при отсчете длительности тактов и сдвигов.

Синхронизирующее устройство обеспечивает равенство циклов регулирования на всех перекрестках и необходимый момент начала отсчета сдвигов, поскольку период времени между моментами прихода двух последовательных сигналов синхронизации равен циклу регулирования. Оно может размещаться в одном из контроллеров непосредственно на перекрестке (бесцентровые системы) или в управляющем пункте. В первом случае сдвиги фаз, как и сами программы регулирования, заложены в самих контроллерах, во втором — в контроллерах находятся только программы, а сдвиги отсчитываются в управляющем пункте. По окончании их отсчета сигнал синхронизации посылается в каждый контроллер. Таким образом, может быть общий сигнал синхронизации для всех контроллеров и отдельные сигналы синхронизации для каждого из них.

По принципу организации каналов связи в системах, где применяется стартстопный режим, используются как радиальные, так и параллельные и последовательные каналы (рис. 6.6, б—г).

Наибольшее распространение получили параллельные каналы связи как наиболее экономичные. В качестве каналов связи обычно используются линии городской телефонной сети.

Наличие управляющего пункта позволяет расширить технологические возможности системы, организовать диспетчерское управление. Однако это связано с значительным удорожением системы.

**Магистральные системы координированного управления на базе технических средств первого поколения.** К ним относятся системы, созданные на базе программных контроллеров УК-1У1, УК-2, БК1-3М, БК1-5. Все они работают в стартстопном режиме, причем системы, базирующиеся на контроллерах УК, являются бесцентровыми. Координированное управление осуществляется также контроллерами непосредственного подчинения БК1-6 и БК1-7 в рамках общегородской автоматизированной системы управления движением. Работа таких систем рассмотрена в гл. 7.

Системы, построенные на основе контроллеров УК-1У1 или УК-2, предусматривают использование параллельного канала связи и общего сигнала синхронизации. Последний поступает в канал связи от одного из этих контроллеров, который выполняет роль координатора. Система может охватывать до десяти перекрестков. При числе перекрестков не более пяти один из контроллеров может обслуживать перекресток и одновременно являться координатором. Если число перекрестков, входящих в систему координированного управления, больше пяти, координатором должен быть специальный контроллер этого типа, не используемый для регулирования движения на перекрестке.

Сдвиги относительно общего сигнала синхронизации устанавливаются вместо основного такта задатчиком времени первой фазы каждого контроллера (кроме контроллера-координатора). Величина сдвигов определяется по графику координированного управления. Это показано на рис. 6.7, где в качестве координатора выбран контроллер первого перекрестка. На рисунке для простоты рассматривается одностороннее движение, промежуточные такты не показаны. Сигнал синхронизации показан прерывистой линией. Если этот сигнал приходит на перекресток в момент, когда там в направлении координации включена вторая или третья фаза, то эту фазу нужно сделать первой путем соответствующей коммутации ламп светофоров.

Помимо установки сдвига, контроллеры всех перекрестков (кроме координатора) нужно перевести в режим системного управления. Для этого специальный тумблер, расположенный на

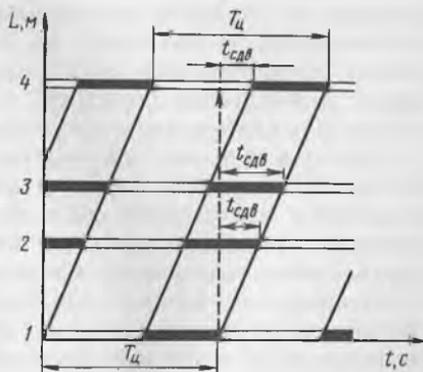


Рис. 6.7. Сдвиги относительно общего синхрои импульса в бесцентровой системе координированного управления

лицевой панели контроллеров, переводят в положение ЗВ («Зеленая волна»). В режиме системного управления контроллер после отработки второй и третьей фаз (если третья фаза предусмотрена схемой организации движения) включает первую фазу, после чего его программно-логическое устройство автоматически отключается до прихода синхроимпульса. В этот интервал времени сигналы светофоров остаются такими же, какими они были в момент выключения программно-логического устройства. Например, для перекрестка 4 (см. рис. 6.7) этот интервал длится от начала зеленого сигнала на магистрали до начала  $t_{сдв}$ . С приходом синхроимпульса включается программно-логическое устройство. Отсчитываются  $t_{сдв}$ , длительность второй и третьей фаз, затем включается первая фаза с одновременным выключением программно-логического устройства (т. е. процесс повторяется).

Несмотря на то что длительность основного такта в первой фазе не устанавливается, она обеспечивается автоматически, так как программно-логическое устройство контроллера-координатора работает непрерывно, отсчитывая полный цикл регулирования.

При обрыве канала связи координатор лишен возможности с помощью сигнала синхронизации включить программно-логические устройства остальных контроллеров. Это приведет к тому, что на всех перекрестках (кроме перекрестка, обслуживаемого самим контроллером-координатором) переключения сигналов светофоров не будет. Для этого случая предусмотрено специальное аварийное устройство — реле времени, встроенное в каждый контроллер. Оно настраивается таким образом, чтобы включить программно-логическое устройство спустя 2—3 с после момента, соответствующего приходу синхроимпульса. Разумеется, это приведет в конечном итоге к нарушению процесса координированного управления, однако обеспечит работу контроллеров в локальном режиме.

Широкое распространение в нашей стране получила телемеханическая система координированного управления 1СКУ-ЗМ, построенная на базе контроллеров БКГ-ЗМ (рис. 6.8, а). Она обеспечивает управление движением по трем программам координации на магистрали, имеющей до 20 перекрестков. В системе применяется параллельный двухпроводный канал связи (как правило, линия телефонной городской сети) и предусмотрены отдельные сигналы синхронизации для каждого из контроллеров.

Система состоит из центрального и периферийного оборудования. Центральное оборудование размещается в отдельном помещении и включает в себя: синхронизирующее устройство (координатор), совмещенное с пультом дистанционного диспетчерского управления; mnemonicу магистрали, информирующую диспетчера о режимах работы системы и исправности ее оборудования; блок обмена информацией между периферией и центром; стендовый контроллер БКГ-ЗМ, необходимый для наладки системы. В состав периферийного оборудования входят: контроллеры БКГ-ЗМ, установленные на каждом перекрестке; указатели рекомендуемой скорости, соответствующей каждой программе координации (уста-

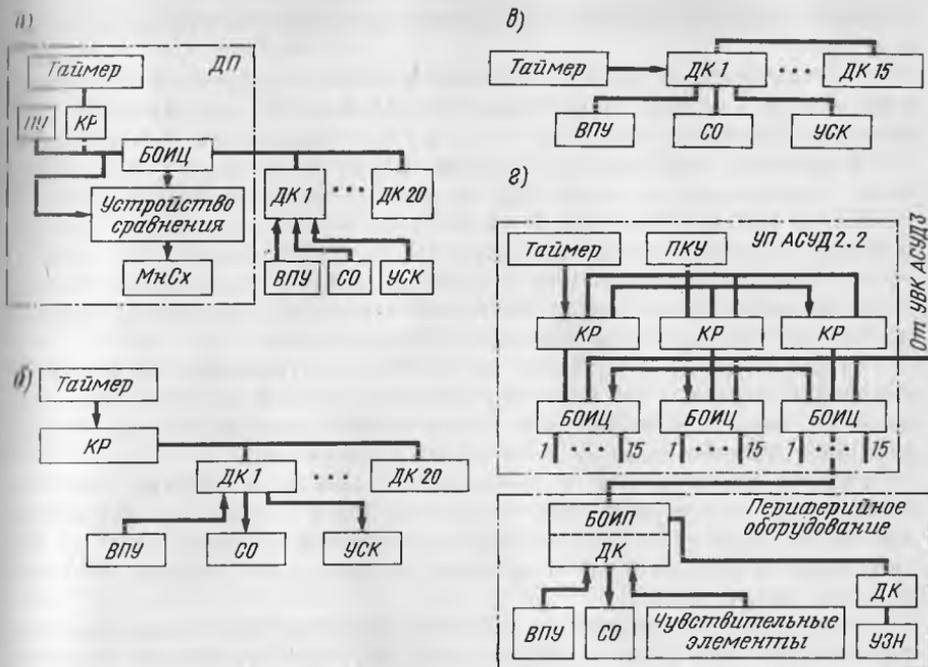


Рис. 6.8. Структурные схемы систем координированного управления:

а — ТСКУ-3М; б — ТСКУ-4; в — АСУД 2.1; г — АСУД 2.2; ДП — диспетчерский пункт; ПУ — пульт управления; КР — координатор; МнСх — мнемосхема; СО — светофорный объект

навливаются в начале перегона); выносные пульта управления, связанные с контроллерами.

В каждом контроллере заложены три программы, соответствующие планам координации. Они рассчитаны заранее для различных периодов суток. Сдвиги включения фаз для каждой программы и каждого перекрестка запаиваются на коммутаторе синхронизирующего устройства. Синхроимпульс, запускающий программно-логическое устройство, передается из диспетчерского пункта 1 раз в цикл последовательно по двухпроводному каналу связи в каждый контроллер. Последовательность и очередность передачи синхроимпульсов на перекрестки определяются текущей программой координированного управления. Для того чтобы контроллеры распознавали текущую программу и синхроимпульс находил свой контроллер, вместе с сигналом синхронизации передается в двоичном коде признак программы и адрес контроллера. Переход с одной программы на другую осуществляется с пульта управления вручную диспетчером или автоматически в заданное время суток по сигналам таймера.

С пульта управления диспетчер может также передать и другие команды, имеющие соответствующий код и адрес: «Включить

зеленую улицу», «Включить желтое мигание», «Отключить перекресток».

На мнемосхеме рядом с изображением перекрестка при передаче любой команды высвечивается ее название (например, «1 программа», «Желтое мигание» и т. д.), а также слово «Контроль».

Дорожный контроллер, приняв адрес и команду, формирует ответ, состоящий из своего адреса и кода обрабатываемой контроллером команды. При поступлении ответа в координатор диспетчерского пункта посланный адрес и код сравниваются с принятыми. При их соответствии лампа индикации «Контроль» гаснет. При несоответствии лампа контроля остается включенной, информируя тем самым о неисправности оборудования.

Таким образом, в отличие от систем, построенных на контроллерах УК, в ГСКУ-3М благодаря использованию средств телемеханики по двухпроводной линии связи могут передаваться несколько команд с ответом контроллера об их исполнении.

Работа контроллера в локальном режиме возможна при его отключении от системы. Это осуществляется с пульта контроллера или ВПУ. При этом контроллер может обрабатывать одну из заложенных в нем жестких программ, осуществлять режим ЖМ или ручного управления.

Возможен бесцентровый вариант системы координированного управления на базе контроллеров БК1-3М (система ГСКУ-4, рис. 6.8, б). В системе используются те же периферийные устройства, что и в ГСКУ-3М. Однако вместо аппаратуры диспетчерского пункта применяется специальный контроллер-координатор, устанавливаемый непосредственно на магистрали. Функции координатора в принципе совпадают с функциями диспетчерского пункта: управление по трем программам координации, индивидуальная передача команд телеуправления на любой контроллер, контроль исполнения команд. Система ГСКУ-4 также рассчитана на 20 перекрестков.

Дальнейшим развитием ГСКУ-3М является автоматизированная система координированного управления АСКУ «Магистраль», базирующаяся на контроллерах БК1-5. Она может охватывать 15 магистралей с числом перекрестков на каждой до 15. АСКУ отличается не только масштабом охвата районов координации, но и наличием в составе периферийного оборудования детекторов транспорта, установленных в характерных точках каждой магистрали. Информация об интенсивности движения передается 1 раз в 20 мин в управляющий пункт системы. Это позволяет осуществлять автоматический выбор одной из пяти жестких программ координации для каждой магистрали.

Наличие в составе системы детекторов транспорта позволяет решать попутную задачу: сбор информации о параметрах транспортных потоков. Такая информация периодически регистрируется цифropечатающим устройством управляющего пункта и выводится на мнемосхему. Эта информация используется в дальнейшем для совершенствования программ координации.

АСКУ «Магистраль» была внедрена в 1973 г. в Баку и в дальнейшем не тиражировалась.

**Магистральные системы координированного управления на базе технических средств второго поколения (АСС УД).** К ним относятся системы, созданные на базе программных контроллеров ДКМ 2С-4, а также контроллеров непосредственного подчинения ДКМ 5-4, ДКМ 5-8, ДКМ 6-4 и ДКМ 6-8.

В отличие от описанных систем координированного управления эти системы не имеют специальных названий, так как к моменту разработки АСС УД была принята общая классификация АСУД\*. В соответствии с этой классификацией каждой системе присвоен свой номер, первая цифра которого соответствует области применения системы, вторая — степени сложности ее функционирования. Локальные системы (предназначенные для управления движением на отдельных перекрестках) рассматриваются как системы первого уровня (АСУД 1), магистральные системы являются системами второго уровня (АСУД 2), общегородские — третьего уровня (АСУД 3). Магистральная система на базе контроллеров ДКМ 2С-4, учитывая ее сравнительно простую структуру, получила название АСУД 2.1, а магистральные системы на базе контроллеров типа ДКМ 5 и ДКМ 6 — АСУД 2.2.

АСУД 2.1 является бесцентровой системой координированного управления, рассчитанной на 15 перекрестков и построенной примерно по такому же принципу, как и система, основанная на контроллерах УК (рис. 6.8, в). В отличие от последней обмен информацией по магистральному каналу связи между контроллерами ДКМ 2С-4 основан на принципе захвата канала любым контроллером системы, который первым отработал цикл и раньше остальных сформировал синхронизирующий импульс. Остальные контроллеры, обнаружив присутствие в линии связи синхроимпульса, блокируют посылку своего импульса в линию. Таким образом, в системах этого типа осуществляется взаимная синхронизация контроллеров в соответствии с действующей программой координации и роль координатора может выполнять любой контроллер. Этот вариант обеспечивает большую надежность системы, так как в случае неисправности любого контроллера или обрыва линии связи посылка синхронизирующего импульса в оставшуюся целой часть линии связи гарантирована.

В БВСП каждого контроллера заложены три программы координации. Программа распознается по длительности синхроимпульса, соответствующей номеру выбранной программы.

Выбор и переключение программы обеспечиваются блоком БВСII по сигналам таймера или вручную. Этот же блок и все блоки БВСII остальных контроллеров начинают отсчет сдвига и времени цикла вызванной программы. В установленные моменты времени БВСП

\* Руководство по проектированию и внедрению автоматизированных систем управления дорожным движением на базе АСС УД/Под общ. ред. Г. Я. Волюшина.— М.: ВНИИБД МВД СССР, 1981. 232 с.

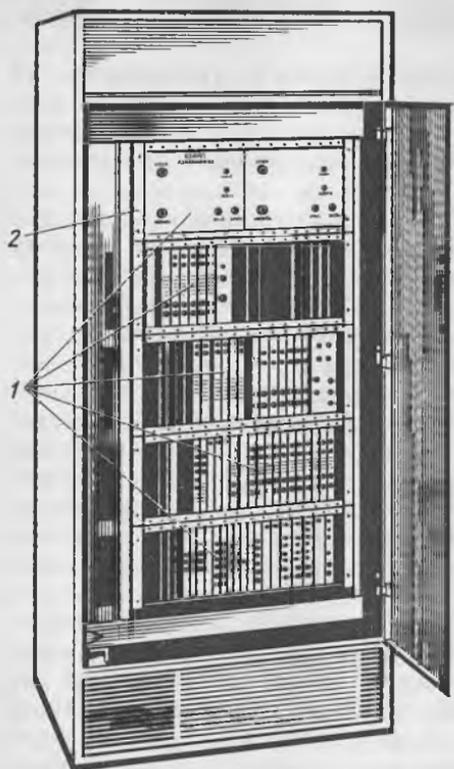


Рис. 6.9. Шкаф ШКГУП:

1 — блоки ШКГУП; 2 — поворотная рама

выдает в блок БУСО сигнал вызова фаз. Если синхроимпульс пришел раньше, чем в данном БВСП закончился отсчет заданного времени цикла, то формирователь времени цикла устанавливается в исходное состояние и отсчет времени цикла начинается сначала. Так бывает при переходе с одной программы на другую.

Время цикла каждой программы и время сдвига момента вызова фаз относительно начала отсчета цикла устанавливаются на коммутаторах блока БВСП. Вместо третьей программы возможно включение на перекрестках магистрали режима ЖМ.

В режиме координированного управления контроллер может обеспечить вызов фазы пешеходами от ТВП, которое подключается к блоку БУСО. Реализация этой фазы возможна лишь по истечении длительности зеленого сигнала по магистрали, предусмотренной программой координации.

АСУД 2.2 на базе АСС УД (рис. 6.8, г) является централизованной системой, представляющей собой переходную ступень к системам третьего уровня. В ее состав входит УП, в котором размещены пульт контроля и управления (ПКУ), координаторы и устройства телемеханики для передачи программ управления и команд диспетчера.

В состав периферийного оборудования входят дорожные контроллеры типа ДКМ 5 или ДКМ 6, управляющие светофорным объектом, управляемые дорожные знаки (при необходимости) и устройства телемеханики для приема и расшифровки поступающих из УП команд телеуправления и передачи в УП телесигнализации о функционировании системы.

Так как указанные контроллеры являются контроллерами непосредственного подчинения, то каждый из них связан своим радиальным каналом связи (телефонная линия длиной до 25 км) через устройства телемеханики с соответствующим КР управляющего пункта. При установке на перекрестках контроллеров типа ДКМ 6 (ДКМ 6-4 или ДКМ 6-8) может быть реализована местная коррекция программ координации (см. подразд. 6.3).

Система построена по модульному принципу. Каждый координатор обеспечивает управление по 15 каналам связи. Три координатора подключены к одному ПКУ. При необходимости координаторы синхронизируются между собой.

В качестве координатора применяют шкаф управляющего пункта ШКУП. Конструктивно он выполнен в виде напольного шкафа, устанавливаемого в помещении УП (рис. 6.9). Кроме функций координатора, ШКУП обеспечивает управление перекрестками в диспетчерском режиме с пульта контроля и управления. Это реализует соответствующие унифицированные блоки, входящие в его состав:

*блок диспетчерского контроля и управления (БДКУ)*, предназначенный для формирования команд диспетчера и вывода обобщенной контрольной (визуальной) информации о функционировании периферийных устройств на световое табло ПКУ;

*блок программного координированного управления (БПКУ)*, имеющий 15 каналов управления и до 7 программ координации;

*блок накопителя постоянной памяти (БНПП)*, предназначенный для хранения программ координации;

*блок маршрутных «зеленых улиц» (БМЗУ)*, обеспечивающий включение до восьми участков «зеленых улиц», каждый из которых может включать в себя до четырех перекрестков;

*блок обмена информацией центральный (БОИЦ)*, связанный с аналогичным блоком контроллера (БОИП) и предназначенный для формирования и отправки команд телеуправления на периферию и приема телесигнализации о состоянии работы системы. Обмен информацией между периферией и центром происходит ежесекундно.

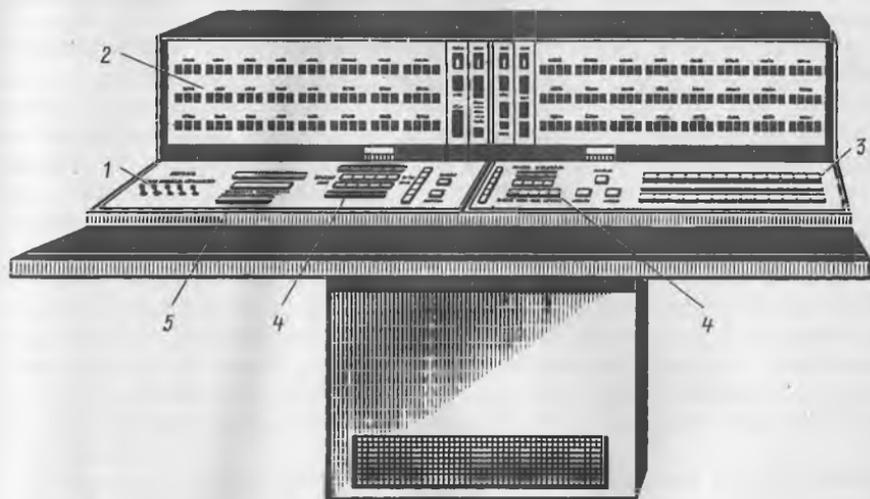


Рис. 6.10. Пульт контроля и управления ПКУ:

1 — сетевые включатели; 2 — панель индикации; 3 — клавиши каналов управления; 4 — органы диспетчерского управления; 5 — клавиши и индикация телеконтроля

Блоки БНПП и БПКУ образуют координатор, который обеспечивает формирование управляющих сигналов в соответствии с хранящимися в БНПП планами координации. Переход от одной программы координации к другой происходит по сигналам таймера в заданное время суток. Эту же операцию может проделать диспетчер вручную с пульта контроля и управления (рис. 6.10). Кроме этого, с ПКУ осуществляются включение маршрутов «зеленой улицы», автономное управление каждым периферийным объектом (контроллерами, управляемыми знаками). Панель индикации ПКУ позволяет оператору судить об исправности каждого устройства и каждого канала связи, а также получить общую картину о функционировании всей системы.

В случае выхода из строя каналов связи контроллеры переходят на режим локального управления по резервной программе, заложенной в контроллере.

### **Контрольные вопросы**

1. В чем заключается принцип координированного управления движением?
2. Каковы условия организации координированного управления?
3. Как влияет на координированное управление группообразование в транспортном потоке?
4. Как определяют расчетные цикл и скорость движения?
5. В чем заключается сущность графоаналитического метода расчета программы координации?
6. Каковы способы пропуска левоповоротных потоков в условиях координированного управления?
7. Каковы особенности расчета программ координации на ЭВМ?
8. Как и с какой целью осуществляются общая и местная коррекции программы координации?
9. Каковы принципы технической реализации систем координированного управления?
10. На базе каких контроллеров и как действуют бесцентровые отечественные системы координированного управления?
11. Каковы особенности работы централизованных систем?

## ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЩЕГОРОДСКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

### 7.1. СТРУКТУРА СИСТЕМ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ

Автоматизированная система управления дорожным движением — это комплекс технических, программных и организационных средств, обеспечивающих сбор и обработку информации о параметрах транспортных потоков, и на основе этого оптимизированное управление движением.

В данной главе рассматриваются общегородские АСУД, которые являются дальнейшим развитием локальных и магистральных систем управления движением, описанных в гл. 4 и 6. Их отличие от магистральных заключается не только в масштабе охвата улично-дорожной сети, но и в более развитой структуре построения и гибкости управления, которая обеспечивается входящим в состав АСУД специальным управляющим вычислительным комплексом и широким использованием средств диспетчерского управления.

По характеру функционирования и принципам построения АСУД относятся к классу автоматизированных систем управления технологическими процессами, получивших большое применение в народном хозяйстве.

Специфику АСУД определяют объекты управления — транспортные и пешеходные потоки, которым свойственны рассредоточенность в пространстве, а также стохастичность и нестационарность параметров. Указанные свойства объекта управления обуславливают использование в системе ряда территориально разбросанных объектов, участвующих в едином технологическом процессе. Таким образом, АСУД должна иметь широко развитую сеть периферийного оборудования, связанного с управляющим пунктом. Каналы связи обеспечивают постоянную циркуляцию в системе исходной, командной и контрольной информации. Информация необходима для функционирования основных программно-технических комплексов системы: информационно-измерительного, автоматического управления, диспетчерского и ручного управления, контрольно-диагностического. Каждый комплекс АСУД решает определенный круг задач.

Поскольку оптимизация управления немыслима без соответствующего информационного обеспечения, то одними из задач являются измерение и анализ параметров транспортных потоков. Так как обработка этой информации, а также формирование и передача команд средствам управления должны обеспечиваться

в темпе, соизмеримом со скоростью изменения условий движения на улично-дорожной сети, сбор информации осуществляется в реальном масштабе времени. Дискретность этого процесса, а также цикл обмена информацией между управляющим пунктом и периферийными устройствами обычно приняты равными 1 с. Это обеспечивает и необходимую точность измерений, поскольку ежесекундный опрос транспортных детекторов для однополосного контролируемого сечения гарантирует отличие одного автомобиля от другого, учитывая, что по условиям безопасности движения минимальный интервал между ними составляет более 1 с. Определение времени присутствия автомобиля с точностью до 1 с также обеспечивает достаточно уверенное распознавание заторовой ситуации.

Следующей и главной задачей является выбор (или расчет) режимов управления и формирования управляющих воздействий на исполнительные органы системы — периферийное оборудование. В нормальном режиме работы АСУД это осуществляет управляющий вычислительный комплекс (УВК). В запоминающих устройствах УВК содержатся типовые (базовые) программы управления, соответствующие определенным транспортным ситуациям. Программы автоматически выбираются и корректируются на основе поступающей с периферии информации. При выходе УВК из строя временно могут быть использованы программы, содержащиеся в специальном резервном устройстве управляющего пункта. При этом снижается гибкость управления, так как программы выбирают вручную или с помощью таймера в заданное время суток, и кроме этого, не происходит общая коррекция программ (см. подразд. 6.3).

В случаях возникновения непредвиденных ситуаций может осуществляться дистанционное диспетчерское управление. Необходимость введения диспетчерского управления в АСУД с сохранением за человеком высшего приоритета в принятии решения диктуется сложностью процесса дорожного движения, а также большой тяжестью последствий для участников движения при нарушениях и сбоях в работе системы. Таким образом, в составе АСУД функционируют три независимых контура управления: автоматического гибкого, резервного и диспетчерского.

И, наконец, задачами контрольно-диагностического комплекса являются контроль исправности технических средств системы, блокирование опасных ситуаций в работе светофорной сигнализации.

Наличие в системе нескольких контуров управления, резервирующих друг друга, а также ее контрольно-диагностические функции существенно повышают ее надежность и эффективность. Указанные задачи АСУД решаются с помощью технических средств, необходимого программного обеспечения и обслуживающего персонала. К таким средствам относятся: детекторы транспорта; устройства передачи информации; средства обработки этой информации (вычислительный комплекс); периферийные исполнительные устройства (дорожные контроллеры, управляемые знаки, указатели скорости); средства диспетчерского контроля и управления движением; контрольно-диагностическая аппаратура.

Используемые в АСУД программы бывают технологические и служебные. Первые реализуют конкретные алгоритмы управления транспортными потоками, вторые являются неотъемлемой частью средств вычислительной техники и поставляются вместе с этой техникой предприятиями-изготовителями. Они обеспечивают необходимые режимы работы УВК, его контролирование и диагностирование.

В обслуживающий персонал входит штат специалистов, выполняющих функции управления движением и занимающихся эксплуатацией и обслуживанием технических средств, подготовкой технологических программ.

Технические средства АСУД в зависимости от выполняемых ими функций размещаются в УП системы или на периферии. АСУД может быть с единым общегородским управляющим пунктом или с несколькими районными управляющими пунктами (районированная структура). В последнем случае может быть общий центр для координации работы районных УП, а при его отсутствии между районными УП обеспечивается обмен информацией.

Районированная структура АСУД способствует сокращению длины линии связи и повышению надежности системы, так как выход из строя какого-либо района не приводит к существенным нарушениям в работе всей системы. Однако системы с полной централизацией обеспечивают удобство их эксплуатации, возможность эффективного диспетчерского управления, сравнительную простоту приема и передачи информации. Отпадает и необходимость в большом количестве помещений для оборудования районных УП. В силу этого большинство всех действующих АСУД выполняют с единым общегородским центром управления (рис. 7.1).

Подключение каждой единицы периферийного оборудования к линиям связи с управляющим пунктом обеспечивается с помощью УТ, полуккомплекты которых размещаются как в УП, так и на периферии (в ДК или в специальных контейнерах).

Управление движением в рамках АСУД организовано по иерархическому принципу. Это предполагает несколько уровней управления, отличающихся масштабностью решаемых задач. Учитывая свойства объекта управления (медленные периодические изменения параметров потока, измеряемые минутами, кратковременные изменения скорости и плотности, измеряемые десятками секунд, интервалы между автомобилями, измеряемые секундами), можно выделить три уровня управления — стратегический, тактический и локальный.

Одним из основных алгоритмов, реализуемых АСУД, является гибкое координированное управление. Так как любая программа координации предполагает одинаковый цикл для всех перекрестков, ее невозможно распространить на всю улично-дорожную сеть города. Она будет пригодной только для какого-то одного так называемого района координации (обычно крупная магистраль с прилегающими улицами). Границами района могут быть перекрестки, не имеющие связи по потоку с соседними.

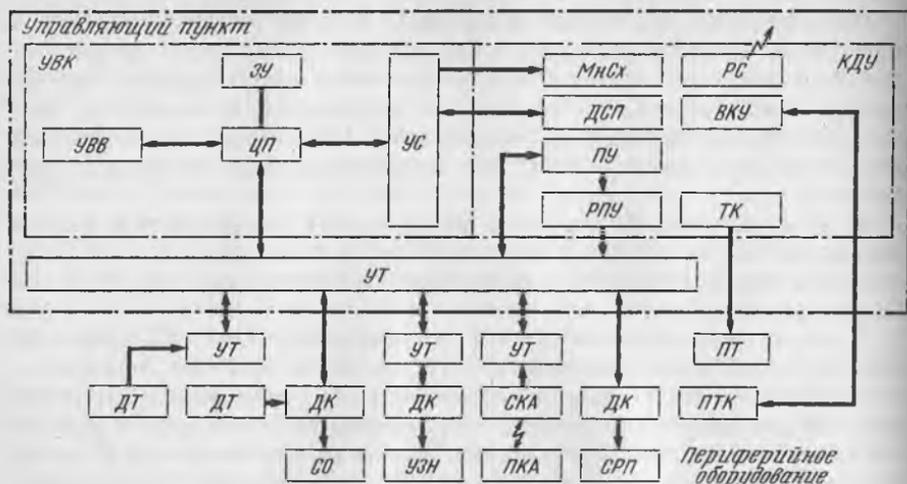


Рис. 7.1. Обобщенная структурная схема АСУД 3 с единым управляющим пунктом:

УВК — управляющий вычислительный комплекс; КДУ — комплекс средств диспетчерского управления; ЦП — центральный процессор; ЗУ — запоминающие устройства; УВВ — устройства ввода-вывода; УС — устройство связи; МнСх — мнемосхема; ДСП — дисплей; ПУ — пульт управления; РПУ — резервное программное устройство; РС — радиостанция; ВКУ — видеоконтрольное устройство; УТ — устройство телемеханики; ДТ — детектор транспорта; ДК — дорожный контроллер; СО — светофорный объект; УЗН — управляемый дорожный знак; СКА, ПКА — стационарные и передвижные комплексы аппаратуры приоритетного пропуска; СРП — светофоры реверсивной полосы; ПТК — передающая телевизионная камера; ПТ — постовые телефоны; К — телефонный коммутатор

Поэтому на стратегическом уровне улично-дорожную сеть разбивают на районы координации. В пределах одного района реализуют программу, соответствующую транспортной ситуации в данном районе.

Дальнейшей задачей этого уровня управления является выбор из библиотеки содержащихся в памяти УВК программ наиболее подходящей этой ситуации базовой жесткой программы координации. Для этого информация о параметрах потоков, являющаяся результатом ежесекундного опроса детекторов транспорта, накапливается в УВК и усредняется. Интервал усреднения интенсивности и скорости движения определяется динамикой изменения параметров потоков. В часы пик интервал усреднения обычно составляет 10—20 мин, в межпиковые часы 40—60 мин.

На стратегическом уровне УВК прогнозирует транспортную ситуацию на следующий период усреднения для того, чтобы программа координации выбиралась не из условий предыдущего интервала усреднения, а в соответствии с текущими параметрами движения. Для этого используются ранее накопленные статистические данные об изменении интенсивности и скорости в течение суток. Полученные результаты позволяют выбрать из памяти УВК наиболее подходящую контрольную картограмму транспортной ситуации, которой соответствует заранее рассчитанная базовая программа, характери-

яющаяся определенными знаниями цикла, временных сдвигов и длительности основных тактов.

На тактическом уровне происходит подстройка базовой программы (общая коррекция) под реальную транспортную ситуацию в районе координации, которая отличается от контрольной интенсивностью и скоростью потоков.

И, наконец, на локальном уровне осуществляется местная коррекция программы.

При смене программ координации могут возникнуть опасные ситуации, когда длительность зеленого сигнала может стать меньше или больше отвечающей требованиям безопасности движения. Кроме этого, может нарушиться предусмотренный порядок чередования фаз.

Первая ситуация обычно блокируется на локальном уровне. При этом контроллеры независимо от команд, поступающих из УП, не выключают зеленый сигнал до истечения его заранее заданного минимального значения и, наоборот, выключают зеленый сигнал, когда его максимальная длительность, заложенная в контроллере, отработана. Вторая ситуация блокируется алгоритмом переходного периода, реализуемым УВК на тактическом уровне. Алгоритм предусматривает плавную подстройку новой программы к действовавшему ранее режиму работы светофорной сигнализации.

Кроме программ координированного управления, в АСУД при необходимости реализуется ряд специальных технологических и служебных алгоритмов. К специальным технологическим алгоритмам относятся; включение участков ЗУ, обнаружение и ликвидация заторовых ситуаций, дистанционное диспетчерское и местное ручное управление светофорной сигнализацией.

Участки «зеленой улицы» включаются автоматически, если специальный автомобиль снабжен передвижным комплектом аппаратуры приоритетного пропуска. В момент прохождения специально предназначенных для этой цели детекторов транспорта автомобиль посылает в УП запрос. В результате по мере его продвижения последовательно включаются участки «зеленой улицы» в соответствии с программой, заложенной в УВК. Длину каждого участка выбирают такой, чтобы время ожидания водителей в конфликтующих направлениях не превышало 60 с. При отсутствии в автомобиле ПКА сигнал о включении участков «зеленой улицы» посылает в УВК диспетчер управляющего пункта или инспектор ГАИ с ВПУ контроллера, которые заранее получают информацию о спецпроезде.

Обнаружение заторовых состояний основано на определении среднего времени присутствия автомобилей в контролируемых сечениях, располагаемых в зоне перекрестка (см. подразд. 5.3). Если это время превышает заранее заданное значение, делают попытку рассосать затор путем увеличения длительности зеленого сигнала в направлении затора. Если эта попытка не дает положительных результатов, то на предыдущем перекрестке включают позицию управляемого знака, в соответствии с которой поток (или часть потока) отводится на объездные пути.

Вручную управляют светофорной сигнализацией на перекрестке в экстренных ситуациях (ликвидация последствий ДТП, заторы и т. д.). Это делает диспетчер с пульта управления УП, когда он может контролировать ситуацию с помощью телевизионного канала связи (см. рис. 7.1), либо инспектор ГАИ, находящийся на перекрестке, с ВПУ контроллера.

К служебным алгоритмам относятся реализация системы приоритетов команд, получение первичной информации о параметрах транспортных потоков и ее обработка в процессе реализации технологических алгоритмов, обмен информацией между техническими средствами, а также взаимодействие с диспетчером и контроль функционирования технических средств. Информация о параметрах потоков и состоянии технических средств периодически выводится на печать с помощью типовых устройств, входящих в состав УВК.

## 7.2. ПЕРИФЕРИЙНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СИСТЕМЫ

Задачами периферийного оборудования являются: сбор первичной информации о характеристиках транспортных потоков; реализация команд, поступающих из УП; формирование и посылка в УП телесигнализации о выполнении команд и об исправности оборудования; формирование и посылка в УП запросов на реализацию специальных режимов управления; управление светофорным объектом в локальном режиме в случае выхода из строя каналов связи с УП.

Выполнение этих задач обеспечивается техническими средствами, большая часть которых описана в гл. 4—6. Особенностью их использования в АСУД является их связь с управляющим пунктом и характер принимаемой и передаваемой информации.

Для соединения периферийного оборудования с управляющим пунктом в современных АСУД применяют проводные каналы связи. Реализация этих каналов может быть выполнена посредством сооружения специальной кабельной сети. Однако ее создание требует значительных капиталовложений и сопряжено с большим объемом земляных работ по укладке кабеля на улично-дорожной сети города. Поэтому, как правило, в качестве каналов связи применяют арендуемые линии городской телефонной сети. Здесь решающим становится уменьшение числа физических каналов, которые являются весьма дефицитными. Решение этой задачи обеспечивается применением устройств телемеханики, позволяющих по одной физической линии передавать большое число команд и обратных информационных сигналов. Таким образом, неотъемлемой частью периферийного оборудования являются устройства телемеханики, которые могут быть составной частью этого оборудования или размещаться отдельно в специальных контейнерах, устанавливаемых рядом с проезжей частью.

Задачу сбора первичной информации о параметрах потока выполняют детекторы транспорта. При этом для выбора базовой про-

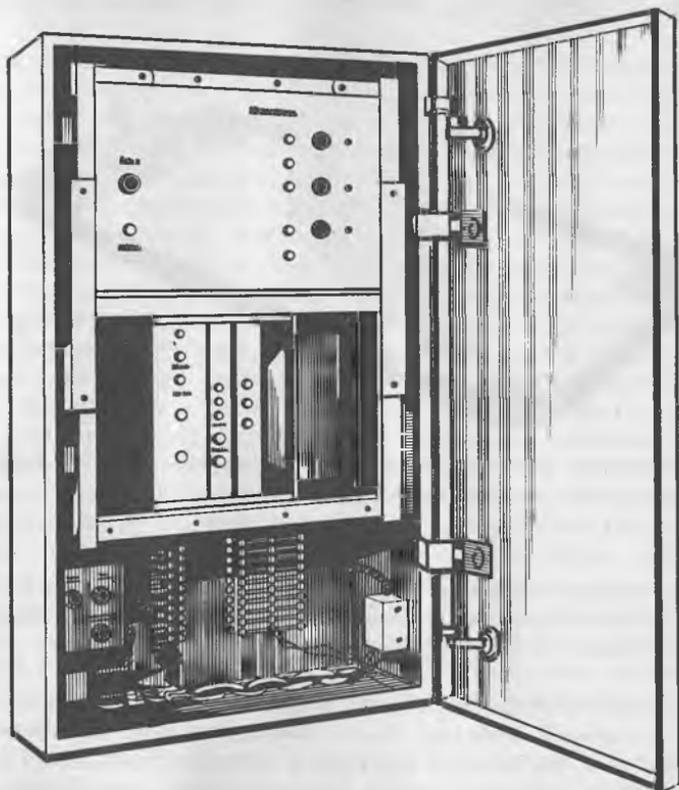


Рис. 7.2. Устройство обмена информацией периферийное УОИП

граммы координации используются проходные детекторы (информация об интенсивности движения) и детекторы скорости, расположенные в узловых точках улично-дорожной сети. Информация о заторовых ситуациях поступает от детекторов присутствия, которые обычно размещают в зоне перекрестков. Для расчета самих базовых программ, помимо интенсивности и скорости потока, необходима информация о его составе, которая регистрируется специальным типом детекторов. Если детекторы, имеющие непосредственную связь с управляющим пунктом, расположены в зоне перекрестка, то для реализации этой связи могут быть использованы устройства телемеханики дорожных контроллеров (БОИП). В остальных случаях БОИП размещаются в специальных периферийных устройствах обмена информацией (рис. 7.2).

Реализацию поступающих из УП команд и управление светофорным объектом в локальном (аварийном) режиме осуществляют дорожные контроллеры. Учитывая методы управления, реализуемые общегородскими АСУД, в данном случае применяются только контроллеры непосредственного подчинения. Как было указано выше,

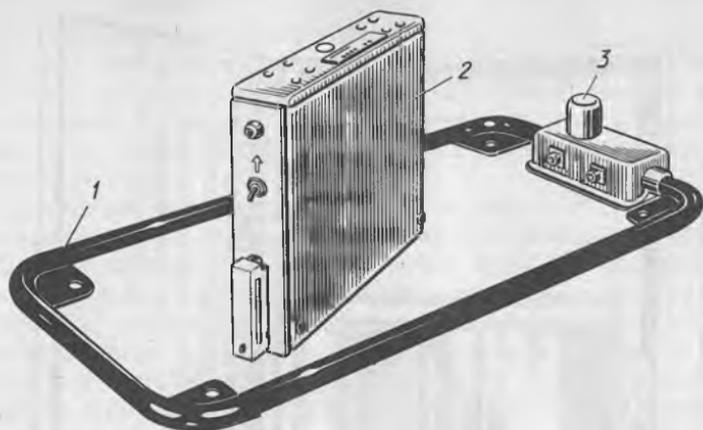


Рис. 7.3. Передвижной комплект аппаратуры приоритетного пропуска ПКА:  
 1 — передающая антенна; 2 — блок запроса 3У; 3 — приемная антенна

устройства телемеханики встроены в контроллеры и обеспечивают прием и декодирование сигналов телеуправления и посылку в УП телесигнализации о выполнении команд и исправности контроллера.

В нормальном режиме работы контроллер служит лишь транслятором указанных команд. Его самостоятельность проявляется лишь в местной коррекции программ координации, поступающих из центра, при условии, что в контроллерах содержатся блоки местного гибкого регулирования. В локальном режиме контроллер полностью переходит на автономное управление, используя заложенную в нем резервную программу.

Контроллеры управляемых дорожных знаков по сравнению со светофорными выполняют меньший объем функций и имеют более простое конструктивное исполнение. Их связь с УП осуществляется через УОИП.

К периферийному оборудованию относятся стационарные и передвижные комплекты аппаратуры приоритетного пропуска (СКА и ПКА), обеспечивающие автоматический запрос включения участков «зеленой улицы».

Стационарный комплект аппаратуры состоит из антенны и электронного блока. Антенна выполнена в виде одновитковой индуктивной рамки, которая подобно чувствительному элементу индуктивного детектора транспорта уложена под дорожное покрытие. Ее ширина зависит от числа полос движения в заданном направлении и может составлять 3—18 м. Длина антенны (размер в направлении движения) в основном зависит от скорости приоритетного автомобиля и обычно составляет 2 м. Электронный блок размещен в напольном контейнере, установленном рядом с проезжей частью. Через устройство телемеханики дорожного контроллера или УОИП ста-

пионерный комплект аппаратуры связан с УВК управляющего пункта.

Передвижной комплект аппаратуры приоритетного пропуска состоит из приемо-передающей антенны и блока запроса (рис. 7.3). Передающая антенна представляет собой индуктивную рамку, защищенную от внешних механических воздействий электростатическим экраном. Приемная антенна выполнена на ферритовом сердечнике и расположена перпендикулярно плоскости передающей антенны, что исключает их взаимное влияние. Обе антенны образуют единый конструктивный узел и размещаются под кузовом приоритетного автомобиля. Блок запроса ЗУ расположен в кабине водителя.

При включении водителем блока запроса передающая антенна ПКА непрерывно излучает в направлении дорожного покрытия кодированный сигнал. При проезде автомобиля над антенной СКА сигнал запроса передается в УВК, который в соответствии с предусмотренной для этих целей программой посылает команды дорожным контроллером на включение участков ЗУ.

Аппаратура ПКА может устанавливаться на средствах пассажирского общественного транспорта, автомобилях скорой помощи, милиции, пожарной охраны и других автомобилях специального назначения.

К периферийному оборудованию АСУД следует отнести также и внешние устройства, подключенные к дорожным контроллерам: выносные пульты управления (см. гл. 4); табло вызова пешеходной фазы (см. гл. 10); управляемые дорожные знаки (см. гл. 8).

### 7.3. УПРАВЛЯЮЩИЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

Управляющий вычислительный комплекс является высокопроизводительным средством обработки информации и выполняет главную роль в обеспечении гибкого автоматического управления. Функции УВК предполагают его связь со всеми техническими средствами АСУД (рис. 7.4). Эти функции сводятся к следующему:

обработка информации о параметрах транспортных потоков; выбор и ввод в действие управляющих алгоритмов и плавный переход от одного алгоритма к другому;



Рис. 7.4. Информационные связи УВК в АСУД

передача команд, реализующих эти алгоритмы, на периферийные объекты и прием сигналов об исполнении этих команд;

обеспечение необходимой информацией диспетчерский персонал и управление через пульта операторов любым объектом системы;

определение неисправностей отдельных элементов системы и контроль правильности функционирования светосигнального оборудования;

запись, хранение и обработка статистической информации о параметрах транспортных потоков, состоянии оборудования системы и деятельности диспетчерского персонала.

Для реализации перечисленных функций в состав УВК должен входить ряд устройств.

1. Центральный процессор, предназначенный для выполнения всех арифметических и логических операций.

2. Оперативные запоминающие устройства, взаимодействующие с процессором при выполнении им операций.

3. Долговременные запоминающие устройства (магнитные ленты или магнитные диски), предназначенные для хранения больших массивов информации, используемой в работе УВК непостоянно.

4. Устройства ввода-вывода, необходимые для взаимодействия УВК с диспетчерским и обслуживающим персоналом: фотосчитывающие устройства, необходимые для начального ввода в УВК программ, записанных на перфоленту; перфораторы, обеспечивающие вывод на перфоленту программ из УВК; устройства печати с клавиатурой; устройства быстрой печати для вывода больших массивов информации; устройства индикации данных (дисплеи, мнемосхемы).

5. Устройства связи с объектами, обеспечивающие обмен информацией с периферийным оборудованием и техническими средствами диспетчерского управления. Устройства связи представлены в УВК достаточно многочисленной группой, учитывая большое количество подключаемых к нему внешних устройств.

6. Вспомогательные устройства, необходимые для взаимосвязи центрального процессора с перечисленными группами устройств (расширитель ввода-вывода, канал прямого доступа в память, таймер, предназначенный для выдачи в процессор временных сигналов, что позволяет в заданные моменты и интервалы времени переводить УВК на определенный режим работы).

Функции УВК выполняются в различные интервалы времени. Опрос детекторов транспорта и контролируемого периферийного оборудования, посылка команд на периферию, прием команд с пульта диспетчерского управления обычно имеют временной цикл 0,05—1 с, выполнение задач тактического уровня 1—2 мин, стратегического 5—30 мин.

Характерным для современных АСУД является построение УВК по двухпроцессорной схеме. При этом один из процессоров выполняет задачи секундного цикла, второй — задачи стратегического и тактического управления. По такому принципу построены УВК на базе ЭВМ СМ-2М. В АСУД более раннего выпуска применялась однопроцессорная ЭВМ М-6000. Помимо числа процессоров

УВК, СМ-2М отличается от М-6000 большим объемом оперативной памяти и более высоким быстродействием.

С учетом многообразия режимов обмена информацией УВК с подключенными к нему внешними устройствами в его работе используется принцип приоритета, который реализуется программным путем. Высшим приоритетом пользуется синхронный обмен информацией с периферийными устройствами, необходимый для эффективной работы контура автоматического управления. Обмен информацией, связанный с обслуживанием запросов оператора системы, выводом информации на печать или мнемосхему осуществляется лишь после окончания процесса синхронного обмена. Моменты начала и окончания этого процесса определяются сигналами таймера в соответствии с жесткой временной диаграммой. Таким образом, какие бы программы не выполнял УВК, к моменту связи с периферийными устройствами выполнение их прерывается таймером. После выполнения программы синхронного обмена с периферией (обычно она бывает очень короткой) УВК возвращается к выполнению прерванной программы.

Аналогично обеспечивается приоритетность остальных режимов. При этом текущий режим прерывается по признаку, заложенному в режиме более высокого приоритета.

#### **7.4. СРЕДСТВА ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Основными задачами диспетчерской службы являются: управление движением в особых случаях, не предусмотренных программами УВК; управление при сбоях в каналах связи или выходе из строя УВК; наблюдение за процессом функционирования АСУД.

Под особыми случаями понимаются дорожно-транспортные происшествия (ДТП), аварии инженерных сетей или сооружений, массовые мероприятия в городе или отдельном его районе (демонстрации, спортивные праздники), приоритетный пропуск автомобилей, не оборудованных аппаратурой ПКА (или в местах, где отсутствует СКА).

При выходе из строя УВК нарушается контур автоматического гибкого управления. Диспетчер должен, используя резервное программное устройство, обеспечить координированное управление в контролируемых АСУД районах со сменой программ в заданное время суток. При необходимости отдельные перекрестки могут быть переведены диспетчером в режим локального управления.

Наблюдение за процессом функционирования АСУД преследует цель выявить все недопустимые отклонения от нормального режима работы. Такие отклонения могут возникать вследствие отказов технических средств АСУД или из-за несовершенства программного обеспечения УВК.

При возникновении указанных ситуаций действия диспетчерского персонала могут быть стандартными (предусмотренными специальной инструкцией) или носить индивидуальный характер в за-

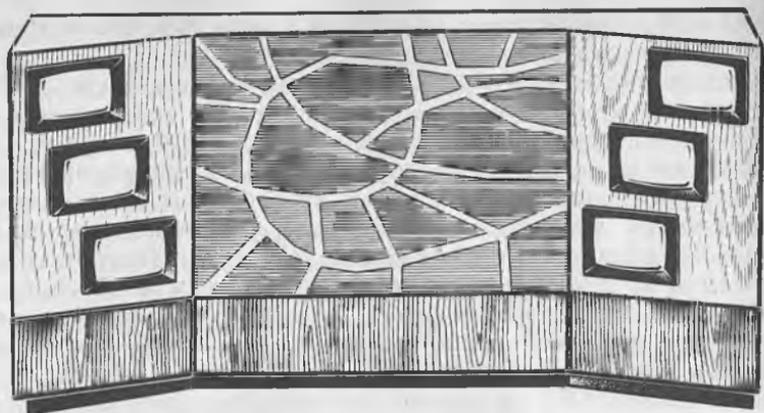


Рис. 7.5. Общий вид мнемосхемы

висимости от опыта и искусства оператора (например, при ликвидации последствий ДПП).

Для решения основных задач технические средства КДУ обеспечивают диспетчера необходимой информацией и возможностью дистанционного управления периферийными объектами системы. К средствам информационного обеспечения относятся: мнемосхемы района, контролируемого АСУД; дисплеи, средства телевизионного надзора за движением; средства телефонной и радиосвязи. Для осуществления функций контроля и управления служат пульта операторов.

Мнемосхема представляет собой схематическое изображение дорожной сети города с элементами сигнализации. Нередко для размещения видеоконтрольных устройств средств телевизионного надзора к мнемосхеме крепят специальные боковые каркасы (рис. 7.5). Элементами сигнализации являются расположенные на мнемосхеме в узловых точках улично-дорожной сети индикаторы, реализуемые, как правило, на лампах накаливания. Цвет индикаторов соответствует определенной информации, выводимой на мнемосхему: о режимах функционирования системы или ее устройств (координированное управление, «зеленая улица», ручное управление и т. д.); о неисправности технических средств; о транспортной ситуации в районе управления (например, сигнал о заторе в движении). Цвет индикатора выбирают на стадии проектирования системы.

Более детальную информацию, расшифровывающую сигналы мнемосхемы, оператор может получить через дисплей. При этом оператор обращается непосредственно к массивам информации, хранящимся в УВК. Например, по запросу оператора на экран дисплея может выводиться информация по отдельному перекрестку (номер программы управления, текущее состояние фаз регулирования), по группе перекрестков (интенсивность, скорость потоков), по системе в целом (характер неисправности оборудования). Дисплей может быть

использован и как устройство ввода информации. Таким образом, он является средством оперативного обмена информацией между человеком и УВК в АСУД.

Входящая в КДУ телефонная и радиосвязь состоит из сети проводных и радиоканалов. Они соединяют управляющий пункт АСУД с подразделениями ГАИ и другими службами, имеющими отношение к дорожному движению и обеспечению его безопасности. По этим каналам диспетчерский персонал получает устную информацию о транспортной ситуации в районах, дорожной обстановке, запросы о спецрежимах управления. Эти же средства связи могут быть использованы для оперативного управления движением с привлечением дорожно-патрульной службы ГАИ.

Подсистема телевизионного надзора используется для визуального контроля условий движения на наиболее сложных транспортных узлах. Причем на одном пересечении может быть установлено несколько передающих телевизионных камер, которые крепятся на специальных опорах, мачтах уличного освещения, а также на стенах и крышах зданий и сооружений. Камеры имеют защитный кожух, а также устройства подогрева и вентиляции. Управляет положением камеры, ее включением, отключением и фокусированием оператор дистанционно из УП посредством устройств телемеханики (см. рис. 7.1). При необходимости изображение, выводимое на ВКУ, может быть записано на видеомagneтофон для последующего анализа дорожных ситуаций и действий диспетчерского персонала в этих условиях.

Для непосредственного осуществления функций контроля и управления служат пульта управления. Пульт управления имеет связь с УВК, дисплей, панель дистанционного управления передающими телевизионными камерами и видеоконтрольными устройствами, коммутатор прямой телефонной связи, панель управления радиостанцией. Органы управления на пульте выполнены в виде кнопок и клавишей с соответствующей системой индикации. Пульт управления размещается таким образом, чтобы оператор имел хороший обзор мнемосхемы и экранов ВКУ.

### **7.5. ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ АСУД**

Общие принципы построения и функционирования общегородских АСУД заложены в системах, действующих в СССР и других странах. Специфические особенности этих систем определяются характером применяемого оборудования и масштабом охвата системой уличной дорожной сети города. Поскольку технические средства управления движением, а также средства вычислительной техники непрерывно совершенствуются, целесообразно рассматривать характерные особенности отечественных АСУД в соответствии с этапами развития технических средств. Вместе с тем, несмотря на различие этих систем с точки зрения их технической реализации, им присущи общие черты. Это наличие единого центра управления и модульный

принцип построения. Последнее обстоятельство делает возможным постепенное наращивание системы по мере увеличения числа светофорных объектов, включаемых в АСУД.

**АСУД на базе технических средств первого поколения.** К серийно выпускавшимся в этот период общегородским системам управления дорожным движением относится АСУД «Город-М». Впервые подобная система была внедрена в 1975 г. в Алма-Ате, а в дальнейшем в таких крупнейших городах, как Новосибирск, Фрунзе, Кемерово, Гомск, Ташкент и др. Структура системы «Город-М» в принципе соответствует показанной на рис. 7.1.

В системе в качестве периферийного оборудования применяются контроллеры непосредственного подчинения БК1-6 и БК1-7; детекторы транспорта ДИ-М и построенные на их базе датчики скорости, управляемые дорожные знаки, устройства приема и передачи информации. В управляющем пункте размещены: управляющий вычислительный комплекс, мнемосхема, пульт управления, устройства согласования с линией связи, резервное программное устройство.

Управляющий вычислительный комплекс создан на базе вычислительного комплекса М-6000 агрегатной системы средств вычислительной техники (АСВТ-М) с одним процессором. К процессору можно подключить 1—8 ОЗУ. Для накопления статистической информации используется накопитель на магнитных лентах (НМЛ), подключаемый одной интерфейсной картой к процессору, другой — к каналу прямого доступа в память. Это позволяет разгрузить процессор при работе с НМЛ.

Задание определенного действия УВК и его синхронизацию с другими устройствами выполняет таймер. Прерывание по таймеру имеет высший приоритет.

Пульт управления оборудован устройством ввода-вывода информации и станцией индикации данных, что позволяет оператору набирать и редактировать набранную информацию в ЭВМ, а также выводить на экран дисплея специальные символы ввода-вывода.

Для вывода информации на печать используются устройство печати с клавиатурой («Консул-260»), а также при большом массиве информации параллельное печатающее устройство. Информация из УВК с помощью ленточного перфоратора может быть выведена на перфоленту. Для связи УВК с периферийными объектами применяется расширитель ввода-вывода.

Использование УВК, построенного по однопроцессорной схеме, предполагает специальный временной режим его работы. Период работы состоит из двух этапов: усреднение информации и определение режимов управления. Эти этапы работы реализуются поочередно, однако выдача управляющих сигналов на периферию, контроль их выполнения и работы периферийных устройств осуществляются на обоих этапах ежесекундно.

Резервное программное устройство содержит 3 программы координации, применяемые при выходе из строя УВК.

В состав пульта управления (кроме упомянутых устройств ввода-вывода) входят устройства управления средствами телеви-

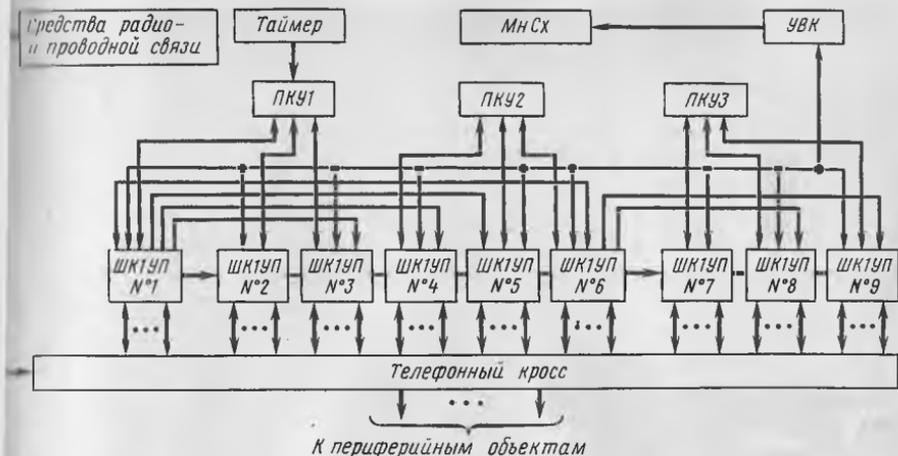


Рис. 7.6. Структурная схема управляющего пункта АСУД «Город-М1»

дения, средства телефонной связи, блоки контроля и диспетчерского управления, блоки маршрутных «зеленых улиц». Данные устройства работают в системе без связи с УВК.

«Город-М» построен по модульному принципу. Один модуль содержит до 150 каналов связи. Так как часть из них используется для связи с детекторами транспорта и управляемыми знаками, практически число перекрестков, управляемых одним модулем, не превышает 100. При необходимости может быть подключен второй модуль. Между модулями осуществляется связь по режимам управления. Дальнейшее наращивание системы требует дополнительной ЭВМ, не входящей в состав модулей и служащей для координации их работы.

**АСУД на базе технических средств второго поколения.** Серийно выпускаемая общегородская АСУД этого типа — «Город-М1» — выполнена полностью на базе технических средств АСС УД. Впервые она была внедрена в г. Омске в 1980 г., в последующие годы — в Минске, Харькове, Кишиневе, Риге, Ярославле и др.

«Город-М1» строится путем дальнейшего расширения АСУД 2.2. В качестве периферийного оборудования используются модификации контроллеров непосредственного подчинения типов ДКМ 5 и ДКМ 6, управляемые дорожные знаки и необходимые для управления этими знаками контроллеры ДК 7, детекторы транспорта Д11 — Д16, стационарные комплекты аппаратуры приоритетного пропуска (СКА), периферийные устройства обмена информацией (УОИП и УВО).

В состав управляющего пункта (рис. 7.6) входят: управляющий вычислительный комплекс на базе ЭВМ СМ-2М; мнемосхема; пульты контроля и управления; шкафы управляющего пункта.

Устройство телемеханики (БОИЦ), средства диспетчерского управления, а также программное устройство, выступающее в дан-



Рис. 7.7. Фрагмент диспетчерского зала управляющего пункта системы СТАР1

ном случае в роли резервного, содержатся в ШК1УП. В контуре автоматического гибкого управления БОИЦ этих шкафов используются для обмена информацией между УВК и соответствующими БОИП периферийных объектов. При выходе из строя УВК система работает так же, как и АСУД 2.2.

Контур диспетчерского управления реализуется через блоки, содержащиеся в ШК1УП. Как и в системе «Город-М», диспетчер также имеет широкую возможность использовать устройства ввода-вывода информации, средства промышленного телевидения, радио- и проводной связи.

Наращивание емкости управляющего пункта производится группами по 15 каналов управления (один шкаф ШК1УП) в пределах одного ПКУ и по 45 каналов при увеличении числа ПКУ.

На технических средствах АСС УД базируется и система управления дорожным движением СТАР1, первая очередь которой введена в эксплуатацию в Москве. Принципы функционирования системы являются такими же, как и изложенные ранее. Она отличается масштабностью, учитывая, что в Москве около тысячи светофорных объектов. Первая очередь системы охватывает центральный район города в пределах Садового кольца. Управляющий вычислительный комплекс выполнен по многопроцессорной схеме и на первом этапе развития состоит из трех одинаковых модулей. Улично-дорож-

ная сеть центрального района разделена на две части, каждая из которых обслуживается одним модулем. Третий модуль является резервным и автоматически вводится в действие при отказе любого из рабочих модулей.

Работа диспетчерского персонала управляющего пункта системы СТАРГ организована по иерархическому принципу. Операторы контролируют движение и управляют им в отдельных районах улично-дорожной сети, а диспетчеры — ответственные дежурные по городу координируют действия операторов и принимают решения по важнейшим вопросам управления движением на общегородском уровне.

В зале УП имеются центральная мнемосхема, а также мнемосхемы центральной части города и шести секторов улично-дорожной сети за пределами Садового кольца. Соответственно у каждой мнемосхемы оборудованы свои операторские пульта управления.

На первом этапе развития системы общее число пунктов, оборудованных передающими телевизионными камерами, составляют 24. По числу контролируемых пунктов в центре управления имеются 24 ВКУ. Они объединены в единый полиэкран, располагаемый перед мнемосхемой центральной части города (рис. 7.7). Ответственный дежурный имеет дополнительное ВКУ, на экран которого он может вызвать любое изображение, просматриваемое на полиэкране системы.

Все пульта операторов снабжены дисплеями, которые позволяют получить детальную информацию о состоянии оборудования системы и параметрах транспортного потока. Кроме этого, пульта снабжены телефонными коммутаторами, панелями управления телевизионными каналами и каналами связи с УВК.

**АСУД на базе технических средств третьего поколения.** В рамках этого поколения в нашей стране разработаны системы управления движением с расширенной технологией на базе микропроцессорной техники — АСУД «Сигнал». Структура таких систем является многоуровневой с различными типами центров управления — зональным, районным, общегородским (рис. 7.8). Таким обра-

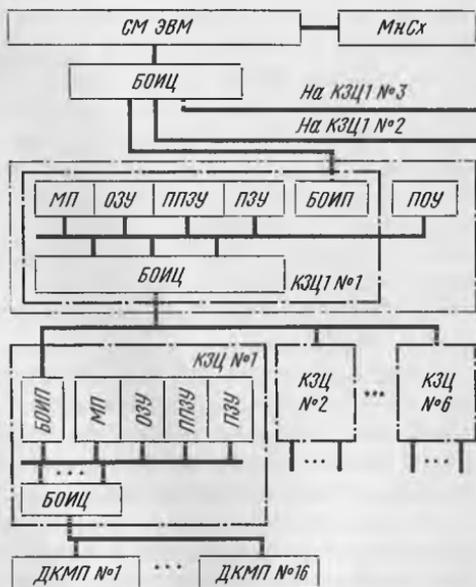


Рис. 7.8. Структурная схема АСУД «Сигнал»:

ППЗУ — полупостоянное запоминающее устройство

зом, в отличие от ранее описанных систем с единым центром управления эти системы имеют промежуточные УП.

На нижнем уровне движением управляет КЗЦ, который выполнен на базе микропроцессора (МП) дорожного контроллера и эксплуатируется в тех же условиях, что и ДКМП. На этом уровне диспетчерское управление не предусмотрено. В качестве периферийного оборудования могут быть использованы как ДКМП, так и системные контроллеры АСС УД. В функции КЗЦ входят хранение и смена базовых программ координации, их коррекция по алгоритму градиентного управления (см. подразд. 6.3), автоматическое включение «зеленой улицы» при поступлении запроса с аппаратуры приоритетного пропуска.

Контроллер районного центра (КЗЦ1) управляет зональными центрами с возможностью диспетчерского воздействия с помощью пульта оперативного управления (ПОУ). Он обеспечивает сопряжение базовых программ для нескольких зональных центров.

Районные центры подключаются к общегородскому управляющему пункту, имеющему в своем составе УВК на базе СМ ЭВМ и средства диспетчерского управления. В УВК формируются базовые программы, выравнивающие загрузку основных магистралей при переходе из района в район, а также накапливаются и обрабатываются статистические данные о параметрах транспортных потоков. Благодаря реализации большинства алгоритмов оперативного управления на нижних уровнях в УВК решаются не только стратегические задачи по управлению транспортными потоками, но и вопросы, связанные с деятельностью служб городских ГАИ.

К одному КЗЦ может быть подключено до 16 перекрестков, к КЗЦ1 — до 6 зональных центров. Общегородская АСУД может охватывать улично-дорожную сеть из нескольких районов с общим числом перекрестков до 1000 и соответственно с числом КЗЦ1 до 10. Подобная структура обеспечивает возможность применения АСУД «Сигнал» в различных городах, начиная с самых малых (например, с одной оживленной магистралью) и кончая крупнейшими городами с большим числом транспортных зон. В последнем случае система расширяется путем образования новых зональных и районных центров.

*Эффективность АСУД.* Внедрение АСУД является одним из наиболее быстрых и эффективных методов решения транспортной проблемы городов. Обычно ее эффективность определяют путем периодических обследований условий движения на контролируемой АСУД улично-дорожной сети.

В качестве основных показателей эффективности обычно принимают время задержки и число остановок транспортных средств на перекрестках, среднюю скорость движения, расход топлива, пропускную способность дорожной сети, уровень безопасности движения. Эти показатели определяют на одних и тех же участках улично-дорожной сети, в одно и то же время года и суток при включенной и выключенной системе (или до внедрения системы и после ее

определения). Сравнение полученных значений характеризует ее эффективность.

Периодические обследования эффективности АСУД были проведены в Ташкенте, Алма-Ате, Кишиневе, Риге, Новосибирске и др. Результаты обследований показали, что при оптимальном управлении задержки транспортных средств в среднем снижаются на 40%, а скорость сообщения увеличивается на 10—20%. Выравнивание скорости, уменьшение числа остановок, а также торможений и разгонов транспортных средств способствуют сокращению числа ДТП в среднем на 15% и расхода топлива на 8—14%. По этим же причинам на 20—25% снижается загазованность воздуха. Срок окупаемости АСУД типа «Город» обычно составляет 1,5—2 года.

Кроме перечисленных показателей, эффективность АСУД проявляется в уменьшении числа заторов в часы пик, увеличении пропускной способности улично-дорожной сети (за счет снижения задержек и оптимальной загрузки сети в соответствии с реальными запросами), в улучшении оперативности надзора за движением, возможности автоматической реализации специальных режимов управления.

Система обеспечивает автоматизированный сбор информации о параметрах потоков, ее обработку, накопление и хранение статистических данных. Ранее эти данные собирали вручную.

Показатели эффективности зарубежных общегородских АСУД согласуются с вышеприведенными данными.

#### **7.6. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ**

Условия движения на автомобильных дорогах постоянно изменяются. Причинами этого являются сезонные и суточные колебания интенсивности и состава потока, метеорологические условия и состояние дорог. Чем больше амплитуда этих изменений, тем более необходимым становится оперативное управление движением.

Основными задачами такого управления являются достижение максимального уровня пропускной способности дороги и обеспечение безопасности движения при определенных ограничениях, накладываемых на транспортный поток. При этом управляющие воздействия сводятся в основном к ограничению скоростей движения, перестроений транспортных средств, въездов на дорогу, к закрытию отдельных участков дорог с переводом потока на дублирующие дороги, предупреждение водителя о предстоящих изменениях условий движения.

Техническими средствами для реализации этих воздействий могут быть управляемые дорожные знаки, светофоры, детекторы транспорта и датчики метеоусловий, контроллеры, передающие телевизионные камеры, средства радио- и телефонной связи, а также оборудование управляющих пунктов, обеспечивающее функционирование контуров автоматического и диспетчерского управления.

В зависимости от категории дороги и решаемых задач по управлению движением могут применяться несколько типов систем.

*Локальные системы* обеспечивают автоматизированное управление движением на отдельных участках дорог, в тоннелях, на крупных мостах.

*Магистральные системы* предназначены для автоматизированного управления на крупной автомагистрали (как правило, автомобильные дороги I категории). Они обеспечивают управление въездами на автомагистраль, реверсивное движение, перераспределение потоков, информационное обеспечение водителей, оперативное управление дорожной аварийной службой и службой текущего и зимнего содержания дорог.

*Сетевые системы* выполняют функции магистральных систем на сети автомобильных дорог области или крупного транспортного узла. Они соединены с АСУД в крупных городах.

*Информационно-управляющие системы* обеспечивают передачу управляющей информации индивидуально в каждый автомобиль посредством специальных радиоканалов.

*Автоматизированные системы управления функционированием дорог* обеспечивают контроль состояния дорог и дорожного движения, управления деятельностью дорожно-эксплуатационной службы.

Наибольшее распространение из перечисленных получили локальные и магистральные системы. Несмотря на различный круг задач, внегородские магистральные системы и городские АСУД имеют общие принципы построения и функционирования. Как и в городских АСУД, здесь можно выделить контуры автоматического и диспетчерского управления, работа которых обеспечивается установленным на дороге периферийным оборудованием и оборудованием управляющего пункта. Управление основано на информации о параметрах транспортных потоков и метеорологических условий движения (температура, сила ветра, гололед, туман и т. д.). Причем для контура автоматического управления управляющие воздействия рассчитаны заранее и заложены в памяти УВК. При передаче на периферию они корректируются с учетом реальной транспортной ситуации.

Состав входящих в систему технических средств зависит от решаемой системой задачи.

Одной из главных задач является реализация скоростного режима, обеспечивающего безопасность движения. Для выработки управляющих воздействий собирают информацию о параметрах движения, метеоусловиях и состоянии дорожного покрытия. Для сбора этой информации используют детекторы транспорта (скорость, плотность, интенсивность и состав потока), датчики метеоусловий (видимость, туман, гололед, сила и направление ветра и т. д.), передвижные лаборатории (коэффициент сцепления, ровность покрытия), средства телевидения, радио- и проводной связи (сведения о заторах, ДТП, повреждениях дорожных сооружений). В управляющем пункте ЭВМ обрабатывает поступающую информацию и на основе критериев влияния на скорость движения указан-

ных факторов вырабатывает команды, посылаемые в исполнительные устройства. В роли последних чаще всего выступают УЗН, с помощью которых водителей предупреждают о конкретной опасности или при необходимости ограничивают скорость до допустимого значения.

Путем координированной работы УЗН скорость ограничивают ступенчато для обеспечения необходимого уровня безопасности. Например, если поступает команда на каком-либо участке дороги ограничить скорость до 40 км/ч, а верхний предел скорости на автомагистрали 100 км/ч, то на подходе к этому участку включаются позиции УЗН 80 и 60 км/ч. Процесс управления УЗН автоматизирован и осуществляется либо в рамках контура автоматического управления, либо диспетчером, который вводит в ЭВМ лишь номер участка дороги и характер ограничения.

Аналогично решается вопрос о закрытии отдельных полос движения, временном переводе потока на проезжую часть встречного направления или дублирующую дорогу.

Въезды на автомагистраль также находятся под контролем управляющего пункта. Здесь устанавливают светофоры и контроллеры, реализующие поиск разрыва в транспортном потоке на автомагистрали. При обнаружении разрыва транспортные средства выпускаются на автомагистраль. При определенных условиях (высокой интенсивности, проезде спецавтомобилей) центр запрещает поиск разрывов, а следовательно, и выезд на автомагистраль.

Вдоль всей магистрали через каждый 1,5—2 км предусмотрена установка сигнально-переговорных стоек для связи участников движения, сотрудников ГАИ и службы эксплуатации дороги с диспетчером системы. Это позволяет диспетчеру своевременно получить устную информацию о ДТП, аварийном состоянии дорожных сооружений, заторах и принять необходимые меры (вызвать медицинскую или техническую помощь, ремонтную бригаду).

По аналогии с общегородскими АСУД в управляющем пункте широко представлены средства отображения информации. Это прежде всего мнемосхема автомагистрали и видеоконтрольные устройства подсистемы телевизионного надзора. На мнемосхеме показано расположение всех периферийных технических средств и режим их работы в данный момент времени (позиции УЗН, сигналы светофоров). Кроме этого, условными символами обозначены участки, где возникают предзаторовые ситуации, опасные для движения метеоусловия, ДТП.

Пульт управления диспетчера снабжен дисплеем для связи с УВК и вывода данных о параметрах транспортных потоков, состоянии оборудования системы и метеоусловиях на отдельных участках автомагистрали. На пульте имеются средства для ручного управления движением и средства связи с сигнально-переговорными стойками, ГАИ, дорожно-эксплуатационной службой.

Для уменьшения каналов связи применяют устройства телемеханики.

Указанные принципы управления положены в основу разработанной в СССР типовой системы автоматизированного регулирования движения на автомобильных магистралях АРДАМ, внедрение которой предполагается на ряде дорог высших категорий общего государственного значения.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение АСУД.
2. Какие программно-технические комплексы входят в АСУД?
3. Что такое программное обеспечение АСУД?
4. Какие контуры управления предусмотрены в АСУД и какие задачи они решают?
5. Назовите технические средства, входящие в состав АСУД.
6. Каково функциональное назначение периферийного оборудования?
7. Как работает управляющий вычислительный комплекс?
8. Какие технические средства входят в комплекс диспетчерского управления?
9. Дайте характеристику АСУД «Город-М» и «Город-М1».
10. Каковы принципы построения и функционирования АСУД «Сигнал»?
11. Какие задачи решают АСУД на автомобильных дорогах?
12. В чем заключается эффективность внедрения АСУД?

### 8.1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Дорожные знаки применяют на автомобильных дорогах и улицах для организации движения по принятой схеме и обеспечения его безопасности. Они устанавливают определенный порядок или информируют водителей и пешеходов об условиях движения на пути их следования.

Дорожные знаки классифицируют по информационно-смысловому содержанию, а также по ряду других признаков, связанных с особенностями их конструктивного исполнения.

Конвенция о дорожных знаках и сигналах 1968 г. подразделяет знаки по информационно-смысловому содержанию на предупреждающие, обязательного предписания и указательные. В рамках этих рекомендаций, а также с учетом материалов дополнительного Европейского соглашения 1971 г. в нашей стране принято семь групп дорожных знаков: предупреждающие, приоритета, запрещающие, предписывающие, информационно-указательные, сервиса, дополнительной информации (таблички). Название группы говорит об их функциональном назначении. Предупреждающие, информационно-указательные знаки и знаки сервиса информируют о дорожных условиях, порядке движения, различных объектах на дороге или вблизи нее.

Запрещающие и предписывающие знаки, а также знаки приоритета вводят определенные ограничения, которые распространяются на всех или какую-то группу участников движения.

Знаки в целях быстрого и надежного их восприятия характеризуются определенными формой, размером и цветом фона, зафиксированными в ГОСТ 10807—78 «Знаки дорожные. Общие технические условия».

В силу сложившейся традиции предупреждающие знаки (за редким исключением) имеют форму треугольника, запрещающие и предписывающие — круга, информационно-указательные и сервиса — квадрата или прямоугольника. Знаки приоритета могут иметь одну из перечисленных форм.

Независимо от конструкции знака, времени суток, погодных и дорожных условий должно быть обеспечено своевременное восприятие водителем передаваемой знаком информации. Поэтому стандарт предусмотрен для дорожных знаков одной и той же группы (кроме табличек) четыре типоразмера (табл. 8.1). Качество восприя-

Типо- размер знаков	Условия применения знаков		Сторона треуголь- ника, мм	Диаметр круга, сторона квадрата, мм	Стороны прямоуголь- ника, мм
	вне населенных пунктов	в населенных пунктах			
I	Дороги с одной поло- сой движения	Улицы местного значения	700	600	600×900
II	Дороги с двумя и тремя полосами движения	Магистральные улицы	900	700	700×1050
III	Дороги с четырьмя и более полосами дви- жения	Скоростные до- роги	1200	900	900×1350
IV	Участки автомагистралей, где производятся ремонтные работы; опасные участки на других дорогах	—	1500	1200	—

тия информации зависит от времени, в течение которого водитель видит знак, и его углового размера

$$\alpha = \arctg \frac{h_{\text{зн}}}{l_0},$$

где  $h_{\text{зн}}$  — размер знака, т. е. размер одной из сторон треугольника, квадрата, меньшей стороны прямоугольника или диаметр круга, м;  $l_0$  — расстояние, на котором водитель опознает знак, м.

С увеличением скорости, числа полос и интенсивности движения процесс восприятия водителем знака затрудняется. С учетом порогового углового размера, максимально разрешенной скорости движения и видимости в светлое время суток

$$h_{\text{зн}} = 0,637 v_p \alpha_n,$$

где  $\alpha_n$  — модальное значение порогового углового размера опознавания знака днем, мин;  $v_p$  — максимально разрешенная скорость, км/ч.

В СССР, как и во многих других странах, присоединившихся к международным соглашениям 1949 и 1968 гг., приняты символические дорожные знаки. Вместе с тем некоторые информационно-указательные знаки наряду с общепринятыми символами имеют текстовое содержание индивидуального характера. Такие знаки индивидуального проектирования информируют водителя о направлениях движения или расстояниях до объектов, находящихся на маршруте следования, обозначают начало или конец населенного пункта, наименование объекта. Размеры знаков индивидуального проектирования не соответствуют рекомендациям, содержащимся в табл. 8.1, и определяются в каждом конкретном случае в зависимости от приведенного на знаке текста.

В соответствии с ГОСТ 10807—78 компоновочные размеры знаков индивидуального проектирования, изображений и надписей на них определяются высотой букв  $h_n$ , из которых формируется

надпись. Эта высота находится в пределах 100—500 мм и выбирается при компоновке знака в зависимости от категории автомобильной дороги или улицы города. От высоты буквы, в свою очередь, зависит ширина литерной площадки, в которой размещена эта буква на масштабной сетке. Общая длина надписи определяется суммой литерных площадок. Остальные элементы знака: ширина каймы, расстояние между каймой и надписью, расстояния между строками зависят также от принятой высоты  $h_n$  (рис. 8.1). Габаритные размеры знака определяют после его компоновки.

Процесс проектирования этих знаков является довольно трудоемким, поэтому разработаны специальные программы их расчета на ЭВМ. В частности, программа ВНИЦБД МВД СССР и института «Белгипродор» предусматривает ввод следующих исходных данных: высоты буквы  $h_n$  для каждой надписи, цвета фона, кода стрелки, наименования объекта, информации о номере маршрута и расстоянии до объекта в километрах. Все типы стрелок закодированы. Если в процессе ввода данных нет специальной команды, стрелки, указывающие прямо и налево, располагаются на знаке слева, указывающие направо — справа.

При наличии графопостроителя ЭВМ позволяет получить эскиз знака со всеми размерами. При его отсутствии на печать выводится координатная сетка, на которой каждый информационный элемент знака представлен в виде прямоугольника с указанием ширины, высоты и координат нижнего левого угла относительно левого края знака и нижней границы поля. (Под полем понимается часть знака, предназначенная для одного фона или информации об одном направлении движения.) Кроме этого, указываются ширина

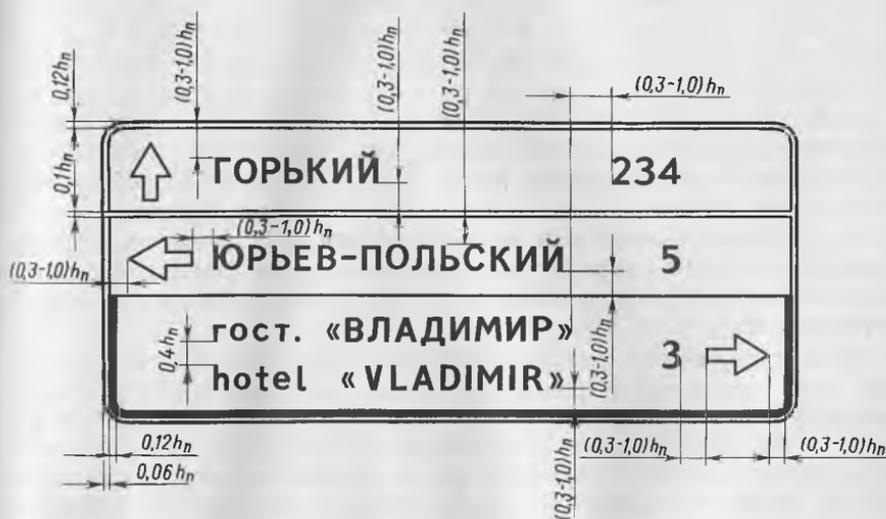


Рис. 8.1. Знак индивидуального проектирования

каймы, радиус ее закругления, ширина зазора между полями. В дальнейшем при изготовлении знака на координатную сетку наносят все надписи и стрелки по шаблонам. Программу реализуют на ЭВМ серии ЕС.

Помимо формы и размера, важную роль для надежного восприятия знаков играет их цвет. За некоторым исключением предостерегающие и запрещающие знаки имеют белый фон, а предписывающие, информационно-указательные и знаки сервиса — синий. При этом знаки, которые информируют о направлениях движения к населенным пунктам или определенным объектам, обладают своеобразным цветовым кодом, позволяющим водителю легче ориентироваться при выборе маршрута. Цвет фона этих знаков зависит от категории дороги, на которой они будут установлены. Зеленый цвет принят для автомагистралей, белый — для дорог в пределах населенных пунктов и синий — в остальных случаях.

Если на знаке даны названия нескольких пунктов, движение к которым будет осуществляться по дорогам разных категорий, каждое название располагают на части знака со своим (соответствующим) фоном. На рис. 8.1 надписи **Горький** и **Юрьев-Польский** находятся на синем фоне, так как к этим населенным пунктам ведут обычные дороги (не автомагистраль). Гостиница «Владимир» находится в городе, поэтому фон нижней части знака будет белым.

По способу освещения дорожные знаки подразделяют на три вида: с внешним освещением, внутренним и со световозвращением. К первому виду относят знаки с индивидуальными наружными источниками света. Знаки с внутренним освещением имеют также автономный источник света, но он расположен внутри корпуса знака. Знаки со световозвращением не имеют своего источника света и в темное время суток освещаются фарами автомобилей. Знаки последнего вида используются, как правило, на дорогах вне населенных пунктов.

Знаки могут быть неуправляемыми и управляемыми (многопозиционными). В первом случае знак имеет постоянный символ, и передаваемая им информация может быть изменена только заменой этого знака другим.

Управляемый знак имеет несколько символов, из которых демонстрируется только один. При соответствующей команде такой знак может менять символ (позицию) и тем самым передаваемую им информацию.

В соответствии с государственным стандартом каждый дорожный знак имеет свой номер, состоящий из двух или трех цифр (чисел). Первая цифра означает номер группы, вторая — номер знака в группе, третья — разновидность знака. Номера знаков, а также их форма, цвет символа и фона приведены на цветной вклейке. В тексте учебника (в целях сокращения) при упоминании знаков используются только их номера, указанные на цветной вклейке.

## 8.2. УСТАНОВКА И ЗОНЫ ДЕЙСТВИЯ ЗНАКОВ

**Место установки.** При выборе места установки знака учитывают характер передаваемой им информации, особенности зрительного восприятия знака водителями, а также интенсивность и скорость движения транспортных средств на этом участке. В зависимости от значения знака водитель может совершать различные действия, вплоть до остановки автомобиля. Поэтому расстояние видимости и расстояние от знака до места, о котором он предупреждает, должны быть достаточными для оценки его содержания, принятия решения и выполнения водителем определенных действий по управлению автомобилем.

В соответствии с ГОСТ 23457—86 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения» предупреждающие знаки (за редким исключением) устанавливаются на автомобильных дорогах на расстоянии 150—300 м от начала опасного участка, а в населенных пунктах на расстоянии 50—100 м. При этом учитывают, что скорость движения в первом случае выше, чем во втором. Такие расстояния обеспечивают изменение скоростного режима до подхода автомобиля к опасному участку.

Все запрещающие и предписывающие знаки, а также знаки приоритета (кроме знаков 2.3.1—2.3.3) устанавливаются непосредственно перед участками дорог, на которых изменяется порядок движения или вводятся какие-либо ограничения. Знаки 2.3.1—2.3.3 выполняют функцию предупреждения, поэтому их устанавливают так же, как и предупреждающие знаки.

Большинство информационно-указательных знаков и все знаки сервиса устанавливают перед началом участка дороги с характерными условиями движения или перед объектом, о которых эти знаки информируют. Исключения составляют знаки предварительного указания направлений, которые (как и предупреждающие знаки) должны быть установлены заранее. Расстояние их установки до ближайшего пересечения в каждом случае оговаривается стандартом.

**Зона действия.** Предупреждающие знаки информируют об определенном участке дороги повышенной опасности, протяженность которого определяет сам водитель. Если дорожная обстановка не дает четкого представления о протяженности участка, то предупреждающие знаки целесообразно применять с табличкой 7.2.1. Так, рекомендуется указывать зону действия знаков 1.12.1 и 1.12.2, если последовательно друг за другом расположены три и более крутых поворота; 1.13 и 1.14, если спуск или подъем не просматриваются на всем протяжении; 1.29, если при въезде в тоннель не виден его противоположный конец.

Ограничения, вводимые запрещающими и предписывающими знаками, распространяются, как правило, до ближайшего перекрестка (при отсутствии перекрестка — до конца населенного пункта). Это объясняется возможностью выезда из бокового проезда на дорогу с введенным ограничением водителя, который об этом ограничении не знает. При необходимости зону действия можно уменьшить с по-

каймы, радиус ее закругления, ширина зазора между полями. В дальнейшем при изготовлении знака на координатную сетку наносят все надписи и стрелки по шаблонам. Программу реализуют на ЭВМ серии ЕС.

Помимо формы и размера, важную роль для надежного восприятия знаков играет их цвет. За некоторым исключением предупреждающие и запрещающие знаки имеют белый фон, а предписывающие, информационно-указательные и знаки сервиса — синий. При этом знаки, которые информируют о направлениях движения к населенным пунктам или определенным объектам, обладают своеобразным цветовым кодом, позволяющим водителю легче ориентироваться при выборе маршрута. Цвет фона этих знаков зависит от категории дороги, на которой они будут установлены. Зеленый цвет принят для автомагистралей, белый — для дорог в пределах населенных пунктов и синий — в остальных случаях.

Если на знаке даны названия нескольких пунктов, движение к которым будет осуществляться по дорогам разных категорий, каждое название располагают на части знака со своим (соответствующим) фоном. На рис. 8.1 надписи **Горький** и **Юрьев-Польский** находятся на синем фоне, так как к этим населенным пунктам ведут обычные дороги (не автомагистраль). Гостиница «Владимир» находится в городе, поэтому фон нижней части знака будет белым.

По способу освещения дорожные знаки подразделяют на три вида: с внешним освещением, внутренним и со световозвращением. К первому виду относят знаки с индивидуальными наружными источниками света. Знаки с внутренним освещением имеют также автономный источник света, но он расположен внутри корпуса знака. Знаки со световозвращением не имеют своего источника света и в темное время суток освещаются фарами автомобилей. Знаки последнего вида используются, как правило, на дорогах вне населенных пунктов.

Знаки могут быть неуправляемыми и управляемыми (многопозиционными). В первом случае знак имеет постоянный символ, и передаваемая им информация может быть изменена только заменой этого знака другим.

Управляемый знак имеет несколько символов, из которых демонстрируется только один. При соответствующей команде такой знак может менять символ (позицию) и тем самым передаваемую им информацию.

В соответствии с государственным стандартом каждый дорожный знак имеет свой номер, состоящий из двух или трех цифр (чисел). Первая цифра означает номер группы, вторая — номер знака в группе, третья — разновидность знака. Номера знаков, а также их форма, цвет символа и фона приведены на цветной вклейке. В тексте учебника (в целях сокращения) при упоминании знаков используются только их номера, указанные на цветной вклейке.

## 8.2. УСТАНОВКА И ЗОНЫ ДЕЙСТВИЯ ЗНАКОВ

**Место установки.** При выборе места установки знака учитывают характер передаваемой им информации, особенности зрительного восприятия знака водителями, а также интенсивность и скорость движения транспортных средств на этом участке. В зависимости от назначения знака водитель может совершать различные действия, вплоть до остановки автомобиля. Поэтому расстояние видимости и расстояние от знака до места, о котором он предупреждает, должны быть достаточными для оценки его содержания, принятия решения и выполнения водителем определенных действий по управлению автомобилем.

В соответствии с ГОСТ 23457—86 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения» предупреждающие знаки (за редким исключением) устанавливают на автомобильных дорогах на расстоянии 150—300 м от начала опасного участка, а в населенных пунктах на расстоянии 50—100 м. При этом учитывают, что скорость движения в первом случае выше, чем во втором. Такие расстояния обеспечивают изменение скоростного режима до подхода автомобиля к опасному участку.

Все запрещающие и предписывающие знаки, а также знаки приоритета (кроме знаков 2.3.1—2.3.3) устанавливают непосредственно перед участками дорог, на которых изменяется порядок движения или вводятся какие-либо ограничения. Знаки 2.3.1—2.3.3 выполняют функцию предупреждения, поэтому их устанавливают так же, как и предупреждающие знаки.

Большинство информационно-указательных знаков и все знаки сервиса устанавливают перед началом участка дороги с характерными условиями движения или перед объектом, о которых эти знаки информируют. Исключения составляют знаки предварительного указания направлений, которые (как и предупреждающие знаки) должны быть установлены заранее. Расстояние их установки до ближайшего пересечения в каждом случае оговаривается стандартом.

**Зона действия.** Предупреждающие знаки информируют об определенном участке дороги повышенной опасности, протяженность которого определяет сам водитель. Если дорожная обстановка не дает четкого представления о протяженности участка, то предупреждающие знаки целесообразно применять с табличкой 7.2.1. Так, рекомендуется указывать зону действия знаков 1.12.1 и 1.12.2, если последовательно друг за другом расположены три и более крутых поворота; 1.13 и 1.14, если спуск или подъем не просматриваются на всем протяжении; 1.29, если при въезде в тоннель не виден его противоположный конец.

Ограничения, вводимые запрещающими и предписывающими знаками, распространяются, как правило, до ближайшего перекрестка (при отсутствии перекрестка — до конца населенного пункта). Это объясняется возможностью выезда из бокового проезда на дорогу с введенным ограничением водителя, который об этом ограничении не знает. При необходимости зону действия можно уменьшить с по-

мощью соответствующих табличек или знаков. Увеличить ее можно только путем их повторения после каждого перекрестка. Наряду с этим среди запрещающих и предписывающих имеются знаки локального действия. Вводимые ими ограничения распространяются лишь на то пересечение или то сечение дороги, перед которым они установлены. К ним относятся знаки 3.1, 3.18.1, 3.18.2, 3.19, 4.1.1, 4.2.3, причем знак 4.1.1, установленный в начале улицы (после перекрестка), также действует до ближайшего пересечения.

Среди знаков приоритета локальный характер носят знаки 2.4 и 2.5. Их устанавливают непосредственно перед местом, где нужно уступить дорогу (без остановки или с остановкой транспортных средств). Знаки 2.6 и 2.7 действуют только на узкий участок дороги, устанавливая очередность проезда. Знаки 2.3.1—2.3.3 предупреждают о пересечении второстепенной дороги, поэтому зона их действия — до ближайшего перекрестка.

Действие информационно-указательных знаков и знаков сервиса обычно распространяется на конкретный участок дороги, где установлен определенный порядок движения, либо до объекта, о котором эти знаки информируют. Зона действия знака 5.18 «Рекомендуемая скорость» распространяется до ближайшего перекрестка.

Особое место занимают знаки, информирующие об определенном порядке движения на дороге или в населенном пункте. Информация о порядке движения на дорогах осуществляется с помощью знаков 2.1, 5.1, 5.3, 5.5, 5.10.1 и 5.35. Зона действия этих знаков (независимо от встречающихся на пути следования перекрестков) заканчивается лишь после установки соответствующих знаков 2.2, 5.2 и т. д. Разумеется, водители, выезжающие из боковых проездов на дороги, должны быть проинформированы о порядке движения на этих дорогах. Это обеспечивается путем установки знаков 5.1 и 5.3 с табличками 7.1.3—7.1.4 или специальными знаками, предусмотренными стандартом.

Зона действия знаков 5.22 и 5.24 так же, как и в предыдущих случаях, заканчивается после установки знаков 5.23 или 5.25 соответственно. Они вводят определенный порядок движения не на отдельной дороге, а в пределах всего населенного пункта, поэтому их устанавливают на всех его въездах. Место установки знака 5.22 не обязательно должно совпадать с административной границей населенного пункта. Его целесообразно устанавливать после этой границы там, где фактически требуется вводимое знаком ограничение скорости (начало жилой застройки, пешеходного движения).

**Повторение, дублирование и предварительная установка знаков.** В практике организации движения нередко возникает необходимость в установке двух и более одинаковых знаков. При этом один из них является основным, а остальные выполняют роль повторных, дублирующих или предварительных знаков (рис. 8.2). Основным является знак, в отношении которого в соответствии с требованиями ГОСТ 23457—86 принято решение о его установке. Основной знак, кроме специально оговоренных случаев, устанавливают справа по ходу движения.

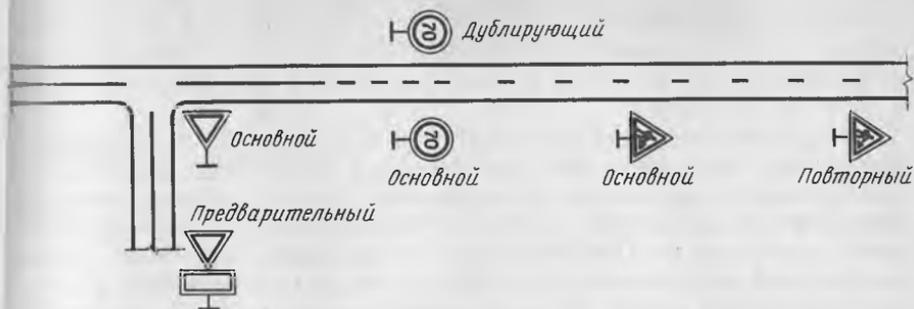


Рис. 8.2. Варианты взаимного расположения одинаковых знаков

*Повторение знака* — это установка знака, одноименного с основным, на некотором расстоянии за ним по ходу движения.

*Дублирование знака* — это установка знака, одноименного с основным, в одном створе слева от дороги, на разделительной полосе (островке) или над проезжей частью.

*Предварительная установка знака* — это установка знака, одноименного с основным, на некотором расстоянии до него. За некоторым исключением предварительные знаки устанавливают с табличкой 7.1.1.

Повторение знака является необходимым, если в зоне его действия находится пересечение дорог. Повторный знак устанавливают сразу за перекрестком или реже перед ним. Это зависит от характера передаваемой знаком информации.

Перед каждым перекрестком повторяют знак 2.1 при основном знаке, устанавливаемом в начале дороги. Необходимость в этом диктуется характером знаков 2.5 или 2.4. Их устанавливают перед выездом на главную дорогу с боковых улиц, но они не информируют водителя, что эта дорога главная, а требуют лишь уступить дорогу с обязательной остановкой или без нее. Вместо повторного знака 2.1 можно применять знак 2.3. Однако, учитывая, что его устанавливают не непосредственно перед перекрестком, а на определенном расстоянии до него (что не всегда возможно в условиях города), применение знака целесообразно вне населенных пунктов.

После перекрестка с табличкой 7.1.1 повторяются предупреждающие знаки, если перекресток находится между местом установки основного знака и опасным участком дороги, о котором этот знак предупреждает. При большой зоне действия запрещающих знаков они повторяются после каждого перекрестка (или после населенного пункта), находящегося в этой зоне. Чаще всего такая необходимость возникает при ограничении скорости, обгона, остановки и стоянки автомобилей. Типичной ошибкой в этих случаях является установка одного знака с табличкой 7.2.1, где указана зона большого протяжения, в пределах которой встречаются перекрестки или даже населенные пункты. Знаки запрещения остановки

и стоянки целесообразно повторять с табличкой 7.2.4 на перегонах между перекрестками, устанавливая их после мест разворота, для информирования водителя о том, что после разворота он попадает в зону их действия.

Информационно-указательные знаки 5.5 и 5.35 целесообразно повторять после сложных пересечений с тем, чтобы водитель мог своевременно определить продолжение дороги с односторонним или реверсивным движением. Знак 5.9 необходимо обязательно повторять после каждого перекрестка, устанавливая его над полосой, выделенной для транспортных средств общего пользования. Отсутствие повторного знака 5.9 после перекрестка означает, что указанная полоса может быть использована всеми водителями, так как применяемая для тех же целей разметка 1.23 может быть не видна из-за грязи или снега на дорожном покрытии.

Исключительным случаем является обязательное повторение знаков 1.1, 1.2, 1.9, 1.10, 1.21, 1.23 на дорогах вне населенных пунктов. Они предупреждают водителя об особо опасных условиях движения и повторяются независимо от наличия перекрестка после установки основного знака. Повторный знак в указанных случаях устанавливается за 50 м до начала опасного участка, поэтому применение совместно с ним таблички 7.1.1 не обязательно.

Дублирование знака применяют в тех случаях, когда имеется опасение, что основной знак может быть не замечен водителем. Такая ситуация возможна при достаточно широкой проезжей части и интенсивном движении. При наличии двух и более полос для движения в одном направлении обязательно дублируют знаки, ограничивающие левый поворот или разворот транспортных средств (3.18.2, 3.19, 4.1.1, 4.1.2, 4.1.4), так как эти маневры совершаются из крайней левой полосы.

Предварительная установка знака является для водителя предупреждением о предстоящем ограничении или изменении порядка движения, вводимом основным знаком. Необходимость в установке предварительного знака отпадает, если стандартом предусмотрен соответствующий предупреждающий знак. Например, перед кольцевой развязкой, обозначенной знаком 4.3, может быть в необходимых случаях установлен знак 1.7 или знаку 5.6 предшествовать знак 1.19. Однако многообразие подобных случаев в практике организации движения потребовало бы значительно увеличить группу предупреждающих знаков. В этом нет необходимости, учитывая возможность установки предварительных знаков. Тем более, что предварительный знак, имеющий одинаковый символ с основным, более точно передает водителю информацию о характере предстоящих изменений.

Предварительные знаки устанавливают для предупреждения:

- о необходимости изменения маршрута, если требование основного знака не может быть выполнено водителем (установка предварительно знаков 3.11—3.15 с табличкой 7.1.1);

- об изменении порядка движения (установка предварительно знаков 5.8.1 и 5.8.2, а также 2.2, 2.4, 2.6, 3.1, 5.1—5.3, 5.34.1 и 5.34.2 с табличкой 7.1.1);

# ДОРОЖНЫЕ ЗНАКИ

## ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИЕ ЗНАКИ



1.1

Железнодорожный  
переезд  
со шлагбаумом



1.2

Железнодорожный  
переезд  
без шлагбаума



1.3.1

Однопутная  
железная  
дорога



1.3.2

Многопутная  
железная дорога



1.4.1



1.4.2



1.4.3

Приближение



1.4.4



1.4.5



1.4.6

К железнодорожному переезду



1.5

Пересечение  
с трамвайной  
линией



1.6

Пересечение  
равнозначных  
дорог



1.7

Пересечение  
с круговым  
движением



1.8

Светофорное  
регулирование



1.9

Разводной  
мост



1.10

Выезд  
на набережную



1.11.1

Опасный поворот



1.11.2



1.12.1

Опасные повороты



1.12.2



1.13

Крутой спуск



1.14

Крутой подъем



1.15

Скользкая  
дорога



1.16

Неровная  
дорога



1.17

Выброс гравия



1.18.1



1.18.2

Сужение дороги



1.18.3



1.19

Двустороннее  
движение



1.20

Пешеходный  
переход



1.21

Дети



1.22

Пересечение  
с велосипедной  
дорожкой



1.23

Дорожные  
работы



1.24

Перегон скота



1.25

Дикие животные



1.26

Падение камней



1.27

Боковой ветер



1.28

Низколетающие  
самолеты



1.29

Тоннель



1.30

Прочие  
опасности

1.31.1



1.31.2



1.31.3



Направление поворота

## ЗНАКИ ПРИОРИТЕТА



2.1  
Главная дорога



2.2  
Конец  
главной дороги



2.3.1  
Пересечение  
со второстепенной  
дорогой



2.3.2

Примыкание второстепенной  
дороги



2.3.3



2.4  
Уступите  
дорогу



2.5  
Движение  
без остановки  
запрещено



2.6  
Преимущество  
встречного  
движения



2.7  
Преимущество  
перед встречным  
движением

## ЗАПРЕЩАЮЩИЕ ЗНАКИ



3.1  
Въезд  
запрещен



3.2  
Движение  
запрещено



3.3  
Движение  
механических  
транспортных средств  
запрещено



3.4  
Движение  
грузовых автомобилей  
запрещено



3.5  
Движение  
мотоциклов  
запрещено



3.6  
Движение  
тракторов  
запрещено



3.7  
Движение  
с прицепом  
запрещено



3.8  
Движение  
гужевых  
повозок  
запрещено



3.9  
Движение  
на велосипедах  
запрещено



3.10  
Движение  
пешеходов  
запрещено



3.11  
Ограничение  
массы



3.12  
Ограничение  
нагрузки на ось



3.13  
Ограничение  
высоты



3.14  
Ограничение  
ширины



3.15  
Ограничение  
длины



3.16  
Ограничение  
минимальной  
дистанции



3.17.1  
Таможня



3.17.2  
Опасность



3.18.1  
Поворот направо  
запрещен



3.18.2  
Поворот налево  
запрещен



3.19  
Разворот  
запрещен



3.20  
Обгон запрещен



3.21  
Конец  
зоны запрещения  
обгона



3.22  
Обгон грузовым  
автомобилем  
запрещен



3.23  
Конец  
зоны запрещения  
обгона грузовым  
автомобилем



3.24  
Ограничение  
максимальной  
скорости



3.25  
Конец  
зоны ограничения  
максимальной  
скорости



3.26  
Подача  
звукового сигнала  
запрещена



3.27  
Остановка  
запрещена



3.28  
Стоянка  
запрещена



3.29  
Стоянка  
запрещена  
по нечетным числам  
месяца



3.30  
Стоянка  
запрещена  
по четным числам  
месяца



3.31  
Конец  
зоны всех  
ограничений

### ПРЕДПИСЫВАЮЩИЕ ЗНАКИ



4.1.1  
Движение прямо



4.1.2  
Движение направо



4.1.3  
Движение налево



4.1.4  
Движение прямо  
или направо



4.1.5  
Движение прямо  
или налево



4.1.6  
Движение направо  
или налево



4.2.1  
Объезд препятствия  
справа



4.2.2  
Объезд препятствия  
слева



4.2.3  
Объезд препятствия  
справа или слева



4.3  
Круговое  
движение



4.4  
Движение  
легковых автомобилей



4.5  
Велосипедная  
дорожка



4.6  
Пешеходная  
дорожка



4.7  
Ограничение  
минимальной  
скорости



4.8  
Конец  
зоны ограничения  
минимальной скорости

### ИНФОРМАЦИОННО-УКАЗАТЕЛЬНЫЕ ЗНАКИ



5.1  
Автомостраль



5.2  
Конец  
автомострали



5.3  
Дорога  
для автомобилей



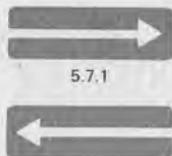
5.4  
Конец дороги  
для автомобилей



5.5  
Дорога  
с односторонним  
движением



5.6  
Конец дороги  
с односторонним  
движением



5.7.1

5.7.2  
Выезд на дорогу  
с односторонним  
движением



5.8.1

Направления движения  
по полосам



5.8.2

Направления движения по полосе



5.8.3

Начало полосы



5.8.4



5.8.5

Конец полосы



5.8.6



5.8.7

Направление движения по полосам



5.8.8



5.9

Полоса  
для транспортных средств  
общего пользования



5.10.1

Дорога с полосой  
для транспортных средств  
общего пользования



5.10.2

Выезд на дорогу с полосой  
для транспортных средств  
общего пользования



5.10.3



5.10.4

Конец дороги  
с полосой  
для транспортных средств  
общего пользования



5.11.1

Место  
для разворота



5.11.2

Зона  
для разворота



5.12

Место остановки  
автобуса  
и (или) троллейбуса



5.13

Место остановки  
трамвая



5.14

Место стоянки  
легковых такси



5.15

Место стоянки



5.16.1

Пешеходный переход



5.16.2



5.17.1

Подземный пешеходный переход



5.17.2



5.17.3

Надземный пешеходный переход



5.17.4



5.18

Рекомендуемая скорость



5.19.1



5.19.2

Тулик



5.19.3



5.20.1

Предварительный указатель направлений

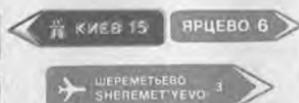
5.20.2

Предварительный указатель направления



5.20.3

Схема движения



5.21.1

Указатель направления



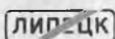
5.21.2

Указатель направлений



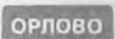
5.22

Начало населенного пункта



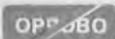
5.23

Конец населенного пункта



5.24

Начало населенного пункта



5.25

Конец населенного пункта



5.26

Наименование объекта



5.27

Указатель расстояний



5.28

Километровый знак



5.29.1



5.29.2

Номер маршрута



5.30.1



5.30.2



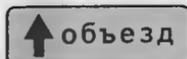
5.30.3

Направление движения для грузовых автомобилей

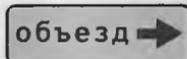


5.31

Схема объезда



5.32.1



5.32.2



5.32.3

Направление объезда



5.33

Стоп-линия



5.34.1

Предварительный указатель перестроения на другую проезжую часть



5.34.2



5.35

Реверсивное движение



5.36

Конец реверсивного движения



5.37

Выезд на дорогу с реверсивным движением

## ЗНАКИ СЕРВИСА



6.1

Пункт первой медицинской помощи



6.2

Больница



6.3

Автозаправочная станция



6.4

Техническое обслуживание автомобилей



6.5

Мойка автомобилей



6.6

Телефон



6.7

Пункт питания



6.8

Питьевая вода



6.9

Гостиница или мотель



6.10

Кемпинг



6.11

Место отдыха



6.12

Пост ГАИ

## ЗНАКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ (ТАБЛИЧКИ)

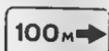


7.1.1

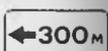


7.1.2

Расстояние до объекта



7.1.3



7.1.4



7.2.1



7.2.2

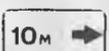


7.2.3



7.2.4

Зона действия



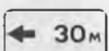
7.2.5



7.3.1



7.3.2



7.2.6



7.3.3

Направления действия



7.4.1



7.4.2



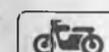
7.4.3



7.4.4



7.4.5



7.4.6



7.4.7

Вид транспортного средства



7.5.1

Субботние, воскресные и праздничные дни



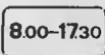
7.5.2

Рабочие дни



7.5.3

Дни недели

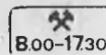


7.5.4

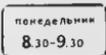


7.5.5

Время действия



7.5.6



7.5.7



7.6.1



7.6.2



7.6.3



7.6.4



7.6.5



7.6.6



7.6.7



7.6.8



7.6.9

Способ постановки транспортного средства на стоянку



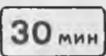
7.7

Стоянка с неработающим двигателем



7.8

Платные услуги



7.9

Ограничение продолжительности стоянки



7.10

Место для осмотра автомобилей



7.11

Ограничение полной массы



7.12

Опасная обочина



7.13

Направление главной дороги



7.14

Полоса движения



7.15

Слепые пешеходы



7.16

Влажное покрытие



7.17

Инвалиды



7.18

Кроме инвалидов

## ОПЗНАВАТЕЛЬНЫЕ ЗНАКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ



Опознавательные знаки автопоезда



Опознавательный знак транспортного средства, оснащенного шипованными шинами



Опознавательный знак транспортного средства, перевозящего группу детей



Опознавательный знак автомобиля, управляемого глухим или глухонемым водителем



Опознавательный знак автомобиля, управляемого инвалидом



Опознавательный знак автомобиля, управляемого водителем-врачом



Опознавательный знак учебного транспортного средства



Опознавательный знак ограничения скорости



Обозначение груза, выступающего за габариты транспортного средства



Опознавательный знак автомобиля, перевозящего опасный груз



Опознавательный знак состава транспортных средств длиной более 24 м



Знак аварийной остановки

## ТРАНСПОРТНЫЕ СВЕТОФОРЫ



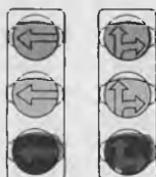
с вертикальным расположением сигналов



с горизонтальным расположением сигналов



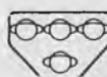
с дополнительной секцией



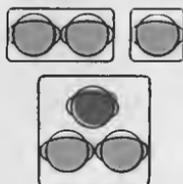
для регулирования движения в определенных направлениях



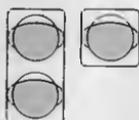
реверсивный



для регулирования движения трамваев и других транспортных средств общего пользования



для регулирования движения через железнодорожные переезды



для обозначения нерегулируемых перекрестков и пешеходных переходов



для регулирования движения на территориях предприятий и организаций и в местах сужения проезжей части

## ПЕШЕХОДНЫЙ СВЕТОФОР



об объектах, расположенных на пути следования (установка предварительно знаков сервиса с указанием на них расстояния до объекта).

Во всех перечисленных случаях необходимость и способы установки предварительных знаков оговариваются стандартом.

**Совместное применение дорожных знаков.** В практике организации движения часто возникают ситуации, когда один знак требует установки еще одного или группы знаков. Помимо уже перечисленных случаев повторения, дублирования и предварительной установки знаков, такая необходимость появляется, например, при определении приоритета в движении, организации одностороннего движения, выделения полосы для транспортных средств общего пользования и т. д. Обязательное совместное применение знаков представлено в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Устанавливаемый знак	Требуется применение знаков	
	Знаки	Место установки
1.1	1.1	Вне населенных пунктов за 50 м до переезда
1.2	1.2	Там же
1.2	1.3.1 или 1.3.2	Перед переездом
1.1 или 1.2	1.4.1	Вне населенных пунктов с первым знаком 1.1 или 1.2
1.1 или 1.2	1.4.3	Там же с повторным знаком 1.1 или 1.2
1.1 или 1.2	1.4.2	Там же посередине между первым и повторным знаками 1.1 или 1.2
1.7	4.3	Перед перекрестком
1.9	1.9	Вне населенных пунктов за 50 м до опасного участка
1.10	1.10	Там же
1.19	5.6	В конце дороги с односторонним движением
1.19	3.1	Там же, но для встречного движения
1.20	5.16.1 или 5.16.2	На пешеходном переходе
1.21	1.21 с табличкой 7.2.1	Вне населенных пунктов за 50 м до опасного участка
1.23	1.23	Там же
2.1	2.1 или 2.3.1—2.3.3	Перед каждым перекрестком
2.1	2.4 или 2.5	Со стороны второстепенных дорог перед каждым перекрестком
2.1	2.2	В конце дороги
2.2	2.4 или 2.5	Перед перекрестком
2.3.1—2.3.3	То же	Перед перекрестком со стороны второстепенных дорог
2.4 или 2.5	2.1 или 2.3.1—2.3.3	На главной дороге перед перекрестком
2.4	2.4, с табличкой 7.1.1	Предварительно вне населенных пунктов
2.5	2.4 с табличкой 7.1.2	Там же
2.6 или 2.7	1.18.1—1.18.3 соответственно	Предварительно
2.6	2.7	В конце участка, но для встречного движения
2.7	2.6	Там же

Устанавливаемый знак	Требуется применение знаков	
	Знаки	Место установки
3.1	4.1.1—4.1.6 или 3.18.1, 3.18.2 соответственно	Перед поворотом в сторону знака 3.1
3.2—3.9, 4.4	3.2—3.9, 4.4 соответственно с табличкой 7.3.1—7.3.3	Перед поворотом в сторону одного из знаков 3.2—3.9, 4.4
3.4	5.30.1—5.30.3 соответственно	Перед каждым перекрестком на протяжении объездного маршрута
4.6	4.1.1—4.1.6 или 3.18.1, 3.18.2 соответственно	Перед поворотом в сторону знака 4.6
5.1	5.1 с табличкой 7.1.1,	Предварительно перед ближайшим перекрестком или разворотом
5.1	7.1.3 или 7.1.4	Перед съездом на автомагистраль
5.1	5.2	В конце автомагистрали и в начале съездов с нее
5.1	5.2 с табличкой 7.1.1	Там же предварительно
5.3	5.3 с табличкой 7.1.1,	Предварительно перед ближайшим перекрестком или разворотом
5.3	7.1.3 или 7.1.4	Перед съездом на дорогу, обозначенную знаком 5.3
5.3	5.4	В конце дороги
5.5	5.7.1 или 5.7.2	Перед выездом на дорогу, обозначенную знаком 5.5, с примыкающих дорог
5.5	5.6	В конце дороги
5.5	3.1	Там же, но для встречного движения
5.5	1.19	Предварительно перед знаком 5.6
5.10.1	5.10.2 или 5.10.3	Перед выездом на дорогу, обозначенную знаком 5.10.1, с примыкающих дорог
5.10.1	5.10.4	В конце дороги
5.10.1	3.1	Там же, но для встречного движения
5.16.1	5.16.2	Справа от дороги
5.16.2	5.16.1	Слева от дороги
5.19.1	5.19.2 или 5.19.3	Перед поворотом в сторону знака 5.19.1
5.20.1—5.20.2	5.21.1 или 5.21.2	Непосредственно перед перекрестком
5.22	5.23	В конце населенного пункта
5.24	5.25	Там же
5.31	5.32.1—5.32.3 соответственно	На протяжении объездного маршрута перед каждым перекрестком
5.34.1	5.34.1 с табличкой 7.1.1	Предварительно
5.34.1	3.2	В начале участка, закрытого для движения
5.34.1	4.2.2	Там же, на разделительной полосе (после ее разрыва)
5.34.1	3.1 и 4.2.1	В конце участка на разделительной полосе (после ее разрыва)
5.34.1	5.34.2 с табличкой 7.1.1	Там же, предварительно
5.34.1	1.19	Для проезжей части встречного движения перед началом участка с двусторонним движением
5.34.1	3.1 с табличкой 7.14	Там же, непосредственно в начале участка с двусторонним движением над крайней левой полосой. Эта комбинация повторяется после каждого разрыва разделительной полосы до конца участка с двусторонним движением

Устанавливаемый знак	Требуется применение знаков	
	Знаки	Место установки
5.35	5.37	Перед выездом на дорогу, обозначенную знаком 5.35, с примыкающих дорог В конце дороги, обозначенной знаком 5.35 Вне населенных пунктов предварительно за 60—80 км, 15—20 км и 400—800 м с указанием на знаках расстояний до объекта. В населенных пунктах предварительно за 100—150 м до объекта
5.35	5.36	
6.1—6.12	6.1—6.12 соответственно	

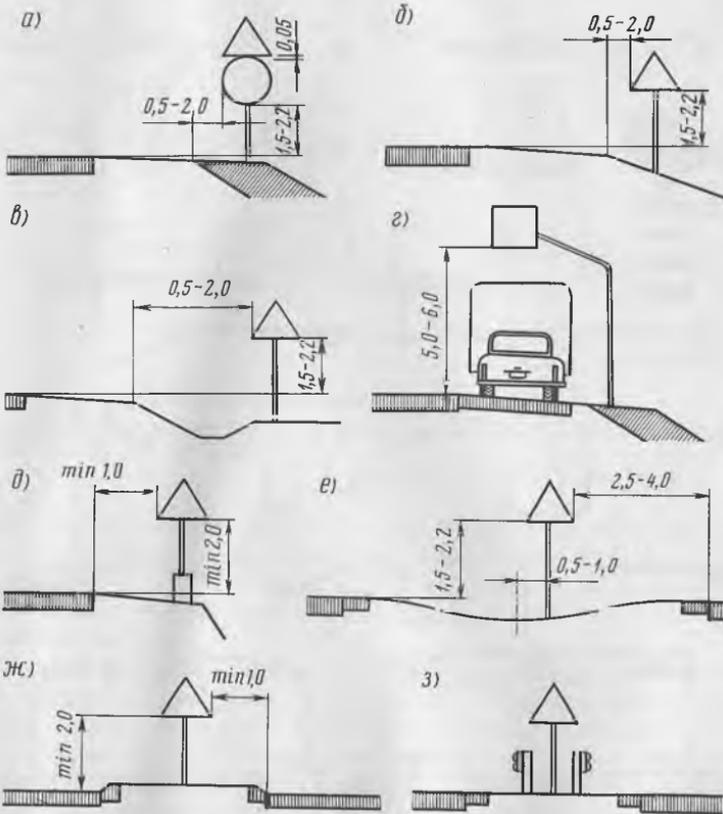


Рис. 8.3. Способы установки знаков на автомобильных дорогах:

а — на борде; б — на откосе насыпи; в — на полосе отвода; г — над обочиной; д — на обочине; е — на разделительной полосе

В зависимости от условий движения совместно с установленным в соответствии с требованиями стандарта знаком могут применяться и другие знаки, целесообразность которых определяется конкретной дорожной ситуацией (например, знаки ограничения скорости, запрещения стоянки, остановки и обгона и т. д.).

**Способы установки знаков.** Дорожные знаки устанавливаются справа по ходу движения автомобиля, слева или над проезжей частью располагают знаки 5.8.1 и 5.8.2, указывающие направление движения по полосам, а также предварительные указатели направлений 5.20.2. Размещают над дорогой и другие основные знаки, если содержащаяся на них информация относится к отдельной полосе движения (в этом случае необходимо применять дополнительную табличку 7.14).

Высоту и способ установки в каждом конкретном случае выбирают из условий наилучшей видимости знака. Кроме того, следует

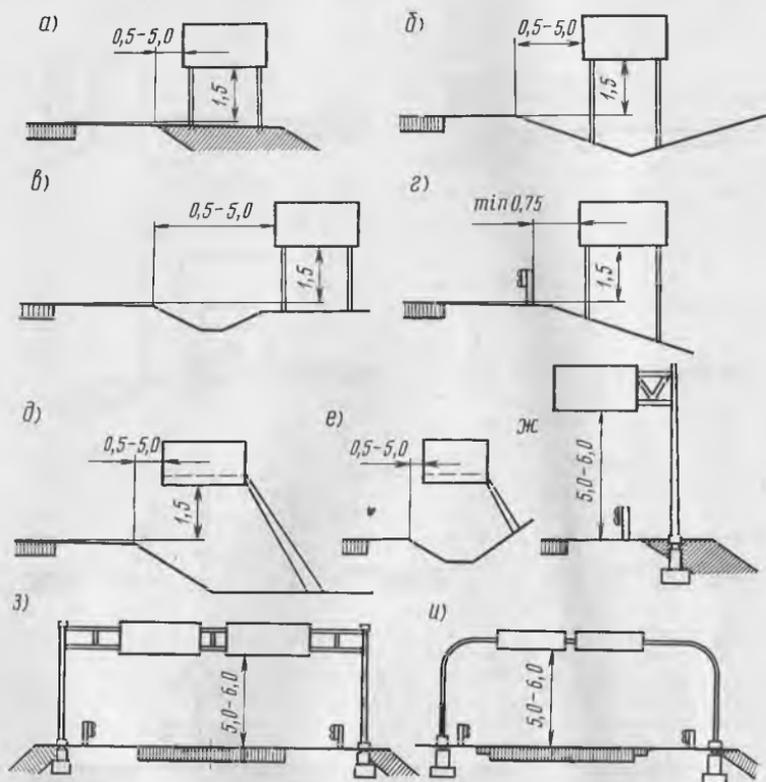


Рис. 8.4. Способы установки предварительных указателей направлений:  
 а — на борде; б, г, е — на откосах насыпи; в, д — на полосе отвода; жс — над обочиной;  
 з, и — над проезжей частью

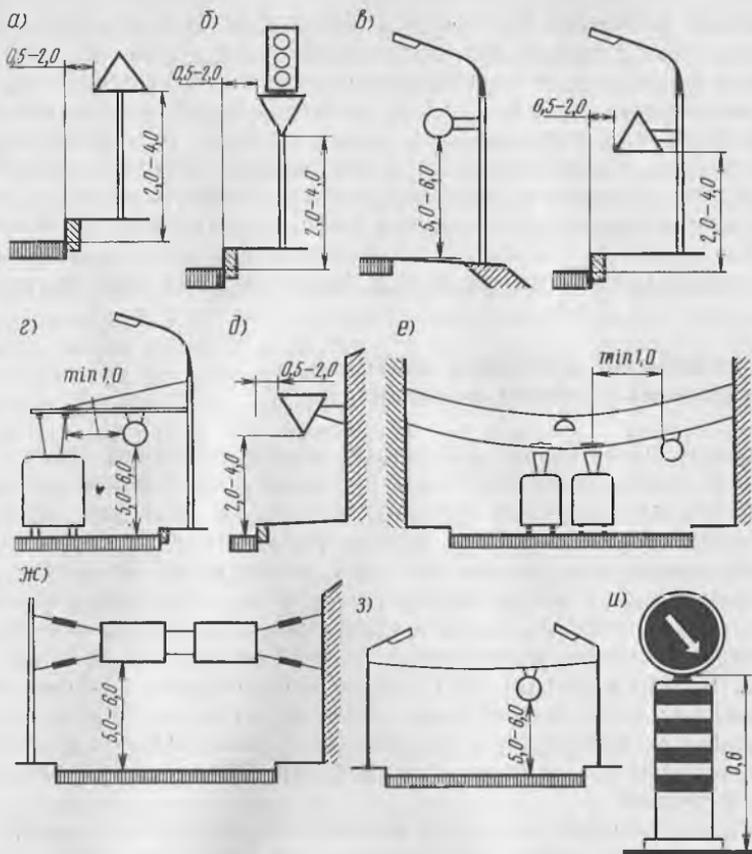


Рис. 8.5. Способы установки знаков в населенных пунктах:

*а, б* — на специальных стойках; *в, г* — на мачтах освещения; *д* — на стене здания; *е-з* — на тросах-растяжках; *и* — на круглой тумбе

учитывать возможность случайного или преднамеренного их повреждения, а также загрязнения лицевой поверхности брызгами от проходящих автомобилей. Способы установки знаков на автомобильных дорогах и в населенных пунктах показаны на рис. 8.3—8.5. Все размеры даны в метрах.

На автомобильных дорогах стойки знаков устанавливают за бровкой земляного полотна — на бермах, присыпанных к обочине, и откосах насыпи, а также на полосе отвода за боковой канавой или над обочинами. При этом расстояние от края обочины до ближайшего края знаков должно составлять 0,5—2,0 м (см. рис. 8.3, *а* — *в*), а до края знаков предварительного указания направлений — 0,5—5,0 м (см. рис. 8.4, *а* — *в*, *д*, *е*). В стесненных условиях (как исключение) стойки знаков устанавливают на обочинах или разделительной полосе при соблюдении минимально допустимого расстояния

1 м между проезжей частью и краем знака (см. рис. 8.3, *д, ж*). В этих случаях знаки не должны ограничивать видимость, а их стойки должны быть ударобезопасными или иметь защитные ограждения.

В населенных пунктах знаки устанавливаются: на индивидуальных стойках или колонках; на одной колонке со светофором; на кронштейнах, прикрепленных к осветительным мачтам, опорам контактной сети трамваев и троллейбусов или стенам зданий, на тросах-растяжках. Допускается установка знаков над тумбами, расположенными на островках безопасности. В этих случаях установочные размеры знаков должны находиться в пределах, указанных на рис. 8.5.

### **8.3. ПРИМЕНЕНИЕ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ДВИЖЕНИЯ**

Условия применения дорожных знаков оговариваются ГОСТ 23457—86. Рассмотрим некоторые типичные примеры. Они не охватывают всего многообразия встречающихся на практике случаев, а носят методический характер, демонстрируя общий подход к использованию знаков при разработке схем организации движения.

*Маршрутное ориентирование.* Недостатки в системе информации о маршрутах приводят к неоправданным задержкам, перерасходу топлива, повышению напряженности труда водителей, а также к вероятности возникновения ДТП из-за неправильных и неожиданных для других водителей маневров. Снижение этих негативных явлений возможно с помощью системы указателей направлений (и расстояний) к населенным пунктам и другим объектам притяжения участников движения.

Система маршрутного ориентирования строится в расчете на водителя, не знакомого с маршрутом. Она предназначена для вывода водителя на маршрут и постоянного информирования его о движении по этому маршруту.

Основным ориентиром является название конечного пункта, которое на протяжении маршрута должно повторяться на всех знаках 5.20.1—5.20.2 и 5.27, а на перекрестках, где направление маршрута меняется,— и на знаках 5.21.1, 5.21.2. Этот принцип должен соблюдаться и в отношении промежуточных пунктов маршрута. Название пункта, однажды появившегося на знаках, должно повторяться вплоть до самого пункта. За конечный обычно принимается пункт, указанный в титуле дороги в качестве конечного (начального) или крупного промежуточного.

На знаках, помимо населенных пунктов, указываются также и другие объекты, являющиеся пунктами притяжения для водителей: транспортные узлы, крупные торговые центры, мемориалы и т. п.

В маршрутном ориентировании принято предварительное и окончательное указание направлений. Предварительные указатели 5.20.1—5.20.2 заблаговременно информируют водителей о направлениях движения на ближайшем перекрестке на пути следования. Это позволяет водителям своевременно занять соответствующую полосу

и при необходимости снизить скорость. На знаках 5.20.1—5.20.2 целесообразно показывать номер маршрута движения к указанным пунктам (знак 5.29.1). Утвержденный для данной дороги номер маршрута устанавливается в начале дороги и повторяется через каждые 15—20 км. Рядом с номером на знаках 5.29.1, 5.29.2 может быть указана буква, характеризующая значение дороги в общей сети дорог СССР; Е — предназначена для международного туризма; М — магистральная; А — общегосударственного значения; Р — республиканского значения.

Предварительно указывают направления, как правило, с помощью знаков 5.20.1. Их устанавливают за 300 м до перекрестка вне населенных пунктов и за 50 м в населенных пунктах. На автомагистралях их устанавливают на расстоянии не менее 800 м от пересечения. Знаки 5.20.2, расположенные над дорогой, предназначены для тех же целей. Их применяют на дорогах с широкой проезжей частью для движения в одном направлении (две и более полосы), когда установленный справа знак 5.20.1 может быть при интенсивном движении не замечен водителем. В случаях, когда по ряду причин знак 5.20.1 установить нельзя (дорога проходит по высокой насыпи или в глубокой выемке, в непосредственной близости от дороги находятся постройки, зеленые насаждения), применение знака 5.20.2 является единственно возможным.

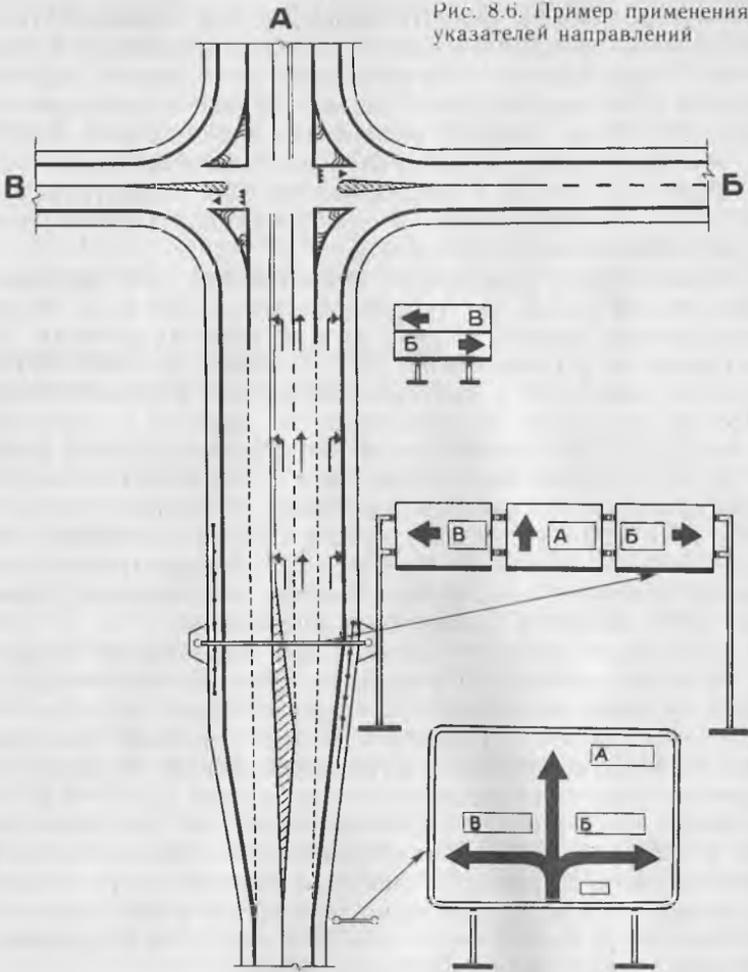
В известной степени маршрутным ориентиром служит знак 5.27, устанавливаемый на выезде из крупных населенных пунктов и после сложных пересечений. Он периодически (не реже чем через 40 км) повторяется с указанием соответствующих расстояний до конечного и промежуточного пунктов маршрута. В целях хорошего восприятия водителем информации на знаках 5.20.1—5.20.2 и 5.27 указываются не более трех пунктов маршрута. При этом на знаках 5.20.2 и 5.27, если они выполнены на одном фоне, конечный пункт маршрута указывается последним (в нижней части знака). Если для указания одного направления используется знак, части которого выполнены на разном фоне, то они располагаются следующим образом (сверху вниз): зеленый, синий, белый.

Непосредственно перед перекрестком устанавливают знаки 5.21.1 и 5.21.2. Их применяют для указания направления к конечному пункту маршрута, если маршрут меняет направление. Эти же знаки применяют для указания направления к объектам, привлекающим даже незначительное число местных водителей. Пример установки знаков 5.20.1, 5.20.2 и 5.21.1 или 5.21.2 перед канализированным пересечением двухполосных дорог показан на рис. 8.6.

В населенных пунктах знак 5.21.2 может применяться в качестве предварительного указателя направлений. В этом случае его устанавливают за 50 м до перекрестка.

Наряду со знаками 5.21.1 и 5.21.2 для указания направления маршрута, имеющего номер, применяются знаки 5.29.2. Их также устанавливают непосредственно перед перекрестком, как правило, в населенных пунктах в случаях, если установка обычных указателей направлений (знаков 5.21.1 и 5.21.2) по каким-либо причинам

Рис. 8.6. Пример применения указателей направлений



затруднена. Кроме этого, знаки 5.29.2 можно использовать при проложении транзитных маршрутов через города, где с помощью обычных указателей направлений невозможно обеспечить непрерывность информации о маршруте. С этой целью основным маршрутам в пределах города присваивают номера, а для информирования водителей о введенной нумерации на каждом из въездов в город устанавливают знак, на котором указываются конечные пункты выездных маршрутов и номера, присвоенные этим маршрутам в пределах города.

При запрещении движения грузовых автомобилей для них организуют объездные маршруты. При этом перед каждым перекрестком такого маршрута устанавливают соответствующую разновидность знака 5.30.1—5.30.3.

Аналогично с помощью знаков 5.32.1—5.32.3 прокладывают объездные маршруты в случае закрытия для движения какого-либо участка дороги. Перед началом объезда предварительно устанавливают общую схему объезда (знак 5.31), информирующую водителя о маршруте объезда участка.

*Применение знаков на пересечениях и примыканиях.* В этих условиях дорожные знаки должны давать водителю четкую информацию о направлениях и приоритете, о запрещении определенных маневров, а также о прочих особенностях организации движения.

Направления движения к объектам, объездов закрытых участков дороги указывают в соответствии с правилами маршрутного ориентирования. Для дальнейшей информации об условиях движения непосредственно перед перекрестком могут быть установлены знаки 5.8.1 и 5.8.2. Они указывают порядок движения по полосам, обозначенным разметкой. Установка этих знаков является обязательной, если порядок движения на перекрестке отличается от общепринятого. (Например, правые или левые полосы предназначены только для поворотного движения.) При наличии знаков 5.8.1 и 5.8.2 отпадает необходимость в применении соответствующей разновидности знаков 4.1.1—4.1.6.

Приоритет в движении на перекрестке обозначается установкой знаков 2.1 или 2.3.1—2.3.3 и 2.4. При ограниченной видимости на пересечении вместо знаков 2.4 устанавливают знаки 2.5.

Главной следует назначать дорогу более высокой категории или дорогу с большей интенсивностью движения. Если интенсивности движения на пересекающихся дорогах различаются незначительно, более дальними признаками могут служить более высокая скорость, более дальний маршрут, лучшая видимость зоны перекрестка.

Знаки 2.1 (в сочетании со знаком 2.4 или 2.5) необходимо устанавливать и перед перекрестками со светофорным регулированием. При выключении светофоров или переводе их на режим ЖМ очередность движения будет обеспечена указанными знаками. Перед перекрестком со сложной планировкой или на котором главная дорога изменяет направление знак 2.1 (соответственно знаки 2.4 или 2.5) применяют с табличкой 7.13, указывающей направление главной дороги. При смене приоритета в движении перед перекрестком со стороны дороги, ранее обозначенной знаком 2.1, устанавливают знак 2.2, а затем 2.4 (или 2.5).

О проезде пересечения равнозначных дорог водителя предупреждают с помощью знака 1.6. Применение этого знака обязательно при ограниченной видимости и перед перекрестками, на которых отменяется очередность проезда, ранее обозначенная знаками приоритета.

Непосредственно перед перекрестком устанавливают необходимые запрещающие или предписывающие знаки. Их характер и способ установки зависят от конкретной схемы организации движения. Если имеется опасность, что вводимые знаками 3.2—3.9 и 4.4 ограничения не могут быть своевременно восприняты водителями, применяют соответствующие предварительные знаки с табличками 7.3.1—

7.3.3. Их обычно устанавливают непосредственно перед перекрестком. При приближении к перекрестку в случае необходимости (при ограниченной видимости, высокой интенсивности движения) целесообразно с помощью соответствующих знаков прибегать к запрещению обгона, ограничению скорости, остановки или стоянки транспортных средств. Если при спаде интенсивности необходимости в этих знаках отпадает, их нужно применять с соответствующими табличками 7.5.1—7.5.7.

В зависимости от условий движения перед перекрестком могут быть установлены и другие знаки, информирующие водителя о невозможности сквозного проезда по какому-либо направлению, о порядке объезда закрытого участка, выезда на дорогу с односторонним движением или с полосой для транспортных средств общего пользования.

На кольцевых развязках порядок движения обеспечивается устанавливаемым перед перекрестком знаком 4.3. Нередко для повышения пропускной способности таких пересечений предоставляют преимущество транспортным средствам, движущимся по кругу. В этих случаях перед выездом на перекресток должен быть установлен знак 2.4 (или 2.5), а на кольце 2.1. При этом большую роль играет применение совместно с этими знаками таблички 7.13, особенно, если главная дорога проходит через пересечение в прямом или изменяющемся направлении. При отсутствии на перекрестке стационарного освещения необходимо на центральном островке перекрестка (напротив соответствующего въезда) устанавливать знаки 1.31.1.

При наличии на кольцевом пересечении центрального проезда установка перед перекрестком знака 4.3 неправомерна. Движение организуют с помощью соответствующих знаков 4.1.1—4.1.6 (рис. 8.7, а). Аналогично на пересечении дорог с разделительными полосами (даже при наличии центрального островка) также применяют знаки 4.1.1—4.1.6 (рис. 8.7, б).

На пересечениях в разных уровнях знаки должны своевременно передавать водителю информацию о направлениях движения и приоритете, а также запрещать отдельные маневры. Такие запрещения, как правило, необходимы для обеспечения безопасности движения в местах примыканий право- и левоповоротных съездов. В конце этих съездов обычно устанавливают знаки 2.4 (или 2.5) и 4.1.2.

*Применение дорожных знаков на кривых в плане.* В зависимости от дорожных условий на кривых в плане и на подходах к ним применяют различные знаки для предупреждения водителя о предстоящем повороте и введения ограничений, способствующих повышению безопасности движения. Участок дороги на повороте является опасным, если на его протяжении расстояние видимости, ширина проезжей части или радиус кривой не соответствуют расчетной скорости. Такое несоответствие ведет к резкому изменению режима движения и снижению коэффициента безопасности менее 0,6.

Об опасном повороте предупреждают водителя посредством установки знака 1.11.1 или 1.11.2. Если трехполосная проезжая часть в пределах кривой делится с помощью разметки на две полосы дви-

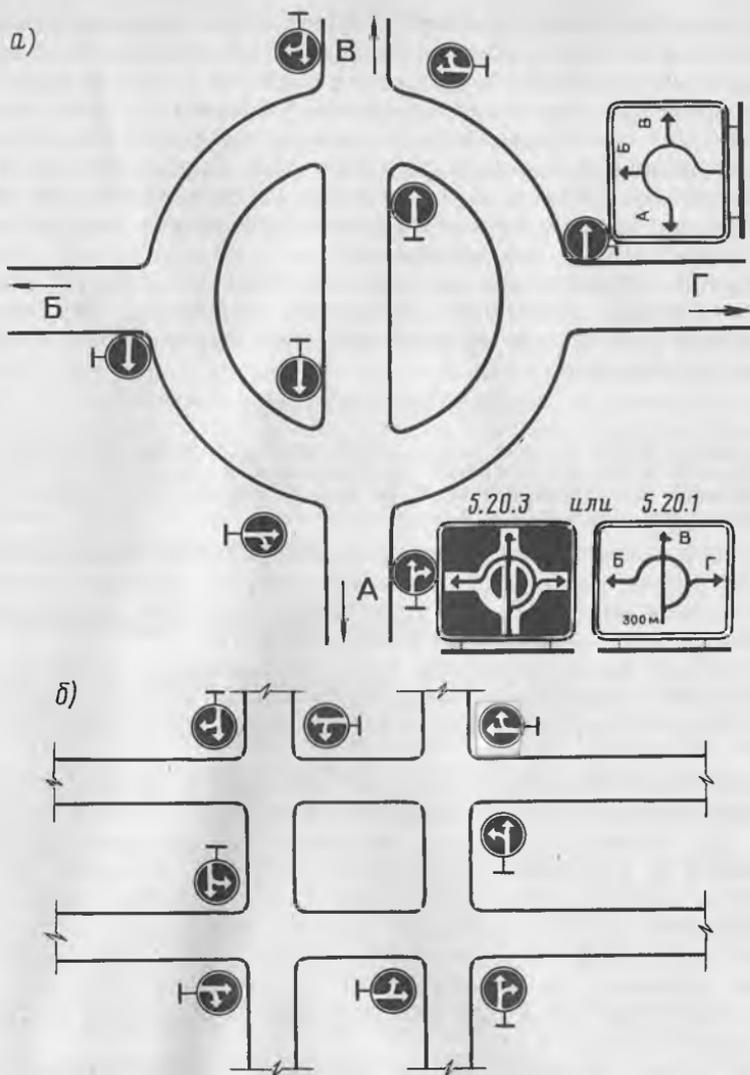


Рис. 8.7. Организация движения на перекрестке с помощью знаков 4.1.1, 4.1.2, 4.1.4, 4.1.5:

а — на кольцевом пересечении с центральным проездом; б — в месте пересечения дорог с разделительными полосами

жения, а средняя полоса ранее была предназначена для движения в данном направлении, у начала переходной линии разметки устанавливают знак 5.8.6.

Характер вводимых ограничений зависит от конкретного вида опасности. На поворотах двух- и трехполосных дорог с ограничен-

ной видимостью установка знака 3.20 является целесообразной, хотя Правила дорожного движения повсеместно запрещают обгон с выездом на полосу встречного движения в местах, где видимость ограничена. Знак 3.20 является напоминанием требований Правил и таким образом будет способствовать обеспечению дорожной безопасности. Его устанавливают у начала разметки 1.11. Конец зоны его действия обозначают знаком 3.21, который устанавливают на выходе из поворота, где необходимая видимость обеспечена, или табличкой 7.2.1, располагаемой под знаком 3.20.

Введение ограничения скорости зависит от радиуса кривой, наличия виража, состояния дорожного покрытия. Максимально допустимая скорость из условия предотвращения заноса и опрокидывания на повороте

$$v = \sqrt{127R(\mu \pm i/100)},$$

где  $R$  — радиус кривой в плане, м;  $\mu$  — коэффициент поперечной силы, при котором обеспечивается устойчивость против опрокидывания и заноса ( $\mu = 0,15 \div 0,16$ );  $i$  — поперечный уклон проезжей части на кривой в плане (при наличии виража принимается со знаком «+»), %.

Если безопасность движения на кривой не может быть обеспечена установленными на предшествующем повороте участке пределами скорости, то в начале кривой применяют знак 3.24, зона действия которого распространяется до конца поворота.

На кривых малых радиусов, при приближении к которым водители не имеют возможности уверенно определить направление поворота, с внешней стороны закруглений устанавливают знаки 1.31.1 или 1.31.2.

*Применение дорожных знаков на подъемах и спусках.* На подъемах транспортные потоки разделяются и увеличивается число обгонов. На спусках возникает опасность превышения предельно допустимой по условиям безопасности скорости движения. Все это, особенно в условиях ограниченной видимости, повышает вероятность возникновения ДТП. Указанные явления происходят, если длина подъема (или спуска) при соответствующем уклоне превышает определенное значение, оговариваемое ГОСТ 23457—86. Поэтому перед такими участками дорог для предупреждения водителей устанавливают знаки 1.13 или 1.14.

Если длина подъема на двухполосных автомобильных дорогах значительна (подъем затяжной) и дополнительная полоса в сторону подъема отсутствует, целесообразно на всем его протяжении запрещать обгон грузовым автомобилям. В местах ограниченной видимости обгон запрещают всем видам транспортных средств. Это обеспечивается установкой соответственно знаков 3.22 или 3.20, а также нанесением линий разметки. Знаки имеют конкретную зону действия, поэтому их устанавливают с табличкой 7.2.1 или в конце зоны устанавливают соответственно знаки 3.23 или 3.21.

При наличии дополнительной полосы в сторону подъема непосредственно перед ее началом устанавливают знак 5.8.3, а на расстоянии 50 м от ее конца — 5.8.5. На трехполосных дорогах обычно выделяют две полосы движения в сторону подъема. В начале такого

участка устанавливают знак 5.8.7. В обоих случаях для ограничения выезда грузовых автомобилей на соседнюю с осевой линией полосу на знаках 5.8.3 или 5.8.7 можно поместить изображение знаков 4.7 или 3.4, ограничивающих минимальную скорость или запрещающих движение грузовых автомобилей.

На спусках трехполосных дорог, обозначенных знаком 1.13, с помощью линий разметки выделяют для движения только одну полосу. Это делают с учетом необходимости создания условий для обгона тихоходных транспортных средств, движущихся в сторону подъема. Вводимый разметкой порядок движения следует подкрепить установкой в начале спуска знака 3.20 с табличкой 7.2.1, запрещающего обгон на всем его протяжении. На спусках и подъемах двухполосных дорог, крутизна и продолжительность которых не приводят к резкому изменению режима движения, ограничение обгона необходимо вводить только на участках с ограниченной видимостью. При устройстве на крутых спусках улавливающих карманов для аварийных съездов транспортных средств перед выездами на них устанавливают знак 5.19.1 с нестандартной табличкой типа «Дорога для аварийного торможения».

#### 8.4. КОНСТРУКЦИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ

**Знаки с внешним освещением.** В качестве конструкционного материала применяют, как правило, листовую сталь толщиной 0,8—1,5 мм. Имеется опыт изготовления таких знаков из алюминиевых и других сплавов, пластмасс, стеклопластика. Во всех случаях должны быть обеспечены атмосферостойчивость и необходимая прочность.

Жесткость щитка знака обеспечивается ребрами жесткости по периметру или загибанием кромок щитка. Для знаков с большой площадью поверхности (более 1 м<sup>2</sup>) применяют специальные рамы и каркасы. Обратная сторона знака, а также элементы его крепления окрашивают эмалью серого цвета.

Знак освещают специальным фонарем или несколькими фонарями, расположенными над знаком (рис. 8.8). Источник света с отражателем размещают перед знаком на расстоянии от освещаемой поверхности, которое обеспечивает необходимую яркость и равномерность ее освещения. Для соединения фонаря со знаком обычно используют пустотелые кронштейны, через которые к источнику света подводится питание от осветительной сети.

**Знаки с внутренним освещением** (рис. 8.9). Корпус знаков изготавливают из полимерных материалов, окрашивают внутри белой краской для улучшения рассеивания света. К корпусу крепят осветительную арматуру. На выполненную из органического стекла переднюю панель с тыльной стороны наносят символ знака, а оставшуюся площадь закрашивают краской, соответствующей цвету фона, предусмотренного ГОСТ 10807—78. Снаружи корпус должен быть серого цвета.

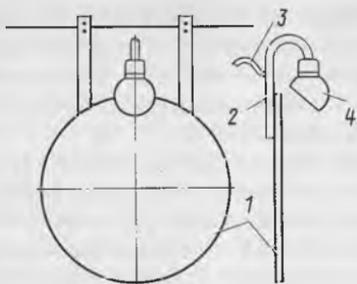


Рис. 8.8. Знак с внешним освещением:

1 — символ знака; 2 — кронштейн;  
3 — провод электропитания; 4 —  
фонарь освещения знака

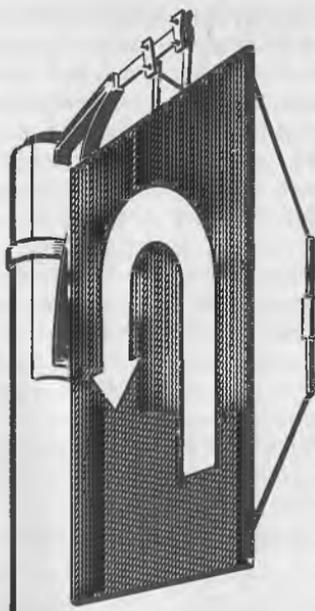


Рис. 8.9. Знак с внутренним освещением

Для уменьшения проникновения пыли и влаги все отверстия и соединения корпуса герметизируют резиновыми прокладками и уплотнителем. Для простоты монтажа и демонтажа при ремонте или смене источников света переднюю панель, как правило, делают съемной.

Для присоединения знака к питающей электросети внутри его корпуса предусматривается клеммная колодка. Внутренняя проводка выполняется из медного провода с минимальным сечением  $1 \text{ мм}^2$  и изоляцией, рассчитанной на напряжение более  $660 \text{ В}$ . Для заземления нетоковедущих частей на корпусе устанавливается контактный зажим.

**Знаки со световозвращением.** Лицевая сторона таких знаков имеет световозвращающую поверхность для обеспечения необходимой видимости знака в темное время суток. При этом черные и серые элементы изображения не должны обладать световозвращающим эффектом.

Световозвращающие элементы, освещаемые светом фар, отражают пучок света обратно в пределах узкого конуса. Угол, образованный линиями, которые соединяют знак с фарой автомобиля и глазом водителя, в большинстве случаев не превышает  $2^\circ$ .

Известно несколько типов световозвращающих систем. Кубические световозвращатели (катафоты) имеют три взаимно перпендикулярных плоскости. Световой поток последовательно отражается от этих плоскостей и возвращается обратно к источнику света (рис. 8.10,а).

Для обеспечения лучшей концентрации света в пределах узкого

конуса форму лицевой поверхности световозвращателя делают сферической. При этом конструкция может быть монолитной или пленочной. Монолитные световозвращатели изготавливают методом пресования, формируя преломляющие выпуклые и отражающие вогнутые сферические поверхности различной кривизны (рис. 8.10, б, в). Пленочные линзовые световозвращатели изготавливают в виде многослойной конструкции, содержащей стеклосферы из высокооптического стекла, отражающий слой, слой лака для закрепления стеклосфер, прозрачный цветной слой и промежуточный слой, располагаемый между отражающим слоем и стеклосферами (рис. 8.10, г — е).

Наиболее широкое применение получили световозвращающие пленки. По сравнению с другими материалами они обладают такими преимуществами, как долговечность, простота закрепления на шитке знака, удобство ремонта и содержания. В качестве отражающего слоя может служить алюминиевая фольга или слой, образованный методом вакуумной металлизации.

Главным элементом световозвращающей пленки являются микрошарики. Параллельные лучи света, попадая на прозрачный микрошарик, проникают в него и, собираясь в фокусе, располагаются на оси светового потока (рис. 8.11, а). Оптические свойства прозрачных материалов характеризуются показателем преломления  $n$ . Он определяется отношением синуса угла падения луча  $\alpha$  к синусу

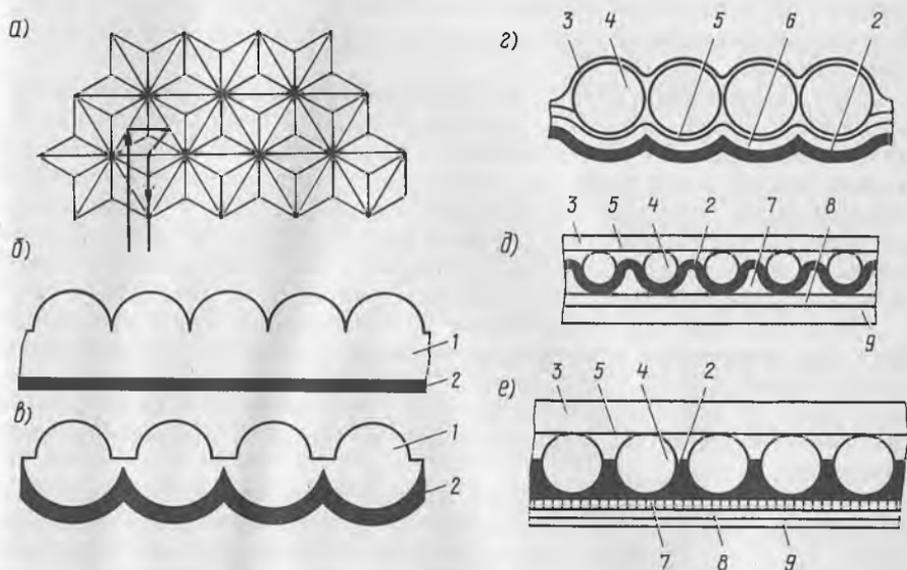


Рис. 8.10. Световозвращающие системы:

а — кубические; б, в — сферические монолитные; г — е — пленочные; 1 — пластический материал; 2 — отражающий слой; 3 — цветной замыкающий слой; 4 — микрошарики; 5 — фиксирующий слой; 6 — промежуточный слой; 7 — клеевой слой; 8 — глянцевый слой бумаги; 9 — крафт-бумага

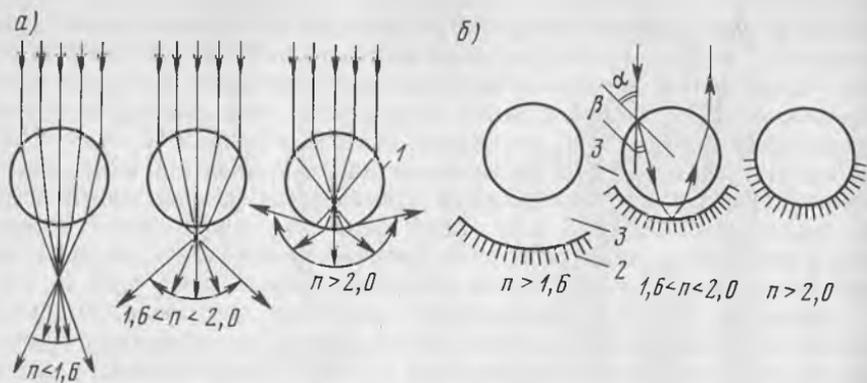


Рис. 8.11. Принцип действия линзовых световозвращателей:

*a* — расположение фокусной точки; *б* — расположение отражающего слоя; 1 — микрошарики; 2 — отражающий слой; 3 — промежуточный слой

угла преломления  $\beta$  (рис. 8.11,б). При высоком показателе преломления  $n > 2$  точка фокуса находится внутри шарика. При  $n < 2$  эта точка находится за пределами микрошарика (см. рис. 8.11,а) и световозвращение ухудшается, если между шариком и отражающим слоем не нанесут промежуточный слой. Толщина промежуточного слоя зависит от показателя преломления. При  $n \geq 2$  она близка к нулю, т. е. светотражающий слой создают непосредственно на поверхности микрошарика (см. рис. 8.11,б).

При изготовлении пленки на основе алюминиевой фольги на фольгу наносят последовательно промежуточный и фиксирующий слои, затем распределяют микрошарики и закрепляют их подкрашенным замыкающим слоем лака (см. рис. 8.10,з). При металлизированном отражающем слое вначале создают основной слой с пигментами, который впоследствии будет служить светофильтром, а затем наносят на него последовательно фиксирующий слой, микрошарики, отражающий слой, клеевой слой с крафт-бумагой (см. рис. 8.10, д, е.).

Фиксирующие, промежуточные и замыкающие слои изготавливают из прозрачных атмосфероустойчивых полимеров с показателем преломления 1,4—1,5 (не ниже). Для верхнего слоя используют пигменты, не вступающие в реакцию с полимерами и обладающие достаточной яркостью, цветопрочностью, термо- и атмосфероустойчивостью.

Микрошарики изготавливают из высокооптического стекла или сополимера обычно с коэффициентами преломления соответственно около 2,2 и 1,5. Диаметр шариков чаще всего находится в пределах 40—80 мкм. Расход шариков 30—40 тыс. на 1 см<sup>2</sup> пленки.

Крафт-бумагу приклеивают к глянцевому слою, что позволяет легко отделить ее перед закреплением пленки на щитке знака. При отсутствии крафт-бумаги и клеевого слоя на пленке ее закрепляют на щитке знака с помощью эпоксидного клея.

**Управляемые знаки.** Большинство знаков информируют водителя о дорожных условиях или порядке движения, не меняющихся длительное время. Если установленный порядок движения вводится лишь в определенные дни или часы суток, значение знаков может уточняться применением соответствующих дополнительных табличек 7.5.1—7.5.7. В случае существенных изменений условий движения возникает необходимость в смене символа, т. е. применении многопозиционных знаков.

Таковыми случаями могут быть:

временное изменение скорости или порядка движения в зависимости от степени загрузки дороги;

временное ограничение скорости из-за неблагоприятных дорожных условий (снег, гололедица, туман, сильный боковой ветер и т. д.);

отвод транспортного потока или его части с отдельных участков автомагистрали на дублирующие дороги;

закрытие полосы движения на многополосных дорогах;

реверсивное движение;

информация водителей об условиях движения на маршруте;

организация транзитного движения;

организация приоритетного движения для отдельных видов транспортных средств;

оперативное изменение организации движения на перекрестках;

информация водителей о превышении ими установленных пределов ограничения скорости.

Менять символ управляемых знаков можно вручную или автоматически при наличии датчика, установленного на данном участке дороги. В контролируемой АСУД зоне смена символа обеспечивается по команде ЭВМ в соответствии с принятым алгоритмом управления.

На управляемых знаках обычно воспроизводят поочередно от 2 до 10 символов. Применяют два основных способа их изменения: механический и светотехнический. В первом случае меняют изображение знака вручную или с использованием электромеханических устройств, во втором — применяют специальные источники света и оптические устройства.

К знакам с механическим способом смены символа относятся щитковые, призмные, кассетные, дисковые, ленточные, со светотехническим — световые и матричные табло, знаки с использованием световодов, диапроекторные, голографические.

Используя механический способ, можно менять изображение знака путем вращения одного или нескольких щитков, пластин, призм вокруг вертикальных (рис. 8.12,а; 8.13,а) или горизонтальных осей (рис. 8.12, б — ж; 8.13,б), перемещения пластин из кассет в рабочее положение (рис. 8.12, з, и), выдвигания диска с символом или защитного экрана через прорезь лицевого щитка знака (рис. 8.12,к), перематывания ленты с нанесенными на нее символами. Лента может быть свернута в несколько рулонов (рис. 8.12,л), в один общий рулон (рис. 8.12,м) или непрерывной (рис. 8.12,н).

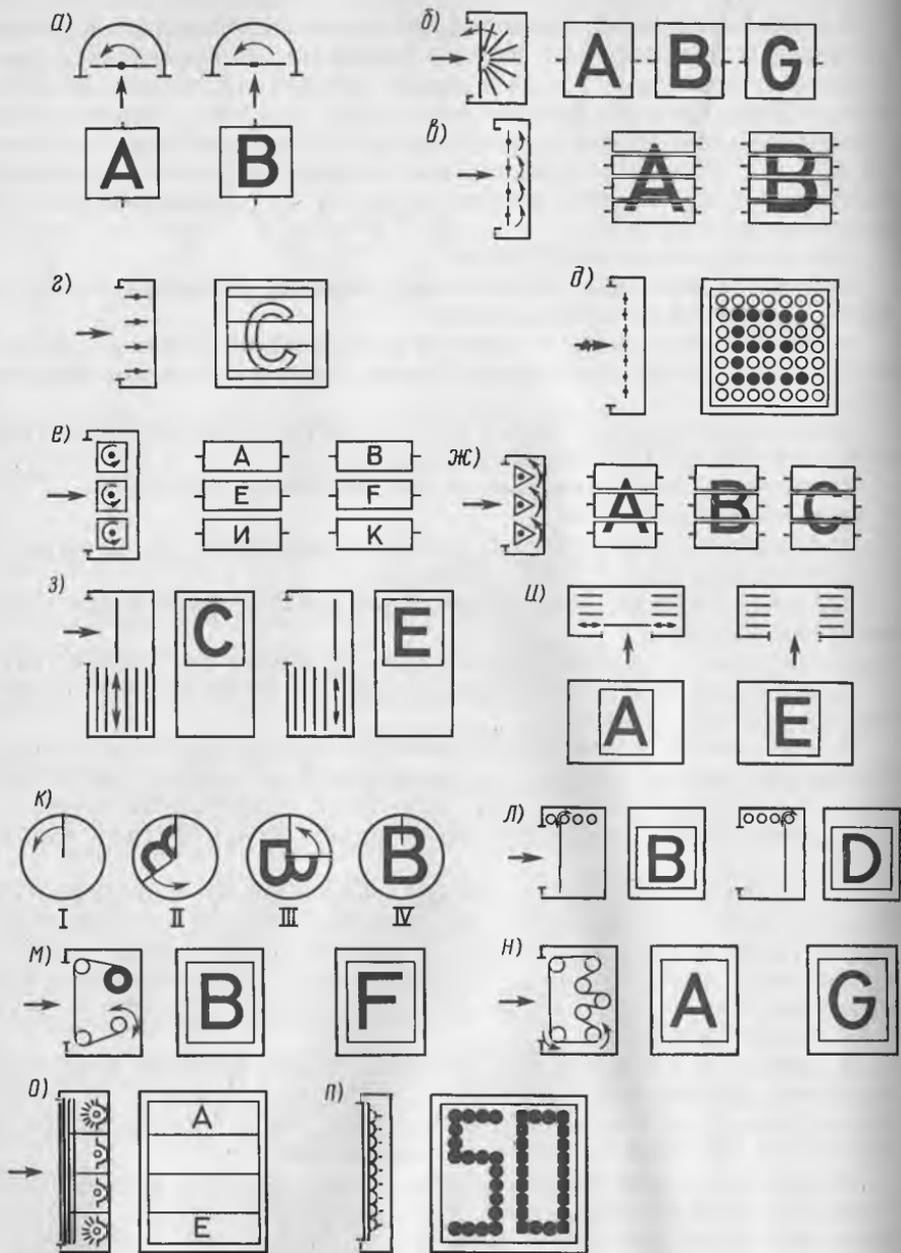


Рис. 8.12. Разновидности управляемых знаков:

*a—d*— щитковые; *e, ж*— призмные; *з, и*— кассетные; *к*— дисковые; *л—н*— ленточные; *о*— световые табло; *п*— матричные табло

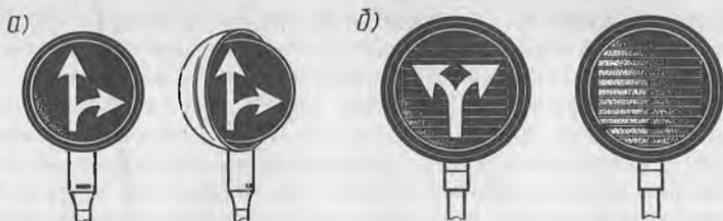


Рис. 8.13. Щитковые управляемые знаки

При светотехническом способе включают отдельные группы ламп светового табло, подсвечивающих внутри одну или несколько надписей (рис. 8.12,о), используют табло с матрицей из ламп накаливания (рис. 8.12,н), применяют световоды (гибкие оптически активные волокна, по которым передают изображение), диапроекторы, голографические установки.

Щитковые, призмённые и дисковые знаки получили широкое распространение благодаря простоте их конструкции и надежности в работе. У простых трех- и четырехпозиционных знаков время смены изображения 3—5 с. Преимуществами дисковых выдвигаемых знаков являются быстрая смена изображения и небольшая толщина корпуса. Кассетные знаки в силу особенностей своей конструкции имеют большие корпуса и поэтому используются реже. Знаки, у которых символ меняют при перематке непрерывной ленты, выгодно применять при наличии 2—3 позиций. При большем числе позиций увеличивается время перематки ленты и время смены символа. В таких случаях целесообразно применять знаки, у которых ленты свернуты в несколько рулонов. Каждая лента с электроприводом образует самостоятельный блок, соответствующий одному значению знака.

Световое табло представляет собой объемный щит, содержащий несколько световых блоков. Каждый блок состоит из передней панели с изображением знака и расположенным за панелью источником света. Блоки встраивают в корпус, у которого лицевая сторона закрыта матовым стеклом, исключающим блики от прямого попадания солнечных лучей. Достоинства световых табло: хорошая видимость днем и ночью, простота конструкции, малая продолжительность смены изображения.

Знаки, выполненные в виде табло с матрицей из ламп накаливания, используют для воспроизведения простых фигур, в основном цифр и стрел. Как правило, их применяют для информации рекомендательного характера.

Знаки с использованием световодов по внешнему виду напоминают матричные знаки, однако существенно отличаются от них по исполнению. Принцип действия такого знака основан на том, что луч света, попадающий в один торец световода, почти без потерь передается к другому его торцу. Это позволяет резко сократить число источников света (до одного) и таким образом достигнуть эко-

нонии электроэнергии, а также упростить систему управления знаком, его ремонт и обслуживание. Установка цветных светофильтров между источником света и соответствующим вводом позволяет воспроизводить знаки в любом цвете. Смена знака обеспечивается перекрытием части световодов с тем, чтобы оставшиеся, связанные с источником света, формировали необходимый символ. Это достигается применением простых механических устройств, например полого цилиндра с расположенным внутри источником света. При вращении цилиндра часть отверстий на его наружной поверхности совпадает с соответствующими входами световодов.

Диaproекторные дорожные знаки представляют собой экран, на который проецируются изображения символов. Для этого необходимы диапроектор и слайды с изображениями знаков. Число сменных символов может быть достаточно большим. Управление знаками сводится к перемещению кассет со слайдами и включению ламп диапроектора. Последние должны быть достаточно мощными для получения четкого увеличенного изображения.

Принцип работы голографических дорожных знаков основан на интерференции света. Для получения голограмм применяют лазерные источники освещения, которыми просвечивают специальную фотопластинку-голограмму.

Как голографические, так и диапроекторные знаки, несмотря на ряд их преимуществ, не получили распространения, так как они требуют применения мощных специальных источников света и сложных дорогостоящих устройств.

Управляемые знаки устанавливают на дорогах в герметически закрытых корпусах, выполненных чаще всего из пластмасс или стали. Лицевая часть корпуса имеет смотровое окно для демонстрации знака с обогреваемым защитным стеклом. Обогрев необходим для удаления с поверхности стекла инея и влаги.

**Опоры дорожных знаков.** Для установки знаков в качестве несущих элементов используют специальные стойки, выполненные из стали, железобетона или дерева. Деревянные стойки применяют на автомобильных дорогах низших категорий. При размещении знаков над проезжей частью их монтируют на рамных (арочных) опорах или консолях. В городах широко применяют подвеску знаков на тросовых растяжках или их крепление на кронштейнах к стенам зданий и мачтам освещения.

Параметры деревянных и железобетонных опор (высота опоры, ее заглубление в грунт, диаметр или размеры поперечного сечения) подбирают по ГОСТ 25458—82 и

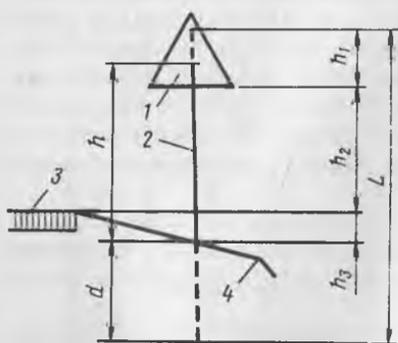


Рис. 8.14. Расчетная схема опоры для установки дорожных знаков: 1 — дорожный знак; 2 — опора; 3 — дорожное покрытие; 4 — присыпанная берма

ГОСТ 25459—82. В качестве руководящих материалов могут быть использованы также типовые проекты, разработанные институтами ВНИЦБД МВД СССР, Союздорпроект.

Необходимая длина опоры (рис. 8.14) при различных схемах установки дорожных знаков

$$L = h_1 + h_2 + h_3 + d,$$

где  $h_1$  — высота части опоры, закрытой знаком, м;  $h_2$  — высота части опоры от нижнего края знака до поверхности дорожного покрытия (выбирается в соответствии с требованиями ГОСТ 23457—86), м;  $h_3$  — разница высот между поверхностью проезжей части и местом установки опоры, принимаемая равной вне населенных пунктов 0,2 м для опор одностоечных, 0,3 м — для двухстоечных и 0,35 м — трехстоечных;  $d$  — заглубление опоры в грунт, равное 1,5 м.

Размеры поперечного сечения и вид армирования опоры (для железобетонных опор) принимают в зависимости от расчетного изгибающего момента  $M$ , возникающего от ветровой нагрузки на знак:

$$M = 1,1Wh,$$

где 1,1 — коэффициент, учитывающий дополнительный изгибающий момент от ветровой нагрузки, действующей собственно на опору (без знака);  $W$  — расчетная ветровая нагрузка на знак (знаки), Н;  $h$  — высота приложения ветровой нагрузки (см. рис. 8.14), м.

Расчетную ветровую нагрузку определяют по скоростному напору ветра, принимаемому равным 539,4 Па, с учетом аэродинамического коэффициента 1,4 и коэффициента снижения ветровой нагрузки из-за небольшой высоты опоры 0,75, а также расчетной площади знака (знаков)  $A$ . Принимая во внимание расчетное значение этих показателей, изгибающий момент

$$M = 623,01Ah.$$

Для двух- и трехстоечных опор знаков индивидуального проектирования общий изгибающий момент уменьшается соответственно в 2 или 3 раза.

Высота  $L$  и расчетный изгибающий момент  $M$  являются исходными данными для выбора типоразмера опоры по таблицам, содержащимся в стандартах на опоры дорожных знаков.

Безопасные конструкции опор выполняют с ослабленным поперечным сечением. Для этого в деревянной опоре у ее основания просверливают два сквозных отверстия, удаленные друг от друга по высоте на 300 мм. Диаметр отверстий так же, как и остальные параметры опоры, зависит от показателей  $L$  и  $M$ . Безопасные бетонные опоры выполняют из двух частей, удаленных друг от друга по высоте на 500 мм и соединенных у основания асбестоцементной трубой.

Деревянные опоры изготавливают из лесоматериалов хвойных пород. Нижнюю часть опоры, расположенную в фундаменте, покрывают горячим битумом, верхнюю (надземную) — стойкими к воздействию климатических факторов лакокрасочными материалами белого цвета.

Железобетонные опоры выполняют, как правило, из бетона М-200 с использованием напрягаемой металлической арматуры. Натяжение арматуры обеспечивается механическим или электротермомеханическими способами.

Опоры можно изготавливать из металлических или асбестоцементных труб, в верхней части которых предусмотрена установка стальных заглушек для предупреждения попадания внутрь труб атмосферных осадков.

Опоры (кроме деревянных) устанавливают в выполненные из бетона фундаментные блоки. В блоке предусматривают гнездо для установки в нем и укрепления цементным раствором опор. Ширина фундамента 0,8 м, глубина заложения 1,0—1,3 м.

Знаки крепят к стойкам опор с помощью хомутов из листовой стали с приваренными к ним уголками. Хомуты с уголками надевают на стойку и стягивают болтами. К уголкам крепят дорожный знак.

Рамные конструкции, применяемые для установки над проезжей частью указателей направления, выполняют составными из сварных элементов. Стойки могут быть железобетонные прямоугольного сечения, из металлических труб или швеллеров. Ригель, соединяющий боковые стойки, изготавливают либо из одной трубы, либо в виде пространственной фермы. К нему крепят щиты указателей.

### Контрольные вопросы

1. Для чего применяют дорожные знаки?
2. Каковы принципы классификации дорожных знаков?
3. Какие типоразмеры дорожных знаков приняты в СССР?
4. Как рассчитываются знаки индивидуального проектирования?
5. Каковы способы установки дорожных знаков и их зона действия?
6. С какой целью применяют повторение, дублирование и предварительную установку дорожных знаков?
7. Какие дорожные знаки используют для маршрутного ориентирования водителей?
8. Как с помощью дорожных знаков обеспечивается безопасность движения на крутых подъемах и спусках, на опасных поворотах?
9. Какие дорожные знаки устанавливают на пересечениях и примыканиях?
10. Каковы особенности конструкции знаков с внешним и внутренним освещением, со световозвращающей пленкой?
11. Каковы области применения и устройство управляемых знаков?
12. Из каких материалов выполняют опоры дорожных знаков и как определяют их параметры?

#### 9.1. ВИДЫ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ И ЕЕ НАЗНАЧЕНИЕ

Разметкой называются линии, надписи и другие обозначения на проезжей части и элементах дорожных сооружений, устанавливающие порядок движения или информирующие водителей и пешеходов об условиях движения. Разметка является составной частью общей схемы организации движения транспортных средств и пешеходов, поэтому при проектировании разметки необходимо соблюдать ее соответствие устанавливаемым на дороге знакам, светофорам и другим техническим средствам управления движением.

Разметка делится на горизонтальную и вертикальную. К горизонтальной относятся продольная, поперечная и другие виды разметки (островки, надписи, указательные стрелы), наносимые на дорожное покрытие. Горизонтальная разметка, как правило, применяется на дорогах с усовершенствованными покрытиями, имеющих проезжую часть шириной 6 м и более при интенсивности движения 1000 транспортных средств в сутки и более. В населенных пунктах горизонтальная разметка применяется на скоростных дорогах, магистральных улицах, а также и других улицах, где проходят маршруты общественного пассажирского транспорта.

К вертикальной разметке относятся линии, наносимые на элементы дорожных сооружений, обстановки дорог и различных предметов, которые представляют опасность для движения, с целью предупреждения наезда на них транспортных средств.

Дорожная разметка является одним из простых и действенных средств управления движением. Ее применение способствует повышению пропускной способности дороги и улучшению видимости проезжей части и придорожной обстановки, особенно в темное время суток.

Наличие разметки на проезжей части отражается на эмоциональной напряженности водителя, что позволяет влиять на выбираемую им скорость и траекторию движения. Это связано со стремлением водителя поддерживать информационную нагрузку на уровне, близком к оптимальному. Отклонение от этого уровня, вызванное, в частности, появлением на дороге разметки, заставляет водителя изменить скорость или положение автомобиля на проезжей части. Это свойство разметки используют при нанесении прерывистых продольных линий, получивших широкое распространение в практике организации движения. По данным проведенных в МАДИ специальных исследований, большая часть водителей на дорогах с прерывистой разметкой выбирает такую скорость, при которой частота мельканий  $f_m$  штрихов и разрывов не превышает 3 Гц (рис. 9.1).

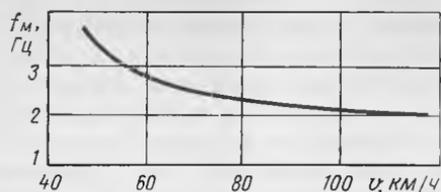
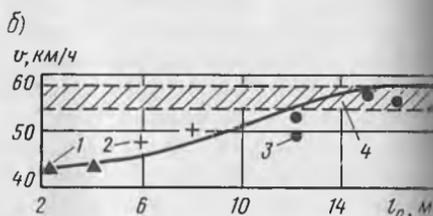
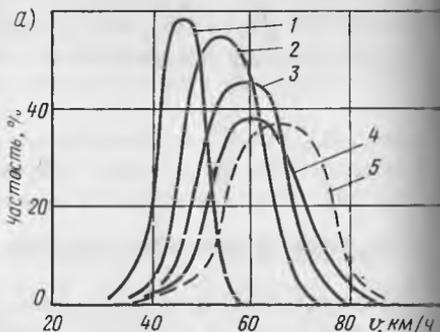


Рис. 9.1. Взаимосвязь скорости движения и частоты мелькания штрихов и разрывов прерывистой линии разметки

Рис. 9.2. Скорости движения автомобилей при различных параметрах прерывистых линий:

а — кривые распределения значения скорости при общей длине штриха и разрыва 2+2 м (1), 2+4 м (2), 3+9 м (3), 4+12 м (4) и без разметки (5); б — влияние на скорость общей длины штриха и разрыва при их соотношении 1:1 (1), 1:2 (2), 1:3 (3), без разметки (4)



В связи с этим важной характеристикой прерывистой линии является отношение длин штриха и разрыва, а также их общая длина  $l_0$ . Наибольшее влияние на режим движения оказывает разметка с соотношением 1:1 и наименьшее 1:3. Уменьшение общей длины штриха и разрыва ведет к снижению скорости. Совместное влияние этих параметров показано на рис. 9.2. При общей длине штриха и разрыва 14—18 м и их соотношении 1:3 скорость движения (85%-ной обеспеченности) мало отличается от скорости, характерной для дорог, где разметка отсутствует. Таким образом, снижения скорости увеличивают частоту мелькания за счет общей длины штриха и разрыва и за счет их соотношения. При этом целесообразной является организация переходных участков, обеспечивающих плавное изменение частоты мелькания. В этом отношении важным мероприятием является применение линии приближения. Ее наносят между прерывистой и сплошной линиями продольной разметки.

Сплошную осевую линию наносят на участках, на которых запрещается выезд на полосу встречного движения (например, в случаях ограниченной видимости). Это повышает безопасность движения, однако вызывает некоторое снижение скорости и пропускной способности дороги. Кроме того, находящаяся рядом с водителем сплошная линия, как и любое ограничение, способствует развитию его утомления. Поэтому разделение транспортных потоков противоположных направлений с помощью сплошной линии разметки должно быть в каждом случае оправданно. Особое значение это приобретает на дорогах с узкой проезжей частью (шириной 6—6,5 м), когда водители вынуждены двигаться у края дороги, заезжая порой на обочину, что не всегда является безопасным.

Нанесенная у края проезжей части сплошная линия особенно эффективна в темное время суток, так как позволяет водителю лучше ориентироваться и уменьшает вероятность съезда автомобиля с дороги. Вместе с тем в условиях узкой проезжей части она также способствует снижению скорости. Учитывая это обстоятельство, нередко обе линии (сплошные краевую и осевую) применяют на отдельных участках дорог в целях выравнивания скоростей, так как их влияние сказывается прежде всего на быстро движущейся части транспортного потока.

Для горизонтальной разметки в нашей стране принят белый цвет, что обеспечивает ее наилучшую видимость в различных дорожных условиях. Исключение составляют линии, связанные с ограничением остановки и стоянки транспортных средств, для которых применяют

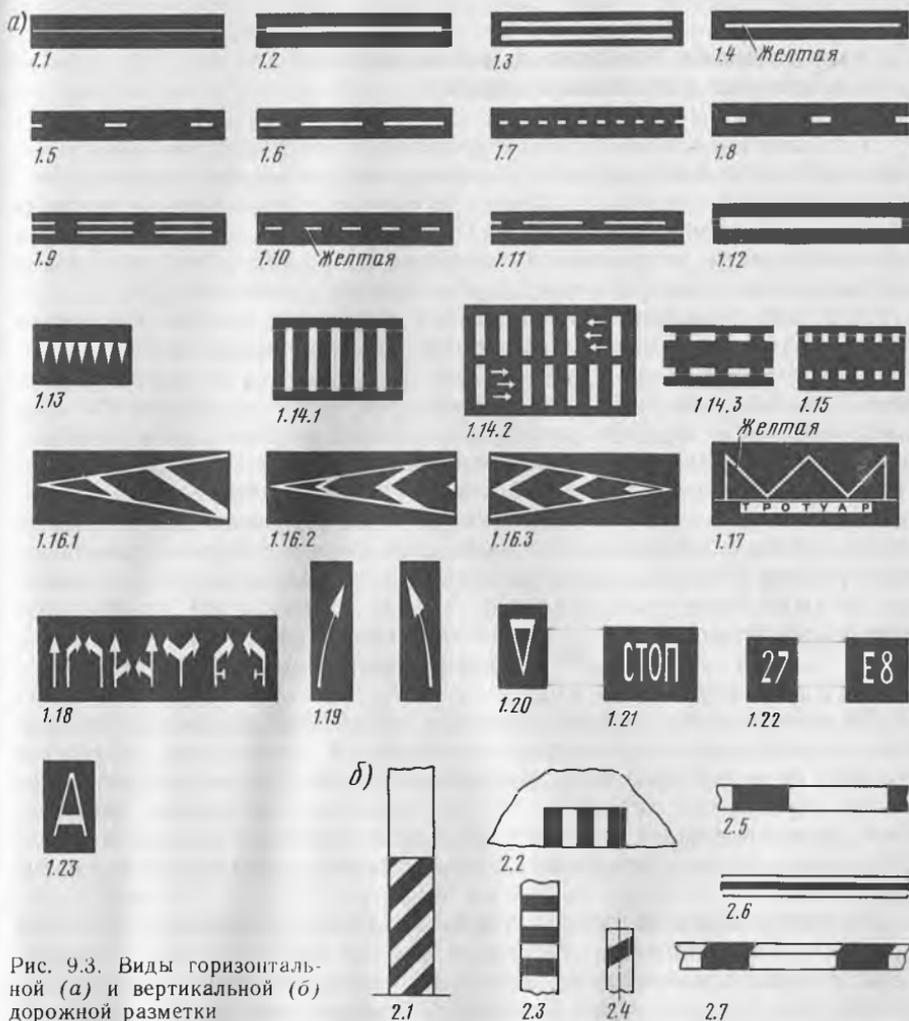


Рис. 9.3. Виды горизонтальной (а) и вертикальной (б) дорожной разметки

краску желтого цвета. Вертикальная разметка представляет собой сочетание черного и белого цветов.

Цвет дорожной разметки, ее форма и размеры, принятые в нашей стране, соответствуют рекомендациям международной Конвенции о дорожных знаках и сигналах. В СССР действует ГОСТ 13508—74 «Разметка дорожная», который предусматривает все ее виды (рис. 9.3). Каждому виду разметки в соответствии с этим стандартом присвоен номер. Первая цифра обозначает группу, к которой принадлежит разметка (1 — горизонтальная, 2 — вертикальная), вторая цифра (или число) — порядковый номер разметки в группе, третья — разновидность разметки. В последующем тексте (в целях сокращения) названия видов разметки в некоторых случаях заменены их номерами, указанными на рис. 9.3.

## **9.2. ПРИМЕНЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ РАЗМЕТКИ В РАЗЛИЧНЫХ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЯХ**

Исходными данными для составления схем разметки дорог и дорожных сооружений являются: планировочные характеристики рассматриваемого участка дороги; особенности условий движения (степень обеспечения видимости, наличие близко расположенных к проезжей части элементов инженерных сооружений и т. д.); параметры транспортных и пешеходных потоков; данные о ДПП.

Вначале определяют число полос движения, вид и параметры линий разметки. Далее проектируют разметку характерных участков, где она имеет свои особенности и отличается от предшествующей. К таким участкам, как правило, относятся пересечения и примыкания дорог, подъемы и спуски, кривые в плане, остановочные пункты транспортных средств общего пользования и т. п. Особое внимание уделяется разметке участков в местах повышенной аварийности, возможных заторов движения и где предусмотрены ограничения скорости, запрещения обгонов, стоянок и остановок транспортных средств. Разметка на характерных и примыкающих к ним участках должна быть взаимоувязана. На последнем этапе на полученную таким образом схему разметки наносят указательные стрелы, номер дороги или другие надписи, являющиеся дополнительным средством информации.

Во всех случаях применение сплошных линий разметки, связанных с дополнительными ограничениями для участников движения, должно быть обоснованно. Вводимые знаками ограничения могут носить временный характер, что достигается, например, применением дополнительных табличек. При использовании разметки таких возможностей нет. Вводимые ею ограничения носят всегда постоянный характер.

**Разметка дорог на прямых горизонтальных участках.** В качестве прямых горизонтальных участков в данном случае (с точки зрения идентичности применяемой разметки) рассматриваются участки дорог и улиц, где расчетная видимость, продольные уклоны, радиусы

горизонтальных и вертикальных кривых соответствуют нормативным требованиям. На таких участках разметку в основном применяют для обозначения осевой линии, полос движения, края проезжей части, разделительной полосы, реверсивных полос, полос движения для транспортных средств общего пользования. Кроме того, в рассматриваемом случае разметку можно применять также для обозначения сужения проезжей части (например, перед препятствием или при уменьшении числа полос движения в данном направлении), нанесения на проезжую часть номера дороги или других надписей. Характер разметки зависит от ширины проезжей части, числа полос движения, режима движения транспортных средств и принятой схемы организации движения.

При разметке ширину полосы движения принимают согласно требованиям действующих строительных норм и правил. Если поперечный профиль дороги не соответствует этим требованиям, то минимальная ширина размечаемой полосы может быть принята 3 м. В отдельных случаях допускается уменьшение ширины полосы до 2,75 м при условии движения по этой полосе только легковых автомобилей и введения необходимых ограничений на режим движения.

На многополосных дорогах (число полос движения в обоих направлениях не менее четырех) при разделении потоков встречных направлений с помощью разделительной полосы разметка в основном сводится к обозначению полос движения и краевых полос. Полосы движения обозначают с помощью прерывистой линии 1.5. Если возникает необходимость в разгрузке крайней левой полосы (при наличии резерва пропускной способности), то ее отделяют от остальных полос линией 1.11, прерывистая часть которой должна быть обращена в сторону разделительной полосы или осевой линии.

При уменьшении числа полос движения в данном направлении применяется переходная линия с предшествующей ей сплошной. Обе линии обозначают разметкой 1.1. Между сплошной и прерывистой линиями вводят участок приближения (линия 1.6). На полосе движения перед началом сплошной линии наносят стрелы 1.19, указывающие водителю на необходимость и направление перестроения (рис. 9.4).

При отсутствии разделительной полосы в виде газона линиями 1.1 может быть выполнена резервная зона. В случае отсутствия и разделительной полосы, и резервной зоны встречные потоки разделяют с помощью двойной сплошной линии 1.3. При организации разворота или левого поворота в боковые проезды, осуществляемого только с одной стороны, линию 1.3 на необходимом участке заменяют линией 1.11.

Край проезжей части обозначают как со стороны обочин, так и со стороны разделительной полосы с помощью сплошной линии 1.1, расстояние от которой до края проезжей части не более 0,2 м. При наличии бордюра краевую разметку не наносят, за исключением опасных участков дорог. Край проезжей части на дорогах, отнесенных по условиям движения к автомагистралям (наличие знака 5.1), обозначают линией 1.2. Если ширина проезжей части

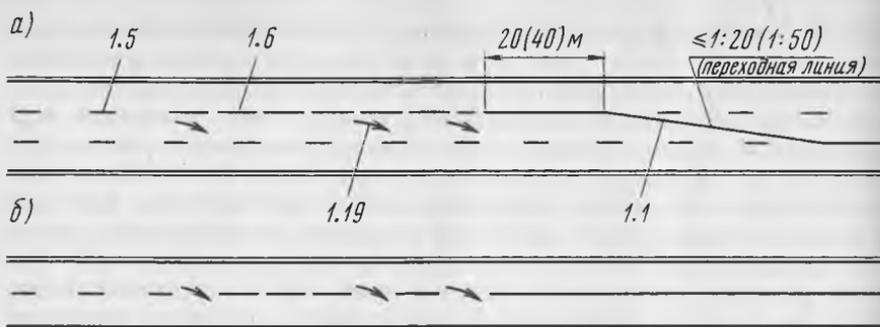


Рис. 9.4. Обозначение приближений к сужению проезжей части (а) и к сплошной линии продольной разметки, разделяющей потоки противоположных направлений (б). Числа в скобках относятся к дорогам с разрешенной скоростью более 60 км/ч

менее 6,5 м, краевую линию не наносят, а ограничиваются лишь нанесением в случае необходимости осевой разделительной линии.

Транспортные потоки противоположных направлений на прямых горизонтальных участках двухполосных дорог разделяют с помощью разметки 1.5 или 1.1. Последнюю применяют в местах, где обгон всем транспортным средствам в обоих направлениях запрещен, что, как правило, связано с условиями ограниченной видимости. Если ограничение обгона связано с другими причинами и вводится лишь в определенные часы суток или дни недели, то использование сплошной осевой линии 1.1 нецелесообразно, так как может привести к неоправданному снижению пропускной способности дороги.

Движение на трехполосных дорогах может быть организовано с применением перемещающейся осевой линии, когда из имеющихся трех полос две полосы поочередно предназначаются для движения в прямом или обратном направлении. Указанный прием позволяет создать на дороге так называемые *обгонные* участки и обеспечивает необходимый уровень безопасности движения без ощутимого снижения пропускной способности. Потоки встречного направления разделяют с помощью сплошной линии 1.1 на всем протяжении дороги. Длину подобных участков выбирают с учетом местных условий. Она зависит от соотношения интенсивности встречных потоков.

При ярко выраженной неравномерности интенсивности по направлениям в течение суток или по дням недели, носящей регулярный характер, применяют реверсивное движение с использованием линий разметки 1.9.

**Разметка дорог на участках подъемов и спусков.** На подъемах и спусках, обозначенных знаками 1.13 и 1.14, одним из основных назначений разметки является предотвращение выезда транспортных средств в местах ограниченной видимости на полосу встречного движения.

На двухполосных дорогах (рис. 9.5) в начале подъема, когда видимость встречного автомобиля находится в пределах норм, осевую линию выполняют разметкой 1.5. В этих условиях обгон не ограничен. При ограниченной видимости в сторону подъема вместо разметки 1.5 наносят разметку 1.11, которая сплошной частью обращена к полосе движения в направлении подъема. У вершины подъема, если зоны с видимостью менее допустимой (как в сторону подъема, так и в сторону спуска) перекрывают друг друга, разметку 1.11 заменяют разметкой 1.1. Здесь обгон запрещен в обоих направлениях движения. На подходе к разметке 1.11 на осевую линию наносят стрелы 1.19 так, как это показано на рис. 9.5. Они предупреждают водителя о необходимости занять свою полосу движения, так как он въезжает в зону ограниченной видимости.

При наличии дополнительной полосы в сторону подъема ее отделяют от основной полосы с помощью прерывистой линии 1.5, а в зоне ограниченной видимости — двойной линией 1.11, сплошная часть которой обращена в сторону дополнительной полосы. За вершиной подъема дополнительная полоса до ее слияния с основной выполняет роль переходной-скоростной. После окончания зоны ограниченной видимости ее отделяют от основной полосы прерывистой линией 1.8 шириной 0,2 м. На этом участке могут быть нанесены направляющие стрелы 1.19, предупреждающие водителей об уменьшении числа полос движения в данном направлении. Встречные потоки на всем протяжении уширения отделяют друг от друга с помощью сплошной линии 1.1.

Разметка трехполосных дорог на подъемах аналогична разметке двухполосных с дополнительной полосой. При этом на всем протяжении подъема встречные транспортные потоки отделяют сплошной линией 1.1 так, чтобы в сторону подъема были две полосы движения, в сторону спуска — одна.

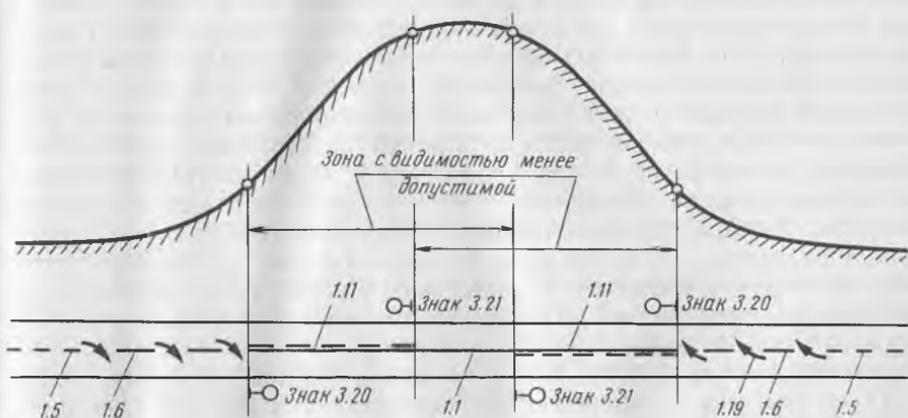


Рис. 9.5. Разметка двухполосных дорог на крутых подъемах и спусках

**Разметка дорог на горизонтальных кривых.** На кривых малых радиусов нередко случаи выезда автомобилей на полосу встречного движения. Это объясняется желанием водителя искусственно увеличить радиус поворота и таким образом уменьшить боковую силу без существенного снижения скорости. Такой прием в условиях высокой интенсивности движения и ограниченной видимости связан с определенным риском и нередко приводит к возникновению ДТП. Поэтому задачей разметки проезжей части на горизонтальных кривых является четкое определение коридора движения с учетом характера местных условий.

Разметка проезжей части многополосных дорог на горизонтальных кривых принципиально не отличается от разметки на прямых горизонтальных участках, так как эти дороги, как правило, относятся к высшим категориям и в соответствии с нормативными требованиями имеют большие радиусы кривых в плане. Кроме этого, потоки противоположных направлений в данном случае разделяют с помощью разделительной полосы или разметки 1.3, что предотвращает выезд на полосы встречного движения.

На двух- и трехполосных дорогах вид разметки зависит от радиуса кривой и степени обеспечения видимости. На двухполосных дорогах при радиусе менее 50 м даже в условиях обеспеченной видимости транспортные потоки противоположных направлений разделяют на всем протяжении кривой и на примыкающих к ней участках (в пределах переходных кривых) сплошной линией 1.1. При этом на протяжении круговой кривой линия 1.1 делит проезжую часть на две неравные по ширине полосы движения. Отношение ширины внутренней полосы к ширине внешней зависит от радиуса кривой и регламентируется ГОСТ 23457—86.

На трехполосных дорогах при тех же радиусах кривой данное соотношение сохраняется для крайних полос, а средняя полоса используется как разделительная.

При радиусах более 50 м на двухполосных дорогах и трехполосных с движением на кривой по двум полосам возможность выезда на полосу встречного движения определяется степенью обеспечения видимости. Если видимость соответствует нормативным требованиям, встречные потоки можно разделить линией 1.5. В условиях ограниченной видимости для этих целей целесообразно применять разметку 1.11. Сплошную часть ее наносят со стороны транспортных средств, движущихся в зоне с видимостью менее допустимой. Такие зоны, как правило, образуются с обеих сторон при входе на кривую в плане. Поэтому типичным является применение в качестве осевой линии разметки 1.11 на входах и разметки 1.5 или 1.1 в средней части кривой. Причем разметку 1.1 применяют, когда зоны ограниченной видимости перекрывают друг друга (рис. 9.6). В пределах участков кривых *AB* и *BI'* видимость обеспечена только для водителей, заканчивающих поворот. Они могут с целью обгона пересечь линию 1.11 со стороны ее прерывистой части. На участке *BV* видимость не обеспечена в обоих направлениях, поэтому встречные потоки разделены линией 1.1.

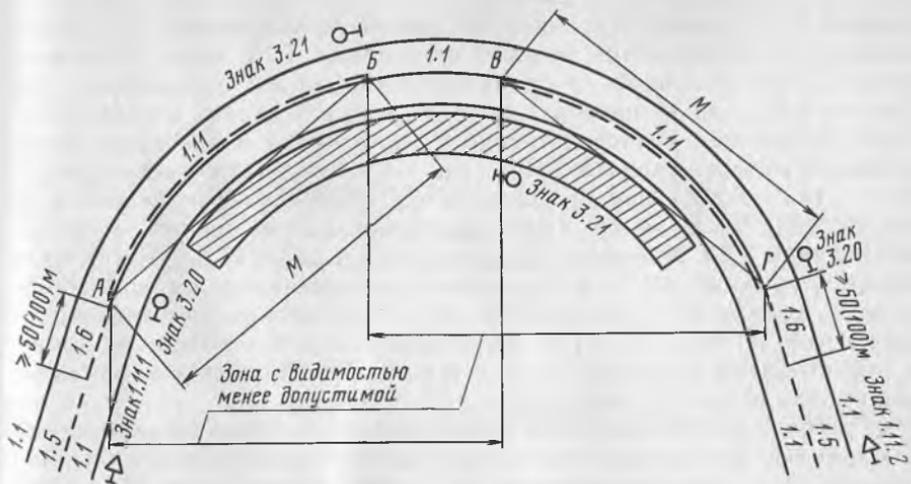


Рис. 9.6. Разметка на горизонтальной кривой с ограниченной видимостью:  
 $M$  — расчетное расстояние видимости встречного автомобиля

На трехполосных дорогах с движением по кривой по трем полосам транспортным средствам, движущимся по внутренней полосе, запрещается в зоне с ограниченной видимостью выезд на среднюю полосу для обгона. С этой целью внутреннюю полосу движения на протяжении зоны ограниченной видимости отделяют от средней полосы сплошной линией 1.1.

**Разметка на пересечениях автомобильных дорог.** На пересечениях и примыканиях автомобильных дорог, а также на подходах к ним горизонтальную разметку применяют для разделения транспортных потоков противоположных направлений, для обозначения полос движения и переходно-скоростных полос, направляющих островков и островков безопасности, пешеходных переходов, мест остановки перед светофором или знаком 2.5 и мест, где водитель обязан уступить дорогу в соответствии с действующим на перекрестке приоритетом в движении. Кроме этого, на полосы движения можно наносить: стрелы, обозначающие направления движения или приближение к сужению проезжей части; обозначения приближения к поперечной разметке; номера дороги и другие надписи, не вводящие дополнительных ограничений. В каждом конкретном случае характер разметки зависит от типа пересечения и принятой схемы организации движения.

На нерегулируемых перекрестках, оборудованных знаками приоритета, разметка должна способствовать обеспечению необходимой скорости движения по главной дороге, а на второстепенной — предупреждать водителя о предстоящем выезде на главную дорогу и способствовать снижению скорости.

На подходах к простым пересечениям двух- и трехполосных дорог потоки противоположных направлений разделяют сплошной

линией 1.1 с предшествующей ей линией приближения 1.6. Перед выездом на перекресток наносят стоп-линию 1.12, если установлен знак 2.5 или светофор, а при наличии знака 2.4 — разметку 1.13. Линию 1.13 следует наносить обязательно, когда знак 2.4 не может быть установлен непосредственно у перекрестка и возникает необходимость точно указать место, где водитель должен уступить дорогу. Для обозначения приближения к линии 1.13 используют разметку 1.20, а к линии 1.12 — разметку 1.21 (надпись «Стоп»), если линия 1.12 применяется совместно со знаком 2.5. Расстояние между линиями 1.12, 1.13 и разметкой, обозначающей приближение к ним, выбирают в пределах 2—25 м в зависимости от скорости движения. Линии 1.12 и 1.13 необходимо наносить возможно ближе к пересекаемой проезжей части с тем, чтобы обеспечить наилучшую видимость водителю перекрестка.

Границы полос движения непосредственно перед перекрестками обозначают для запрещения в этих местах перестроений сплошной линией 1.1 с предшествующей ей линией приближения 1.6. Протяженность линий 1.1 должна превышать длину очереди транспортных средств, накапливающихся в ожидании возможности проезда перекрестка. При этом минимальная длина принята равной 20 м.

При наличии перед перекрестком специально выделенных полос для движения в определенных направлениях на полосы наносят соответствующие этим направлениям стрелы 1.18. Применение разметки 1.18 должно сочетаться с установкой знаков 5.8.1 и 5.8.2, чтобы водитель своевременно получил информацию о назначении каждой полосы. На пересечениях с элементами канализированного движения контуры направляющих островков обозначают сплошной линией 1.1, а их площадь (целиком или частично) — разметкой 1.16. Переходно-скоростные полосы в зоне пересечений и примыканий отделяют от основных полос движения разделительными полосами. Ширина их так же, как и длина переходно-скоростных полос, регламентируется нормами на проектирование дорог. Границы разделительной полосы обозначают линиями 1.1. В зоне маневрирования разделительная полоса переходит в прерывистую линию 1.8 шириной 0,4 м. В этом месте на переходно-скоростную полосу наносят стрелы 1.19, указывающие водителю на необходимость выезда на основную полосу движения (рис. 9.7).

Разметка полос движения на подходе к регулируемому перекрестку, а также вид стрел 1.18, наносимых на полосы, должны соответствовать характеру пофазного разъезда транспортных средств или регулируемых направлений движения (см. гл. 3).

Особенностью разметки на перекрестках с круговым движением является выделение полос движения, предназначенных для маневрирующих потоков, а также обозначение мест, где водители обязаны уступить дорогу (или остановиться) в соответствии с принятой схемой организации движения. На подходах к перекрестку потоки противоположных направлений разделяют сплошной линией 1.1 или 1.3, которая непосредственно перед перекрестком примыкает к направляющему островку треугольной формы. Его контуры выполняют

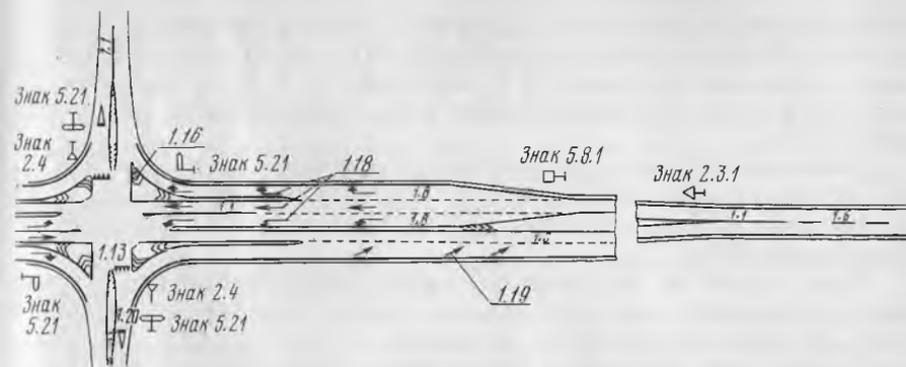


Рис. 9.7. Разметка на перекрестке с направляющими островками и переходно-скоростными полосами

с помощью разметок 1.1 и 1.16. Направляющий островок обеспечивает вход транспортных средств в круговой поток и выход из него по плавной траектории. Для отделения правоповоротных потоков от кольцевых в зоне перекрестка прерывистыми линиями 1.7 обозначают полосы движения, на которые могут быть нанесены направляющие стрелы 1.18. При наличии в местах слияния потоков знаков 2.4 на проезжей части разметкой 1.13 указывают места, где водитель должен уступить дорогу. На регулируемых перекрестках с круговым движением перед светофорами наносят стоп-линии 1.12, перед которыми сплошными линиями 1.1 обозначают границы полос движения.

Разметка пересечений автомобильных дорог в разных уровнях должна способствовать четкому разделению прямых и поворачивающих потоков, плавному ответвлению и примыканию поворачивающих потоков, а также информировать водителя о направлении движения и необходимости своевременного перестроения. Особое внимание при разметке уделяют местам пересечения потоков на неполных развязках, а также местам слияния потоков, выходящих с право- и левоповоротных съездов. Виды разметки и приемы их использования на пересечениях в разных уровнях остаются теми же, что и в рассмотренных случаях.

**Разметка в местах остановок и стоянок.** В зоне остановок транспортных средств общего пользования должны быть обеспечены безопасный и плавный подъезд к остановкам, выезд с них на основную проезжую часть и безопасный переход проезжей части пешеходами.

В соответствии с нормативными требованиями на автомобильных дорогах всех категорий в зоне автобусных остановок устраиваются переходно-скоростные полосы, которые отделяются от основной полосы движения разделительной полосой (для дорог высших категорий) либо сплошной линией. Контуры разделительной полосы и сплошную линию выполняют разметкой 1.1. На участках, где

совершается перестроение с основной полосы движения на переходно-скоростную полосу и наоборот, эти полосы отделяют друг от друга прерывистой линией 1.8 шириной 0,2 м. На переходно-скоростной полосе в ее начале может быть нанесена буква «А» — разметка 1.23.

Зоны автобусных и троллейбусных остановок на основной полосе движения обозначают желтой зигзагообразной линией 1.17. С помощью этой же разметки можно обозначать места стоянок автомобилей-такси.

При устройстве внеуличных стоянок транспортных средств разметку применяют для обозначения границ стоянки и стояночных мест, а также организации движения на стоянке. При отсутствии разделительных островков и переходно-скоростных полос между проезжей частью и площадкой стоянки может быть нанесена линия 1.11. Она позволяет организовать отдельный въезд на стоянку и выезд с нее. Места для стоянок транспортных средств обозначают с помощью линии 1.1. Минимальные размеры одного стояночного места с учетом размещения автомобилей на стоянке оговариваются стандартом.

Для запрещения стоянки применяют разметку 1.10. При необходимости запрещения остановки применяют сплошную желтую линию 1.4. Линии 1.10 и 1.4 применяют преимущественно в населенных пунктах, где часто возникает необходимость введения подобных запретов на сравнительно коротких участках улиц, а установка соответствующих знаков в этих местах затруднительна. Вместе с тем, учитывая цвет линий, а также места их нанесения, необходимо следить за регулярной очисткой этих мест от грязи и снега. В противном случае установка знаков, соответствующих этим линиям, является обязательной.

### **9.3. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ РАЗМЕТКИ**

Вертикальную разметку применяют для предупреждения наезда транспортных средств на опоры и пролетные строения мостов и путепроводов, ограждающие устройства и их опоры, круглые тумбы на разделительных полосах и островках безопасности, вертикальные поверхности островков безопасности, бордюры, торцовые части парапетов и т. п.

При разработке схем вертикальной разметки на дороге выявляют элементы инженерных сооружений, обстановки дороги и других объектов, расположенных в непосредственной близости от проезжей части или обочины и представляющих опасность для движения. При этом немаловажную роль играют материалы анализа причин ДТП и данные обследования технического состояния дорог и дорожных сооружений. На сооружения, элементы дорожной обстановки и другие подлежащие разметке объекты составляют ведомость с указанием мест их расположения и номеров разметки, которую на них наносят.

Поверхность дорожных сооружений (опор путепроводов, торцовых поверхностей тоннелей, подпорных стенок) размечают, когда они расположены в пределах обочины или находятся на расстоянии ближе 1,0 м от края проезжей части при наличии тротуара или разделительной полосы, а также и в других случаях, когда этого требуют условия движения. Для этих целей применяют разметку 2.1 — чередующиеся наклонные полосы белого и черного цветов. Их наносят на вертикальные поверхности дорожных сооружений, обращенные в сторону приближающихся транспортных средств. Наклон полос должен быть в сторону проезжей части.

Нижний край дорожных сооружений, находящихся над проезжей частью (пролетные строения путепроводов, перекрытия тоннелей), при вертикальном габаритном размере менее 5 м обозначают разметкой 2.2 в виде чередующихся вертикальных полос белого и черного цветов. Разметку наносят над серединой каждой полосы, по которой осуществляется движение в сторону искусственного сооружения.

Разметка ограждающих и направляющих устройств должна обеспечивать их хорошую видимость, подчеркивать направление дороги и выделять на ней наиболее опасные места. Сплошные ограждения обозначают с помощью разметки 2.6. Ее наносят на середину их боковых поверхностей, обращенных в сторону проезжей части. При этом для обозначения начальных участков ограждений, а также ограждений в опасных для движения условиях (например, на кривых в плане с малыми радиусами, на транспортных развязках в разных уровнях) на их боковые поверхности наносят разметку 2.5. Направляющие столбики, опоры тросовых ограждений, надолбы обозначают с помощью разметки 2.4 — наклонной черной полосы, наносимой на их верхней части и обращенной навстречу движению.

В местах сужения проезжей части, на кривых в плане малых радиусов и других опасных участках бордюры, окаймляющие тротуары и разделительные полосы, возвышающиеся над проезжей частью островки безопасности и направляющие островки в известной степени являются препятствием на дороге. Они должны быть хорошо видны водителю. В этих случаях применяют разметку 2.7. При наличии в начале разделительных полос и островков круглых тумб на них наносят попеременно горизонтальные черные и белые полосы (разметка 2.3). Для правильной ориентировки водителя эти тумбы целесообразно применять совместно со знаком 4.2, указывающим направление объезда препятствия (см. рис. 8.5, и).

#### **9.4. МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ РАЗМЕТКИ**

**Применяемые материалы.** В настоящее время для разметки используют краски, термопластики, ленты-полуфабрикаты, цветные асфальто- и цементобетоны, кнопки, металлические и керамические плиты и т. п. Наибольшее распространение получили краски и термопластики, что связано в основном с возможностью механизировать процессы разметки.

К применяемым для дорожной разметки материалам предъявляется ряд требований, связанных с условиями ее эксплуатации. Определяющими факторами при выборе материала являются: стоимость, прочностные и адгезионные характеристики; шероховатость; устойчивость; цветостойкость и хорошая отражательная способность; производительный способ нанесения разметки из данного материала; время, затрачиваемое с момента начала разметки до открытия движения на дороге; время для подготовки поверхности под разметку.

Краска для разметки, как и любой лакокрасочный материал, представляет собой комплексный состав, основными компонентами которого являются наполнитель, пигмент, связующее вещество и растворитель. Наполнитель создает необходимую шероховатость и матовость высохшей пленки, улучшает прочностные и адгезионные свойства. Пигмент вводят в состав красок для придания им нужного цвета. Связующее вещество связывает пигмент с наполнителем и образует при высыхании пленку. Растворитель придает краске вязкость, при которой ее можно наносить на покрытие. В нашей стране для разметки применяют в настоящее время белую нитроэпоксидную эмаль ЭП-5155. Она обладает высокой износостойкостью по сравнению с другими видами красок. Время ее высыхания при температуре окружающего воздуха 18...22 °С ограничивается 0,5 ч. Средний расход краски при нанесении линий разметки 0,4 кг/м<sup>2</sup>. Допускается для разметки и применение белой нитроэмали НЦ-25.

Применяемые для дорожной разметки краски являются сравнительно дешевыми материалами и позволяют обеспечить необходимую производительность работ. Однако выполненная ими разметка в зависимости от интенсивности движения требует обновления через 2—4 мес эксплуатации (особенно линии и знаки поперечной разметки). Поиски более долговечных материалов привели к широкому использованию термопластиков, срок службы которых в тех же условиях эксплуатации 2—3 года.

Как и краска, термопластик представляет собой композицию из нескольких составляющих: термопластичное связующее, основанное на синтетических (поливинилхлорид, полистирол, полипропилен, полиамиды, производные целлюлозы) или природных (канифоль) смолах; пигмент и светлые наполнители.

Термопластичные массы укладывают на дорожное покрытие в горячем состоянии при температуре 160...170 °С. В результате охлаждения они затвердевают.

В СССР для дорожной разметки применяют термопластик ПЛ-5142, который представляет собой смесь полиэфирной смолы с пластификатором, наполнителем и пигментом. После расплавления при 180 °С и застывания (40 °С) смесь превращается в материал светло-серого цвета с плотностью 1,7 г/см<sup>3</sup>. После нанесения термопластика на покрытие при температуре окружающего воздуха 20 °С движение может быть открыто уже через 15—20 мин.

Расход смеси при толщине линии разметки 4 мм около 7 кг/м<sup>2</sup>.

Для улучшения видимости разметки и зрительной ориентации водителей в темное время суток на участках дорог без искусствен-

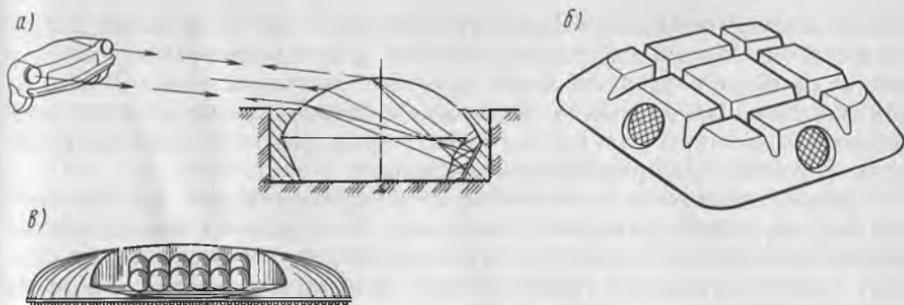


Рис. 9.8. Примеры установки световозвращающих кнопок, применяемых для дорожной разметки:

*а* — закладываются в проезжую часть; *б, в* — приклеиваются к покрытию

ного освещения разметку можно выполнять с применением световозвращающих материалов. В качестве световозвращающих материалов могут быть использованы керамические осколки, крупнозернистый песок, молотое стекло или стеклянные микрошарики диаметром до 0,5 мм. Применение последних получило наибольшее распространение и повышает световой эффект разметки в 4,5—11 раз. Нередко для увеличения отражательной способности разметочной полосы на ее поверхности формируются искусственные микронеровности.

Есть также опыт выполнения линий разметки из белого известняка, который наносят на покрытие методом поверхностной обработки, втапливают в свежий асфальтобетон или укладывают в заранее подготовленные канавки. Подобный метод позволяет получить хорошо заметную в свете фар разметку с длительным сроком службы (3—4 года), однако он связан с большим объемом ручного труда.

Световозвращающие разметочные кнопки целесообразно устанавливать на многополосных дорогах для обозначения границы между встречными потоками или края проезжей части. Кнопки могут применяться как самостоятельно, так и совместно с разметочными линиями. Их выполняют из металла, закаленного стекла или износоустойчивого пластика, снабжают катафотами и закладывают в проезжую часть в заранее подготовленные углубления или приклеивают с помощью эпоксидного клея к покрытию (рис. 9.8).

Для повышения эффективности вертикальной разметки применяют световозвращающую пленку, широко используемую в производстве дорожных знаков (см. гл. 8). На участках дорог без искусственного освещения белые полосы разметки 2.1—2.3 покрывают на две трети их ширины белой световозвращающей пленкой. Ее приклеивают посередине этих полос по всей их длине. На черные полосы разметки 2.4 крепят световозвращающие элементы, выполненные из пленки в виде прямоугольника (4×10 см), расположенного вертикально в верхней части столбика. Ограждающие устройства,

размечаемые с помощью черных и белых полос 2.5 и 2.6, также должны иметь световозвращающие элементы, которые справа по направлению движения должны быть красного цвета, а слева — белого или желтого. Их плоскость размещают перпендикулярно к направлению движения, а расстояния между ними соответствуют расстояниям установки направляющих столбиков.

Световозвращающие элементы могут применяться и при отсутствии вертикальной разметки, например, на торцовых поверхностях высоких бордюров и элементах ограждений дорог, обращенных в сторону приближающихся транспортных средств, на стволах деревьев, расположенных в непосредственной близости от проезжей части дороги и в других опасных местах.

**Машины для нанесения разметки.** Линии горизонтальной разметки (в основном продольной) наносят на покрытие дороги с помощью маркировочных машин. В других случаях разметку выполняют вручную с помощью пистолета-краскораспылителя, ручного термоукладчика или кисти (по шаблонам).

Условно маркировочные машины можно классифицировать по следующим признакам: функциональному назначению, типу ходовой части, применяемому материалу и способу нанесения линий.

Функциональное назначение машины зависит от территории, где она используется (городские улицы, автомагистрали, аэродромы). С точки зрения ходовой части машины могут подразделяться на ручные механизмы, ручные самоходные машины, самоходные машины на оригинальных или автомобильных шасси, прицепные агрегаты, навесное оборудование и т. д. Существуют машины для нанесения линий красками или термопластичными материалами, машины и оборудование для укладки пленки, установки кнопок, плит и т. п. Способ механизированного нанесения линий разметки также зависит от применяемого материала.

Краску можно наносить бескомпрессорным, пневматическим или кинетическим способом, термопластик — пневматическим, кинетическим или гравитационным.

При бескомпрессорном способе краска из бака поступает к краскораспылителю под давлением и, разрушаясь в насадке краскораспылителя, вытекает из выходного отверстия однофазной струей. Давление в краскопроводной системе создается, как правило, сжатым воздухом (из баллона) или ручным насосом.

Пневматический способ предусматривает использование компрессора, который подает воздух под давлением в резервуар для краски, в бак для растворителя и к краскораспылителю. Кроме того, сжатый воздух может быть использован для управления исполнительными механизмами.

Краска или расплавленный термопластик поступает под давлением к краскораспылителю, в насадке которого струя материала дробится направленным воздушным потоком, и через щелевое отверстие в насадке стекает двухфазная диспергированная смесь. К краскораспылителю подходят две пневматические ветви — одна для управления его работой, другая для распыления материала.

Кинетический способ заключается в том, что материал, поступающий в краскораспылитель под сравнительно высоким давлением (3—12 МПа), истекает в атмосферу через отверстие малого сечения. В результате резкого перепада давлений материал дробится на мелкие частицы.

При гравитационном способе термопластичный материал, разогретый до текучего состояния, вытекает на покрытие через специальное щелевое отверстие под действием собственного веса. Контуры линии разметки формируются за счет высокой консистенции материала и формы выходного отверстия.

Из перечисленных способов наибольшее распространение получили пневматический и гравитационный, первый — благодаря высо-



Рис. 9.9. Машина ДЭ-21 для нанесения линий разметки:

а — краской; б — термопластиком

Таблица 9.1

Параметры	ДЭ-3А	ДЭ-3Б	ДЭ-18	ДЭ-20	ДЭ-21	ДЭ-21
Базовое шасси	Г-16М	Г-16М	ГАЗ-53А	ГАЗ-53А	ГАЗ-53-12	ГАЗ-53-12
Материал для разметки	Краска	Краска	Краска	Термопластик	Краска	Термопластик
Число одновременно наносимых линий	1	1; 2	1; 2; 3	1	1; 2; 3	1
Ширина наносимых линий, м	0,1—0,3	0,1—0,4	0,1—1,0	0,1—0,2	0,1—1,0	0,1—0,2
Длина штриха прерывистых линий, наносимых в автоматическом режиме, м	1—31 (кратная 1 м)	0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 9; 12; 30	1—31 (кратная 1 м)	0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 9; 12; 30	0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 9; 12; 30	0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 9; 12; 30
Соотношение длины штриха к длине промежутка (в автоматическом режиме)	1:1; 1:3; 1:1/3	1:1; 1:3; 1:1/3	1:1; 1:3; 1:1/3	1:1; 1:3; 1:1/3	1:1; 1:3; 1:1/3	1:1; 1:3; 1:1/3
Производительность, м <sup>2</sup> /ч (при нанесении одной сплошной линии 0,1 м)	600	600	600	500	600	500
Рабочая скорость, км/ч	До 6	До 6	До 6	До 5	До 6	До 5
Транспортная скорость, км/ч	23	23	60	50	60	50
Вместимость бака для краски, л:						
основного	165×2	165×2	500×2	—	1000	—
дополнительного	—	—	—	—	23,5	—
Вместимость бака для растворителя, л	23,5	23,5	50	—	50	—
Масса одновременно разогреваемого термопластика, кг	—	—	—	800	—	800
Максимальное давление, МПа:						
в пневмосистеме	0,6	0,6	0,6	—	0,7	—
в гидросистеме	—	—	—	8	—	8
Обслуживающий персонал, чел.	1	1	2	2	2	2

кой производительности, надежности оборудования, легкости управления, второй — благодаря простоте оборудования.

Старую разметку чаще всего удаляют методом фрезерования или выжигания струей горящего газа, имеющей высокую скорость. Применяют также химический и комбинированный методы (фрезерование с последующей химической обработкой). Недостатком этих методов, особенно фрезерования, является частичное повреждение дорожного покрытия.

В нашей стране для нанесения горизонтальной разметки применяют освоенные отечественной промышленностью машины ДЭ-3, ДЭ-18, ДЭ-20 и ДЭ-21. Первые две машины предназначены для нанесения линий разметки краской пневматическим способом и принципиально отличаются друг от друга базовым шасси и числом одновременно наносимых линий. ДЭ-20 предназначена для работы на термопластике с использованием гравитационного способа. ДЭ-21 является универсальной машиной со сменным оборудованием, позволяющим наносить разметку краской или термопластиком (рис. 9.9). Характеристики машин приведены в табл. 9.1.

Основными узлами машин для нанесения линий красками являются: компрессор, ресивер с маслоотделителем, система трубопроводов с пультом управления, баки для краски с лопастными мешалками, бак для растворителя, рабочий орган с форсунками-краскораспылителями, электрооборудование и электронное устройство с программным блоком для управления форсунками при автоматическом нанесении прерывистой линии.

Рабочий орган состоит из двух ограничительных дисков 1, катящихся по покрытию, и форсунки 2, расположенной между ними (рис. 9.10, а). Установленные с помощью фиксаторов на определенном

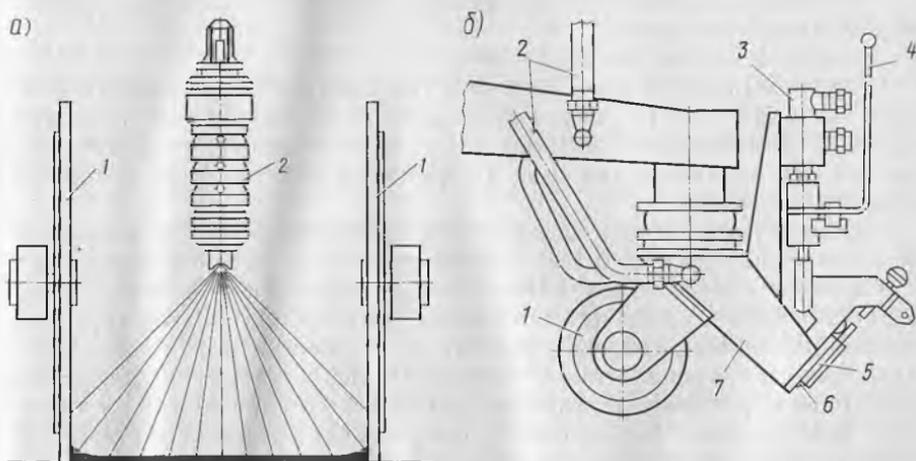


Рис. 9.10. Рабочий орган для нанесения линий разметки:  
а — краской; б — термопластиком

расстоянии друг от друга диски ограничивают с двух сторон факел форсунки, формируя таким образом линию разметки. Прижимающиеся к дискам скребки обеспечивают очистку их поверхности от налипающей краски и подачу ее в краскосборник.

В транспортном положении рабочий орган поднимается и закрепляется при помощи замкового устройства. После окончания работ в форсунку и краскопроводы под давлением подается растворитель для их очистки.

Рабочий орган машины ДЭ-3А расположен справа, ДЭ-3Б — справа и слева. Это позволяет одновременно наносить две линии, например, осевую и краевую (или линию, обозначающую границу полосы движения). При нанесении двух параллельных линий с расстоянием между ними 0,1 м на одной каретке рабочего органа устанавливают две форсунки.

У машин ДЭ-18 и ДЭ-21 (с комплектом оборудования для нанесения линий краской) рабочий орган расположен сзади и состоит из трех форсунок и трех пар ограничительных дисков. Это позволяет наносить одновременно три линии.

Все перечисленные машины снабжаются дополнительным оборудованием, куда входят ручной разметчик для нанесения линий пешеходных переходов и мест стоянок, выносной пистолет-краскораспылитель и струйный насос, служащий для заправки баков краской и растворителем.

При нанесении линий разметки краской необходимы следующие операции:

очистка дорожного покрытия от пыли, грязи, следов старой краски, масляных пятен и т. д.;

предварительная разметка линий с помощью намелованного шнура;

подготовка краски (перемешивание, определение вязкости, фильтрация, заправка баков);

нанесение краски на покрытие.

Краску наносят в один слой при температуре окружающего воздуха не ниже  $+5^{\circ}\text{C}$ . Цифры, буквы, стрелы наносят на покрытие вручную с помощью трафаретов пистолетом-краскораспылителем, кистью или валиком в два слоя. Второй слой наносят через 2 ч после нанесения первого.

Технологическое оборудование для нанесения линий термопластиком (машины ДЭ-20 и ДЭ-21) смонтировано на съемной платформе и включает в себя: блок котлов для разогрева порошкообразного термопластика до рабочего состояния; рабочий орган (маркер) для нанесения линии разметки; коллектор, служащий для подачи расплавленного термопластика от блока котлов к маркеру; гидросистему для привода рабочих механизмов; шкафы с баллонами для сжиженного газа; систему электронного программного управления работой маркера в автоматическом режиме, компрессор для подачи сжатого воздуха в устройство для очистки проезжей части от пыли и грязи.

Машины снабжены системой циркуляции жидкого теплоносителя (минеральное масло), который обеспечивает разогрев термопла-

стика в котлах и его подогрев в коллекторе. Циркуляция осуществляется с помощью гидронасоса, разогрев теплоносителя — газовыми горелками.

Термопластик содержится в двух котлах, окруженных рубашкой с теплоносителем. В каждый котел загружается до 400 кг материала ( $\frac{2}{3}$  его вместимости). Котлы используются поочередно: из одного материал поступает к рабочему органу, в другом идет подготовка материала. В период плавления термопластика и нанесения разметки в котлах работают лопастные мешалки.

Рабочий орган для нанесения линий разметки термопластиком (рис. 9.10,б) расположен на опорном колесе 1 с левой стороны машины за задними колесами и состоит из короба 7, соединенного шарнирно с коллектором, затвора 6 с заслонкой 5, гидроцилиндра 3, управляющего работой заслонки, устройством для аварийного закрытия заслонки 4. Короб имеет двойные стенки, где циркулирует теплоноситель, поступающий туда по трубопроводам 2.

Заслонка перемещается по направляющим затвора. При ее открытии из короба истекает расплавленный термопластик на дорожное покрытие.

Наличие опорного колеса обеспечивает постоянный зазор между нижней кромкой рабочего органа и дорожным покрытием. На этом же опорном колесе установлен бесконтактный датчик пройденного пути, необходимый для нанесения прерывистой линии в автоматическом режиме. Для выполнения работ по нанесению линий различной ширины рабочий орган имеет сменные башмаки.

Перед производством работ дорожное покрытие подготавливают для разметки. Поверхность очищают от пыли и грязи. Сильно загрязненные места промывают водой под давлением до полного удаления грязи. Затем покрытие высушивается. На месте будущей разметки наносят линию с помощью намелованного шнура.

При подготовке машин сначала загружают котлы на  $\frac{1}{3}$  объема, затем включают горелки, и материал прогревается примерно 1 ч до включения мешалок. После этого в котлы добавляют термопластик до  $\frac{2}{3}$  их объема и расплавляют его до температуры 180 °С. Указанный предел загрузки котлов связан с возможностью выплескивания материала при движении машины.

Общее время подготовки термопластика к работе занимает 2,5—3 ч. Учитывая сравнительно небольшой объем котлов маркировочных машин, для снижения времени их простоя как в СССР, так и за рубежом применяют дополнительные котлы. Они транспортируются на специальных прицепах или в кузовах серийно выпускаемых грузовых автомобилей и предназначены для дозаправки котлов маркировочных машин во время их работы.

При использовании в качестве световозвращающих элементов стеклянных микрошариков их добавляют в котлы с расплавленным термопластиком (до 15% от общей массы материала) или засыпают в специальный бункер машины, из которого по трубопроводу шарики попадают на горячую поверхность уложенного на дорожное покрытие термопластика.

На всех отечественных машинах для дорожной разметки (см. табл. 9.1) привод компрессора и гидронасоса осуществляется от коробки отбора мощности автомобиля. Рабочая скорость обеспечивается с помощью специального демультипликатора. Для выдерживания направления движения машины по предварительно размеченной линии предусмотрено визирное устройство, расположенное перед машиной. В транспортном положении рабочие органы машины поднимаются или убираются в специальную нишу платформы.

Технология нанесения линий разметки и конструкция маркировочных машин в нашей стране и за рубежом постоянно совершенствуются. Этот процесс идет по пути повышения коэффициента использования машин за счет разработки широкого ассортимента съемного оборудования, создания малых машин для выполнения работ небольшого объема, подогрева краски для сокращения времени ее высыхания, отказа от гравитационного способа нанесения термопластика (в силу его низкой производительности) и перехода на распыление термопластика или подачу его под давлением. Имеется опыт автоматизации процесса предварительной разметки: выдерживания заданного курса с помощью телевизионной системы.

### **Контрольные вопросы**

1. Каково назначение дорожной разметки?
2. Какие виды разметки применяются в СССР?
3. Какая существует взаимосвязь между параметрами разметки и скоростью движения?
4. Как составляют схемы разметки дорог и дорожных сооружений?
5. Назовите виды разметки, применяемой на прямых горизонтальных участках дорог, на участках подъемов и спусков, на кривых в плане, на перекрестках, в местах остановок и стоянок транспортных средств.
6. В каких случаях применяется вертикальная разметка?
7. Какие материалы используют для дорожной разметки?
8. Каковы способы нанесения разметки на дорожное покрытие?
9. Как устроены маркировочные машины?
10. Дайте характеристику отечественных маркировочных машин.
11. Каковы перспективы совершенствования технологии нанесения разметки?

**СРЕДСТВА ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ  
ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ****10.1. ХАРАКТЕР ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОНФЛИКТУЮЩИХ  
ТРАНСПОРТНЫХ И ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ**

Порядок пропуска пересекающихся транспортных и пешеходных потоков регламентируется Правилами дорожного движения.

Переходящий дорогу пешеход оценивает каждый интервал времени между автомобилями, пока не обнаружит приемлемый интервал, достаточный по его мнению для безопасного перехода. Этот приемлемый интервал зависит от индивидуальных качеств пешехода, условий видимости, интенсивности транспортных и пешеходных потоков. Установлено, например, что группа пешеходов принимает меньший интервал, чем отдельный пешеход, в то время как продолжительность перехода для группы больше, чем для одного пешехода.

С точки зрения задержки пешеходов и условий необходимости введения светофорной сигнализации на пешеходном переходе представляет интерес минимальное значение приемлемого интервала, т. е. *граничный интервал*. При вероятности принятия этого интервала 90% и пересечении пешеходами однопольного транспортного потока граничный интервал составляет в среднем около 8 с.

Задержка пешехода зависит от граничного интервала и числа полос движения на проезжей части. При пересечении пешеходом однопольного транспортного потока задержка может быть рассчитана по первому слагаемому формулы (3.22). При многорядном потоке применение указанной формулы приводит к погрешностям, связанным со спецификой перехода пешеходом проезжей части. В этом случае пешеход оценивает ситуацию на всех полосах движения и может отказаться от перехода даже при достаточном интервале между автомобилями на ближайшей от него полосе. С другой стороны, существует определенная вероятность поэтапного перехода дороги, когда пешеход, воспользовавшись первым приемлемым интервалом на ближайшей полосе, пересекает ее и ожидает возможности дальнейшего движения на проезжей части. Это зависит от распределения транспортных средств по полосам движения.

На рис. 10.1 показано влияние на среднюю задержку пешехода  $t_d$  на нерегулируемом пешеходном переходе интенсивности транспортного потока  $N$ . Штрихпунктирная линия соответствует случаю пересечения пешеходом однопольного транспортного потока. Сплошные линии характеризуют задержку при пересечении двухрядного потока, причем линии 4, 5 и 6 — при соотношениях интенсивностей транспортных потоков по полосам (начиная с ближайшей

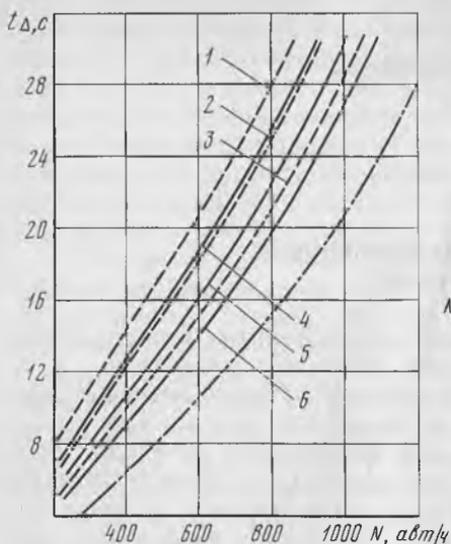
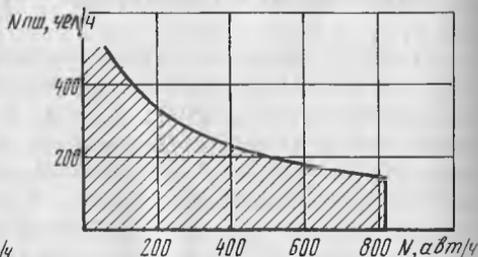


Рис. 10.1. Зависимость средней задержки пешехода от интенсивности транспортного потока

Рис. 10.2. Область применения нерегулируемых пешеходных переходов на трехполосных дорогах



к пешеходу полосы) соответственно 1:2; 1:1,5; 1:1. Пунктирные линии 1, 2, 3 соответствуют случаю пересечения пешеходом трехрядного потока при соотношениях интенсивности соответственно: 1:2:1; 1:1,5:1; 1:1:1. Как видно из графика, увеличение числа полос движения ведет к существенному возрастанию задержки.

Пропускная способность пешеходного перехода и связанная с ней необходимость введения светофорного регулирования зависят от интенсивности транспортного потока и числа полос движения на проезжей части. При этом необходимо учитывать вероятность скопления группы пешеходов за время ожидания и существование так называемого *времени терпеливого ожидания* пешеходов, равного в среднем 30 с.

Если задержка превысит время терпеливого ожидания, то резко возрастают случаи перехода пешеходами проезжей части с повышенным риском, что является предпосылкой возникновения ДТП. В подобной ситуации применение светофоров на переходе является необходимым. Заштрихованная часть графика на рис. 10.2 характеризует область существования нерегулируемых пешеходных переходов. С ростом интенсивности транспортного потока уменьшается число пешеходов, способных перейти проезжую часть при отсутствии светофора. При интенсивности движения более 800 авт/ч время ожидания пешеходов превышает 30 с и применение светофора является целесообразным из соображений безопасности движения.

График на рис. 10.2 соответствует случаю перехода пешеходами проезжей части с тремя полосами движения. Рост числа полос приводит к увеличению задержки пешеходов и, таким образом, к уменьшению заштрихованной области на графике. Это означает, что введение светофорного регулирования на пешеходных переходах

многополосных дорог целесообразно уже при сравнительно небольших интенсивностях транспортных и пешеходных потоков. Приведенное в гл. 3 условие 2 введения светофорного регулирования соответствует многополосной проезжей части и скоростям транспортных средств, характерным для городских условий движения.

## **10.2. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ НА ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ**

При устройстве пешеходных переходов в качестве технических средств организации движения применяются дорожные знаки и разметка, островки безопасности, пешеходные ограждения, а также транспортные и пешеходные светофоры.

Пешеходный переход на проезжей части обозначают указательными дорожными знаками 5.16.1; 5.16.2 и разметкой 1.14.1—1.14.3. При этом разметку 1.14.1 и 1.14.2 применяют на нерегулируемых переходах. Линии этой разметки наносят параллельно оси проезжей части. На регулируемых переходах применяют разметку 1.14.3. Совместное использование знака и разметки на нерегулируемых переходах необходимо при высокой интенсивности транспортного движения, а также на магистральных улицах городов. На пешеходных переходах, расположенных в зоне регулируемых перекрестков, при наличии разметки перехода установка знаков 5.16.1 и 5.16.2 не обязательна.

Знаки 5.16.1, 5.16.2 и разметка 1.14.1—1.14.3 информируют пешеходов о месте безопасного перехода, а водителей — о месте постоянного движения пешеходов. Зону пешеходного перехода обозначают разметкой, а при ее отсутствии — знаками. В этом случае знаки 5.16.1 и 5.16.2 устанавливают так, чтобы знак 5.16.2 относительно приближающихся к переходу транспортных средств находился на ближней границе перехода, а знак 5.16.1 — на дальней.

Ширина перехода определяется с учетом интенсивности пешеходного движения из расчета 1 м на каждые 500 пешеходов в 1 ч, но должна быть не менее 4 м. При интенсивном пешеходном движении и ширине перехода 6 м и более на нерегулируемых светофорами переходах применяется разметка 1.14.2.

При широкой проезжей части целесообразно применять дублирующий знак 5.16.1 или 5.16.2, который может быть установлен на приподнятых островке безопасности или разделительной полосе. При одностороннем движении для обозначения пешеходного перехода знаки устанавливают с обеих сторон проезжей части.

Для информации водителей о предстоящем пешеходном переходе применяют предупреждающий знак 1.20. Вне населенных пунктов, учитывая высокие скорости транспортных средств и сравнительно редкое расположение пешеходных переходов, этот знак применяют всегда. В населенных пунктах его устанавливают лишь в случае, когда расстояние видимости до перехода менее 150 м. Перед пешеходными переходами, расположенными на перекрестках,

знак 1.20 обычно не устанавливают, так как водитель, как правило, бывает проинформирован о приближении к перекрестку каким-либо другим способом (знаки приоритета, указатели направлений, светофоры).

Для информации пешеходов на тротуарах магистральных улиц целесообразно устанавливать указатели расстояний до ближайших переходов. Эти указатели нужно располагать у края проезжей части напротив выходов из крупных магазинов, станций метрополитена, проходных предприятий и т. д.

Внеуличный пешеходный переход обозначают знаками 5.17.1—5.17.4, которые в зависимости от символа информируют пешеходов о месте подземного или надземного перехода. Знаки устанавливают изображением навстречу движению основных пешеходных потоков у лестничных сходов пешеходных тоннелей, мостов и путепроводов.

На пешеходных переходах большого протяжения (ширина проезжей части более 14 м) целесообразно устройство островков безопасности. Их назначение — создание на площадях или по оси улиц и дорог свободной от движения транспортных средств зоны для пешеходов, не успевших без остановки перейти проезжую часть от тротуара до тротуара. Длина площадки ожидания островка безопасности соответствует ширине пешеходного перехода. Ширину островка определяют шириной центральной разделительной полосы, а при ее отсутствии обычно принимают не менее 2 м. Если длительность такта светофорной сигнализации, разрешающего движение пешеходов, рассчитывают из условия пересечения пешеходами только половины проезжей части — от тротуара до островка безопасности, то ширина островка безопасности

$$b_0 = N_{\text{пш}} \Gamma_{\text{ц}} / (3600 b_n),$$

где  $N_{\text{пш}}$  — интенсивность пешеходного движения в обоих направлениях, чел/ч;  $\Gamma$  — площадь, занимаемая одним пешеходом на островке безопасности (она может быть принята равной  $0,3 \text{ м}^2$ );  $b_n$  — ширина пешеходного перехода, м.

Островки безопасности, как правило, выполняют в одном уровне с проезжей частью. Исключение составляют островки, являющиеся частью приподнятой разделительной полосы. При выполнении островков на одном уровне с проезжей частью защита пешеходов обеспечивается сплошной линией разметки 1.1, обозначающей контур островка. На островке безопасности наносят разметку 1.16.1. При расстоянии между тротуаром и краем островка не менее 10,5 м могут применяться бетонные защитные элементы (рис. 10.3) с переменной высотой 0,15—0,40 м. На защитных элементах устанавливают колонки светофоров или светящиеся тумбы с дорожными знаками 1.2.1—4.2.3, указывающими направление объезда препятствия. На боковую поверхность защитных элементов (рефужей) наносят вертикальную разметку 2.7 (чередующиеся белые и черные полосы).

С учетом ширины проезжей части, при которой применяют островки безопасности, транспортные потоки противоположных направлений разделяет разметка 1.3. При приближении к островку ближняя



Рис. 10.3. Оборудование островка безопасности

(по ходу движения) линия этой разметки отклоняется к границе островка, образуя переходную линию, которая уводит транспортные потоки от оси дороги вправо. Наклон переходной линии (см. рис. 9.4) зависит от скорости движения транспортных средств и определяется в соответствии с существующими нормативными положениями и требованиями.

### 10.3. ПЕШЕХОДНЫЕ ВЫЗЫВНЫЕ УСТРОЙСТВА

Условия введения светофорного регулирования на расположенных на перегонах улиц пешеходных переходах определяются соотношением интенсивностей транспортных и пешеходных потоков и изложены в гл. 3. Вместе с тем даже при интенсивностях, достигших критических значений, могут быть случаи, когда пешеходная фаза окажется ненасыщенной. Такое положение наблюдается в местах, где высокая интенсивность пешеходного движения носит эпизодический характер. Примером могут служить пешеходные переходы у проходных предприятий и учреждений. Здесь высокая интенсивность движения пешеходов наблюдается лишь в моменты начала и конца смен, в остальное время пешеходы на переходе практически отсутствуют.

При высокой интенсивности транспортных потоков применение жесткого регулирования с ненасыщенными пешеходными фазами связано с неоправданными транспортными задержками. В этих условиях целесообразной является установка ПВУ, предусматри-

вающих разрыв транспортного потока лишь при поступлении требований со стороны пешеходов.

В нашей стране еще находятся в эксплуатации выпускавшиеся ранее ПВУ-2М, снабженные контактным детектором. Нажимая на кнопку, расположенную обычно на колонке светофора, пешеходы вызывают необходимую для них фазу. При этом ПВУ превращается в обычный цикловой автомат, регулирующий движение по жесткому двухфазному циклу.

Транспортный поток остановится лишь по истечении расчетной длительности зеленого сигнала светофора на магистрали. В силу этой же причины не может быть немедленно реализован повторный вызов пешеходной фазы, если он следует непосредственно за первым. В этом случае на табло, расположенном рядом с кнопкой вызова пешеходной фазы, высвечивается надпись «Ждите».

ПВУ-2М может работать по жесткой программе, управляя движением на перекрестке по двухфазному циклу. При подключении к нему других типов детекторов (например, ультразвуковых или индуктивных) устройство может также работать как вызывное для транспортных средств, выезжающих на магистраль с примыкающих к ней боковых улиц.

В рамках комплекса технических средств АСС УД, серийное производство которых освоено отечественной промышленностью, специальное вызывное устройство (как отдельный контроллер) не предусмотрено. Все типы дорожных контроллеров (кроме ДК-7) позволяют организовать включение пешеходных светофоров по сигналам от табло вызова пешеходом — ГВП. При нажатии пешеходом кнопки на лицевой панели ГВП заявка в виде импульса посылается в дорожный контроллер, где анализируется состояние светофорной сигнализации и определяется момент включения разрешающего сигнала на вызываемом пешеходами направлении.

В исходном состоянии постоянно включена надпись на табло «Для перехода нажмите кнопку». При подаче заявки это табло гаснет и включается табло «Ждите зеленый сигнал светофора». При включении разрешающего для пешеходов сигнала светофора это табло также гаснет.

Включение пешеходных фаз не нарушает координированного управления перекрестками. Отсутствие заявки ведет к пропуску пешеходной фазы в цикле регулирования. Длительность цикла сохраняется (что необходимо в режиме координации) за счет увеличения разрешающего сигнала в одной из фаз или регулируемых направлений. Обычно ГВП кре-

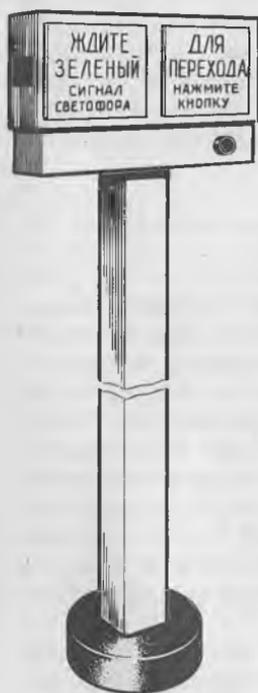


Рис. 10.4. Пешеходное вызывное табло

пится на специальных опорах, устанавливаемых перед пешеходным переходом (рис. 10.4), или может располагаться на опорах светофоров.

#### 10.4. НАПРАВЛЯЮЩИЕ ПЕШЕХОДНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ

Направляющие пешеходные ограждения служат для предотвращения неконтролируемого выхода пешеходов на проезжую часть в наиболее опасных местах. Такое положение создается, как правило, при высокой интенсивности транспортных и пешеходных потоков, когда проезжая часть и пешеходные пути непосредственно примыкают друг к другу. Помимо снижения безопасности движения, снижается также пропускная способность улиц, так как большая часть водителей стремится двигаться по возможности дальше от тротуара. Несмотря на достаточную ширину проезжей части транспортный поток искусственно сужается. Кроме этого, при приближении к тротуару заметно снижается скорость движения транспортных средств, что связано с необходимостью у водителя следить за поведением пешеходов.

На рис. 10.5 приведены данные наблюдений за характером движения транспортных средств на улице без ограждений (сплошные линии) и с ограждениями (пунктирные линии). По горизонтальной оси отложены значения ширины проезжей части  $B$  с началом отсчета от правого по ходу движения автомобилей бордюра. Кривые 1 показывают распределение автомобилей по ширине проезжей части  $P$ , кривые 2 — среднее значение скорости потока автомобилей  $v$  в зависимости от их удаления от тротуара. Применение ограждений улучшает использование проезжей части и повышает скорость движения транспортных средств.

В качестве пешеходных ограждений наибольшее распространение в городах получили конструкции перильного типа, а также выполненные из цепей и сеток.

Пешеходные ограждения устанавливают при интенсивном пешеходном движении вдоль тротуара на перегонах улиц и дорог, на регулируемых перекрестках, напротив выходов из крупных пунктов массового притяжения пешеходов, на участках с ограниченной видимостью, где необходимо запретить движение пешеходов через проезжую часть. Применение пешеходных ограждений целесообразно: в тоннелях, в которых наряду с движением транспортных средств разрешено дви-

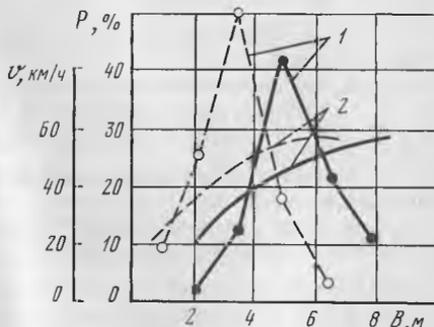


Рис. 10.5. Скорость движения и характер использования проезжей части транспортными средствами при наличии и отсутствии пешеходных ограждений

жение пешеходов; у остановок общественного транспорта на высоких насыпях с крутыми откосами; на тротуарах, приподнятых над проезжей частью на высоту более 0,5 м; на участках, где интенсивность пешеходного движения превышает 1000 чел/ч на одну полосу тротуара. В целях предотвращения перехода пешеходами проезжей части в неустановленных местах ограждения часто устанавливаются на центральной разделительной полосе напротив остановок общественного транспорта.

Кроме перечисленных случаев, пешеходные ограждения применяются для разделения пешеходных и транспортных потоков при уширении пешеходного пути за счет проезжей части. Это часто бывает необходимо на улицах старой, исторически сложившейся части города при плотности пешеходного движения более 0,6 чел/м<sup>2</sup> и наличии резерва пропускной способности проезжей части.

Длину пешеходных ограждений на перегонах улиц принимают не менее 50 м в каждую сторону от пешеходных переходов. На перекрестках, если переход выполняется как продолжение тротуара, ограждение устанавливают на расстоянии 30 м от перехода в глубь квартала (обычно до остановочного пункта общественного пассажирского транспорта). При отнесенном пешеходном переходе (в глубь квартала) ограждение устанавливают на закруглении тротуара на углу перекрестка.

Высоту ограждений обычно принимают 0,8—1,5 м. Их располагают на тротуаре на расстоянии 0,3 м от лицевой поверхности бордюра или на середине разделительной полосы. Если это невозможно (мешают опоры путепроводов, консольные или рамные опоры дорожных знаков), ограждения располагают вдоль оси разделительной полосы на расстоянии 1 м от кромки проезжей части для пешеходных ограждений из сеток или 0,5 м — для пешеходных ограждений перильного типа.

## Контрольные вопросы

1. Когда ввод светофорного регулирования на пешеходном переходе является целесообразным?
2. Как определить ширину пешеходного перехода?
3. С помощью каких технических средств оборудуются пешеходные переходы?
4. Для чего применяется островок безопасности и какие средства необходимы для его обустройства?
5. Какова роль направляющих пешеходных ограждений, как они устроены и где устанавливаются?
6. В каких случаях применяют режим вызова фазы пешеходами и какие контроллеры могут его реализовать?

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ  
В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ ДВИЖЕНИЯ****11.1. УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ**

Железнодорожные переезды относятся к числу особо опасных участков автомобильных дорог. Дорожно-транспортные происшествия на них, как правило, приводят к человеческим жертвам и значительному материальному ущербу. Применяемые здесь технические средства организации движения должны своевременно предупреждать водителей о приближении к переезду, оповещать о подходе поезда, при необходимости обеспечивать остановку транспортных средств и предотвращение их выезда на переезд, а также определенный порядок движения на этом участке.

В зависимости от скорости и интенсивности движения поездов, интенсивности движения транспортных средств на автомобильной дороге и степени обеспечения видимости железнодорожные переезды могут быть охраняемые и неохраняемые, что устанавливает начальник отделения железной дороги по согласованию с ГАИ.

Переезды, охраняемые круглосуточно и в две смены, оборудуют шлагбаумами, а охраняемые в одну смену при наличии переездной светофорной сигнализации могут эксплуатироваться без шлагбаумов. Шлагбаумы бывают автоматические и неавтоматические. Последние, в свою очередь, могут быть с электроприводом или механизированные. Их открывают и закрывают вручную с помощью лебедки.

Светофорная сигнализация, как правило, применяется на переездах с автобусным движением, с интенсивным движением поездов и автотранспортных средств, в условиях неудовлетворительной видимости, а также на переездах, расположенных на подъездах и станционных путях с маневровым характером движения.

Оборудование железнодорожных переездов регламентируется специальной Инструкцией по устройству и обслуживанию переездов ЦП 4288 МПС СССР. В качестве примера на рис. 11.1 показана схема размещения средств управления движением на охраняемых железнодорожных переездах вне населенных пунктов.

Переезды оборудуют типовым настилом и ограждениями (столбиками, перилами), устанавливаемыми не ближе 0,75 м от края проезжей части. При интенсивном движении пешеходов по типовым проектам устраивают специальные пешеходные дорожки.

Шлагбаумы устанавливают с правой стороны на обочине автомобильной дороги с обеих сторон переезда на высоте 1—1,25 м от проезжей части и перекрывают большую часть дороги, оставляя

с левой стороны неперекрытой проезжую часть шириной не менее 3 м. Расстояние от автоматического шлагбаума до первого рельса должно быть не менее 6 м. На случай повреждения основных шлагбаумов устанавливают запасные ручного действия на расстоянии не менее 1 м от основных. Они находятся постоянно в открытом положении. Брусья шлагбаумов (основных и запасных) окрашивают чередующимися наклонными полосами красного и белого цветов.

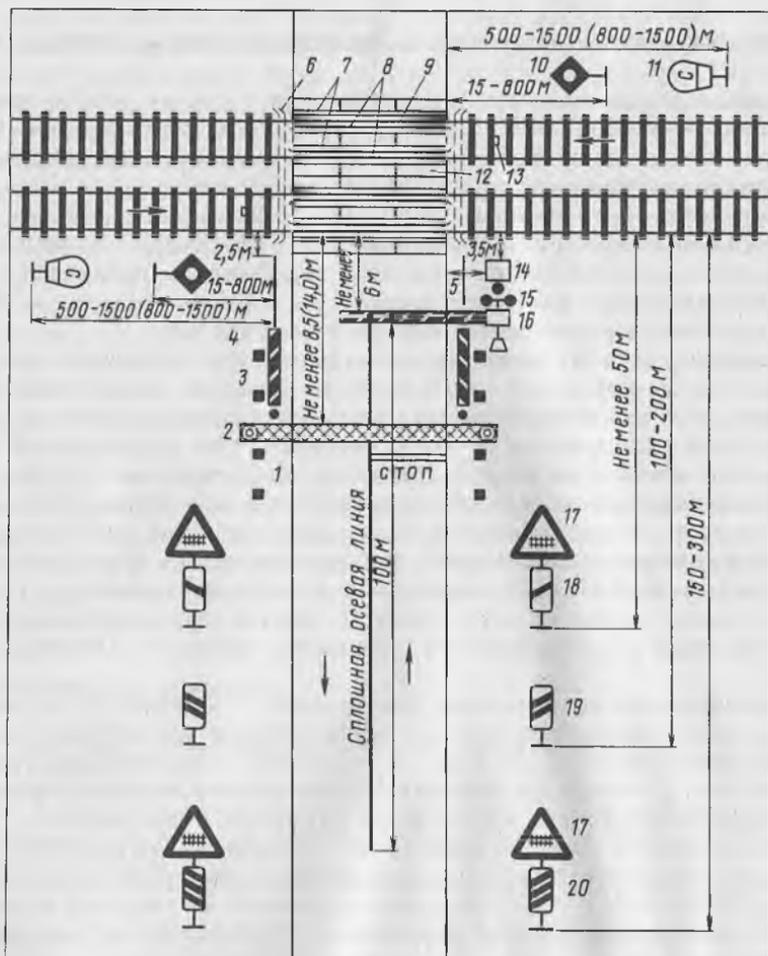


Рис. 11.1. Оборудование охраняемого железнодорожного переезда:

1 — кромка проезжей части автомобильной дороги; 2 — гагаритные ворота; 3 — запасные горизонтально-поворотные шлагбаумы; 4 — ограждающие столбики; 5 — перила; 6 — водоотводные лотки; 7 — деревянные брусья; 8 — контррельсы; 9 — путевые рельсы; 10 — заградительный светофор; 11 — сигнальный знак «С»; 12 — железобетонные плиты или асфальтобетонное покрытие; 13 — стойка для установки красного шита и сигнального фонаря; 14 — здание переездного поста; 15 — светофор переезда; 16 — автоматический шлагбаум; 17 — дорожный знак 1.1; 18, 19, 20 — дорожные знаки 1.4.3, 1.4.2, 1.4.1 соответственно

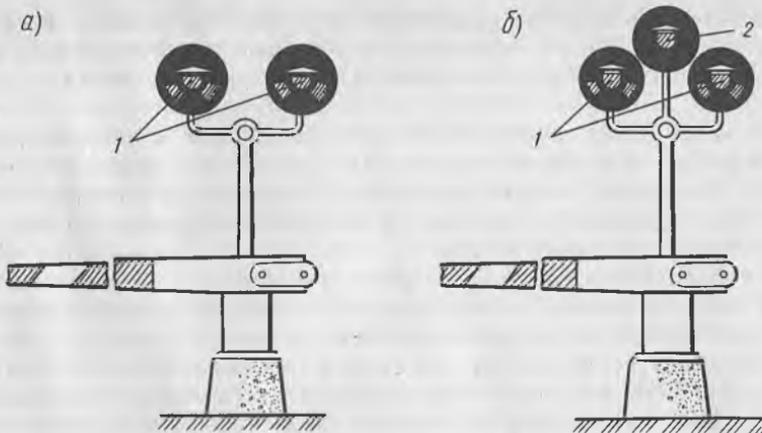


Рис. 11.2. Светофор железнодорожного переезда:

а — без зеленого сигнала; б — с зеленым сигналом; 1 — красные мигающие сигналы; 2 — зеленый сигнал

Нормальное положение основных автоматических шлагбаумов — открытое, а неавтоматических — закрытое. Их открывают только для пропуска транспортных средств при отсутствии приближающегося поезда.

На электрифицированных линиях железных дорог с обеих сторон переезда на расстоянии от крайнего рельса не менее 8,5 м (для вновь сооружаемых переездов 14 м) устанавливают габаритные ворота. На их верхней поперечине крепят знак 3.13 с цифрой на знаке «4,5 м». На опоры габаритных ворот наносят вертикальную разметку 2.1. Перекладыны деревянных ворот окрашивают поперечными полосами черного и белого цветов, а ограничительные планки — красными и белыми полосами.

Перед переездами при оборудовании их светофорной сигнализацией применяют светофоры с двумя горизонтально расположенными и попеременно мигающими красными сигналами (рис. 11.2, а). Допускается сигнализация, предусматривающая, помимо красных мигающих, зеленый сигнал (рис. 11.2, б). Выключение зеленого (при его наличии) и включение красных мигающих сигналов происходят одновременно с сигнальными фонарями на брусьях шлагбаумов и подачей звукового сигнала до подхода поезда за расчетное время. Это время определяют исходя из максимальной скорости движения поездов и минимальной скорости транспортных средств, освобождающих за это время переезд. Обычно расчетное время составляет 40—50 с. Через 5—11 с после включения красных сигналов заградительные брусья шлагбаумов начинают плавно опускаться. Открывается шлагбаум в обратном порядке.

О приближении к железнодорожным переездам с шлагбаумами и без них водителей предупреждают с помощью знаков соот-

ветственно 1.1 и 1.2. Вне населенных пунктов эти знаки повторяют. При этом с основным и повторными знаками, а также между ними устанавливают соответствующие разновидности знаков 1.4.1 — 1.4.6.

Для запрещения маневрирования на подходах к железнодорожному переезду (не менее чем за 100 м) по оси проезжей части наносят сплошную линию разметки 1.1 или 1.3 в зависимости от числа полос движения. Линией 1.1 обозначают границы полос движения и край проезжей части.

На переездах без шлагбаумов не менее чем за 6 м до первого рельса устанавливают в зависимости от числа железнодорожных путей соответствующую разновидность знаков 1.3.1 и 1.3.2. В случаях неудовлетворительной видимости приближающихся поездов необходимо обеспечить обязательную остановку транспортных средств перед переездами. При отсутствии светофоров с этой целью не ближе 10 м от крайнего рельса устанавливают знак 2.5. Перед знаком 2.5 или светофором наносят стоп-линию (разметку 1.12).

Правила дорожного движения запрещают обгон и стоянку транспортных средств за 100 м до переезда. Поэтому знаки, запрещающие обгон и стоянку, как правило, в этих условиях не применяют. При необходимости на подходах к неохраняемому переезду путем установки знака 3.24 вводится ограничение скорости.

На подходах к переездам со стороны железной дороги должны быть установлены предупредительные знаки «С» о подаче машинистом звукового сигнала. Знаки «С» устанавливают с правой стороны по ходу движения поездов на расстоянии 500—1500 м до переезда. Перед неохраняемыми переездами с неудовлетворительными условиями видимости за 250 м до переезда этот знак повторяется.

На охраняемых переездах на наружной стенке здания поста расположен пульт управления шлагбаумами. В случае автоматического шлагбаума он применяется при неисправностях системы блокировки (неисправность рельсовых цепей, путевых реле и т. д.). При неавтоматическом шлагбауме, но оборудованном электроприводом, его открывают или закрывают с пульта вручную.

## **11.2. УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ В ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЯХ, НА МОСТАХ И ПУТЕПРОВОДАХ**

Условия движения в тоннелях, на мостах и путепроводах обладают рядом специфических особенностей по сравнению с предшествующими участками дороги. Для тоннелей характерны ограниченные габариты, повышенная концентрация отработавших газов, особый режим освещения, повышенный уровень транспортного шума. На мостах возможны сужения проезжей части, наличие близко расположенных к ней высоких бордюров и элементов ограждающих устройств, наличие порывистого бокового ветра. Все это оказывает психологическое воздействие на водителя и способствует снижению уровня безопасности.

Перед транспортными тоннелями, в которых отсутствует искусственное освещение или въезд в которые может быть несвоевременно замечен водителем, устанавливают предупреждающий знак 1.29. Его целесообразно дополнять табличкой 7.2.1, если при въезде в тоннель не виден его противоположный конец.

Особое внимание следует уделить информации водителя о габаритных размерах тоннеля. Перед въездом в тоннель с вертикальным габаритным размером менее 5 м устанавливают знак 3.13. Аналогичный знак с табличкой 7.1.1 устанавливают предварительно на ближайшем к тоннелю перекрестке. Здесь же должна быть информация об объездном маршруте. На портал тоннеля наносят линии вертикальной разметки 2.1 и 2.2 с целью выделения его габаритов.

Правила дорожного движения запрещают в тоннелях разворот, остановку и стоянку транспортных средств, поэтому знаки 3.19, 3.27 и 3.28—3.30 перед въездом в тоннель и внутри него не устанавливают. Запрещение обгона также вытекает из требований Правил, учитывая, что в тоннелях, как правило, видимость ограничена. По этим же причинам запрещено перестроение транспортных средств, что обеспечивается применением сплошных линий продольной разметки.

В целях повышения безопасности движения в последние годы получило распространение использование специальных автоматизированных систем для контроля и управления движением в тоннелях. Система предусматривает сбор и обработку данных о параметрах транспортных потоков и при необходимости реализацию одной из «аварийных» программ, позволяющих, например, ограничить скорость, закрыть на одной из полос движение транспортных средств или перевести поток на проезжую часть встречного направления. При этом в качестве периферийного оборудования используют управляемые знаки, светофоры, устанавливаемые над каждой полосой, детекторы транспорта, телекамеры. Сигналы детекторов обрабатываются ЭВМ для контроля за интенсивностью, плотностью и скоростью транспортных потоков. Критериями нарушения нормального режима являются скопление транспортных средств у одной из точек измерения, «исчезновение» автомобиля между двумя контрольными точками, ненормальная концентрация или рассредоточение автомобилей, отклонение скорости более чем на 40—80% от средней скорости потока на полосе.

Для контроля за работой системы и ручного управления предусмотрен диспетчерский пункт, снабженный пультом управления, мнемосхемой тоннеля и мониторами подсистемы телевизионного надзора.

Опыт эксплуатации подобных систем в различных странах показал, что пропускная способность тоннелей повышается в среднем на 5% при снижении транспортных задержек в часы пик на 30%.

Перед мостами в случае необходимости устанавливают знаки 3.11—3.14, которые размещают также и предварительно на подходах к мостам (на ближайшем перекрестке или в месте возможного

разворота транспортных средств) совместно со схемой, указывающей маршрут объезда.

Применение знаков 1.18.1—1.18.3 целесообразно в случаях, когда габаритные размеры проезжей части моста меньше ширины проезжей части дороги. Если ширина проезжих частей одинакова, знаки 1.18.1—1.18.3 устанавливаются при наличии на мосту высоких бордюров или ограждений в непосредственной близости от проезжей части.

В зависимости от ширины проезжей части моста и его состояния следует назначать допустимую скорость движения путем установки нескольких знаков 3.24, обеспечивающих ее плавное снижение. Критерием введения ограничения скорости может служить коэффициент безопасности, равный или меньший 0,6.

При возможном воздействии на транспортные средства на мостах и путепроводах сильного бокового ветра (например, в горных районах, на побережьях морей и больших озер) перед ними устанавливаются знаки 1.27, а на самом сооружении применяют боковые ветрозащитные барьеры высотой не менее 1,2 м, которые часто совмещают с перильными ограждениями. Для плавного гашения действия ветра эти барьеры имеют переходные участки, в пределах которых нарастает высота барьера или плотность барьерной сетки.

Задачами горизонтальной разметки применительно к рассматриваемым условиям являются запрещение обгонов и выравнивание траектории движения транспортных средств, когда ширина проезжей части на мосту и на подходах к нему неодинакова. На мостах и путепроводах наносят сплошную осевую линию. Выравнивание проезжей части обеспечивают краевой разметкой путем нанесения переходной линии (см. гл. 9). На торцовые поверхности бордюров и парапетов, элементы ограждений, расположенных на подходах к мостам, наносят вертикальную разметку.

### **11.3. УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

В соответствии с общепринятой терминологией под *транспортными средствами общего пользования* понимаются средства пассажирского общественного транспорта (автобусы, троллейбусы, трамваи), следующие по установленным маршрутам. Одним из основных методов обеспечения бесперебойной работы транспортных средств общего пользования в условиях интенсивного движения является их приоритетный пропуск, который гарантируется:

введением отдельных ограничений для остальных транспортных средств на линии маршрута общественного транспорта;

выделением обособленных полос для движения транспортных средств общего пользования, по которым запрещается движение прочих транспортных средств;

применением метода разнесенных стоп-линий, коррекцией цикла или введением специальной фазы регулирования на пересечениях.

Техническими средствами для реализации указанных мероприятий являются дорожные знаки, разметка, светофоры, а также детекторы транспорта и контроллеры, изменяющие в необходимый момент режим светофорного регулирования на перекрестке.

Введение ограничений для прочих транспортных средств достигается установкой запрещающих знаков 3.1—3.3, 3.18.1—3.19, 3.27, а также предписывающих 4.1.1—4.1.6 и 4.4. Действие этих знаков не распространяется на транспортные средства общего пользования, следующие по установленным маршрутам. Применение указанных знаков открывает широкие возможности для организации приоритетных проездов автобусов, троллейбусов, маршрутных такси, однако их установке в каждом конкретном случае должен предшествовать детальный анализ транспортной ситуации района, так как для остальных участников движения такие приемы могут оказаться неожиданными.

Пропуск транспортных средств общего пользования под знаки 3.1 и 3.2 в известной степени способствует снижению уровня безопасности движения и может привести к конфликту в первом случае с транспортным потоком встречного направления, во втором — с пешеходами. Применение с целью организации указанного приоритета знаков 3.18.1, 3.18.2 и 4.1.1—4.1.6 при интенсивных правых и левоворотных потоках ведет к усложнению схемы организации движения, что связано с необходимостью их пропуска на одном из соседних перекрестков и появлением перепробегов. На данном же перекрестке пропускная способность повышается незначительно, учитывая худшую, как правило, маневренность транспортных средств общего пользования и введение для их пропуска специальной, часто ненасыщенной фазы регулирования.

Простейшим методом организации приоритета для транспортных средств общего пользования (до введения обособленных полос) является запрещение на маршруте их следования остановок прочих транспортных средств. Это достигается путем установки за каждым перекрестком знаков 3.27. Разумеется, прибегать к этому методу можно при часто расположенных на маршруте остановочных пунктах общественного транспорта. При этом должна быть обеспечена возможность для остановки и стоянки неприоритетных транспортных средств на примыкающих боковых улицах.

В качестве обособленных полос для транспортных средств общего пользования могут использоваться крайние правая или левая полосы в направлении общего потока, реверсивная полоса, крайняя левая полоса в направлении навстречу общему транспортному потоку на улицах с односторонним движением (контрполоса).

Крайнюю правую полосу, а также контрополосу применяют в качестве обособленных при часто расположенных остановочных пунктах. При расстоянии между остановочными пунктами более 1,5 км в качестве обособленных могут использоваться полосы движения остальных типов.

Обособленная полоса должна отделяться от прочих полос сплошной линией дорожной разметки 1.1. В отдельных случаях при

интенсивности движения транспортных средств общего пользования более 60 авт/ч для этих целей может применяться разметка 1.5. Эту же разметку можно наносить, если полоса используется как в обычном (с частыми остановочными пунктами), так и в экспресс-режиме.

В начале полосы по ее оси основанием в сторону движущихся по ней транспортных средств наносят разметку 1.23 — буква «А», которая повторяется через 20 м. На длинных перегонах разметку 1.23 повторяют примерно через каждые 200 м.

В начале обособленной полосы попутного направления устанавливается знак 5.9, который повторяется после каждого перекрестка. Знак 5.9 обычно располагают над полосой. При выделении крайней правой полосы он может быть установлен справа от проезжей части. Если полоса работает в качестве обособленной определенных часы суток или дни недели, знак 5.9 применяют вместе с одной из табличек 7.5.1—7.5.7.

При наличии крайней правой (левой) обособленной полосы для движения транспортных средств общего пользования и невозможности запрещения поворота направо (налево) для прочих транспортных средств этот поворот может осуществляться с приоритетной полосы. Для этого перед перекрестком и за ним линию разметки 1.1 заменяют на линию 1.11 (рис. 11.3).

В начале контрполосы устанавливают знак 5.10.1, который может повторяться после перекрестков. Конец полосы обозначают знаком 5.10.4. Для информации водителей, выезжающих на дорогу с обособленной полосой, по которой организовано движение транспортных средств общего пользования навстречу основному транспортному потоку, перед всеми боковыми въездами на дорогу устанавливают соответственно знаки 5.10.2 и 5.10.3.

На перекрестках приоритет транспортных средств общего пользования при жестком регулировании обеспечивается увеличением длительности зеленого сигнала в направлении основного потока пассажирского транспорта, выделением в структуре цикла специальной фазы для их пропуски или применением метода разнесенных стоп-линий для общего потока и транспортных средств общего пользования.

Последний метод является наиболее эффективным, так как в меньшей степени ущемляет интересы транспортного потока поперечного



Рис. 11.3. Схема организации правого поворота с приоритетной полосы

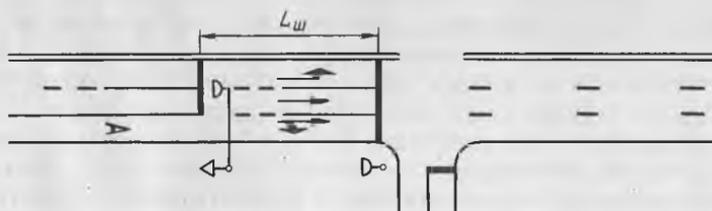


Рис. 11.4. Схема организации движения на подходе к перекрестку с использованием разнесенных стоп-линий

направления. Перед перекрестком наносят две стоп-линии: основную — непосредственно перед пересекаемой проезжей частью и дополнительную — на расстоянии  $L_{ш}$  от перекрестка (рис. 11.4). Дополнительная стоп-линия указывает место остановки неприоритетных транспортных средств. Их въезд в шлюз (пространство между стоп-линиями) регулируется дополнительным светофором, который устанавливают на консольной опоре или тросе-растяжке перед дополнительной стоп-линией. Для транспортных средств общего пользования, имеющих приоритетную полосу, открыт постоянный доступ в шлюз. Таким образом, они первыми проезжают перекресток при включении зеленого сигнала светофора, расположенного перед основной стоп-линией. Для уменьшения задержки неприоритетных транспортных средств необходимо обеспечить опережение включения зеленого сигнала на дополнительном светофоре по отношению к основному.

В связи с уменьшением числа полос для неприоритетных транспортных средств в рассматриваемом направлении движения меняется значение расчетного фазового коэффициента (а следовательно, и цикла регулирования). Его новое значение

$$y^* = \frac{N_{\tau} B_0 / B_{\tau} + N_a}{M_n}$$

где  $N_{\tau}$  — интенсивность движения неприоритетных транспортных средств, ед/ч;  $B_0$  — общая ширина проезжей части в данном направлении, м;  $B_{\tau}$  — ширина проезжей части, оставшейся для неприоритетных транспортных средств после отделения обособленной полосы, м;  $N_a$  — интенсивность движения транспортных средств общего пользования, ед/ч;  $M_n$  — поток насыщения на данном подходе, ед/ч.

При адаптивном режиме управления на перекрестке приоритет средств пассажирского транспорта может быть обеспечен путем досрочного окончания действия запрещающего сигнала при приближении к перекрестку приоритетного транспортного средства или вызова специальной фазы для приоритетных транспортных средств (как правило, для их левого поворота), которая пропускается при их отсутствии перед перекрестком.

Алгоритм адаптивного управления может быть реализован соответствующим контроллером. При этом должен быть разработан узел стыковки выходных элементов стационарного комплекта аппаратуры приоритетного пропуска (СКА) и детекторных входов

контроллера. Узел стыковки для каждого из комплектов СКА должен иметь на выходе нормально разомкнутый контакт, который связан с детекторным входом фазы, обслуживающей приоритетное направление. Транспортные средства общего пользования в этом случае снабжаются передвижным комплектом аппаратуры приоритетного пропуска, взаимодействующим с СКА (см. гл. 7). Результатом этого взаимодействия является срабатывание детекторного входа и, таким образом, продление зеленого сигнала (досрочное окончание красного) или вызов специальной фазы.

В зоне остановочных пунктов приоритет обеспечивается знаками 5.12.—5.14, при наличии которых вступают в действие соответствующие положения Правил дорожного движения. При необходимости увеличения зоны остановочного пункта (например, остановка автобусов нескольких маршрутов, трудности выезда с остановки из-за высокой интенсивности транзитных потоков) применяют знак 3.27 с табличкой 7.2.2 или разметку 1.17.

#### 11.4. УПРАВЛЕНИЕ РЕВЕРСИВНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Необходимость применения реверсивного движения возникает только при регулярно появляющихся «маятниковых потоках» с ярко выраженной неравномерностью интенсивности по направлениям. Эти потоки формируются, как правило, в часы пик на подходах к крупным городам (пятница — воскресенье), на магистральных улицах и дорогах (утро, вечер), улицах и дорогах местного движения, связывающих пассажиров с крупными объектами массового притяжения (стадионы, театры и т. д.).

Признаком необходимости применения реверсивного движения является превышение интенсивности транспортного потока какого-либо направления по сравнению с встречным более чем на 500 ед/ч. Причем указанная неравномерность систематически изменяется в течение суток или по дням недели, а интенсивность в часы пик составляет более 500 ед/ч на каждую полосу проезжей части в более загруженном направлении. Во всех случаях обязательным условием является наличие трех и более полос на проезжей части, используемых для движения транспортных средств в обоих направлениях.

Число полос, выделяемых для реверсивного движения, зависит от соотношения интенсивностей транспортных потоков встречных направлений, показателем которого является коэффициент неравномерности

$$K_n = N_6 / N_m,$$

где  $N_6$  и  $N_m$  — соответственно интенсивность транспортных потоков в более и менее загруженных встречных направлениях, ед/ч.

В табл. 11.1 приведены рекомендации ВНИЦБД МВД СССР по выбору числа реверсивных полос в зависимости от общего числа полос движения на проезжей части и коэффициента неравномерности.

Техническими средствами реализации реверсивного движения

Число полос движения в обоих направлениях	Число реверсивных полос	Распределение полос по направлениям движения	Коэффициент неравномерности движения $K_n$
3	1	2:1	1,4
4	2	3:1	2,6
5	1	3:2	1,4—3
5	3	4:1	Более 3
6	2	4:2	1,65—3,5
6	4	5:1	Более 3,5
7	1	4:3	1,2—1,9
7	3	5:2	1,91—4
7	5	6:1	Более 4

являются транспортные светофоры типа 4, дорожные знаки 5.35—5.37 и разметка 1.9. Для этих целей могут применяться и управляемые знаки 5.8.7 и 5.8.8.

Применение указанных технических средств зависит от схемы организации движения. Если на дороге не выделяются полосы, специально предназначенные для реверсивного движения (число таких полос меняется в зависимости от коэффициента  $K_n$ ), то в ее начале устанавливают знак 5.35, который может повторяться после перекрестков со сложной планировкой. В конце дороги с реверсивным движением устанавливают знак 5.36. Для информации водителя о выезде на такую дорогу перед всеми пересечениями с ней устанавливают знаки 5.37. В качестве осевой применяется двойная прерывистая линия 1.9. Границы полос движения обозначаются линиями 1.5. После перекрестков над каждой полосой устанавливают светофоры типа 4. При больших расстояниях между перекрестками светофоры устанавливают чаще с тем, чтобы обеспечить одновременную видимость сигналов светофоров, размещенных на двух последовательно установленных опорах. Это позволяет своевременно информировать водителей о смене режима использования полос движения и исключить возможность проезда на запрещающий сигнал.

В соответствии с Правилами дорожного движения водители, поворачивающие на дорогу с реверсивным движением, придерживаются крайней правой полосы и перестраиваются на другие полосы лишь после проезда реверсивных светофоров, руководствуясь их сигналами. При этом разметка 1.9 выполняет роль границы одной из полос движения. При выключенных реверсивных светофорах разметка 1.9 становится осевой линией и разделяет потоки встречных направлений.

Реверсивные светофоры располагаются над проезжей частью на специальных арочных опорах с ригелем (рис. 11.5, а) или на облегченной рамной конструкции (рис. 11.5, б) и обладают лучшей информативностью, чем управляемые знаки 5.8.7 и 5.8.8. Поэтому их использование для организации реверсивного движения является предпочтительным.

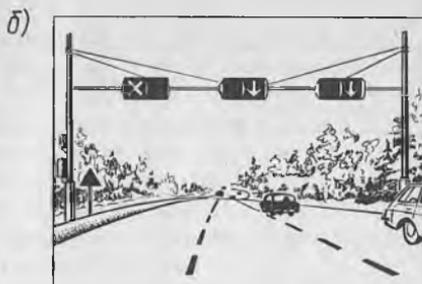
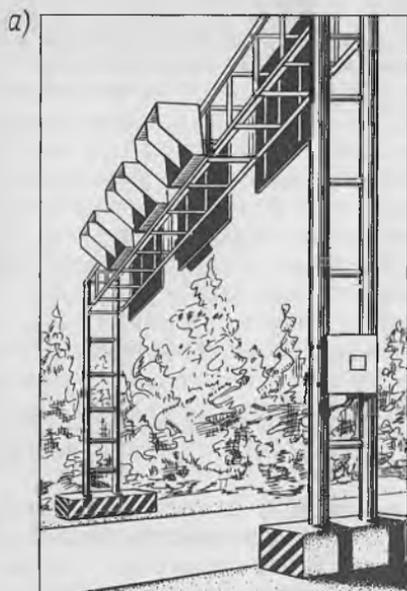


Рис. 11.5. Установка реверсивных светофоров:

*а* — на арочных опорах с ригелем; *б* — на облегченной рамной конструкции

При переменном числе реверсивных полос возникают трудности с организацией остановок и стоянок транспортных средств и организацией левого поворота на перекрестках. Если для потока меньшей интенсивности остается лишь одна полоса движения, остановки следует запрещать (с ограничением времени действия знака 3.27 с помощью соответствующей таблички 7.5), а остановочные пункты общественного транспорта должны быть оборудованы заездными карманами. В местах, где разрешен левый поворот, перед перекрестком для этих целей выделяют специальную полосу за счет уширения проезжей части. Движением на перекрестках управляют традиционными методами с помощью транспортных светофоров 1-го типа.

При выделении постоянной полосы (или полос) для реверсивного движения она располагается, как правило, посередине проезжей части. Ее границы обозначают разметкой 1.9. Реверсивные светофоры располагаются только над этой полосой. В этом случае знаки 5.35—5.37 не применяются, так как для реверсивного движения не используется вся проезжая часть дороги. При выключенных реверсивных светофорах реверсивная полоса выполняет роль резервной.

Сигналы реверсивных светофоров переключаются вручную или автоматически с помощью часового механизма в заданное время суток, если изменение неравномерности по направлениям движения носит стабильный характер. При случайном характере изменения неравномерности необходим постоянный контроль интенсивности встречных потоков с помощью транспортных детекторов.

Особое внимание следует уделять переходному периоду, когда реверсивную полосу подготавливают перед сменой направления движения. Продолжительность переходного периода рассчитывают исходя из скорости медленно движущихся транспортных средств (30 км/ч) и расстояния между последовательно установленными светофорами. В течение переходного периода реверсивная полоса должна быть с двух сторон закрыта для движения запрещающими сигналами.

#### **11.5. УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ В МЕСТАХ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ НА ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ**

Выполнение работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог и улиц требует закрытия или ограничения движения. В первом случае движение транспортных средств организуют по специальным объездным путям или параллельным дорогам, во втором — по ремонтируемому участку дороги в условиях суженной проезжей части. Расположение места производства работ часто оказывается для водителей неожиданным. Эти работы нарушают привычный режим движения и нередко являются причиной ДТП.

В целях обеспечения безопасности движения применяют комплекс технических средств, позволяющих своевременно предупредить водителей о месте производства работ, установить порядок объезда или движения по участку и оградить ремонтируемый участок дороги. К ним относятся дорожные знаки, разметка, переносные светофоры, ограждающие устройства, сигнальные фонари. Технические средства применяют и устанавливают в соответствии со схемой организации движения на участке, согласованной с ГАИ.

Общие принципы и требования к расстановке знаков сохраняют свою силу и на участках ремонта и реконструкции дорог. При пропуске транспортных средств по ремонтируемому участку перед ним устанавливают знак 1.23, который вне населенных пунктов повторяется. В стесненных условиях второй знак может быть установлен непосредственно у начала участка проведения работ, т. е. у первого по ходу движения ограждающего устройства.

При проведении краткосрочных работ (профилактический осмотр колодцев подземных инженерных сетей, уборка проезжей части) может быть установлен один знак 1.23 на переносной опоре. Расстояние от знака до места работ выбирается в пределах 10—15 м с тем, чтобы водитель не смог объехать этот знак.

Между первым и вторым знаками 1.23 устанавливают при необходимости другие знаки, предупреждающие о конкретных опасностях при проезде через ремонтируемый участок или устанавливающие определенный порядок движения. Чаще всего такими знаками могут быть 1.18.1—1.18.3, 1.16, 1.17, а также знаки, ограничивающие обгон и скорость движения. Последние применяют при усложнении условий, когда ремонтные работы приводят к су-

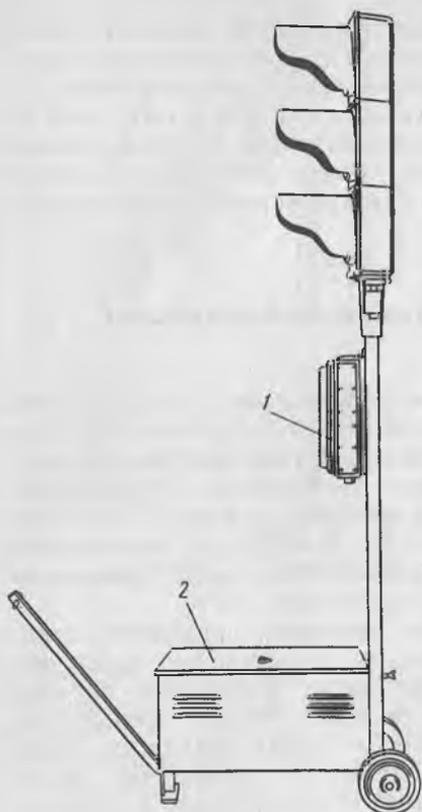
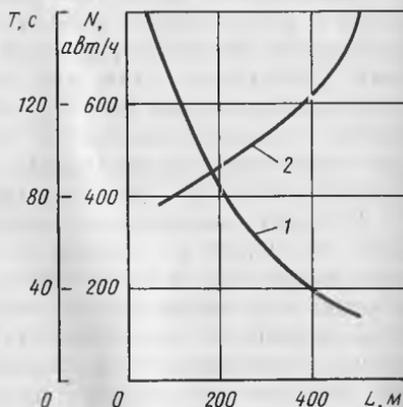


Рис. 11.6. Переносной светофор:  
1 — контроллер; 2 — аккумуляторные батареи

Рис. 11.7. Целесообразность применения светофорного регулирования и суммарная длительность разрешающих сигналов при поочередном пропуске транспортных потоков через ремонтируемый участок дороги



шестввенному сужению проезжей части. При этом не рекомендуется ограничивать скорость ниже 30 км/ч. Прибегать к более низким ограничениям следует лишь в исключительных случаях, связанных с наличием повышенной опасности (например, при неудовлетворительном состоянии проезжей части).

При поочередном пропуске транспортных средств через ремонтируемый участок дороги применяют знаки приоритета 2.6 и 2.7 с предоставлением преимущества в движении потоку более высокой интенсивности.

При высокой интенсивности движения в обоих направлениях или недостаточной видимости на всем участке дорожных работ, на его въездах устанавливают переносные светофоры (рис. 11.6), управляющие поочередным пропуском потоков. Целесообразность их применения зависит от интенсивности встречных потоков и длины участка. На рис. 11.7 представлены результаты исследований в этой области, проведенные КАДИ. С точки зрения минимума транспортных потерь введение светофорного регулирования считается оправданным при сочетаниях суммарной интенсивности встречных потоков  $N$  и длины участка  $L$ , расположенных выше кривой 1. Суммарная длительность разрешающих сигналов  $T$  (для попутного

и встречного направления) зависит от длины участка (кривая 2 на рис. 11.7). По суммарной длительности, зная соотношение интенсивностей потоков встречных направлений, определяют разрешающий сигнал в каждом направлении движения:

$$t_{3_1}:t_{3_2} = N_1:N_2; \quad T = t_{3_1} + t_{3_2},$$

где  $t_{3_1}$  и  $t_{3_2}$  — соответственно длительности зеленых сигналов для прямого и обратного направления, с;  $N_1$  и  $N_2$  — соответственно интенсивности движения в прямом и обратном направлениях, авт/ч.

Красный сигнал должен включать в себя время, необходимое для освобождения полосы движения перед выпуском на нее встречного потока. Это время определяют по длине участка  $L$  и скорости медленно движущихся автомобилей  $v$ . Таким образом, длительность цикла  $T_{ц} = T + 7,2L/v + 2t_{ж}$ . Длительность желтого сигнала принимают равной 3 с.

Переносные светофоры снабжаются простейшими контроллерами, переключающими сигналы по жесткому двухфазному циклу. Светофоры подключаются к местным источникам питания. При их отсутствии используется сменный комплект аккумуляторных батарей. В последнем случае в качестве источников света применяют лампы, используемые в автомобильных фарах. Для синхронной работы контроллеров предусматривают радиосвязь или прокладывают временный специальный кабель. На подходах к участку с временно применяемыми светофорами обязательна установка знаков 1.8.

При ремонте многополосных дорог оставшаяся для пропуска транспортных средств проезжая часть делится на полосы движения пропорционально интенсивности встречных потоков. Полосы обозначают знаками 5.8.7, 5.8.8 и разметкой.

На дорогах с разделительной полосой частым случаем является поочередный ремонт или реконструкция проезжих частей одного из направлений. Движение на ремонтируемой половине дороги закрывают знаком 3.2. Транспортный поток переводится на проезжую часть встречного направления. При этом предварительно устанавливают знак 5.34.1 с табличкой 7.1.1, перед перестроением на другую проезжую часть — основной знак 5.34.1, а на разделительной полосе (после ее разрыва) — знак 4.2.2. После окончания ремонтируемого участка поток переводят на свою проезжую часть с помощью знаков 3.1 и 4.2.1. Их устанавливают на разделительной полосе после ее разрыва. Предварительно устанавливают знак 5.34.2 с табличкой 7.1.1. Для проезжей части встречного направления до начала участка с двусторонним движением устанавливают знак 1.19. Непосредственно перед началом участка, где осуществляется двустороннее движение, может быть установлена соответствующая разновидность знака 5.8.7 или 5.8.8. Если проезжая часть имеет только две полосы движения, то над крайней левой полосой вывешивают знак 3.1 с табличкой 7.14.

При полном закрытии движения на ремонтируемом участке или введении ограничений по массе или габариту дорожные знаки расставляют с таким расчетом, чтобы своевременно предупредить водителей об ограничениях и информировать их о маршруте объ-

езда. Для этого перед таким участком устанавливают схему объезда (знак 5.31), на которой в уменьшенном масштабе изображают знаки, поясняющие причину организации объезда.

В зависимости от характера и вида работ ограждающие устройства могут быть в виде щитов, штакетных барьеров, сигнальных направляющих стоек, конусов и сигнальных флажков. При выполнении дорожных работ, связанных с вскрытием проезжей части или тротуара, применяют деревянные щиты высотой не менее 1,2 м. При мелких работах, проводимых без разрытия траншей и котлованов, участки работ можно ограждать переносными устройствами типа штакетных барьеров, барьеров из брусьев, конусов и т. д. Тип и порядок применения ограждающих устройств оговариваются соответствующими инструктивными положениями.

Элементы ограждения используют в основном как средства, обеспечивающие плавное изменение направления движения при объезде мест работ, а также при переводе движения с одной полосы на другую. При формировании направляющей линии используют знаки 4.2.1—4.2.3, установленные на элементах ограждения. Отклонения направляющей линии от прямого направления зависят от скорости движения. Соотношение этих показателей находится в пределах от 1:10 до 1:50.

Ограждения окрашивают полосами красного и белого цветов. Для лучшей видимости в темное время суток они снабжаются световозвращающими элементами и фонарями красного цвета, сигнал которых должен быть виден на расстоянии не менее 100 м.

Все средства регулирования, обеспечивающие безопасность движения в местах производства работ, носят временный характер. При их применении в первую очередь устанавливают дорожные знаки (начиная с наиболее удаленных), затем устанавливают ограждения и другие технические средства. По окончании работ средства регулирования снимают в обратном порядке.

### **Контрольные вопросы**

1. Как обеспечивается безопасность движения на железнодорожных переездах и какие для этого применяют технические средства?
2. Какие технические средства организации движения применяют в транспортных тоннелях, на мостах и путепроводах?
3. Как обозначают обособленную полосу для транспортных средств общего пользования?
4. Какие методы и технические средства обеспечивают приоритетный пропуск транспортных средств общего пользования через перекрестки?
5. Какие существуют технические средства для организации реверсивного движения?
6. Назовите способы установки реверсивных светофоров.
7. С помощью каких технических средств организуется движение в местах производства работ на проезжей части?
8. В каких случаях применяют переносные светофоры и как определяется режим их работы?
9. Какие ограждающие устройства применяют при производстве дорожных работ?

**12.1. ЗАДАЧИ МОНТАЖНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ**

Реализация принятой схемы организации движения предусматривает использование соответствующих технических средств. Их внедрение начинается с процесса проектирования, их установки и комплектации.

Следующим этапом являются строительно-монтажные и пусконаладочные работы. Поддержание технических средств в исправном состоянии обеспечивается работой по их обслуживанию и текущему ремонту.

Самой многочисленной группой технических средств являются периферийные устройства, работающие на открытом воздухе. Они подвержены действию различных факторов: колебание температуры, пыль, грязь, атмосферные осадки, ветровая нагрузка и т. п. Поэтому эксплуатация технических средств является наиболее трудоемким процессом.

Учитывая все стадии внедрения технических средств и необходимость обеспечения их бесперебойной работы, монтажно-эксплуатационная служба выполняет большой круг задач. Это:

разработка совместно с Госавтоинспекцией перспективных и годовых планов внедрения технических средств организации движения, определение потребности в необходимых материалах и оборудовании;

осуществление функций заказчика на проектирование светофорных объектов и систем управления движением;

комплектация технических средств, подготовка и представление в соответствии с установленным порядком заявок на эти средства, необходимые материалы, оборудование, кабельные изделия, специальные транспортные средства и механизмы;

изготовление необходимой арматуры, заготовок, узлов и деталей крепления технических средств;

испытание и разделка кабеля, прокладка кабельных трасс, аренда телефонных линий связи и их подключение;

производство (или осуществление функций заказчика) строительномонтажных работ по установке светофоров, контроллеров, детекторов транспорта, дорожных знаков и других технических средств организации движения; оборудование управляющих пунктов АСУД, а также установка пешеходных ограждений и нанесение линий разметки;

пусконаладочные работы;

контроль за качеством строительно-монтажных работ, выполняемых подрядными организациями;

контроль за состоянием технических средств, находящихся в эксплуатации, их профилактическое обслуживание и ремонт;

ведение технической документации на находящиеся в эксплуатации технические средства;

получение, складирование и хранение технических средств и материалов, их учет и контроль за использованием по назначению;

повышение квалификации работников монтажно-эксплуатационной службы, обеспечение техники безопасности при проведении всех видов работ.

Перечисленные задачи характеризуют лишь основные направления деятельности монтажно-эксплуатационной службы. Виды и объем выполняемой этой службой работ зависят от типа используемых технических средств, структуры и функций АСУД и от масштаба обслуживаемой территории.

## **11.2. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ МОНТАЖНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ**

Задачи монтажно-эксплуатационной службы решаются силами специализированных монтажно-эксплуатационных подразделений (СМЭП) Госавтоинспекции МВД союзных (автономных) республик или УВД край (обл) исполкомов.

Типовые штаты СМЭП определяет МВД СССР. Они зависят от планируемого годового объема работ.

В рамках республики могут быть созданы крупные объединения — тресты, включающие ряд служб для управления деятельностью монтажно-эксплуатационных управлений (СМЭУ) и находящиеся в подчинении треста участков. Помимо администрации (управляющий трестом, главный инженер, главный технолог), в аппарат треста входят диспетчерская служба, служба механизации, энергетики и транспорта, производственно-технический отдел, планово-экономический отдел, сметно-договорной отдел, отдел снабжения, административно-хозяйственная служба, бухгалтерия, отдел кадров. В отдельных случаях вместо отдела снабжения могут быть образованы управления производственно-технологической комплектации. Сверх штата в трестах могут быть созданы проектно-сметные группы и группы проектирования организации работ, а также строительные лаборатории. В функции этих групп входят проверка проектно-сметной документации и подготовка необходимых согласований. Строительные лаборатории создают для проверки качества строительно-монтажных работ, изделий, конструкций и арматуры крепления технических средств, изготовленных силами СМЭУ.

Основными производственными подразделениями являются специализированные монтажно-эксплуатационные управления или участки (в зависимости от объема работ). Они выполняют практически все виды работ по установке, эксплуатации и внедрению

технических средств. Эти подразделения создаются при ГАИ край (обл) исполкомов, и их деятельность ограничивается, как правило, рамками отдельного края или области.

В СМЭУ входят: производственно-технический отдел (организация работы монтажно-эксплуатационной службы); планово-экономический отдел (планирование работ, нормирование труда); отдел материально-технического снабжения (комплектация, приобретение и складирование технических средств, запасных частей, материалов); бухгалтерия. В специализированных монтажно-эксплуатационных участках отделы не создают, а их функции возлагают на соответствующих специалистов.

Численность производственного персонала участков или СМЭУ (механики, электромонтеры, слесари, маляры, водители) определяют исходя из необходимого объема работ с учетом существующих нормативных документов. При определении объема работ руководствуются перспективным и годовым планами внедрения технических средств организации движения, а также данными о количестве этих средств, находящихся в эксплуатации.

Из производственного персонала комплектуют бригады — непосредственных исполнителей работ. Бригады входят в соответствующие службы СМЭП. Такими службами могут быть строительно-монтажная служба, служба эксплуатации, группа механизации, мастерские, малярный цех.

Монтажно-строительная служба устанавливает дорожные знаки и направляющие пешеходные ограждения, наносит линии разметки, оборудует светофорные объекты с последующей наладкой средств регулирования. В зависимости от вида работ в состав монтажно-строительной службы могут входить соответствующие специализированные группы. После окончания монтажных и наладочных работ объекты сдают службе эксплуатации.

Служба эксплуатации может иметь в своем составе: группы по профилактике светофоров и знаков, которые занимаются планово-предупредительным обслуживанием и ремонтом; группы аварийно-восстановительные (внеплановый ремонт); дежурные группы, осуществляющие аварийные работы по заявкам в вечернее и ночное время; контрольно-испытательный пункт (КИП).

Контрольно-испытательный пункт предназначен для оказания технической помощи службе эксплуатации в обеспечении безотказного действия приборов автоматики и телемеханики, проверке приборов, содержании технической документации, защитных средств, инструмента и приспособлений. Этот пункт может иметь в своем составе группы по ремонту и регулировке аппаратуры автоматики и телемеханики, кабельного хозяйства и измерительной аппаратуры, технической документации и анализа. Задачами этих групп являются: метрологическая проверка, наладка, ремонт или замена приборов; измерение характеристик и ремонт питающих сигнальных кабелей и элементов кабельной связи; периодическая проверка и испытание защитных средств и инструментов, измерение сопротивлений линейных заземлений; ведомственная проверка и ремонт

измерительных приборов СМЭП; контроль за наличием и содержанием технической документации и ее соответствием действующему оборудованию; круглосуточное дежурство по обеспечению нормальной работы средств регулирования.

В группу механизации входят водители специальных и специальных транспортных средств эксплуатационно-монтажного подразделения, а также производственный персонал по их обслуживанию и мелкому ремонту (если обслуживание и ремонт не предусмотрены централизованно).

Изготовление крепежной арматуры и ее окраска, изготовление временных знаков и указателей местного значения, стационарный ремонт знаков и светофоров, а также другие механические и малярные работы, связанные с производственными потребностями СМЭП, производятся в мастерских и малярном цехе.

Если на обслуживаемой СМЭП территории действуют или вводятся магистральные или общегородские АСУД, то в составе монтажно-эксплуатационной службы предусматриваются специальные группы по обслуживанию этих систем. В состав этих групп, помимо начальника системы, входят инженерно-технический персонал и механики участков, которые обслуживают управляющие и диспетчерские пункты (в том числе и ЭВМ), периферийные устройства, средства связи и телевизионного обзора. Штатную численность таких групп также определяют в соответствии с нормативами, утвержденными МВД СССР.

С учетом специфики функционирования АСУД в состав групп по их обслуживанию входят специалисты соответствующей квалификации: инженеры-электроники и инженеры-программисты; техники, механики участков и электромонтеры для обслуживания и ремонта периферийного оборудования. Их численность зависит от вида и количества оборудования, задействованного в управляющем пункте и на периферийных объектах. Персонал группы специализируется по видам выполняемых работ (обслуживание ЭВМ, оборудование диспетчерских пунктов, устройств телемеханики, кабельных связей, контроллеров, детекторов транспорта и т. д.).

Монтаж, эксплуатация и ремонт технических средств организации движения требуют оснащения СМЭП необходимыми материалами и оборудованием. Помимо универсального станочного, слесарного и малярного оборудования, инструментов и материалов, в зависимости от вида и объема выполняемых работ может использоваться ряд машин и механизмов, предусмотренных специальным табелем оснащения. Перечень и характер табельного оборудования утверждает МВД СССР. В оборудование входят как машины и механизмы, необходимые при производстве работ по установке и эксплуатации технических средств, так и транспортные автомобили и прицепы. К табельному оборудованию, например, относятся телескопические вышки, экскаваторы, автокраны, передвижные бурильные станки, машины для резки асфальта, кабельные тележки, компрессоры, сварочные агрегаты и т. д.

Условными показателями, на основе которых определяют нали-

чие и количество табельного оборудования того или иного вида, являются число светофорных объектов или знаков, подлежащих монтажу, реконструкции или обслуживанию, а также объем годового финансирования СМЭП.

Специализированное монтажно-эксплуатационное подразделение совместно с подразделением дорожного надзора разрабатывает проекты перспективного и годового плана работ. Планы предусматривают объемы работ в натуральных показателях и в стоимостном выражении.

Проект годового плана предполагает:

строительно-монтажные работы по установке, реконструкции и ремонту светофорных объектов, установке дорожных знаков и направляющих ограждений, нанесению линий разметки;

профилактическое обслуживание находящихся в эксплуатации технических средств;

непредвиденные работы, вызванные различными причинами (аварийно-восстановительные, работа по перестановке, демонтажу дорожных знаков и светофоров, по изменению режима работы светофорных объектов).

Подразделение дорожного надзора вносит в проект годового плана СМЭП предложения в части количества, адресов и очередности выполнения работ по установке и реконструкции технических средств.

Работы по установке направляющих пешеходных ограждений, дорожных знаков, не требующих подключения к источникам электропитания, и нанесению линий разметки выполняют по схемам, разработанным подразделением дорожного надзора и утвержденным руководством Госавтоинспекции. Работы по установке и реконструкции светофорных объектов, установке многопозиционных дорожных знаков и знаков с внутренним освещением, внедрению АСУД выполняют СМЭП по разработанным проектными организациями проектам.

План работ СМЭП согласовывают с Госавтоинспекцией и утверждают в установленном порядке. Утвержденный годовой план в процессе его выполнения может по согласованию с подразделением дорожного надзора корректироваться в направлении изменения очередности и сроков работ по установке и реконструкции технических средств или замены реконструкции установкой (и наоборот) светофорных объектов в пределах ассигнований, запланированных на эти цели, а также за счет уменьшения объема непредвиденных работ.

В соответствии с перспективным и годовым планами внедрения технических средств подразделение дорожного надзора разрабатывает задания на проектирование установки и реконструкцию технических средств. Задание на выполнение непредвиденных работ, часто связанных с необходимостью частичного изменения существующей схемы организации движения, разрабатывает также подразделение дорожного надзора. Оно содержит адрес объекта, схему с изображением расположения на объекте технических средств с ука-

занием необходимых изменений, краткое описание, включающее (если необходимо) новые режимы работы светофорного объекта.

Вопросы внедрения, эксплуатации и ремонта технических средств организации движения, применяемых на автомобильных дорогах, находятся в ведении министерства автомобильных дорог союзных республик. Отдельные виды работ могут выполнять СМЭП на договорных началах.

### 12.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВЕТОФОРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Внедрение светофорного объекта является многостадийным процессом. Решение о необходимости создания объекта принимают на основании результатов предпроектного транспортного обследования. Целями обследования являются выявление недостатков существующей схемы организации движения на перекрестке и подготовка необходимых данных для составления технического задания на проектирование.

В предпроектный период определяют организацию — заказчика, имеющую право финансирования проектных работ, проектную организацию и генерального подрядчика. В большинстве случаев в роли заказчика и генподрядчика при строительстве светофорных объектов выступают специализированные монтажно-эксплуатационные подразделения.

Заказчик представляет проектной организации (это обычно оговаривается договором на выполнение проектных работ) следующие исходные данные:

- задание на проектирование, согласованное с проектной организацией и утвержденное заказчиком;

- 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 городским сооружениям.

Схему организации движения разрабатывает проектная организация или подразделение ГАИ, занимающееся этими вопросами. В последнем случае задание на проектирование имеет приблизительно следующий состав:

- наименование объекта;
- основание для проектирования;
- вид строительства (новое, расширение, реконструкция);
- указания о применяемых типах технических средств;
- схема организации движения транспортных средств и пешеходов;
- режим регулирования;
- планировочная характеристика объекта (число полос движения, наличие разделительной полосы или резервной зоны и т. д.);
- требования по разработке вариантов;
- стадийность проектирования (две стадии или одна);

расчетная стоимость строительства;

наименование строительной организации-генподрядчика.

Геодезический план местности (геоподоснова) подготавливают обычно по договору с заказчиком соответствующие органы архитектурно-планировочного управления горисполкома или отдела главного архитектора города.

Условия на присоединение объекта к городским сетям выдают по запросу заказчика местные организации горисполкома или ряд министерств и ведомств (например, управления облэнерго, управления городских телефонных сетей и т. д.). Они содержат перечень работ и требований, которые подлежат выполнению заказчику перед подключением построенного объекта к соответствующим сетям.

Проектирование светофорных объектов ведется, как правило, в одну стадию (технорабочий проект). Одностадийный проект на строительство светофорного объекта имеет следующий ориентировочный состав:

пояснительную записку; согласования; заказную спецификацию; генплан (обычно в масштабе 1:500) с расстановкой технических средств, прокладкой кабелей, спецификацией и кабельным расписанием; монтажные электрические схемы соединений светофоров с контроллером; принципиальные и монтажные электрические схемы вновь разрабатываемой аппаратуры, если такая необходимость возникает; чертежи, связанные с индивидуальными решениями, вызванными местными условиями; трассу прокладки кабелей под землей и схему расстановки напольного оборудования с привязками на геодезическом плане подземных коммуникаций; сметы.

В начале проектирования подготавливают схему светофорного объекта, определяющую расстановку технических средств, и схему трассы прокладки кабеля. Для подготовки схем выполняют выкопировку с геоподосновы, на которой указывают контуры проезжей части дорог, тротуары, дома и стационарные сооружения. На этой выкопировке наносят светофоры, знаки и прочие технические средства в соответствии с требованиями задания на проектирование.

Основные принципы расстановки технических средств изложены в предыдущих главах. Расставленное на схеме оборудование соединяется кабелями. Кабели обеспечивают электропитание контроллеров, блоков управления детекторов, освещаемых знаков, а также соединение контроллеров со светофорами, ВПУ, ТВП.

Тип применяемого кабеля зависит от его назначения. Контроллеры подключают к источникам электропитания с помощью силового кабеля, как правило, с алюминиевыми жилами сечением 6 мм<sup>2</sup>, знаки с внутренним освещением — с помощью кабеля с жилами 2,5 мм<sup>2</sup>. При этом число жил в кабеле не превышает 4.

Светофоры соединяются с контроллером с помощью контрольного кабеля (иногда его называют сигнальным). Контрольный кабель должен быть многожильным. Число жил выбирают по следующему принципу: для каждой лампы светофора предназначена отдельная питающая жила, одна обратная общая жила, одна заземляющая жила и 10% запаса. Кроме этого, для контроля перего-

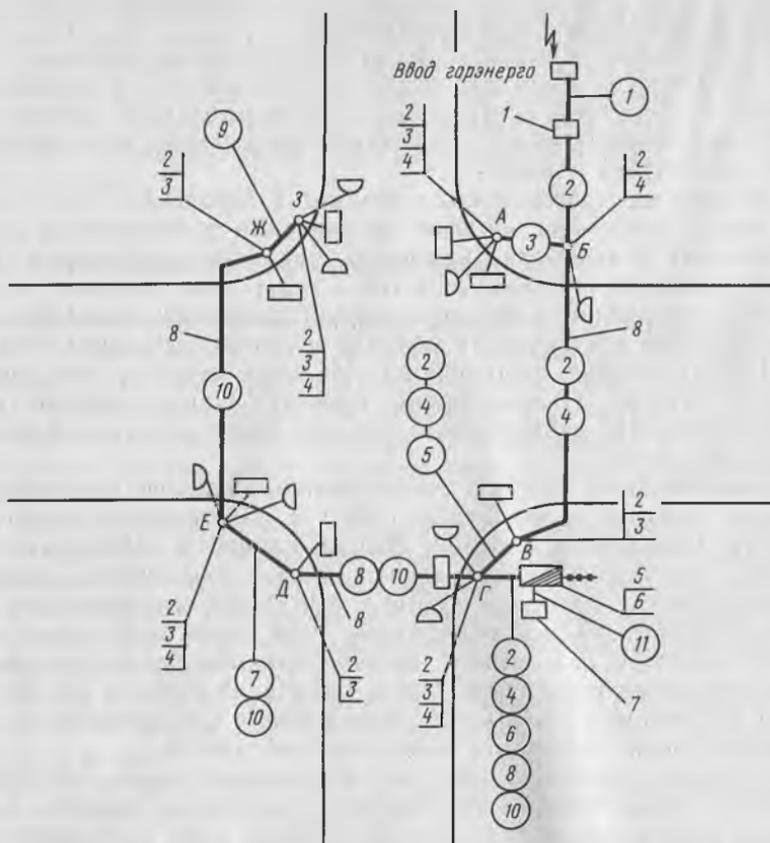


Рис. 12.1. Пример генплана расстановки технических средств и прокладки кабелей

рания ламп красного сигнала применяют дополнительные жилы (см. подразд. 4.3). При выборе числа жил необходимо учитывать и возможность в будущем изменения схемы организации движения: добавления поворотных секций или светофоров. Таким образом, число жил кабеля увеличивается при подходе к контроллеру. Число жил контрольного кабеля находится в пределах 4—37. Если требуется большее число жил, применяют два кабеля. Для повышения надежности и снижения толщины в контрольном кабеле обычно применяют медные жилы сечением  $1,5 \text{ мм}^2$ .

В обозначении кабеля указывается материал, из которого изготовлены его жилы (при алюминиевых жилах обозначение кабеля начинается с буквы «А»), материал изоляции жил и самого кабеля и степень его защиты от механических повреждений (последняя буква обозначения: «Г» — гибкий кабель; «Б» — бронированный). Например, КРВБ  $19 \times 1,5$  — контрольный кабель с медными жилами с резиновой изоляцией в поливинилхлоридной оболочке, защищен

броней из двух стальных лент с наружным покровом, сечение жилы 1,5 мм<sup>2</sup>, число жил 19.

Для связи периферийного оборудования (контроллеров, устройств обмена информацией) с управляющим пунктом используют телефонный кабель типа ТПП. Для подсистем телевизионного обзора и связи индуктивных рамок с БУ детекторов применяют радиочастотный кабель типа РК.

Трассу кабельной линии выбирают с учетом наименьшего расхода кабеля и обеспечения его сохранности от механических повреждений, коррозии, вибрации и перегрева.

В соответствии с подготовленной схемой оценивают вид и количество требуемого оборудования, марку необходимых кабелей, а также определяют объемы работ для составления сметы. Пользуясь схемой светофорного объекта, выбирают трассу прокладки кабеля на геодезическом плане. Предварительно расставляют аппаратуру управления, колонки, опоры и т. п. Этот план определяет объем земляных работ. На плане даются привязки устанавливаемого оборудования и трассы кабеля. При расстановке технических средств и выборе трассы кабелей следует руководствоваться существующими нормами и правилами, а также местными нормативными инструкциями.

На основании схемы светофорного объекта, плана расстановки технических средств и трассы прокладки кабеля на геодезическом плане составляют генплан расстановки технических средств и прокладки кабелей в масштабе 1:500 (рис. 12.1). На плане наносят все устанавливаемые средства и кабели. На генплане дается спецификация на все оборудование, материалы (табл. 12.1) и кабельное расписание (табл. 12.2). В нем отражают число кабелей, начальные и конечные точки присоединения кабелей (адресность), условия прокладки.

Каждому кабелю присваивают номер, который на генплане обозначают арабской цифрой, заключенной в кружок. Концы кабельных лучей обозначают заглавными буквами русского алфавита.

Кроме подготовленной схемы объекта, геодезического плана и генплана объекта, проект включает и ряд электромонтажных схем.

Т а б л и ц а 12.1

Позиция	Наименование	Число
1	Коробка с автоматическим выключателем	1
2	Колонка для светофора	8
3	Светофор пешеходный типа 2.1.2	8
4	» транспортный типа 1.1.3	8
5	Контроллер ДКМ 5-4	1
6	Контур заземления	1
7	Пульт управления выносной ВПУ 2	1
8	Труба асбоцементная диаметром 100 мм и длиной 60 м	3

Номер кабеля	Откуда идет	Куда поступает	Марка кабеля	Длина, м
1	Ввод горэнерго.	Коробка с автоматическим выключателем	АКРВГ 4×6	10
2	Коробка с автоматическим выключателем	Контроллер	АКРВБ 4×6	210
3	Колонки:			
	А	Колонка Б	КРВБ 14×1,5	15
4	Б	Контроллер	КРВБ 19×1,5	40
5	В	Колонка Г	КРВБ 7×1,5	15
6	Г	Контроллер	КРВБ 19×1,5	5
7	Е	Колонка Д	КРВБ 19×1,5	15
8	Д	Контроллер	КРВБ 19×1,5	30
9	З	Колонка Ж	КРВБ 19×1,5	15
10	Ж	Контроллер	КРВБ 19×1,5	60
11	ВПУ 2		КРВБ 19×1,5	5

Примечание. При определении числа жил (в марке кабеля) учтены дополнительные жилы, необходимые для контроля перегорания ламп красного сигнала.

Они позволяют осуществить полный монтаж технических средств таких, как схемы коммутации для задания режима работы контроллеров, схема подключения светофоров к источнику питания и прочие схемы (линии связи, подключения детекторов транспорта, ВПУ и т. п.).

Подготовленный проект объекта и отдельно геодезический план должны быть согласованы с заказчиком, архитектором или владельцем территории, со всеми организациями, чьи подземные сооружения попадают в зону строительных работ, а также с энерго-снабжающими предприятиями, эксплуатирующей и другими заинтересованными организациями. Затем заказчик утверждает проект и передает его генподрядной строительной организации совместно со сметой для проведения работ.

#### 12.4. СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ

*Прокладка кабельной сети* составляет основной объем строительно-монтажных работ при создании светофорного объекта. При этом выполняются следующие работы: предварительные электрические измерения и испытания кабелей; разбивка трассы прокладки; подготовка и рытье траншей; прокладка кабелей в земле; выполнение прочих работ по прокладке кабеля (воздушные линии, прокладка по стенам зданий и т. д.).

Кабель подвергают испытаниям перед укладкой и после монтажа. К этим испытаниям относятся измерение сопротивления изоляции между жилами и оболочкой и активного сопротивления жил, проверка отсутствия сообщения между жилами, испытание жил и оболочки на целостность.

Трассу разбивают в соответствии с проектом (геодезическим планом). К разбивке трассы приступают после получения ордера на производство земляных работ. Трассу на месте производства работ согласовывают с представителями организаций, указанных в ордере. При разбивке трассы фиксируют все пересечения и сближения с другими подземными сооружениями, повороты, обходы препятствий и изменение глубины траншеи для принятия мер обобщенной защиты прокладываемого кабеля и встречных кабелей и сооружений.

Кабели прокладывают согласно требованиям Инструкции по укладке кабелей напряжением до 110 кВ, Правил устройства электроустановки, а также Строительных норм и Правил на электротехнические устройства и сооружения и устройства телефонной и телеграфной связи.

Земляные работы ведут под непосредственным надзором организаций, указанных в адресе, или по их предписаниям. В месте пересечений кабельной трассы с подземными сооружениями работы ведут только вручную, лопатой, с большой осторожностью. В местах, свободных от подземных сооружений, траншеи роют механизированным способом.

Глубина траншеи на проезжей части должна составлять 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 составляет при числе кабелей до 5 внизу 0,3 м, сверху 0,4 м. На каждый последующий кабель эти размеры увеличиваются на 0,05 м.

Непосредственно в земле прокладывают в основном бронированные кабели. Небронированные кабели, прокладываемые в земле, защищают металлическими или асбоцементными трубами. Под проезжей частью все кабели прокладывают в трубах. Это позволяет не вскрывать дорожное покрытие при ремонте или замене кабеля.

Длину кабелей, подлежащих укладке, определяют на основании натуральных промеров траншей:

$$L_k = 1,03(l_T + l_p + l_n),$$

где 1,03 — коэффициент, учитывающий изгибы кабелей при прокладке и закруглениях (в грунтах, подверженных вспучиванию или смещению, этот коэффициент принимают равным 1,05);  $l_T$  — длина траншеи между конечными точками прокладки кабеля, м;  $l_p$  — длина кабеля для разделки (0,5 м на одну разделку), м;  $l_n$  — длина кабеля на подъем от дна траншеи до разделяемой точки, м.

К месту прокладки кабель доставляют на барабанах. Перед укладкой его раскатывают по трассе либо с движущегося транспортного средства (барабан находится на автомобиле, сматываемый кабель укладывается в траншею), либо с барабана, установленного неподвижно (барабан закрепляется на домкратах на одном конце трассы, кабель раскатывается с помощью лебедки по роликам, расположенным через 5 м). Кабель в траншею укладывают без натяжения — змейкой.

Для прокладки воздушных линий применяют небронированный контрольный кабель. В этом случае его крепят к несущему тросу

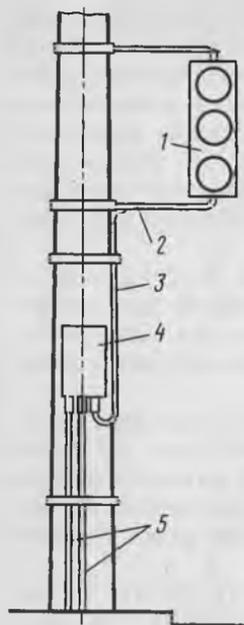


Рис. 12.2. Установка светофора на опоре наружного освещения

металлическими скобами через 0,5 м. При переходе воздушной линии в кабельную устанавливают распределительную коробку. Высота подвеса кабеля над тротуаром должна быть не ниже 4 м, а над проезжей частью — не ниже 5 м.

При вводе кабеля внутрь опоры он не закрепляется (свободно висит). При спуске кабеля снаружи опоры он защищается металлической трубой соответствующего диаметра на всем протяжении. Труба крепится к опоре хомутами.

*Технические средства устанавливают* в произвольной последовательности. Как правило, колонки светофоров устанавливают на железобетонных фундаментах или прямо в грунт. В нижней части колонок предусматривают закрываемые дверцами клеммники для разделки кабелей и монтажных проводов. Часто представляется возможным устанавливать светофоры на опорах наружного освещения и контактной сети.

Подводка питания к светофору показана на рис. 12.2. Для подвода кабеля 5 к светофору 1 на опоре устанавливают распределительную коробку 4. Монтажный жгут прокладывают по опоре в трубе 3, закрепляемой хомутами, и в нижнем кронштейне 2. Если светофоры крепятся на стенах зданий и сооружений,

то подводка питания аналогична приведенной на рис. 12.2. При этом распределительную коробку устанавливают на стене здания.

При подвеске светофоров на тросовых растяжках в горизонтальном положении используют несущие и фиксирующие стальные тросы. Трос можно закреплять в стене здания при помощи крюков или на опоре при помощи хомутов. К крюкам и хомутам трос закрепляют через электро- и шумозащитные устройства. Светофоры можно крепить к тросу непосредственно либо с помощью удлинительной штанги длиной до 2 м. Питающий кабель к светофорам подводят по тросу с креплением скобами, устанавливаемыми через 0,5 м, а при наличии штанги — внутри нее.

Шкафы контроллеров, напольные контейнеры детекторов транспорта и устройств обмена информацией, выносные пульта управления устанавливают на специальных железобетонных фундаментах, к которым они крепятся с помощью анкерных болтов. Фундамент выполняют так, чтобы обеспечить ввод кабеля сетевого питания, а также кабелей и проводов внешних связей через кабельные вводы в дне шкафа или контейнера.

Операцию по установке этих устройств выполняют в такой последовательности: рытье котлована под фундамент; прокладка всех кабелей к котловану; установка шкафа или контейнера и их зазем-

ление; засыпка котлована (внутри фундамент не засыпают); разделка кабелей и монтаж их на клеммники в соответствии с монтажной схемой.

Если указанные устройства устанавливают на краю тротуара, то их лицевая сторона не должна выходить в сторону проезжей части для безопасности работы монтажников. Перед контроллером должна быть оборудована асфальтированная санитарная площадка размером не менее  $1 \times 1$  м с уклоном от контроллера.

Рамки детекторов укладывают симметрично относительно полосы (полос) движения на глубину 50—80 мм в канавку шириной, позволяющей уложить провод, из которого изготовлена рамка. Канавку нарезают специальной фрезой. Возможна нарезка канавки электродрелью, в патрон которой зажимают абразивную фрезу. После укладки провода канавку заполняют горячим асфальтом или песчано-битумной смесью.

При укладке рамки из неизолированного провода необходимо принять меры, исключающие возможность короткого замыкания рамки посторонними предметами. Если такая рамка имеет два витка, то в дорожном покрытии нарезают по две канавки на каждую из сторон рамки с промежутком между ними 50—100 мм. В местах перекрещивания витков рамки между ними устанавливают изолирующую прокладку.

Если по каким-либо причинам нарезка канавок затруднена (покрытие из железобетона или камня), то провод рамки укладывают непосредственно на покрытие и закрепляют в местах изгибов. Затем над рамкой укладывают слой асфальтобетона толщиной 60—80 мм.

При укладке рамок для обнаружения трамваев часть покрытия между рельсами на занимаемой рамкой площади заменяют на асфальтобетонное.

Линии связи рамок с БУ детектора прокладывают в асбоцементных трубах на глубине не менее 50 мм. Рамку соединяют с линией связи через соединительную муфту.

На рис. 12.3 приведены варианты взаимного расположения рамок различных типов, а также даны установочные размеры, обычно соблюдаемые при их монтаже. Расположение рамок на рисунке соответствует направлению движения слева направо.

Все периферийное оборудование подключается к источникам питания через защитные автоматические выключатели (предохранители). В тех случаях, когда по условиям присоединения требуется учет потребляемой электроэнергии, устанавливают счетчики. Как счетчики, так и автоматические выключатели размещают в специальных коробках и доступном, защищенном от атмосферных осадков месте.

Железобетонные плиты островков безопасности укладывают непосредственно на поверхность дорожного полотна. Если на плите должен быть смонтирован светофор, то предварительно устанавливают фундамент светофорной колонки заподлицо с дорожным покрытием, заводят кабель, после чего укладывают плиту. Затем к фланцу фундамента крепится колонка.

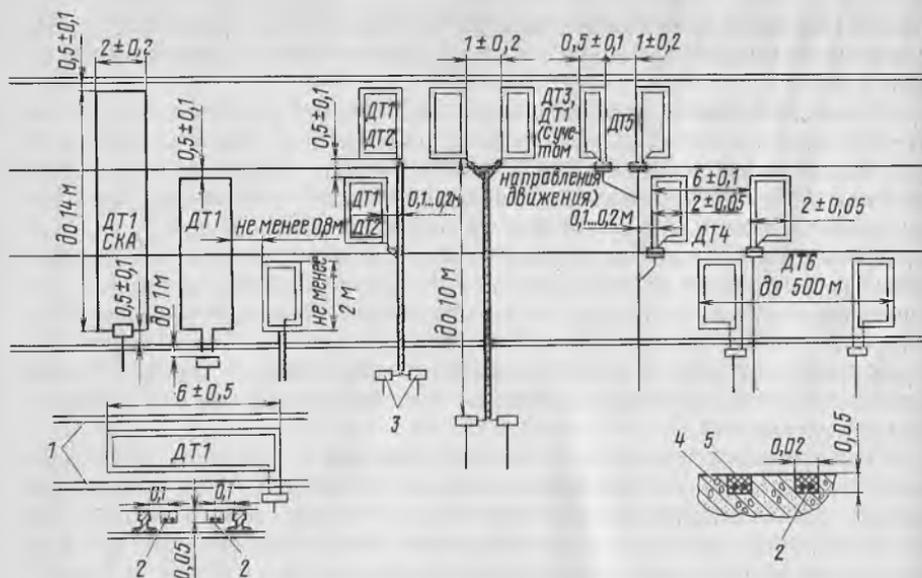


Рис. 12.3. Варианты взаимного расположения рамок:

1 — рельсы; 2 — рамка; 3 — соединительная муфта; 4 — асфальтобетон; 5 — песчано-битумная смесь

Пешеходные ограждения перильного типа чаще всего изготавливают из металлических труб диаметром 33,5 мм. Стойки ограждений заделывают на глубину 0,9 м и бетонируют на глубину 0,4 м. Стойки изготавливают из труб диаметром 48 мм. Расстояние между стойками 1,5 м.

Все установленные технические средства подлежат окраске. Серийно выпускаемая аппаратура поставляется окрашенной. Изготавливаемые на местах металлические изделия и трубы, прокладываемые по опорам и стенам, окрашивают эмалью серого цвета.

*Электромонтажные работы* при установке технических средств сводятся к монтажу кабелей и устройству заземлений. Монтаж кабелей разбивается на ряд технологических операций: разделка концов кабелей; устройство концевых заделок; ввод в распределительные коробки, контроллеры, дорожные знаки с внутренним освещением и т. д.; подключение жил кабеля к зажимам клемм.

Концевая разделка кабеля (рис. 12.4) заключается в освобождении конца кабеля, подлежащего разделке, от наружной оболочки и разведении жил по центрам клемм присоединения. На жилы надевают полихлорвиниловую трубку. Жилы пакетируют в пучки, покрываемые полихлорвиниловой лентой. Концы жил завиваются под зажим на клеммах. Перед разделкой броню кабеля (или верхнюю оболочку) выше конца, подлежащего разделке, закрепляют бандажом из стальной оцинкованной проволоки или суровых ниток.

Кабели питания присоединяют к клеммникам на распределительных щитах контроллера и к клеммникам защитных автоматов. После заделки всех кабелей свободные патрубки шкафов закрывают деревянными пробками, а корыто в днище заливают кабельной массой.

Монтаж перемычек от клеммников колонок или распределительных коробок, установленных на опорах, до клеммников светофоров выполняют проводом сечением 1,5—2,5 мм<sup>2</sup> с завязкой его в жгут. Жгут предварительно увязывают, протаскивают его в колонку (или трубу при установке светофора на опоре), а затем после проверки разделяют. Жгуты перемычек можно монтировать и разделять заранее в мастерских по специальным шаблонам.

Все кабели, жилы кабелей, клеммные колодки и провода, идущие от приборов к клеммникам, обязательно маркируют. Маркировочные надписи должны быть тождественны надписям на монтажных схемах. Жилы кабеля и жгутов маркируют на полихлорвиниловой трубке шариковой авторучкой или жестяным кольцом с набитой надписью.

Корпуса всех технических средств, выполненных из металла, подлежат заземлению. Для заземления контроллера устраивают специальный заземляющий контур, рассчитанный на удельное сопротивление грунта меньше 10<sup>4</sup> Ом·см. При больших сопротивлениях грунта в каждом конкретном случае необходимо проектировать заземляющее устройство с сопротивлением растеканию тока не более 10 Ом. Контур соединяют с корпусом контроллера.

Светофорные колонки, распределительные коробки заземляют на контур, устанавливаемый у контроллера, по специально выделенной жиле сигнальных кабелей. При питании от источника с глухозаземленной нейтралью связь с нейтралью осуществляется по нулевой жиле питающего кабеля. При длине сигнального кабеля больше 200 м устраивают повторное заземление.

Электропитание технических средств осуществляется, как правило, путем подключения к домовым вводам в соответствии с техническими условиями. Длину питающего кабеля рекомендуется брать не более 500 м. Электроэнергию учитывают по установленной мощности.

Питание освещаемых дорожных знаков осуществляется от сетей ночного освещения

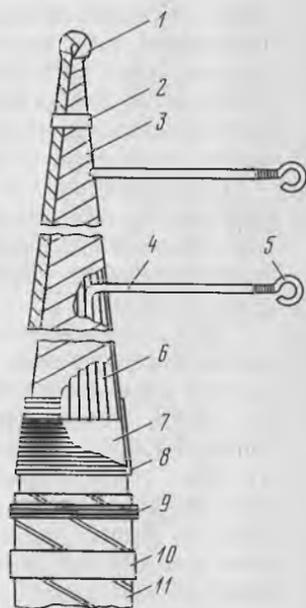


Рис. 12.4. Концевая заделка кабеля КРВБ:

1 — резервные жилы кабеля; 2 — бандаж из хлопчатобумажной ленты; 3 — полихлорвиниловая лента; 4 — полихлорвиниловая изолирующая трубка; 5 — кольцо жилы; 6 — жилы кабеля; 7 — внутренняя оболочка кабеля; 8 — бандаж из крученого шнура; 9 — бандаж из стальной оцинкованной проволоки; 10 — маркировочный пояс; 11 — броня кабеля

улиц. Если таких сетей вблизи нет, то знаки подключают к другим источникам энергии через соответствующие выключатели.

Пробное включение в работу объекта производится в присутствии представителей Госавтоинспекции. После опробования светофорный объект готовят к сдаче в эксплуатацию. При сдаче в эксплуатацию светофорный объект должен быть в рабочем состоянии. Принимает его специальная комиссия, назначаемая заказчиком. В комиссии должны участвовать представители заказчика, подрядчика (строительная организация), эксплуатирующей организации, Госавтоинспекции, проектной организации.

## 12.5. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Эффективность работы технических средств организации движения зависит не только от их свойств, заложенных на этапах проектирования, изготовления и монтажа, но и от способов и качества их технического обслуживания (ТО). Под техническим обслуживанием понимается комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности технических средств при их использовании по назначению, хранении и транспортировании.

Организация ТО предусматривает: подготовку обслуживающего персонала; планирование и проведение работ по ТО; обеспечение персонала запасными частями, инструментами, принадлежностями и материалами (ЗИП); систематическое ведение соответствующей документации.

Для технических средств организации движения периодичность ТО основана на календарном принципе, который предусматривает работы по обслуживанию по истечении определенного срока (день, неделя, месяц) независимо от интенсивности использования аппаратуры и ее наработки. При этом учитывается, что основу этих технических средств составляют электронные устройства, для которых более характерным является процесс старения материалов. Кроме этого, календарный принцип является самым удобным, так как при этом существенно упрощается планирование работ, материально-техническое снабжение, контроль за качеством и сроками выполнения работ и руководство техническим персоналом.

Календарный принцип обеспечивает профилактическое обслуживание, составляющее основу эксплуатации технических средств и направленное на поддержание их исправного состояния в течение промежутка времени между очередными ТО. Оно осуществляется путем периодической проверки всех устройств с целью определения их работоспособности и обнаружения неисправностей (отказов). При этом проверке подвергаются как работающие, так и хранящиеся на складе изделия.

Критерием оптимальной периодичности ТО является обеспечение максимального значения коэффициента технического использования, который зависит от интенсивности отказов изделия и определяется как отношение времени средней наработки изделия за не-

который период эксплуатации к сумме средних значений наработки и времени простоя, обусловленного ГО и ремонтом, за тот же период эксплуатации.

Каждое изделие состоит из определенных элементов, которые имеют свою интенсивность отказов по определенному параметру. Состав элементов, влияющих на безотказность работы изделия, их надежность и рекомендуемую периодичность ТО, указывают в технической документации предприятия-изготовителя. Если работоспособность какого-либо устройства зависит от условий эксплуатации, то периодичность его обслуживания устанавливает начальник СМЭП.

Периодичность работ по профилактическому обслуживанию некоторых технических средств следующая:

#### *Светофоры*

Проверка видимости светофоров с дороги или автомобиля в светлое время суток . . . . .	1 раз в 10 дней
Проверка правильности изменения сигналов с разрешающего на запрещающий . . . . .	не реже 1 раза в месяц
Проверка соответствия цикла работы заданному . . . . .	1 раз в 3 мес и при замене контроллера
Проверка дневной видимости сигналов . . . . .	1 раз в месяц
Смена ламп красного и зеленого сигналов . . . . .	через каждые 30 дней
Измерение напряжения на лампах . . . . .	при каждой смене ламп
Чистка светорассеивателей . . . . .	устанавливает начальник СМЭП
Проверка и чистка светофорных головок и распределительных коробок . . . . .	1 раз в 3 мес
Окраска светофоров . . . . .	не реже 1 раза в год

#### *Управляемые дорожные знаки*

Проверка работы и видимости управляемого знака . . . . .	1 раз в 3 мес
Внутренняя чистка управляемого знака с чисткой и креплением всех контактов, со смазкой трущихся частей . . . . .	1 раз в месяц
Чистка сигнального стекла управляемого знака . . . . .	устанавливает начальник СМЭП
Проверка и чистка внутренней части указателя скорости с чисткой и креплением всех контактов и стекол . . . . .	1 раз в 3 мес
Проверка сигналов указателя скорости . . . . .	2 раза в год
Внутренняя чистка ячеек указателя скорости с изъятием всех ламп, с проверкой патронов . . . . .	1 раз в год

#### *Выносные пульты управления*

Проверка работы . . . . .	1 раз в 3 мес
Внутренняя проверка с чисткой и креплением всех контактов	1 раз в 3 мес
Окраска выносных пультов управления . . . . .	не реже 1 раза в год

#### *Детекторы транспорта*

Проверка работы . . . . .	1 раз в 3 мес
Внутренний и внешний осмотры . . . . .	1 раз в месяц

Полное ТО . . . . .	1 раз в 6 мес
Окраска контейнеров детекторов . . . . .	не реже 1 раза в год

#### *Контроллеры*

Проверка работы . . . . .	1 раз в 3 мес
Внешний и внутренний осмотры . . . . .	1 раз в месяц
Полное ТО . . . . .	1 раз в 3 мес
Окраска шкафа контроллера . . . . .	не реже 1 раза в год

#### *Линии и сети*

Проверка кабельных распаек и распаячных ящиков . . . . .	2 раза в год (весной и осенью)
Электрические измерения сопротивления жил контрольного кабеля	1 раз в 3 года
Осмотр кабельных трасс . . . . .	не реже 1 раза в месяц
Электрические измерения изоляции жил телефонного кабеля . . . . .	1 раз в год
Проверка тросового хозяйства . . . . .	2 раза в год (весной и осенью)

#### *Аппаратура электропитания*

Осмотр вводно-распределительных щитов предохранительных приставок, выпрямителей всех типов . . . . .	ежедневно
Проверка рубильников, переключателей, измерительных приборов, силовых щитов, их очистка и регулировка . . . . .	1 раз в месяц
Измерение сопротивлений всех заземлений . . . . .	1 раз в год
Проверка защитных средств и инструмента . . . . .	в сроки, указанные в инструкции

#### *Пункты управления*

Ежедневное ТО . . . . .	ежедневно
Квартальное ТО . . . . .	1 раз в 3 мес
Полугодовое ТО . . . . .	1 раз в 6 мес

С учетом периодичности обслуживания в СМЭП составляют годовой и месячный календарные графики ТО технических средств. В них содержатся перечень необходимых работ (со ссылкой на соответствующий пункт инструкции по обслуживанию), вид и число технических средств, периодичность обслуживания, численность и квалификация обслуживающего персонала.

Исходя из норм технического обслуживания, разрабатывают планы загрузки технических средств. При наличии в составе АСУД многомашинных УВК составляют диспетчерский план загрузки машин, расписание работы дежурных групп для УВК и всех аппаратных систем. Расписание предусматривает круглосуточную работу этих подразделений и дежурных бригад по обслуживанию периферийного оборудования в три смены длительностью 8 ч каждая.

На календарный период составляют программу работы обслуживающего персонала. Программа предусматривает порядок проведения профилактических работ, обучение, повышение квалификации и инструктаж персонала, технический обзор результатов эксплуатации, проверку действующего оборудования и контрольно-измерительной аппаратуры.

В ходе ГО ведут соответствующую техническую документацию, отражающую содержание работ и состояние технических средств. Основным учетным документом является карточка учета, которую заводят на каждое устройство (карточка учета смены светофорных ламп, профилактики контроллера, на кабель и т. д.). Для управляющих (диспетчерских) пунктов заводят журнал учета профилактических и ремонтных работ. Результаты проверки видимости сигналов светофоров и состояния тросового хозяйства отражают в актах установленной формы.

Основным видом ремонта технических средств является текущий ремонт. Это обусловлено тем, что технические средства, как правило, работают круглосуточно и отключение их для планового ремонта не является целесообразным. Кроме того, в технических средствах организации движения практически отсутствуют движущиеся механические узлы и механизмы, для которых наиболее характерны плановые виды ремонта.

Для большинства технических средств применяют ремонт методом замены неисправного блока (субблока) с последующим его восстановлением в специальной ремонтной мастерской СМЭП.

В процессе текущего ремонта большая часть времени (свыше 60%) уходит на установление характера отказа и поиск неисправного элемента. Для сокращения этого времени применяется специальная контрольно-диагностическая аппаратура периферийных объектов (КДА-П) и управляющего пункта (КДА-УП). Принцип действия этой аппаратуры заключается в формировании необходимых входных воздействий, приеме ответных реакций, анализе и выдаче информации на контрольные разъемы и органы индикации.

КДА-П применяется непосредственно на объекте. Поэтому ее размещают в специальной передвижной лаборатории внедрения и эксплуатации АСУД, выполненной на базе автомобиля РАФ или ПАЗ. Помимо КДА-П, в оснащение лаборатории входят набор стандартных контрольно-измерительных приборов и соответствующий комплект ЗИП. Связь КДА с проверяемыми устройствами осуществляется с помощью разъемных соединений. Длина линии связи обычно не превышает 10 м, поэтому при диагностике какого-либо устройства (например, контроллера) лаборатория должна находиться рядом с ним.

КДА-УП — это стационарный комплект аппаратуры, установленный в управляющем пункте. Его работа основана на циклическом обмене информацией с проверяемым устройством (например ПКУ, ШКЛУП). При этом имитируются режимы телеуправления и телесигнализации.

Обеспечение изделий комплектами ЗИП на этапе эксплуатации является одним из важнейших мероприятий, направленных на повышение надежности, восстановление работоспособности и ремонта изделий в течение всего срока их службы.

Практически любой используемый ЗИП строится из: одиночного комплекта ЗИП-О; группового комплекта ЗИП-Г и ремонтного комплекта ЗИП-Р. ЗИП-О является комплектом запасных элемен-

тов, придаваемых непосредственно изделию с целью обеспечения его надежности при длительном использовании. ЗИП-Г придается группе однотипных изделий для пополнения одиночных комплектов по мере их расходования, а также для обеспечения надежности изделий по тем типам элементов, которые отсутствуют в номенклатуре одиночных комплектов ЗИП. ЗИП-Р предназначен для обеспечения среднего ремонта изделия или группы изделий в течение срока службы.

Учитывая конструктивную особенность современных технических средств организации движения, в каждый комплект ЗИП входят как самые мелкие (дискретные) конструктивные элементы, которые не подлежат ремонту (резистор, конденсатор, микросхема), так и субблоки и блоки. Последние могут в дальнейшем восстанавливаться путем замены в них отказавших дискретных элементов. Номенклатура и число элементов, входящих в указанные комплекты ЗИП, рассчитываются с учетом коэффициента технического использования этих изделий.

Весь комплект ЗИП периодически пополняют. Это является функцией отдела материально-технического снабжения СМЭП. Обычно период пополнения принимают равным одному году.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие задачи решает монтажно-эксплуатационная служба?
2. Какова структура и техническое оснащение СМЭП?
3. Кто составляет перспективные и годовые планы работ и каково их содержание?
4. Какие исходные данные для проектирования светофорного объекта передает заказчик проектной организации?
5. Что входит в состав проекта?
6. Какие типы кабеля применяют для подключения технических средств к источникам электропитания?
7. Как определяют необходимое число жил кабеля?
8. Как прокладывают кабельную сеть?
9. Как устанавливают технические средства и какие производятся при этом электромонтажные работы?
10. Какая периодичность ГО принята для технических средств организации движения?
11. Как составляют календарные графики ГО?
12. Какую аппаратуру применяют для выявления характера отказа и поиска неисправности?
13. Какую документацию ведут при проведении ГО?
14. Какие виды ЗИП применяют при обслуживании и ремонте технических средств организации движения?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Автоматизированные системы и технические средства управления дорожным движением / Л. А. Якушин, А. Н. Космачев, А. Г. Вялых и др.— М.: ВНИИБД МВД СССР, 1977.— 330 с.

Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: Справочник: Пер. с англ. / В. У. Рэнкин, П. Клафи, С. Халберт и др.— М.: Транспорт, 1981.— 592 с.

Брайловский Н. О., Грановский Б. И. Управление движением транспортных средств.— М.: Транспорт, 1975.— 112 с.

Буга П. Г., Шелков Ю. Д. Организация пешеходного движения в городах: Учеб. пособие для вузов.— М.: Высшая школа, 1980.— 232 с.

Васильев А. П., Фримштейн М. И. Управление движением на автомобильных дорогах.— М.: Транспорт, 1979.— 296 с.

Залуга В. П., Кашкин С. К. Знаки и указатели на автомобильных дорогах.— М.: Транспорт, 1974.— 128 с.

Иносэ Х., Хамада Г. Управление дорожным движением / Под ред. М. Я. Блинкина; Пер. с англ.— М.: Транспорт, 1983.— 248 с.

Капитанов В. Г., Хилажев Е. Б. Управление транспортными потоками в городах.— М.: Транспорт, 1985.— 94 с.

Клинковштейн Г. И. Организация дорожного движения: Учебник для вузов.— М.: Транспорт, 1981.— 240 с.

Кременец Ю. А., Печерский М. П. Технические средства регулирования дорожного движения: Учебник для вузов.— М.: Транспорт, 1981.— 252 с.

Печерский М. П., Хорович Б. Г. Автоматизированные системы управления дорожным движением в городах.— М.: Транспорт, 1979.— 176 с.

Руководство по проектированию и внедрению автоматизированных систем управления дорожным движением на базе АСС УД / Под общ. ред. Г. Я. Волошина.— М.: ВНИИБД МВД СССР, 1981.— 232 с.

Руководство по регулированию дорожного движения в городах / МВД СССР, МЖКХ РСФСР.— М.: Стройиздат, 1974.— 97 с.

Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения.— М.: Транспорт, 1977.— 303 с.

Системы и средства автоматизированного управления дорожным движением в городах / Е. Б. Хилажев, В. С. Соколовский, В. М. Гурулев и др.— М.: Транспорт, 1984.— 183 с.

Указания по организации приоритетного движения транспортных средств общего пользования / Ю. Д. Шелков, Ю. А. Кременец, А. Н. Красников и др.— М.: Транспорт, 1984.— 32 с.

Указания по применению дорожных знаков / МВД СССР, Минавтодор РСФСР.— М.: Транспорт, 1984.— 112 с.

Хилажев Е. Б., Кондратьев В. Д. Микропроцессорная техника в управлении транспортными потоками.— М.: Транспорт, 1987.— 175 с.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

### А

- Автоматизированная система управления 11
- в транспортных тоннелях 217
- магистральная 123
- на автомобильных дорогах 149
- общегородская 131
- Автоматическое управление 10
- Адаптивное управление 10, 63
- Алгоритмы управления 11, 63, 133
- Антифантомные устройства 25
- Аппаратура приоритетного пропуска 138

### Б

- Базовая программа 119, 134
- Безопасная конструкция опор 181
- Бесцентровые системы 123, 127
- Блоки детектора транспорта 103
- контроллера 89
- шкафа ШКГУП 129
- Блок-каркас 89

### В

- Ветровая нагрузка 181
- Видимость дорожных знаков 154
- дорожной разметки 196
- сигналов светофора 20
- Вызывные устройства 84, 209
- Выносные пульта 71, 93
- Вычислительный модуль контроллера 79

### Г

- Газосветная трубка 23
- Галогенная лампа 23
- Генератор импульсов 72
- Генплан расстановки технических средств 237
- Градиентное управление 121
- Граничный интервал 57, 205
- График режима светофорной сигнализации 40, 49, 54
- координированного управления 110
- Группообразование в потоке 108

### Д

- Дальняя конфликтная точка 44
- Двухфазный цикл 34
- Детектор транспорта 10, 97
- проходной 97
- присутствия 98
- Диспетчерское управление 141
- Дисплей 11, 142
- Длина опоры знака 181
- Допустимость конфликтов 36
- Дублирование знаков 158
- светофоров 26

### Ж

- Желтое мигание 17, 29
- Желтый сигнал 16, 31
- Жесткое управление 10, 30

### З

- Задатчик времени 74
- Задержка транспортных средств 14, 57
- на нерегулируемых перекрестках 57
- на регулируемых перекрестках 58
- пешеходов 205
- Заземление контроллера 243
- Запасные части 247
- Запоминающие устройства 79, 144
- Заторовое состояние 106, 135
- Зеленая волна 11, 107
- стрелка 17
- улица 106, 135
- Зеленый сигнал 17
- Знаки дорожные 153
- индивидуального проектирования 154
- с внешним освещением 173
- с внутренним освещением 173
- со световозвращением 174
- управляемые 177
- Знаки на перекрестках 169
- на кривых в плане 170
- на пешеходных переходах 207
- на подъемах и спусках 172
- Значение сигналов светофора 16
- Зона действия знаков 157
- пешеходного перехода 207

## И

- Иерархический принцип управления 133
- Изолированный перекресток 11
- Индуктивная рамка 100
- Исполнительное устройство 76
- Источники света светофоров 22
- Исходные данные для расчета цикла 40
  - плана координации 110, 117

## К

- Кабель 235
- Кабельное расписание 238
- Каналы связи 122
- Классификация детекторов транспорта 97
  - дорожных знаков 153
  - дорожной разметки 183
  - контроллеров 69
  - светофоров 18
  - систем управления 127, 150
  - технических средств 12
- Ключевой перекресток 110
- Коммутация ламп 77
- Контроллер БКТ 85
  - ДК-7 93
  - ДКЛ-А 91
  - ДКЛ-МП 95
  - ДКМ 91
  - ДКМП-1М 93
  - КЗЦ 79, 148
  - КЗЦ1 148
  - СПРУТ-1М 84
  - УК 82
- Контроллеры первого поколения 82
  - второго поколения 86
  - третьего поколения 93
- Контроль въезда на автомагистраль 151
  - скоростного режима 150
  - перегорания ламп 75
- Контрольно-диагностическая аппаратура 247
- Контрольно-испытательный пункт 231
- Контур управления 10, 132
- Координатор 123, 126, 128
- Координированное управление на магистрали 11, 107
  - на сети улиц 115
- Коррекция графика координированного управления 112
  - программы местная 120
  - — общая 119
  - цикла регулирования 47
- Краевая линия разметки 185, 187
- Красный сигнал 16
- Краска для дорожной разметки 196
- Крепление знаков 182

## Л

- Лента времени 112

- Линзы светофора 24
- Локальное управление 11
- Локальный контроллер 11, 69

## М

- Максимальная длительность основного такта 65
  - цикла регулирования 46
- Маркер 202
- Маршрутное ориентирование 166
- Машины для нанесения разметки 198
- Метод разнесенных стоп-линий 221
- Микропроцессоры 78, 93
- Микрошарики 176
- Минимальная длительность основного такта 47, 65
  - цикла регулирования 46
- Мнемосхема 142
- Многопрограммное управление 49, 118
- Монтажно-эксплуатационная служба 229

## Н

- Необходимое число программ управления 49
- Номер маршрута 167

## О

- Обмен информацией 129, 141
- Оборудование железнодорожного переезда 213
- Обособленные полосы 219
- Обратная связь 10
- Объект управления 131
- Ограждения 211, 228, 242
- Опережение включения зеленого сигнала 113
- Опоры дорожных знаков 180
  - деревянные 181
  - железобетонные 182
- Оптическое устройство светофора 22
- Основной знак 158
- Основной такт 30, 46
  - для пропуска пешеходов 47
  - для пропуска трамвая 47
- Островок безопасности 208, 241
- Отражатель светофора 24

## П

- Панель коммутации 77
- Параметры разметки 184
- Переносной светофор 226
- Перестроение на другую проезжую часть 227
- Переходный интервал 32
  - период 225, 227

Периодичность технического обслуживания 245  
Периферийное оборудование 124, 128, 136  
Пешеходная фаза 36, 55  
Пешеходное вызывное табло 210  
Пешеходный переход 56, 207  
— светофор 20  
План работы СМЭП 233  
Повторение знаков 158  
Поиск разрыва в потоке 65  
Последовательность расчета цикла 40  
Потерянное время в цикле 32  
Поток насыщения 33, 41  
Пофазный разъезд 33  
Поэтапный пропуск пешеходов 36, 48, 56  
Предварительная установка знаков 158  
Прерывистая линия разметки 184  
Приоритет в движении 169  
— команд 75, 95  
— режимов УВК 141  
Приоритетный проезд 135, 218  
Программа координации 110  
Программное обеспечение АСУД 133  
— устройство 72  
Проектирование светофорного объекта 234  
Производственные подразделения СМЭП 231  
Прокладка кабеля 238  
Промежуточный такт 30, 44  
Пропуск фазы 84  
Пульт управления 143  
— контроля и управления 129  
— оперативного управления 148

## Р

Рабочий орган маркировочных машин 201  
Разделка кабеля 242  
Размер сигнала светофора 20  
Разметка дорожная 183  
— вертикальная 194  
— горизонтальная 186  
— на кривых в плане 190  
— на перекрестках 191  
— на остановках и стоянках 33  
— на подъемах и спусках 188  
— на прямых участках 186  
Размещение светофоров 26  
Район координации 133  
Распад группы автомобилей 108  
Расчет на ЭВМ 60, 115, 155  
Расчетная скорость 109  
Расчетный фазовый коэффициент 44  
— цикл 110  
Реверсивная полоса 222  
Регулирование движения 9  
Регулируемое направление 38, 62  
Режим светофорной сигнализации 31  
Резервная программа 86, 92, 141

Реле времени 124  
Ремонт технических средств 247  
Ручное управление 10, 93  
Рефюжи 208

## С

Световое табло 179  
Световоды 179  
Световозвращающие элементы 174, 197  
Светотехнические параметры светофора 21  
Светофильтры-рассеиватели 24  
Сдвиг фазы 112  
Секция светофора 18, 22  
Сигнал синхронизации 123  
Сигнализация на железнодорожном переезде 215  
Сигнально-переговорные стойки 151  
Сигналы светофора 16  
Сила света сигнала 21  
Силовая часть контроллера 71, 76  
Синхронизирующее устройство 122  
Система АРДАМ 152  
— АСКУ 126  
— «Город М» 144  
— «Город М1» 145  
— «Сигнал» 147  
— СТАРТ 146  
— ТСКУ-3М 124  
Системное управление 11  
Системный контроллер 11, 70  
Совместное применение знаков 161  
Состав УВК 140  
Сплошная линия разметки 184  
Средства отображения информации 11, 142, 151

Стартовая задержка 32  
Степень насыщения фазы 49  
Стоп-линия 192  
Структура АСУД 133  
— светофорного цикла 30  
Структурная схема детектора 97  
— контроллера 70  
— систем управления 122, 125, 134, 145, 147  
Субблоки 87  
Схема разметки дорог 186  
— размещения детекторов 105  
Счетчик импульсов 74

## Т

Таблица коммутации 77  
Такт регулирования 30  
Телевизионный обзор 143  
Телесигнализация 92  
Телуправление 92  
Техническое обслуживание 244  
— оснащение СМЭП 232  
Технология нанесения разметки 202

Типоразмеры знаков 153  
Типы светофоров 18  
Тиристор 76  
Трехфазный цикл 35

### У

Угловой размер знака 154  
Ультразвуковой детектор 101  
Управление движением 9  
— по направлениям перекрестка 38, 48  
Усилитель-преобразователь детектора 97  
Условия применения координированного управления 107  
— островков безопасности 208  
— пешеходных ограждений 211  
— разметки 183  
— светофоров 28  
— управляемых знаков 177  
Установка детекторов 104, 241  
— знаков 157, 164  
— контроллеров 240  
— светофоров 26, 223, 240  
Устройство телемеханики 126, 137  
— обмена информацией 137  
Участки обгона 188

### Ф

Фаза регулирования 30  
Фазовый коэффициент 40, 43  
Фантомный эффект 24  
Функции УВК 139

### Х

Характеристики детекторов 101  
— контроллеров 83, 87, 91, 94  
— машин для разметки 200

### Ц

Цвет разметки 185  
Цветовой код знаков 156  
Цепь коммутации 77  
Цикл регулирования 31, 45

### Ч

Чередование сигналов светофора 16  
Чувствительный элемент детектора 98

### Ш

Ширина островка безопасности 208  
— пешеходного перехода 207  
Шкаф ШКИУП 129

### Э

Экипажное время 65  
Экспериментальное определение задержки 59  
Электромонтажные работы 242  
Элементная база 87  
Этапы развития технических средств 6  
Эффективная длительность фазы 32  
Эффективность управления движением 13, 67, 114, 148

Периодичность технического обслуживания 245  
Периферийное оборудование 124, 128, 136  
Пешеходная фаза 36, 55  
Пешеходное вызывное табло 210  
Пешеходный переход 56, 207  
— светофор 20  
План работы СМЭП 233  
Повторение знаков 158  
Поиск разрыва в потоке 65  
Последовательность расчета цикла 40  
Потерянное время в цикле 32  
Поток насыщения 33, 41  
Пофазный разезд 33  
Поэтапный пропуск пешеходов 36, 48, 56  
Предварительная установка знаков 158  
Прерывистая линия разметки 184  
Приоритет в движении 169  
— команд 75, 95  
— режимов УВК 141  
Приоритетный проезд 135, 218  
Программа координации 110  
Программное обеспечение АСУД 133  
— устройство 72  
Проектирование светофорного объекта 234  
Производственные подразделения СМЭП 231  
Прокладка кабеля 238  
Промежуточный такт 30, 44  
Пропуск фазы 84  
Пульт управления 143  
— контроля и управления 129  
— оперативного управления 148

## Р

Рабочий орган маркировочных машин 201  
Разделка кабеля 242  
Размер сигнала светофора 20  
Разметка дорожная 183  
— вертикальная 194  
— горизонтальная 186  
— на кривых в плане 190  
— на перекрестках 191  
— на остановках и стоянках 193  
— на подъемах и спусках 188  
— на прямых участках 186  
Размещение светофоров 26  
Район координации 133  
Распад группы автомобилей 108  
Расчет на ЭВМ 60, 115, 155  
Расчетная скорость 109  
Расчетный фазовый коэффициент 44  
— цикл 110  
Реверсивная полоса 222  
Регулирование движения 9  
Регулируемое направление 38, 62  
Режим светофорной сигнализации 31  
Резервная программа 86, 92, 141

Реле времени 124  
Ремонт технических средств 247  
Ручное управление 10, 93  
Рефуже 208

## С

Световое табло 179  
Световоды 179  
Световозвращающие элементы 174, 197  
Светотехнические параметры светофора 21  
Светофильтры-рассеиватели 24  
Сдвиг фазы 112  
Секция светофора 18, 22  
Сигнал синхронизации 123  
Сигнализация на железнодорожном переезде 215  
Сигнально-переговорные стойки 151  
Сигналы светофора 16  
Сила света сигнала 21  
Силовая часть контроллера 71, 76  
Синхронизирующее устройство 122  
Система АРДАМ 152  
— АСКУ 126  
— «Город М» 144  
— «Город М1» 145  
— «Сигнал» 147  
— СТАРТ 146  
— ТСКУ-3М 124  
Системное управление 11  
Системный контроллер 11, 70  
Совместное применение знаков 161  
Состав УВК 140  
Сплошная линия разметки 184  
Средства отображения информации 11, 142, 151  
Стартовая задержка 32  
Степень насыщения фазы 49  
Стоп-линия 192  
Структура АСУД 133  
— светофорного цикла 30  
Структурная схема детектора 97  
— контроллера 70  
— систем управления 122, 125, 134, 145, 147  
Субблоки 87  
Схема разметки дорог 186  
— размещения детекторов 105  
Счетчик импульсов 74

## Т

Таблица коммутации 77  
Такт регулирования 30  
Телевизионный обзор 143  
Телесигнализация 92  
Телеуправление 92  
Техническое обслуживание 244  
— оснащение СМЭП 232  
Технология нанесения разметки 202

Типоразмеры знаков 153  
Типы светофоров 18  
Тиристор 76  
Трехфазный цикл 35

## У

Угловой размер знака 154  
Ультразвуковой детектор 101  
Управление движением 9  
— по направлениям перекрестка 38, 48  
Усилитель-преобразователь детектора 97  
Условия применения координированного управления 107  
— островков безопасности 208  
— пешеходных ограждений 211  
— разметки 183  
— светофоров 28  
— управляемых знаков 177  
Установка детекторов 104, 241  
— знаков 157, 164  
— контроллеров 240  
— светофоров 26, 223, 240  
Устройство телемеханики 126, 137  
— обмена информацией 137  
Участки обгона 188

## Ф

Фаза регулирования 30  
Фазовый коэффициент 40, 43  
Фантомный эффект 24  
Функции УВК 139

## Х

Характеристики детекторов 101  
— контроллеров 83, 87, 91, 94  
— машин для разметки 200

## Ц

Цвет разметки 185  
Цветовой код знаков 156  
Цепь коммутации 77  
Цикл регулирования 31, 45

## Ч

Чередование сигналов светофора 16  
Чувствительный элемент детектора 98

## Ш

Ширина островка безопасности 208  
— пешеходного перехода 207  
Шкаф ШК1УП 129

## Э

Экипажное время 65  
Экспериментальное определение задержки 59  
Электромонтажные работы 242  
Элементная база 87  
Этапы развития технических средств 6  
Эффективная длительность фазы 32  
Эффективность управления движением 13, 67, 114, 148

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений и обозначений . . . . .	3
Введение . . . . .	5
<b>Глава 1. Основные понятия об управлении дорожным движением . . . . .</b>	<b>9</b>
1.1. Термины и определения . . . . .	9
1.2. Классификация технических средств . . . . .	12
1.3. Показатели эффективности применения технических средств . . . . .	13
<b>Глава 2. Светофоры . . . . .</b>	<b>16</b>
2.1. Значение и чередование сигналов . . . . .	16
2.2. Типы светофоров . . . . .	17
2.3. Светотехнические параметры . . . . .	20
2.4. Конструкция светофоров . . . . .	22
2.5. Размещение и установка светофоров . . . . .	26
<b>Глава 3. Режимы работы светофорной сигнализации на перекрестке . . . . .</b>	<b>28</b>
3.1. Критерии ввода светофорной сигнализации . . . . .	28
3.2. Основы жесткого программного управления . . . . .	30
3.3. Пофазный разъезд транспортных средств . . . . .	33
3.4. Управление движением по отдельным направлениям перекрестка . . . . .	38
3.5. Расчет длительности цикла и его элементов . . . . .	40
3.6. Светофорный цикл с полностью пешеходной фазой . . . . .	55
3.7. Задержки транспортных средств . . . . .	57
3.8. Принципы автоматизированного проектирования режима светофорной сигнализации . . . . .	60
3.9. Адаптивное управление . . . . .	63
<b>Глава 4. Дорожные контроллеры . . . . .</b>	<b>69</b>
4.1. Назначение и классификация . . . . .	69
4.2. Структурная схема контроллера . . . . .	70
4.3. Программно-логические и исполнительные устройства . . . . .	72
4.4. Принципы коммутации ламп светофоров . . . . .	77
4.5. Применение микропроцессоров в дорожных контроллерах . . . . .	78
4.6. Характеристика контроллеров отечественного производства . . . . .	80
<b>Глава 5. Детекторы транспорта . . . . .</b>	<b>97</b>
5.1. Назначение и классификация . . . . .	97
5.2. Характеристика детекторов отечественного производства . . . . .	101
5.3. Размещение детекторов . . . . .	104
<b>Глава 6. Технические средства координированного управления . . . . .</b>	<b>107</b>
6.1. Основы координированного управления . . . . .	107
6.2. Методы расчета программ координации . . . . .	110
6.3. Общая и местная коррекция программ . . . . .	118
6.4. Техническая реализация систем координированного управления . . . . .	121

Глава 7.	Технические средства общегородских автоматизированных систем управления дорожным движением . . . . .	131
	7.1. Структура систем и методы управления движением . . . . .	131
	7.2. Периферийное оборудование системы . . . . .	136
	7.3. Управляющий вычислительный комплекс . . . . .	139
	7.4. Средства диспетчерского управления . . . . .	141
	7.5. Характеристика отечественных АСУД . . . . .	143
	7.6. Системы управления движением на автомобильных дорогах . . . . .	149
Глава 8.	Дорожные знаки . . . . .	153
	8.1. Назначение и классификация . . . . .	153
	8.2. Установка и зоны действия знаков . . . . .	157
	8.3. Применение дорожных знаков в различных условиях движения . . . . .	166
	8.4. Конструкция дорожных знаков . . . . .	173
Глава 9.	Дорожная разметка . . . . .	183
	9.1. Виды дорожной разметки и ее назначение . . . . .	183
	9.2. Применение горизонтальной разметки в различных дорожных условиях . . . . .	186
	9.3. Условия применения вертикальной разметки . . . . .	194
	9.4. Материалы и оборудование для нанесения разметки . . . . .	195
Глава 10.	Средства организации движения пешеходных потоков . . . . .	205
	10.1. Характер взаимодействия конфликтующих транспортных и пешеходных потоков . . . . .	205
	10.2. Технические средства организации движения на пешеходных переходах . . . . .	207
	10.3. Пешеходные вызывные устройства . . . . .	209
	10.4. Направляющие пешеходные ограждения . . . . .	211
Глава 11.	Технические средства управления в особых условиях движения . . . . .	213
	11.1. Управление движением на железнодорожных переездах . . . . .	213
	11.2. Управление движением в транспортных тоннелях, на мостах и путепроводах . . . . .	216
	11.3. Управление движением транспортных средств общего пользования . . . . .	218
	11.4. Управление реверсивным движением . . . . .	222
	11.5. Управление движением в местах производства работ на проезжей части . . . . .	225
Глава 12.	Монтаж и эксплуатация технических средств . . . . .	229
	12.1. Задачи монтажно-эксплуатационной службы . . . . .	229
	12.2. Специализированные монтажно-эксплуатационные подразделения . . . . .	230
	12.3. Проектирование светофорных объектов . . . . .	234
	12.4. Строительно-монтажные работы . . . . .	238
	12.5. Организация технического обслуживания . . . . .	244
	Список литературы . . . . .	249
	Предметный указатель . . . . .	250

*Учебник*

**КРЕМЕНЕЦ ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА  
ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО  
ДВИЖЕНИЯ**

Предметный указатель составлен

*Ю. А. Кременцом*

Технический редактор *Л. Г. Дягилева*

Корректор-вычитчик *С. М. Лобова*

Корректор *Т. А. Мельникова*

ИБ № 4181

*Цветная вклейка*

---

Сдано в набор 28.09.89. Подписано в печать 27.04.90.  
Т-00150. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бум. офсетная № 2. Гарни-  
тура литературная. Офсетная печать. Усл. печ. л. 16+  
+0,5 цв. вкл. Усл. кр.-отт. 35. Уч.-изд. л. 19,17. Тираж  
19 000 экз. Заказ 4954. Цена 1 руб. 10 коп.  
Изд. № 1—1/8—6 № 4835.

Ордена «Знак Почета» издательство «ТРАНСПОРТ»,  
103064, Москва, Басманный туп., 6а

---

Ордена Трудового Красного Знамени типография изда-  
тельства Куйбышевского обкома КПСС.  
443086, г. Куйбышев, просп. Карла Маркса, 201.

