

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Баламирзоев Назим Лиодинович
Должность: Ректор
Дата подписания: 2019.03.01
Уникальный программный ключ:
5cf0d6f89e80f49a334f6a4ba58e91f3326b9926

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

**«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

КАФЕДРА ОРГАНИЗАЦИИ И БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ



ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

курс лекций

для студентов направления подготовки бакалавров
23.03.01 – Технология транспортных процессов,
профиль «Организация и безопасность движения»

Курс лекций по дисциплине «Технические средства организации дорожного движения» для студентов направления подготовки бакалавров 23.03.01 – Технология транспортных процессов, профиль «Организация и безопасность движения». – Махачкала, ДГТУ, 2019 г. -201 с.

В курсе лекций приведены назначение и классификация технических средств, условия их применения, основы их монтажа и эксплуатации. Изложены основы управления дорожным движением.

Курс лекций предназначен для студентов направления подготовки бакалавров 23.03.01 – Технология транспортных процессов, профиль «Организация и безопасность движения».

Составители: старший преподаватель кафедры ОиБД
Бегов Надим Бегович
старший преподаватель кафедры АД,ОиФ
Гусейнов Марат Рамизович

Рецензенты: к.т.н., доцент кафедры ОиБД Гасанов Т.Г.
к.т.н., доцент кафедры АД МФ МАДГТУ (МАДИ)
Селимханов Д.Н.

Печатается согласно постановлению Ученого совета Дагестанского государственного технического университета.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
Тема 1. Цели и задачи изучения дисциплины ТСОДД	7
1. Цели и задачи изучения дисциплины ТСОДД.....	7
2. Роль технических средств организации движения в системе мероприятий по решению транспортной проблемы	7
3. Нормативные положения и специальная литература по ТСОД	8
Тема 2. Основные понятия об управлении дорожным движением	9
1. Организация, управление и регулирование дорожным движением	9
2. Координированное управление	11
3. Общая классификация технических средств организации движения	11
4. Показатели эффективности применения технических средств	13
Тема №3. Дорожные знаки	14
1. Назначение и классификация дорожных знаков	14
2. Знаки индивидуального проектирования	16
3. Принципы установки и размещение знаков	18
4. Повторение, дублирование и предварительная установка знаков	19
5. Совместное применение дорожных знаков	28
6. Применение дорожных знаков в различных условиях движения	30
7. Применение знаков на пересечениях и примыканиях	33
8. Способы установки дорожных знаков	35
9. Применение знаков на подъемах и спусках	36
10. Конструкция дорожных знаков	37
11. Принцип действия, конструкция и область применения управляемых знаков	41
12. Опоры дорожных знаков	43
Тема 4. Дорожная разметка.....	45
1. Виды дорожной разметки и её назначение	45
2. Влияние дорожной разметки на режим и безопасность движения	46
3. Форма, цвет и размеры дорожных разметок	48
4. Применение горизонтальной разметки в различных условиях движения	48
5. Условия применения вертикальной разметки	55
6. Схемы разметки дороги и дорожных сооружений	56
7. Оборудование и материалы для нанесения дорожной разметки	57
8. Способы нанесения линий разметки	59
9. Характеристика отечественных и зарубежных машин для нанесения дорожной разметки	60

Тема 5. Дорожные светофоры	62
1. Назначение и область применения дорожных светофоров	62
2. Типы светофоров	64
3. Светотехнические параметры	67
4. Размещение и установка светофоров	69
Тема 6. Режим работы светофорной сигнализации	70
1. Критерии ввода светофорной сигнализации	70
2. Структура светофорного цикла. Понятие и о такте и фазе регулирования	72
3. Потерянное время в цикле регулирования	74
4. Пофазный разъезд транспортных средств	75
5. Управление движением по отдельным направлениям движения	79
6. Последовательность расчета длительности цикла при жестком регулировании	81
7. Фазовые коэффициенты	84
8. График режима светофорной сигнализации	89
9. Светофорный цикл с полностью пешеходной фазой	95
10. Задержки транспортных средств	97
11. Адаптивное управление	101
Тема 7. Координированное управление движением	105
1. Основы координированного управления	105
2. Графоаналитический метод расчета программы координации	108
3. Методы расчета программ координации на ЭВМ	112
4. Общая и местная коррекция программ	114
Тема 8. Дорожные контроллеры	117
1. Назначение и классификация дорожных контроллеров	117
2. Структурная схема контроллера	118
3. Принципы исполнения программно-логических и силовых устройств	120
4. Принципы коммутации ламп светофоров	125
5. Использование микропроцессорной техники для построения дорожных контроллеров	126
6. Характеристики контроллеров, находящихся в эксплуатации	128
Тема 9. Детекторы транспорта	139
1. Назначение и классификация детекторов транспорта	139
2. Размещение детекторов	143
3. Основные характеристики детекторов.....	145

Тема 10. Автоматизированные системы управления дорожным движением	148
1. Классификация систем АСУДД	148
2. Структура систем и методы управления движением	149
3. Периферийное оборудование	154
4. Управляющий вычислительный комплекс	155
5. Диспетчерская связь	156
6. Отечественные упрощенные системы управления, находящиеся в эксплуатации	158
7. Система управления на дорогах с непрерывным движением	159
8. Пример построения отечественной системы управления «Старт»	162
Тема 11. Средства организации пешеходных потоков	166
1. Характер взаимодействия конфликтующих транспортных и пешеходных потоков	166
2. Технические средства организации движения на пешеходных переходах	168
3. Пешеходные вызывные устройства	171
4. Направляющие пешеходные ограждения	172
Тема 12. Технические средства управления в особых условиях движения	173
1. Управление движением на железнодорожных переездах	173
2. Управление движением в транспортных тоннелях, на мостах и путепроводах	176
3. Управление движением маршрутных транспортных средств	178
4. Технические средства управления реверсивным движением	182
5. Управление движением в местах проведения работ на проезжей части	185
Тема 13. Монтаж и эксплуатация технических средств	187
1. Задачи монтажно-эксплуатационной службы, их функции, структура и техническое оснащение	187
2. Специализированные монтажно-эксплуатационные предприятия	188
3. Порядок проектирования светофорных объектов	191
4. Строительно-монтажные работы. Прокладка кабельной сети	194
5. Установка технических средств	196
6. Электромонтажные работы	197
7. Организация технического обслуживания	198
Список литературы	201

ВВЕДЕНИЕ

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 (УДС).

Рост интенсивности транспортных и пешеходных потоков непосредственно сказывается также на безопасности дорожного движения. Свыше 70 % всех ДТП приходится на города и другие населенные пункты. При этом на перекрестках, занимающих незначительную часть территории города, концентрируется почти 20 % всех ДТП.

Организационные мероприятия способствуют упорядочению движения на уже существующей УДС. К числу таких мероприятий относятся введение одностороннего движения и 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 сравнительно быстрому эффекту. В ряде случаев организационные мероприятия выступают в роли единственного средства для решения транспортной проблемы.

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 вычислительных машин, средств автоматики, 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.

В курсе лекций изложены инженерные основы управления движением. Приведены разработки в области технических средств, а также учтены последние изменения в нормативных документах, связанных с их производством и применением в различных условиях движения.

Материалы, изложенные в курсе лекций, содержат необходимые сведения по устройству и тактике применения технических средств, методам инженерных расчетов, связанных с их внедрением.

Тема 1: ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ТСОДД

1. Цель и задачи изучения дисциплины ТСОДД

Цель преподавания дисциплины – изучение методов использования технических средств при формировании оптимальной схемы организации дорожного движения и достижении наиболее эффективного функционирования транспортной системы.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение критериев необходимости применения технических средств организации движения;
- изучение методов применения дорожных знаков, разметки, светофоров как составляющих единой системы технических средств организации движения;
- изучение основ конструкции технических средств организации движения;
- анализ методики расчета оптимального цикла при жестком и адаптивном изолированном светофорном регулировании;
- изучение принципов организации координированной работы технических средств и автоматизированных систем управления дорожным движением;
- определение экономической оценки эффективности внедрения технических средств организации движения.

Для успешного изучения курса технических средств организации движения студент должен обладать следующими знаниями:

- из курса основ теории надежности и диагностики иметь понятия о надежности и ее свойствах, технических отказах и их видах;
- из курса управления техническими системами иметь понятия о технической системе, ее составляющих и иерархических уровней организации, алгоритмах функционирования технических систем.

2. Роль технических средств организации движения в системе мероприятий по решению транспортной проблемы

Бурный рост автомобилизации 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 (УДС). Здесь увеличиваются транспортные задержки, образуются очереди и заторы, что вызывает снижение скорости сообщения, неоправданный перерасход топлива и повышенное изнашивание узлов и агрегатов транспортных средств.

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 персональных компьютеров, средств автоматики, 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.

3. Нормативные положения и специальная литература по ТСОД

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 Протоколу о дорожных знаках и сигналах 1949 г. и Европейским соглашениям 1971 г., а также Протоколу о разметке дорог 1973 г. Поэтому действующие на территории нашей страны нормативные положения, касающиеся технических средств организации дорожного движения, учитывают основные предписания этих документов.

В связи с ростом интенсивности и связанными с этим изменениями условий движения, а также непрерывным развитием технических средств организации движения в последние годы в Российской Федерации выполнена большая работа по совершенствованию соответствующих нормативных положений. Переработаны действующие положения и выпущены новые государственные стандарты: ГОСТ Р 52290 - 2004 "Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования"; ГОСТ Р 51256-99 "Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Типы и основные параметры. Общие технические требования"; ГОСТ Р 52282 – 2004 "Технические средства организации дорожного движения. Светофоры дорожные. Типы и основные параметры. Общие технические требования. Методы испытаний" и ГОСТ Р 52289 – 2004 "Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств".

Тема 2: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОБ УПРАВЛЕНИИ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

1. Организация, управление и регулирование дорожным движением

Дорожное движение представляет комплекс инженерных и организационных мероприятий на существующей УДС, 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 в роли объектов управления выступают транспортные и пешеходные потоки. Частным видом управления движением является *регулирование*, т.е. поддержание параметров движения в заданных пределах.

С учетом того, что регулирование – это лишь частный случай как управления, так и организации движения, а целью применения технических средств является реализация ее схемы, в курсе лекций используется термин *технические средства организации движения* или *технические средства управления движением*. Это соответствует принятой в настоящее время терминологии, зафиксированной в нормативных документах.

Вместе с тем термин регулирование в силу сложившейся традиции получил распространение. Например, в Правилах дорожного движения Российской Федерации перекрестки и пешеходные переходы, оборудованные светофорами, называются регулируемые в отличие от нерегулируемых, где светофоры отсутствуют. Существуют также термины цикл регулирования, регулируемое направление и т. п. В специальной литературе перекресток, оборудованный светофорами, называется светофорным объектом.



Рис.2.1. Структурная схема контура управления

Сущность управления движением заключается в том, чтобы обязывать водителей и пешеходов, запрещать или рекомендовать им те или иные действия в интересах обеспечения скорости и безопасности. Оно осуществляется путем включения соответствующих требований в Правила дорожного движения

Российской Федерации, а также применением комплекса технических средств и распорядительными действиями инспекторов дорожно-патрульной службы и других лиц, имеющих соответствующие полномочия.

Объект управления, комплекс технических средств и коллективы людей, вовлеченные в технологический процесс управления движением, образуют контур управления (рис. 2.1). 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 случаях в процессе управления могут быть использованы персональные компьютеры.

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 (ДТ). Информация вводится в устройства автоматики, 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. 2.1 цепь обратной связи, замыкающая контур автоматического управления, показана штриховой линией с учетом, что 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. 2.1 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 УП, 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.

2. Координированное управление

Локальное управление чаще всего применяется на отдельном или на 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 выработки 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 компьютеров алгоритм решения задач управления реализуется также в виде набора программ ее работы.

3. Общая классификация технических средств организации движения

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,

(если оператор не находится на перекрестке) для обратной связи могут быть использованы средства телевизионного надзора, телефонной связи или 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.). В последние годы средства и методы организации дорожного движения интенсивно развиваются, поэтому такая классификация не может считаться исчерпывающей, а терминология – установившейся. Здесь сформулирован лишь ряд общих принципиальных положений, позволяющих определить назначение различных видов технических средств.

4. 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 – универсального, измеримого в реальных условиях движения и имеющего стоимостное выражение, связаны с определенными трудностями.

Для разных «потребителей» систем управления на первый план могут быть выдвинуты различные показатели: число и тяжесть ДТП, пропускная способность УДС; транспортные задержки; число остановок транспортных средств; длина очередей перед перекрестками; время выполнения поездки; скорость сообщения; степень загазованности окружающей среды; 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 ДТП 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 раздражаемость и психологическую утомляемость водителей, что в конечном счете уменьшает и вероятность возникновения ДТП. Тем не менее только путем уменьшения средних задержек транспортных средств добиться снижения числа ДТП 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 длительности минимального разрешающего, максимального запрещающего и промежуточного сигналов светофоров, расчетной скорости движения и т.д. Кроме этого, показатель безопасности предъявляет определенные требования и к техническим средствам организации движения с точки зрения их безотказности 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 не экономичных 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.

Тема 3: ДОРОЖНЫЕ ЗНАКИ

1. Назначение и классификация дорожных знаков

Дорожные знаки применяют на автомобильных дорогах и улицах для организации движения 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.

В нашей стране принято восемь групп дорожных знаков: предупреждающие, приоритета, запрещающие, предписывающие, особых

предписаний, информационные, сервиса, дополнительной информации (таблички). Название группы говорит об их функциональном назначении. Предупреждающие, информационные знаки и знаки сервиса информируют о дорожных условиях, порядке движения, различных объектах на дороге или вблизи нее.

Запрещающие и предписывающие, знаки особых предписаний, 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 Р 52290-2004 «Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования».

В силу сложившейся традиции предупреждающие знаки (за редким исключением) имеют форму треугольника, запрещающие и предписывающие - круга, особых предписаний, информационные 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 стандартом предусмотрены для дорожных знаков одной и той же группы (кроме табличек и некоторых знаков, размеры которых оговариваются стандартом) четыре типоразмера (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Типо-размер знаков	Условия применения знаков		Сторона треугольника, мм	Диаметр круга, сторона квадрата, мм	Стороны прямоугольника, мм
	вне населенных пунктов	в населенных пунктах			
I	Дороги с одной полосой движения	Улицы местного значения	700	600	600x900
II	Дороги с двумя и тремя полосами движения	Магистральные улицы	900	700	700x1050
III	Дороги с четырьмя и более полосами движения	Скоростные дороги	1200	900	900x1350
IV	Участки автомагистралей, где производя где ремонтные работы; опасные участки на других дорогах	—	1500	1200	—

Качество восприятия 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 размер знака

$$h_{\text{зн}} = 0,637 v_p \alpha_{\text{п}},$$

где v_p - максимально разрешенная скорость, км/ч; $\alpha_{\text{п}}$ - модальное значение порогового углового размера опознавания знака днем, мин.

2. Знаки индивидуального проектирования

В России, 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.3.1, и определяются в каждом конкретном случае в зависимости от приведенного на знаке текста.

Компоновочные размеры знаков индивидуального проектирования, изображений и надписей на них определяются высотой букв $h_{\text{п}}$, из которых формируется надпись. Эта высота находится в пределах 75-500 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 $h_{\text{п}}$ (рис.3.1). Габаритные размеры знака определяют после его компоновки.

Процесс проектирования этих знаков является довольно трудоемким, поэтому разработаны специальные программы их расчета на персональных компьютерах. Предусмотрен ввод следующих исходных данных: высоты буквы $h_{\text{п}}$ 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.



Рис. 3.1. Знак индивидуального проектирования

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, знаки особых предписаний, информационные 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, 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. 3.1 надписи Н. Новгород и Юрьев-Польский находятся на синем фоне, так как к этим населенным пунктам ведут обычные дороги (не автомагистрали). 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 получили наибольшее распространение.

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.

3. Принципы установки и размещение 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 государственным стандартом «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств» 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.

Все запрещающие и предписывающие знаки, а также знаки приоритета (кроме знаков 2.3.1-2.3.7) устанавливают непосредственно перед участками дорог, на которых изменяется порядок движения или вводятся какие-либо ограничения. Знаки 2.3.1-2.3.7 выполняют функцию предупреждения, поэтому их устанавливают также, как и предупреждающие знаки.

Большинство знаков особых предписаний, информационных 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 8.2.1.

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 помощью 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). Действие знаков 2.6 и 2.7 распространяется только на узкий участок дороги, устанавливая очередность проезда. Знаки 2.3.1-2.3.7 предупреждают о пересечении второстепенной дороги, поэтому зона их действия - до ближайшего перекрестка.

Действие знаков особых предписаний, информационных 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 6.2 «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, 5.8 и 5.11. 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 8.1.3-8.1.4 или специальными знаками, предусмотренными стандартом.

Зона действия знаков 5.21, 5.23, 5.25, 5.27, 5.29, 5.31, 5.33 также, как и в предыдущих случаях, заканчивается после установки соответствующих знаков 5.22, 5.24, 5.26 и т.д. Они вводят определенный порядок движения или в пределах зоны действия этих знаков, или в пределах всего населенного пункта. Поэтому эти знаки устанавливают на всех въездах в зону или населенный пункт. Место установки знака 5.23 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).

4. 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. 3.2). Основным является знак, устанавливаемый у объекта, на который распространяется действие или информация этого знака. Основной знак, кроме специально оговоренных случаев, устанавливают справа по ходу движения.

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 8.1.1.

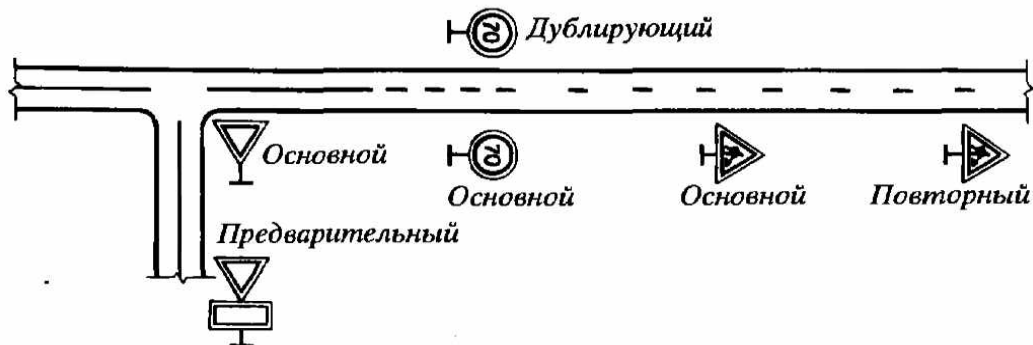


Рис. 3.2. Варианты взаимного расположения одинаковых знаков

Повторение знака является необходимым, если в зоне его действия находится пересечение дорог. Повторный знак устанавливают сразу за перекрестком или 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 одну из разновидностей группы знаков 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 8.1.1 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 ограничениях скорости, обгона, остановки и стоянки автомобилей. Типичной ошибкой в этих случаях является установка одного знака с табличкой 8.2.1, где указана зона большого протяжения, в пределах которой встречаются перекрестки или даже населенные пункты. Избежать повторения после каждого перекрестка знаков ограничения стоянки или максимальной скорости можно путем введения зонального ограничения с помощью соответственно знаков 5.27 или 5.31. Знаки запрещения остановки и стоянки целесообразно повторять с табличкой 8.2.4 на перегонах между перекрестками, устанавливая их после мест разворота, для информирования водителя о том, что после разворота он попадает в зону их действия.

Знаки особых предписаний 5.5 и 5.8 целесообразно повторять после сложных пересечений с тем, чтобы водитель мог своевременно определить продолжение дороги с односторонним или реверсивным движением. Знак 5.14 необходимо обязательно повторять после каждого перекрестка, устанавливая его над полосой, выделенной для маршрутных транспортных средств. Отсутствие повторного знака 5.14 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, 1.23, 1.25 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 устанавливают за 50-100 м до начала опасного участка, поэтому применение совместно с ним таблички 8.1.1 не обязательно. Знаки 1.23 и 1.25 повторяются и в населенных пунктах.

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 полос и более для движения в одном направлении обязательно дублируют знаки, ограничивающие поворот налево или разворот транспортных средств, так как эти маневры совершаются из крайней левой полосы.

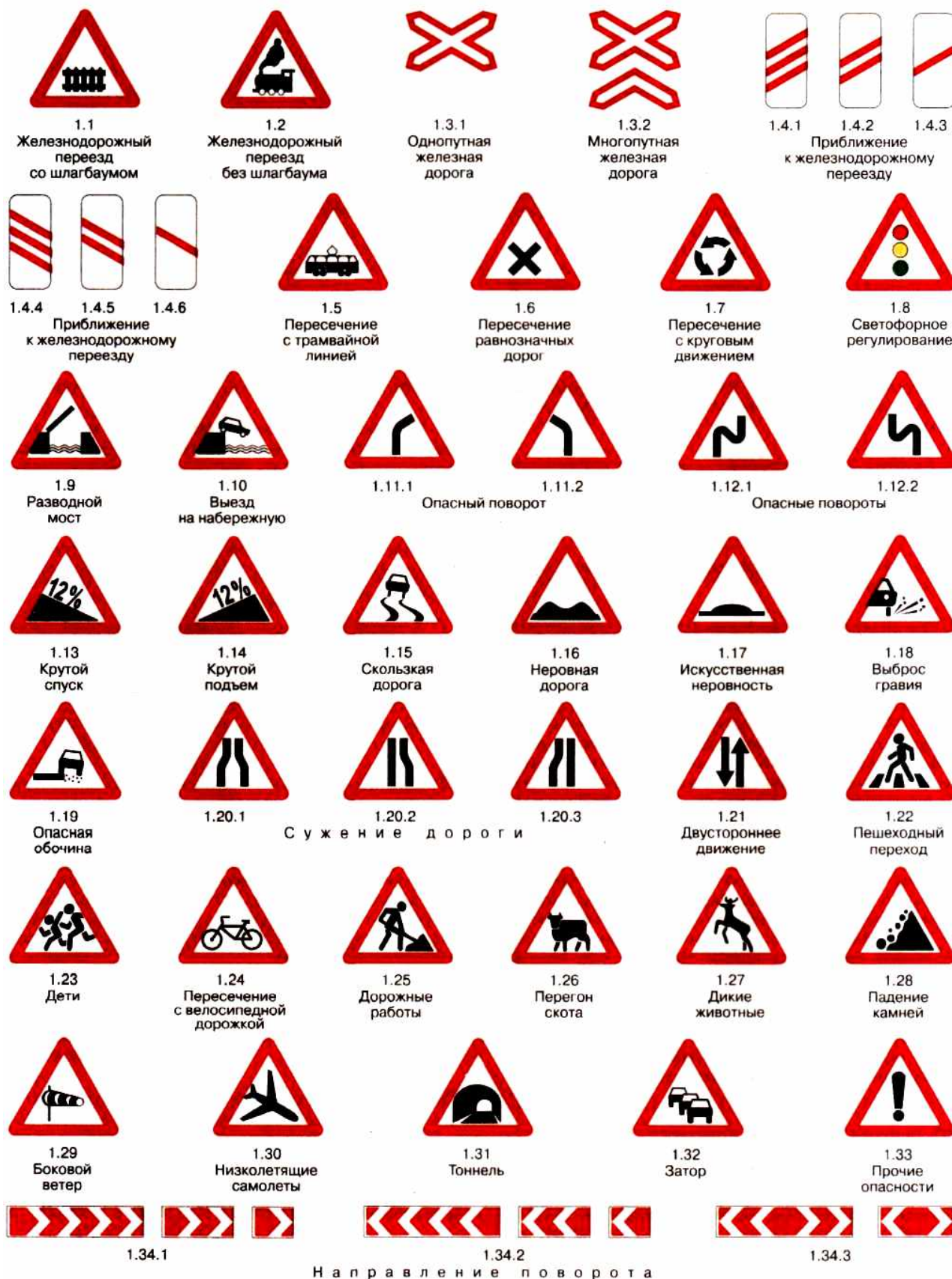
Предварительная установка знака является для водителя предупреждением о предстоящем ограничении или изменении порядка движения, вводимом основным знаком. Необходимость в установке предварительного знака отпадает, если стандартом предусмотрен соответствующий предупреждающий знак. Например, перед кольцевой развязкой, обозначенной знаком 4.3, может быть в необходимых случаях установлен знак 1.7 или знаку 5.6 предшествовать знак 1.21. 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 8.1.1);
- об изменении порядка движения (установка предварительно знаков 5.15.1 и 5.15.2, а также 2.2, 2.4, 3.1, 5.1-5.3, 6.19.1 и 6.19.2 с табличкой 8.1.1);
- 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 повторных и предварительных знаков оговариваются стандартом.

ДОРОЖНЫЕ ЗНАКИ

1. ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИЕ ЗНАКИ



2. ЗНАКИ ПРИОРИТЕТА



2.1
Главная дорога



2.2
Конец главной дороги



2.3.1
Пересечение
с второстепенной
дорогой



2.3.2



2.3.3
Примыкание второстепенной дороги



2.3.4



2.3.5



2.3.6
Примыкание второстепенной дороги



2.3.7



2.4
Уступите дорогу



2.5
Движение
без остановки
запрещено



2.6
Преимущество
встречного
движения



2.7
Преимущество
перед встречным
движением

3. ЗАПРЕЩАЮЩИЕ ЗНАКИ



3.1
Въезд
запрещен



3.2
Движение
запрещено



3.3
Движение механи-
ческих 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 массы
приходящейся
на ось транспорт-
ного средства



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



3.17.3
Контроль



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



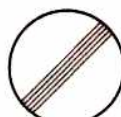
3.28
Стоянка
запрещена



3.29
Стоянка
запрещена
по нечетным
числам месяца



3.30
Стоянка
запрещена
по четным
числам месяца



3.31
Конец зоны
всех ограничений



3.32
Движение
транспортных
средств
с опасными
грузами
запрещено



3.33
Движение транспорт-
ных средств с взрыв-
чатыми и легковос-
пламеняющимися
грузами запрещено

4. 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
Велосипедная
дорожка



4.5
Пешеходная
дорожка



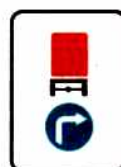
4.6
Ограничение
минимальной
скорости



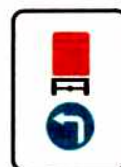
4.7
Конец зоны
ограничения
минимальной
скорости



4.8.1



4.8.2



4.8.3

Направление движения транспортных средств
с опасными грузами

5. ЗНАКИ ОСОБЫХ ПРЕДПИСАНИЙ



5.1
Автомагистраль



5.2
Конец
автомагистрали



5.3
Дорога для
автомобилей



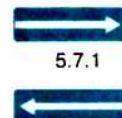
5.4
Конец дороги
для автомобилей



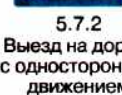
5.5
Дорога с одно-
сторонним
движением



5.6
Конец дороги
с односторонним
движением



5.7.1



5.7.2
Выезд на дорогу
с односторонним
движением



5.8
Реверсивное
движение



5.9
Конец
реверсивного
движения



5.10
Выезд на дорогу
с реверсивным
движением



5.11
Дорога с полосой
для маршрутных
транспортных средств



5.12
Конец дороги с полосой
для маршрутных
транспортных средств



5.13.1
Выезд на дорогу
с полосой для маршрутных
транспортных средств



5.13.2



5.14
Полоса
для маршрутных
транспортных средств



5.15.1
Направления
движения
по полосам



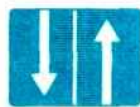
5.15.2
Направления движения по полосе





5.15.2
Направления движения по полосе

5.15.3
Начало полосы



5.15.4
Начало полосы

5.15.5
Конец полосы

5.15.6

5.15.7
Направление движения по полосам



5.15.8
Число полос



5.16
Место остановки
автобуса и (или)
троллейбуса



5.17
Место остановки
трамвая



5.18
Место стоянки
легковых такси



5.19.1
Пешеходный переход



5.19.2



5.20.1
Искусственная
неровность



5.21
Жилая зона



5.22
Конец
жилой зоны



5.23.1



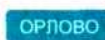
5.23.2
Начало
населенного
пункта



5.24.1



5.24.2
Конец
населенного
пункта



5.25
Начало
населенного
пункта



5.26
Конец
населенного
пункта



5.27
Зона
с ограничениями
стоянки



5.28
Конец зоны
с ограничениями
стоянки



5.29
Зона
регулируемой
стоянки



5.30
Конец зоны
регулируемой
стоянки



5.31
Зона
с ограничением
максимальной
скорости



5.32
Конец зоны
с ограничением
максимальной
скорости



5.33
Пешеходная
зона



5.34
Конец
пешеходной
зоны

6. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ЗНАКИ



6.1
Общие
ограничения
максимальной
скорости



6.2
Рекомендуемая
скорость



6.3.1
Место для
разворота



6.3.2
Зона для
разворота



6.4
Место стоянки



6.5
Полоса
для аварийной
остановки



6.6
Подземный
пешеходный
переход



6.7
Надземный
пешеходный
переход



6.8.1



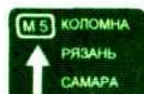
6.8.2
Тупик



6.8.3



6.9.1
Предварительный указатель направлений



6.9.2
Предварительный указатель направления



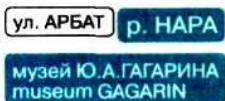
6.9.3
Схема движения



6.10.1
Указатель направлений



6.10.2
Указатель направления



6.11
Наименование объекта



6.12
Указатель расстояний



6.13
Километровый знак



6.14.1
Номер маршрута



6.15.1



6.15.2



6.15.3



6.16
Стоп-линия



6.17
Схема объезда



6.18.1



6.18.2



6.18.3



6.19.1



6.19.2

Предварительный указатель перестроения на другую проезжую часть

7. ЗНАКИ СЕРВИСА



7.1
Пункт первой медицинской помощи



7.2
Больница



7.3
Автозаправочная станция



7.4
Техническое обслуживание автомобилей



7.5
Мойка автомобилей



7.6
Телефон



7.7
Пункт питания



7.8
Питьевая вода



7.9
Гостиница или мотель



7.10
Кемпинг



7.11
Место отдыха



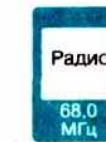
7.12
Пост дорожно-патрульной службы



7.13
Милиция



7.14
Пункт контроля международных автомобильных перевозок



7.15
Зона приема радиостанции, передающей информацию о дорожном движении



7.16
Зона радиосвязи с аварийными службами

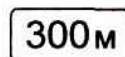


7.17
Бассейн или пляж



7.18
Туалет

8. ЗНАКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ (ТАБЛИЧКИ)

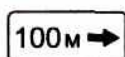


8.1.1

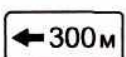


8.1.2

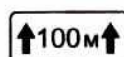
Расстояние до объекта



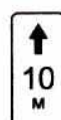
8.1.3



8.1.4



8.2.1



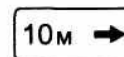
8.2.2



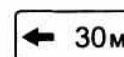
8.2.3



8.2.4

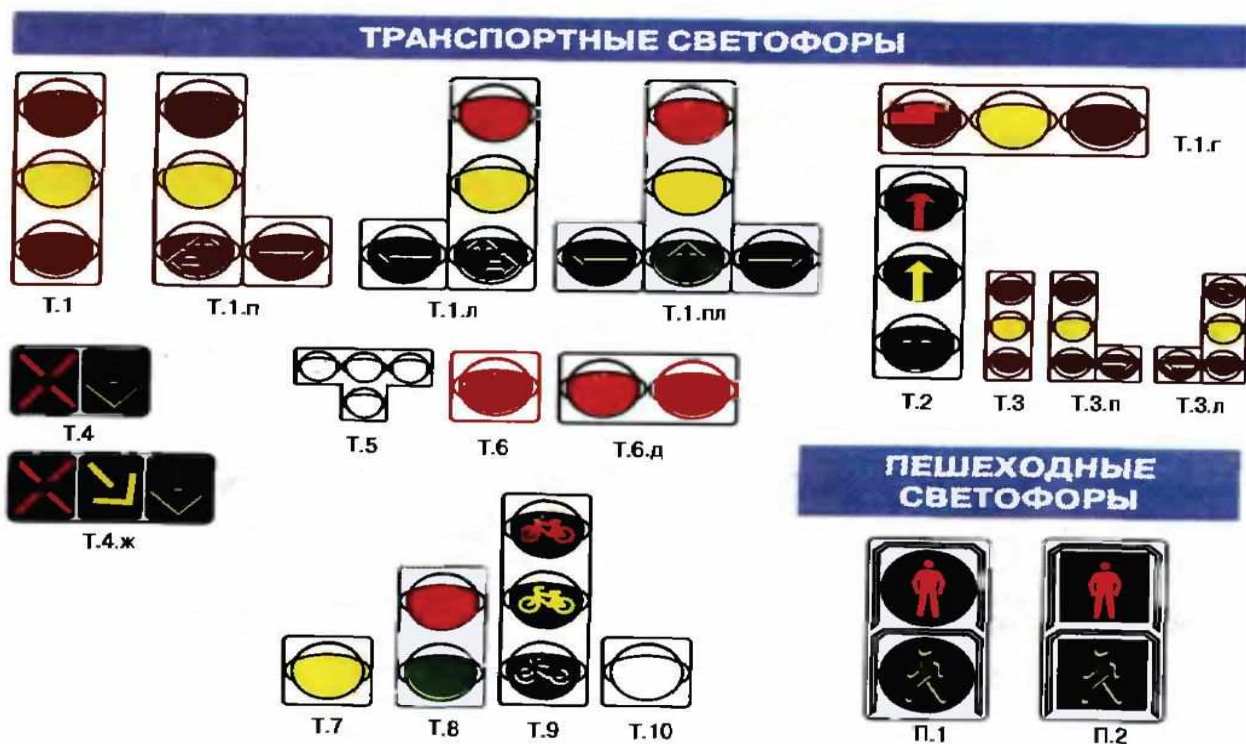
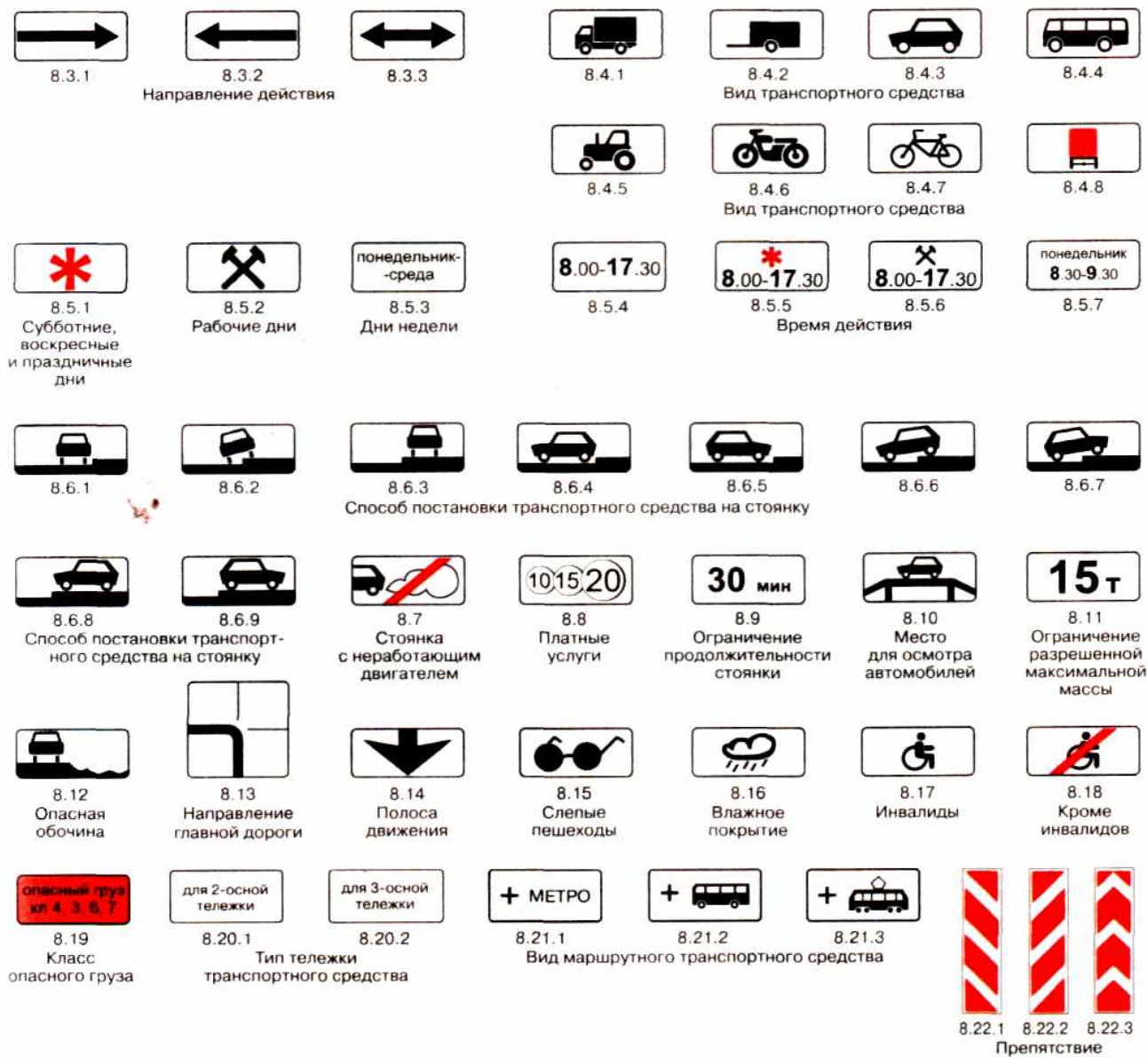


8.2.5



8.2.6

Зона действия



5. 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, выделении полосы для маршрутных транспортных средств и т.д. Обязательное совместное применение знаков представлено в **табл. 3.1**.

Таблица 3.1

Устанавли- ваемый знак	Совместно применяемый знак	
	Номер	Место установки
1.1	1.1	Вне населенных пунктов за 50-100 м до переезда
1.2	1.2	То 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	То же с повторным знаком 1.1 или 1.2
1.1 или 1.2	1.4.2	То 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 50-100 м до опасного участка
1.10	1.10	То же
1.17	5.20	Непосредственно перед искусственной неровностью
1.21	5.6	В конце дороги с односторонним движением
1.21	3.1	То же, но для встречного движения
1.22	5.19.1 и 5.19.2	На пешеходном переходе
1.23	1.23	Вне населенных пунктов за 50 -100 м, в населенных пунктах непосредственно перед опасным участком с табличкой 8.2.1
1.25	1.25	Вне населенных пунктов за 50-100 м, в населенных пунктах непосредственно у начала дорожных работ
2.1	2.1 или 2.3.1-2.3.7	Перед каждым перекрестком
2.1	2.4 или 2.5	Со стороны второстепенных дорог перед каждым перекрестком
2.1	2.2	Перед перекрестком, на котором дорога утрачивает статус главной
2.2	2.4 или 2.5	Перед перекрестком
2.3.1-2.3.7	То же	Перед перекрестком со стороны второстепенных дорог
2.4 или 2.5	2.1 или 2.3.1-2.3.7	На главной дороге перед перекрестком
2.4	2.4 с табличкой 8.1.1	Предварительно вне населенных пунктов
2.5	2.4 с табличкой 8.1.2	То же
2.6 или 2.7	1.20.1-1.20.3 соответственно	Предварительно
2.6	2.7	В конце участка, но для встречного движения

2.7	2.6	То же
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	3.2-3.9 соответственно с табличкой 8.3.1-8.3.3	Перед поворотом в сторону одного из знаков 3.2-3.9
3.4	6.15.1-6.15.3 соответственно	Перед каждым перекрестком на протяжении объездного маршрута
3.11-3.15	3.11-3.15 соответственно с табличкой 8.1.1	Предварительно в начале участка дороги, на котором знаки 3.11—3.15 вводят соответствующие ограничения
4.5	4.1.1-4.1.6 или 3.18.1-3.18.2 соответственно	Перед поворотом в сторону знака 4.5
5.1	5.1 с табличкой 8.1.1	Предварительно перед ближайшим перекрестком или разворотом
5.1	5.1 с табличкой 8.1.3 или 8.1.4	Перед съездами на автомагистраль на пересечениях в разных уровнях
5.1	5.1 с табличкой 8.3.1 и знак 4.1.2	Перед выездом на автомагистраль на примыканиях в одном уровне
5.1	5.2	В конце автомагистрали и в начале съездов с нее
5.1	5.2 с табличкой 8.1.1	То же предварительно
5.3	5.3 с табличкой 8.1.1	Предварительно перед ближайшим перекрестком или разворотом
5.3	5.3 с табличкой 8.1.3 или 8.1.4	Перед съездами на дорогу, обозначенную знаком 5.3, на пересечениях в разных уровнях
5.3	5.3 с одной из табличек 8.3.1-8.3.3	Перед пересечением с дорогой, обозначенной знаком 5.3
5.3	5.4	В конце дороги, обозначенной знаком 5.3
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 с односторонним движением
5.5	3.1	Там же, но для встречного движения
5.5	1.21	Предварительно перед знаком 5.6
5.8	5.10	Перед выездом на дорогу, обозначенную знаком 5.8, с примыкающих дорог
5.8	5.9	В конце дороги, обозначенной знаком 5.8
5.11	5.13.1 или 5.13.2	Перед выездом на дорогу, обозначенную знаком 5.11, с примыкающих дорог
5.11	5.12	В конце дороги, обозначенной знаком 5.11
5.11	3.1	То же, но для встречного движения
5.14	5.14	Повторяется за каждым перекрестком на всем протяжении участка, где действует знак 5.14
5.15.3	5.15.5	В конце дополнительной полосы на подъеме или полосы разгона
5.15.4	5.15.6	В конце участка средней полосы, обозначенного знаком 5.15.4
5.15.7	5.15.7	Повторяется за каждым перекрестком на всем протяжении участка, где действует знак 5.15.7

5.21	5.22	На всех выездах жилой зоны
5.23.1 или 5.23.2	5.24.1 или 5.24.2	В конце населенного пункта
5.25	5.26	То же
5.27	5.28	В конце зоны с ограничением стоянки
5.29	5.30	» » » регулируемой стоянки
5.31	5.32	» » » с ограничением максимальной скорости
5.33	5.34	В конце пешеходной зоны
6.8.1	6.8.2 или 6.8.3	Перед поворотом в сторону знака 6.8.1
6.9.1- 6.9.2	6.10.1 или 6.10.2	Непосредственно перед перекрестком
6.17	6.18.1- 6.18.3	На протяжении объездного маршрута перед каждым перекрестком
6.19.1	6.19.1 с табличкой 8.1.1	Предварительно
6.19.1	6.19.2 с табличкой 8.1.1	В конце участка на разделительной полосе за 50-100 м до ее разрыва
6.19.1	3.1 и 4.2.1	То же после ее разрыва
7.1-7.14	7.1-7.14	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
7.17-7.18	7.17-7.18 соответственно	

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.).

6. Применение дорожных знаков в различных условиях движения

Маршрутное ориентирование. Условия применения дорожных знаков оговариваются соответствующим государственным стандартом. 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.

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 выведения 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 6.9.1-6.9.2 и 6.12, а

на перекрестках, где направление маршрута меняется, - и на знаках 6.10.1, 6.10.2. 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 указания направлений. Предварительные указатели 6.9.1-6.9.2 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 6.9.1-6.9.2 целесообразно показывать номер маршрута движения к указанным пунктам (знак 6.14.1). Утвержденный для данной дороги номер маршрута устанавливается в начале дороги и повторяется через каждые 15-20 км. Рядом с номером на знаках 6.14.1-6.14.2 может быть указана буква, характеризующая значение дороги в общей сети дорог России: Е - предназначена для международного туризма (европейская сеть дорог); М - магистральная дорога; А - азиатская сеть дорог; Р - дорога республиканского значения.

Предварительно указывают направления, как правило, с помощью знаков 6.9.1. Их устанавливают за 300-500 м до перекрестка вне населенных пунктов и за 50-100 м в населенных пунктах. На автомагистралях их устанавливают на расстоянии не менее 800 м от пересечения. Знаки 6.9.2, расположенные над дорогой, предназначены для тех же целей. Их применяют на дорогах с широкой проезжей частью для движения в одном направлении (две полосы и более), когда установленный справа знак 6.9.1 может быть при интенсивном движении не замечен водителем. В случаях, когда по ряду причин знак 6.9.1 установить нельзя (дорога проходит по высокой насыпи или в глубокой выемке, в непосредственной близости от дороги находятся постройки, зеленые насаждения), применение знака 6.9.2 является единственно возможным.

В известной степени маршрутным ориентиром служит знак 6.12, 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 6.9.1-6.9.2 и 6.12 указываются не более трех пунктов маршрута. При этом на знаках 6.9.2 и 6.12, если они выполнены на одном фоне, конечный пункт маршрута указывается последним (в нижней части знака). При указании нескольких направлений движения их дают в последовательности (сверху вниз): прямо, налево, направо. Если для указания одного направления используется знак, части которого выполнены на разном фоне, то они располагаются следующим образом (сверху вниз): зеленый, синий, белый.

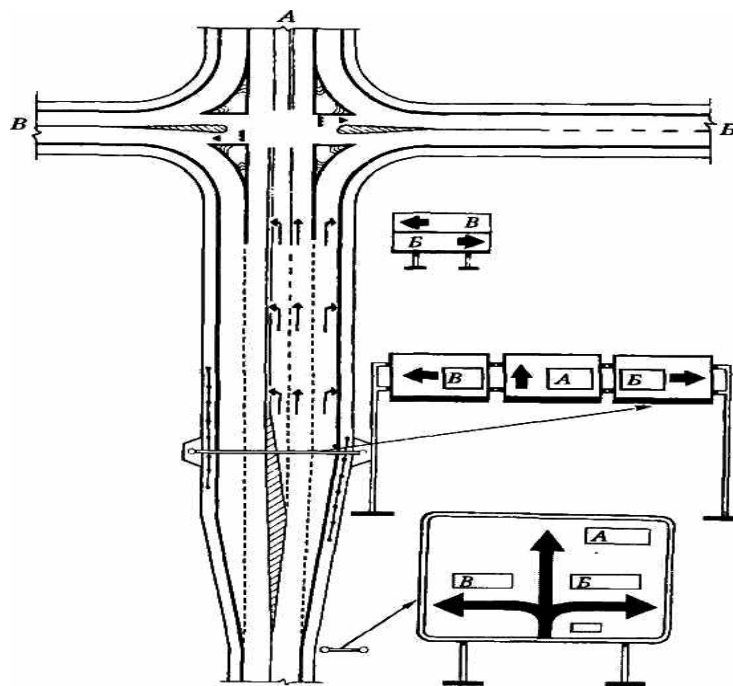


Рис. 3.3. Пример применения указателей направления:
А – В - условные обозначения направлений движения

Непосредственно перед перекрестком устанавливают знаки 6.10.1 или 6.10.2. 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 6.9.1, 6.9.2 и 6.10.1 перед канализированным пересечением двухполосных дорог показан на рис. 3.3.

В населенных пунктах знак 6.10.1 может применяться в качестве предварительного указателя направлений. В этом случае его устанавливают за 50 м до перекрестка.

Наряду со знаками 6.10.1 и 6.10.2 для указания направления маршрута, имеющего номер, применяются знаки 6.14.2. Их также устанавливают непосредственно перед перекрестком, как правило, в случаях, если установка обычных указателей направлений по каким-либо причинам затруднена. Кроме этого, знаки 6.14.2 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 6.15.1- 6.15.3.

Аналогично с помощью знаков 6.18.1 - 6.18.3 прокладывают объездные маршруты в случае закрытия для движения какого-либо участка дороги. Перед началом объезда предварительно устанавливают общую схему объезда (знак 6.17), информирующую водителя о маршруте объезда участка.

7. 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 5.15.1 и 5.15.2. 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 5.15.1 и 5.15.2 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 - 2.3.7 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, определяющими 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 желтого мигания 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 8.13, 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 ограничения не могут быть своевременно восприняты водителями, применяют соответствующие предварительные знаки с табличками 8.3.1-8.3.3. 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 необходимость в этих знаках отпадает, их нужно применять с соответствующими табличками 8.5.1-8.5.7.

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 маршрутных транспортных средств.

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 8.13. При отсутствии на перекрестке стационарного освещения необходимо на центральном островке перекрестка (напротив соответствующего въезда) устанавливать знаки 1.34.1.

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.3.4, а). Аналогично на пересечении дорог с разделительными полосами (даже при наличии центрального островка) также применяют знаки 4.1.1-4.1.6 (рис. 3.4, б).

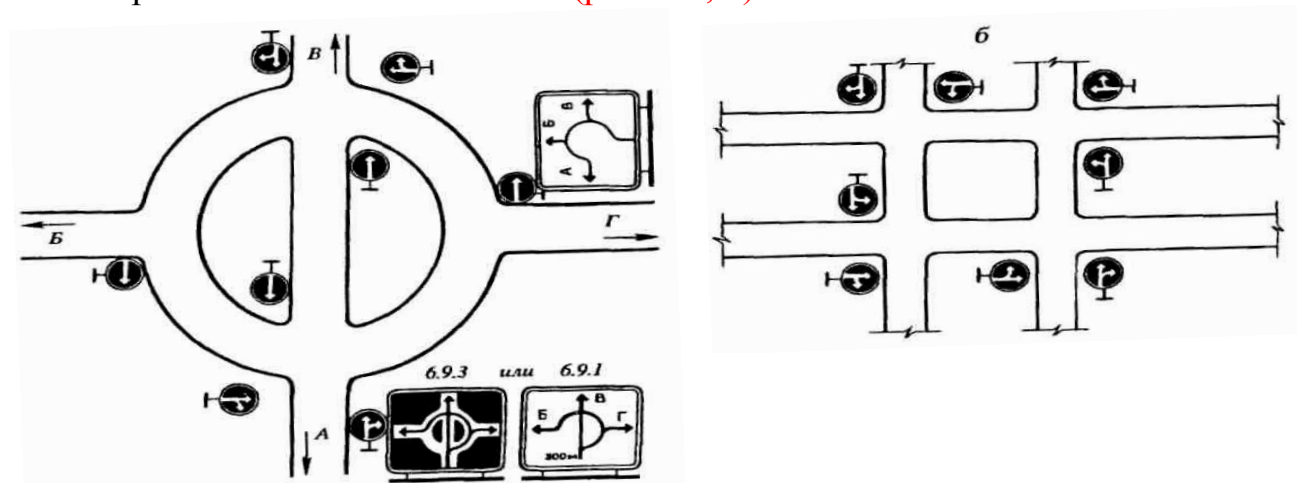


Рис. 3.4. Организация движения на перекрестке с помощью знаков 4.1.1, 4.1.2, 4.1.4, 4.1.5: а - на кольцевом пересечении с центральным проездом; б - в месте пересечения дорог с разделительными полосами; А-Г - условные обозначения направлений движения

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.

8. Способы установки знаков

Дорожные знаки устанавливают справа по ходу движения автомобиля, слева или над проезжей частью располагают дублирующие. Над проезжей частью располагают знаки 5.15.1 и 5.15.2, указывающие направления движения по полосам, а также предварительные указатели направлений 6.9.2. Размещают над дорогой и другие основные знаки, если содержащаяся на них информация относится к отдельной полосе движения (в этом случае необходимо применять дополнительную табличку 8.14).

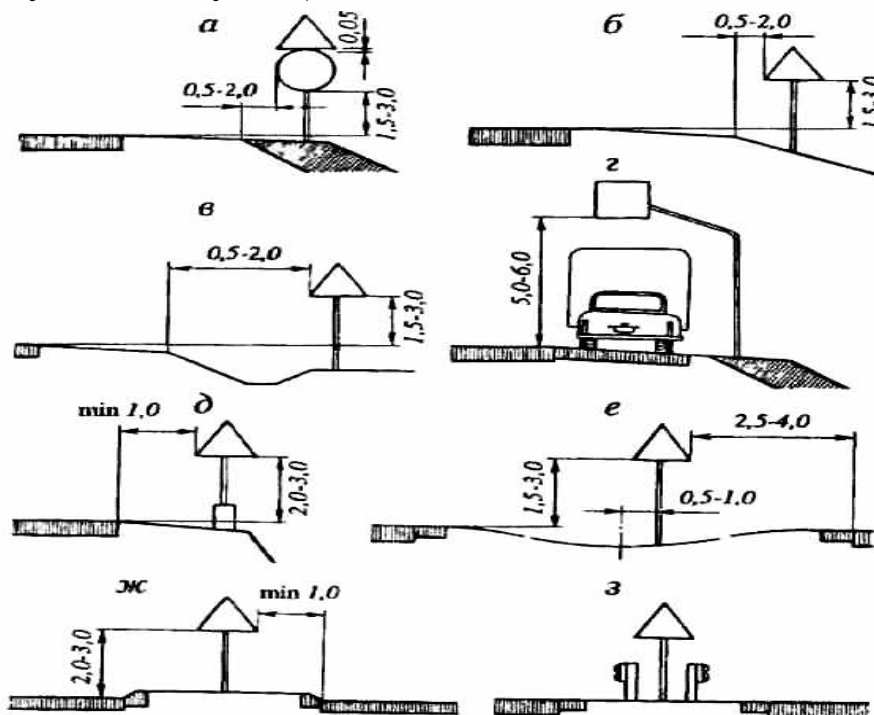


Рис. 3.5. Способы установки знаков на автомобильных дорогах:

а - на борюре; б - на откосе насыпи; в - на полосе отвода; г - над обочиной; д - на обочине; е - з - на разделительной полосе

Высоту и способ установки в каждом конкретном случае выбирают из условий наилучшей видимости знака. Кроме того, следует 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. 3.5 и 3.6 (все размеры даны в метрах).

На автомобильных дорогах стойки знаков устанавливают за бровкой земляного полотна - на бержах, 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 знака должно составлять 0,5-2,0 м (см. рис. 3.5, а - в), а до края знаков индивидуального проектирования - 0,5-5,0 м. В стесненных условиях стойки знаков устанавливают (как исключение) на обочинах или разделительной полосе при соблюдении минимально допустимого расстояния 1 м между проезжей частью и краем знака (см. рис. 3.5 д, ж). В этих случаях знаки не должны ограничивать видимость, а их стойки должны быть ударобезопасными или иметь защитные ограждения.

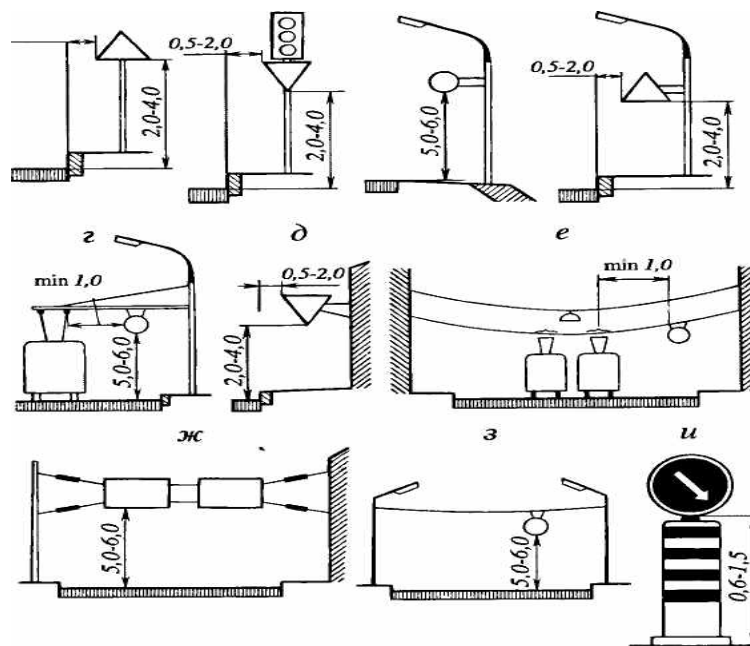


Рис. 3.6. Способы установки знаков в населенных пунктах:

а, б - на специальных стойках; в, г - на мачтах освещения; д - на стене здания;
е - ж - на тросах-растяжках; и - на круглой тумбе

В населенных пунктах знаки устанавливают: 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. 3.6.**

9. 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 государственным стандартом. 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 соответствующей линии разметки. Знаки имеют конкретную зону действия, поэтому их устанавливают с табличкой 8.2.1 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 5.15.3, а на расстоянии 50 м от ее конца - 5.15.5. На трехполосных дорогах обычно выделяют две полосы движения в сторону подъема. В начале такого участка устанавливают соответствующий знак 5.15.7. В обоих случаях для ограничения выезда грузовых автомобилей на соседнюю с осевой линией полосу на знаках 5.15.3 или 5.15.7 можно поместить изображение знаков 4.6 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 8.2.1), 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 6.5.

10. 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 атмосфероустойчивость и необходимая прочность.

Жесткость щитка знака обеспечивается ребрами жесткости по периметру или загибанием кромок щитка. Для знаков с большой площадью поверхности (более 1 м²) 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. 3.7). 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.

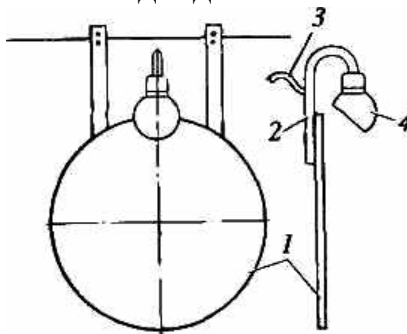


Рис. 3.7. Схема установки знака с внешним освещением:

1 - символ знака; 2- кронштейн; 3- провод электропитания; 4- фонарь освещения знака

Знаки с внутренним освещением (рис. 3.8). 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 Р 52290-2004 «Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования». С оборотной стороны корпус должен быть серого цвета.

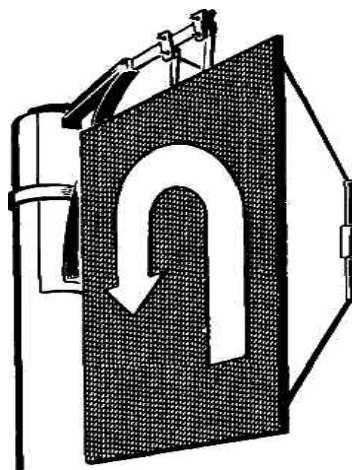


Рис. 3.8. Знак с внутренним освещением

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 мм^2 и изоляцией, рассчитанной на напряжение более 660 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° .

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. 3.9, а).

Для упрощения конструкции форму лицевой поверхности световозвращателя делают сферической. При этом конструкция может быть монолитной или пленочной. Монолитные световозвращатели изготавливают

методом прессования, формируя преломляющие выпуклые и отражающие вогнутые сферические поверхности различной кривизны (рис.3.9, 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.3.9, г-ё).

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.

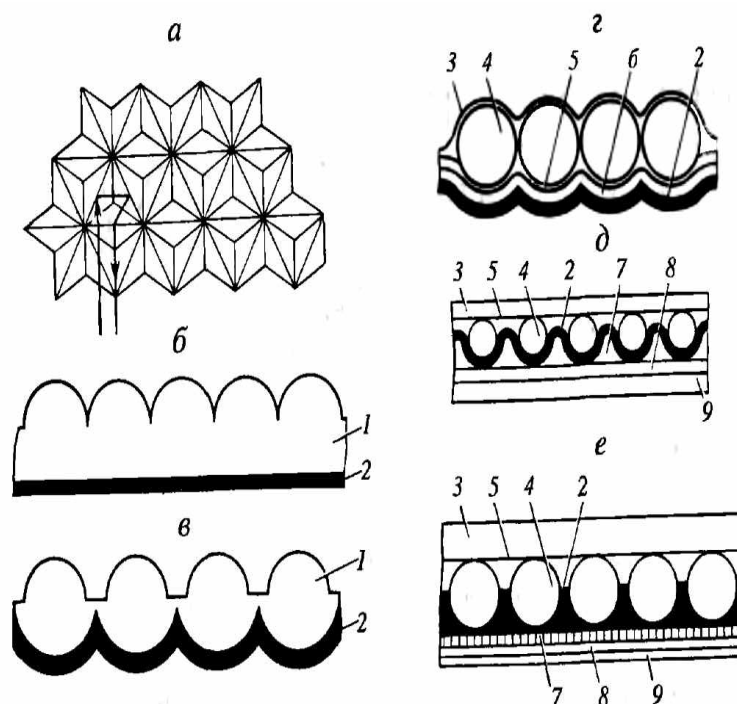


Рис.3.9. Световозвращающие системы:

а - кубические (катафоты); 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; 9 - подложка

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. 3.10, а). Оптические свойства прозрачных материалов характеризуются показателем преломления n . Он определяется отношением синуса угла падения луча α к синусу угла преломления β (рис.3.10, б). При высоком показателе преломления $n > 2$ точка фокуса находится внутри шарика. При $n < 2$ эта точка находится за пределами микрошарика (рис.3.10, а) и световозвращение ухудшается, если между шариком и отражающим слоем не нанесут промежуточный слой. Толщина промежуточного слоя зависит от показателя преломления. При $n > 2$ она близка к нулю, т.е. светоотражающий слой создают непосредственно на поверхности микрошарика (рис. 3.10, б).

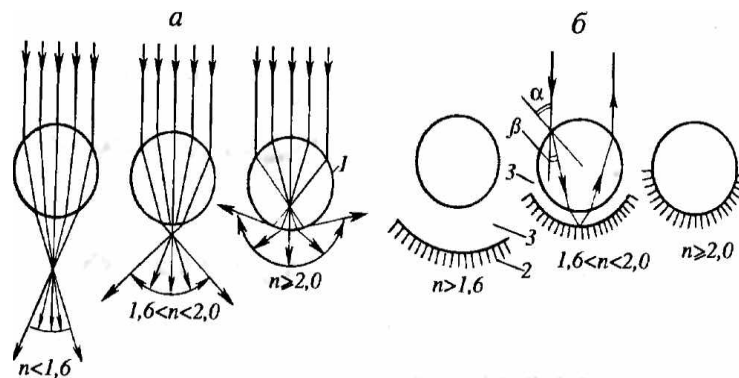


Рис.3.10. Принцип действия линзовых световозвращателей:

а - расположение фокусной точки; б - расположение отражающего слоя; 1 - микрошарики; 2 - отражающий слой; 3 - промежуточный слой

В настоящее время пленка на основе алюминиевой фольги практически не применяется. Она обладает сравнительно низким коэффициентом световозвращения и шероховатой поверхностью (рис.3.9, г). Вследствие этого затруднена ее очистка от пыли, грязи и снега.

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 подложкой (рис.3.9, 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 см² пленки.

Недостатками любой пленки являются частичное рассеивание света ее верхним слоем, а также поглощение света как верхним, так и промежуточным слоями. Поэтому в выпускаемых в настоящее время пленках верхний цветной полимерный слой делается тонким, промежуточный слой отсутствует (применяются шарики с коэффициентом преломления $n \geq 2$).

Американская фирма ЗМ - ведущий производитель световозвращающих пленок в мире освоила в конце 80-х годов прошлого столетия производство нового вида пленок, где вместо микрошариков применены микрокатафоты, которые методом прессования наносятся на внутреннюю сторону верхнего цветного полимерного слоя. Это позволило резко увеличить коэффициент световозвращения даже при малых углах между световым лучом и пленкой. Это улучшает восприятие в темное время суток знаков, установленных справа или над дорогой.

11. Принцип действия, конструкция и область применения управляемых знаков

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, это может уточняться применением соответствующих дополнительных табличек 8.5.1-8.5.7. 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;
- реверсивное движение;
- информация водителей об условиях движения на маршруте;
- оперативное изменение организации движения на перекрестках.

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 компьютера в соответствии с принятым алгоритмом управления.

На управляемых знаках обычно воспроизводят поочередно 2-10 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, призмённые, кассетные, дисковые, ленточные; со светотехническим - световые и матричные табло, знаки с использованием световодов.

Используя механический способ, можно менять, изображение знака путем вращения одного или нескольких щитков, пластин, призм вокруг вертикальных (рис.3.11,а; 3.12,а) или горизонтальных (рис. 3.11,б-ж; 3.12,б) осей, перемещения пластин из кассет в рабочее положение (рис. 3.11,з,и), выдвижения диска с символом или защитного экрана через прорезь лицевого щитка знака (рис. 3.11,к), перематывания ленты с нанесенными на нее символами. Лента может быть свернута в несколько рулонов (рис. 3.11, л), в один общий рулон (рис. 3.11, м) или быть непрерывной (рис. 3.11,н).

При светотехническом способе включают отдельные группы ламп светового табло, подсвечивающих изнутри одну или несколько надписей (рис. 3.11,о), используют табло с матрицей из ламп накаливания или светодиодов (рис. 3.11,и), применяют световоды (гибкие оптически активные волокна, по которым передают изображение).

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 выдвижных 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 перемотке непрерывной ленты, выгодно применять при наличии 2-3 позиций. При большем числе позиций увеличивается время перемотки 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.

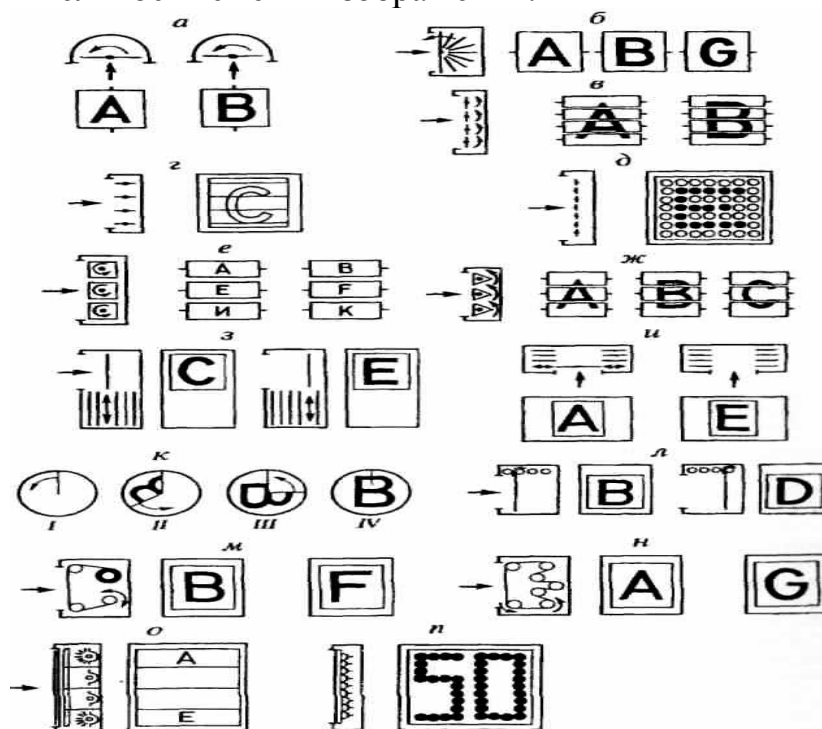


Рис. 3.11. Разновидности управляемых знаков:

а-д - щитковые; е, ж - призмные; з, и - кассетные; к - дисковые; л-н - ленточные; о - световые табло; п - матричные табло



Рис. 3.12. Щитковые управляемые знаки с вертикальной (а) и горизонтальной (б) осями

Знаки, выполненные в виде табло с матрицей, 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 экономии 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.

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.

12. 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.

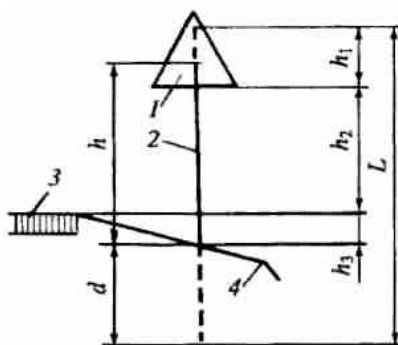


Рис.3.15. Расчетная схема опоры для установки дорожных знаков:

1 - дорожный знак; 2 - опора; 3 - дорожное покрытие; 4 - присыпная берма

Параметры деревянных и железобетонных опор (высота опоры, ее заглубление в грунт, диаметр или размеры поперечного сечения) подбирают по ГОСТ 25458-82 и ГОСТ 25459-82. В качестве руководящих материалов могут

быть использованы также типовые проекты.

Необходимая длина опоры (рис.3.15) 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; h_3 - разница высот между поверхностью проезжей части и местом установки опоры, принимаемая равной вне населенных пунктов 0,2 м для одностоечных опор, 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 (рис.3.15), 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 A знака (знаков). 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. 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.

Тема 4: ДОРОЖНАЯ РАЗМЕТКА

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 транспортных средств общего пользования.

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.

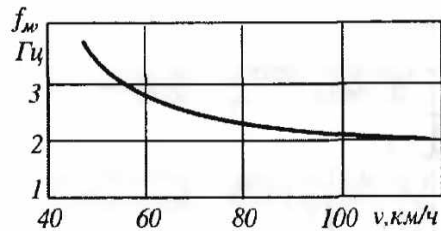


Рис. 4.1. Взаимосвязь скорости движения и частоты мелькания штрихов и разрывов прерывистой линии разметки

2. Влияние дорожной разметки на режим и безопасность движения

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. 4.1).

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. 4.2. 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, увеличение частоты мелькания за счет общей длины штриха и разрыва и за счет их соотношения приводит к снижению скорости. 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.

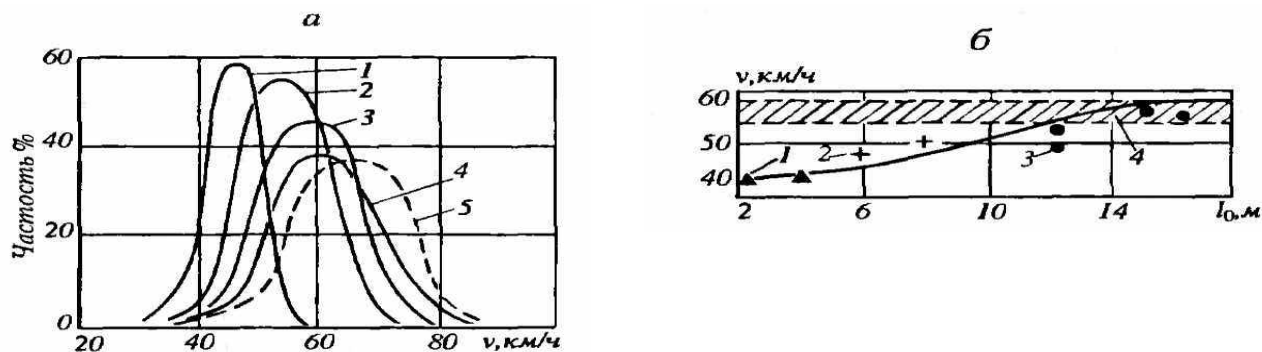


Рис. 4.2. Скорости движения автомобилей при различных параметрах прерывистых линий:

а - кривые распределения значений скоростей 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)

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.

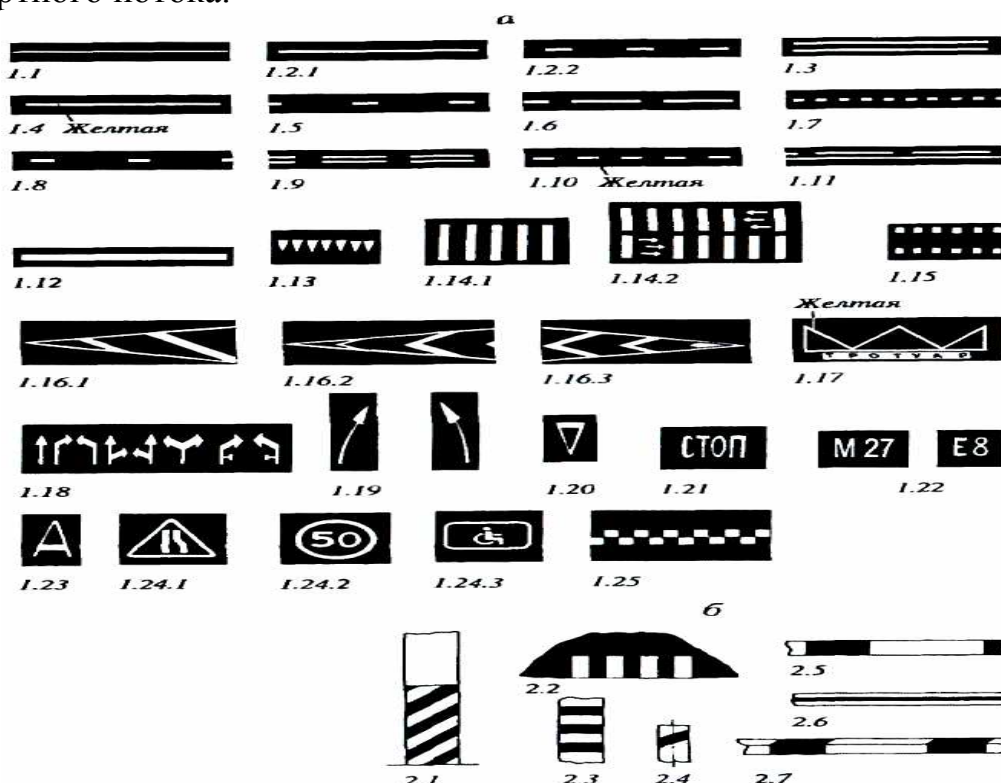


Рис. 4.3. Виды горизонтальной (а) и вертикальной (б) дорожной разметки

3. Форма цвет и размеры дорожных разметок

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 краску желтого цвета. В местах проведения дорожных работ может применяться временная разметка оранжевого 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 Российской Федерации действует ГОСТ Р 51256-99 «Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Типы и основные параметры. Общие технические требования», который предусматривает все ее виды (рис.4.3). 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 целях сокращения, в тексте названия видов разметки в некоторых случаях заменены их номерами в соответствии с рис. 4.3.

4. Применение горизонтальной разметки в различных дорожных условиях

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 маршрутных транспортных средств. 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 символов, дублирующих дорожные знаки, 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.

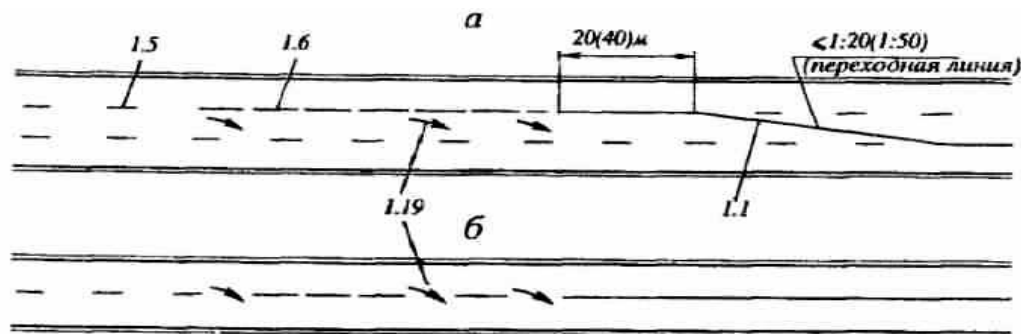


Рис. 4.4. Обозначение приближений к сужению проезжей части (а) и к сплошной линии продольной разметки, разделяющей потоки противоположных направлений (б). Числа в скобках относятся к дорогам с разрешенной скоростью более 60 км/ч

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. 4.4).

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 поворота налево 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 1.2.1. Если ширина проезжей части менее 6,5 м, краевую линию не наносят, а ограничиваются лишь нанесением в случае необходимости осевой разделительной линии. Обозначение края проезжей части прерывистой линией 1.2.2 на двухполосных дорогах, следует применять при интенсивности движения менее 1000 авт/сут без регулярного движения маршрутных транспортных средств и числом полос для движения в обоих направлениях не более двух при наличии барьерных ограждений, кроме участков, на которых запрещен обгон.

Транспортные потоки противоположных направлений на прямых горизонтальных участках двухполосных дорог разделяют с помощью разметки 1.5 или 1.1. Разметку 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 линии разметки 1.9.

Разметка дорог на подъемах и спусках. На подъемах и спусках, обозначенных соответственно знаками 1.14 и 1.13, одним из основных назначений разметки является предотвращение выезда транспортных средств в местах ограниченной видимости на полосу встречного движения.

На двухполосных дорогах (рис. 4.5) 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.

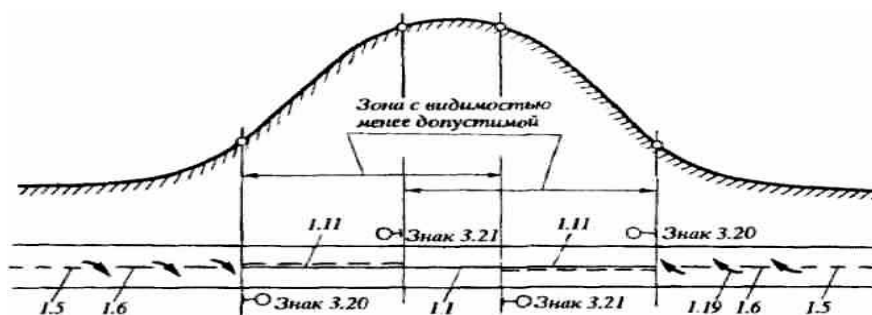


Рис.4.5. Разметка двухполосных дорог на крутых подъемах и спусках

На подходе к разметке 1.11 на осевую линию наносят стрелы 1.19 так, как это показано на рис. 4.5. 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 переходно-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.

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.

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 входах 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.4.6). В пределах участков кривых *АВ* и *ВГ* видимость обеспечена только для водителей, заканчивающих поворот. Они

могут с целью обгона пересечь линию 1.11 со стороны ее прерывистой части. На участке *БВ* видимость не обеспечена в обоих направлениях, поэтому встречные потоки разделены линией 1.1.

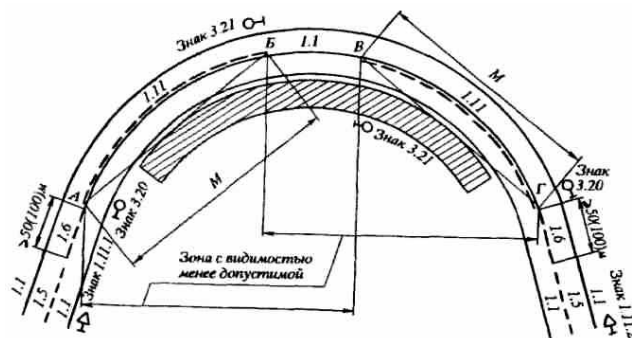


Рис. 4.6. Разметка на горизонтальной кривой с ограниченной видимостью:
М - расчетные расстояния видимости встречного автомобиля

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 пересечениям двух- и трехполосных дорог потоки противоположных направлений разделяют сплошной линией 1.1 (минимум 20 м) 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 1.1с 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 (рис. 4.7). Применение разметки 1.18 должно сочетаться с установкой знаков 5.15.1 и 5.15.2, 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.

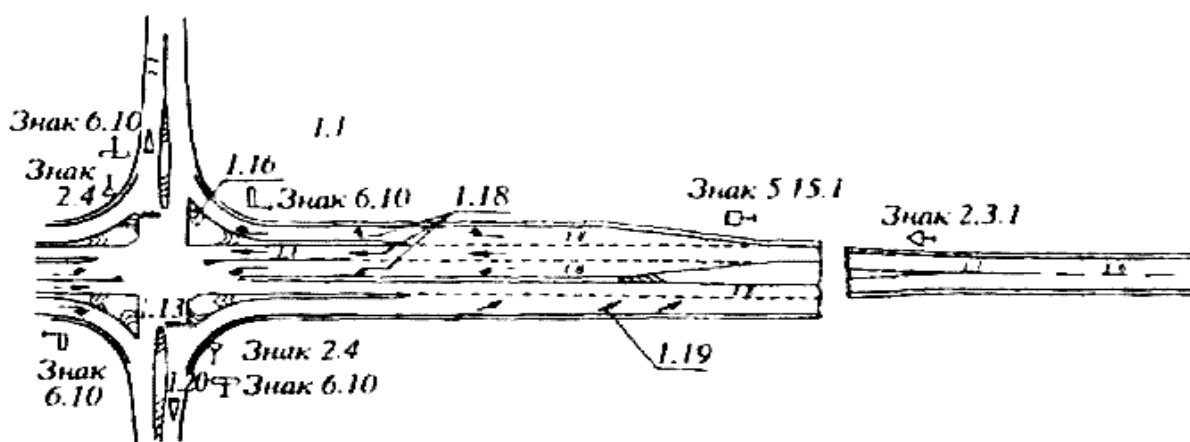


Рис. 4.7. Разметка на перекрестке с направляющими островками и переходно-скоростными полосами

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.

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 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-линий 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 маршрутных транспортных средств 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 государственным

стандартом «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств».

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 затруднена. 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.

5. 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 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. При больших ширине и высоте вертикальной поверхности размечают только ближайший к проезжей части край на ширину 0,5 м и высоту не менее 3 м.

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 группы 4.2, указывающим направление объезда препятствия.

6. Схемы разметки дороги и дорожных сооружений

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 ДТП.

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 маршрутных транспортных средств 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 дополнительными средствами 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.

7. Оборудование и материалы для нанесения дорожной разметки

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. Наибольшее распространение для разметки получила белая нитроэпоксидная эмаль. 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/м².

Применяемые для дорожной разметки краски являются сравнительно дешевыми материалами и позволяют обеспечивать необходимую производительность работ. Однако выполненная ими разметка в зависимости от интенсивности движения требует обновления через 2-4 месяцев 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...180 °С. В результате охлаждения они затвердевают. После расплавления при 180 °С и застывания (40 °С) смесь превращается в материал светло-серого цвета с плотностью 1,7 г/см³. 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.

Для улучшения видимости разметки и зрительной ориентации водителей в темное время суток на участках дорог без искусственного освещения разметку можно выполнять с применением световозвращающих материалов, что для дорог I–III категорий в соответствии с требованиями действующего стандарта является обязательным. В качестве световозвращающих материалов могут быть использованы керамические осколки, крупнозернистый песок или стеклянные микрошарики диаметром до 1 мм с коэффициентом преломления не менее 1,5. 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 или износостойчивого пластика, снабжают катафотами и крепят к проезжей части с помощью имеющегося у кнопки штыря (рис.4.8,а) или приклеивают с помощью эпоксидного клея к покрытию (рис. 4.8, б,в).

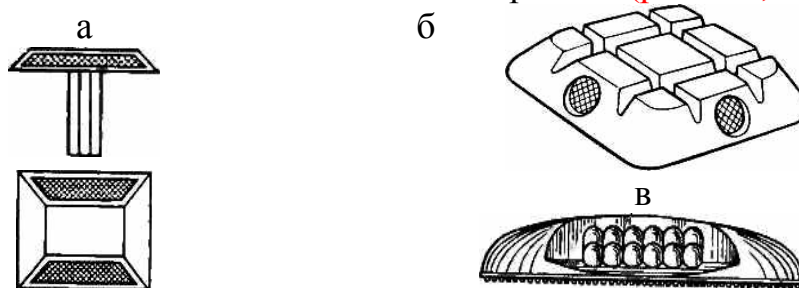


Рис. 4.8. Примеры световозвращающих кнопок, применяемых для дорожной разметки

Для повышения эффективности вертикальной разметки применяют световозвращающую пленку, широко используемую в производстве дорожных знаков. 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 (4х10 см) или круга диаметром 7 см, расположенные 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.

8. Способы нанесения линий 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 линии.

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 (безвоздушным) 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 (0,2–0,6 МПа) 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, поступая в

краскораспылитель под сравнительно высоким давлением (3–12 МПа) с помощью насоса поршневого типа, 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. Контур линии разметки формируется за счет высокой консистенции материала и формы выходного отверстия.

Из перечисленных способов наибольшее распространение получили пневматический и гравитационный, первый – благодаря сравнительно высокой производительности (5–6 км/ч), 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.

9. Характеристика отечественных и зарубежных машин для нанесения дорожной разметки

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 (рис. 4.9,а), катящихся по покрытию, и форсунки 2, расположенной между ними. Установленные с помощью фиксаторов на определенном 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.

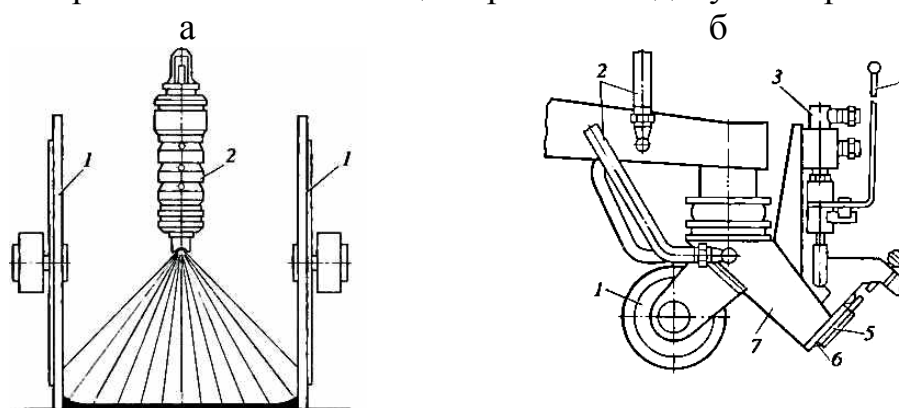


Рис. 4.9. Рабочий орган для нанесения линий разметки краской (а) и термопластиком (б)

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.

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 °С. 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 включает в себя: один или два котла для разогрева порошкообразного термопластика до рабочего состояния; рабочий орган (маркер) для нанесения линии разметки; коллектор, служащий для подачи расплавленного термопластика от 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 термопластика в котлах и его подогрев в коллекторе. Циркуляция осуществляется с помощью гидронасоса, разогрев теплоносителя – газовыми или дизельными горелками. Если применяются два котла, то они используются поочередно: из одного материал поступает к рабочему органу, в другом идет подготовки материала. В период плавления термопластика и нанесения разметки в котлах работают лопастные мешалки.

Рабочий орган для нанесения линий разметки термопластиком (рис. 4.9,б) расположен на опорном колесе 1 с левой стороны машины за задними колесами и состоит из короба 7, соединенного шарнирно с коллектором, затвора б 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 на дорожное покрытие истекает расплавленный термопластик.

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 1/3 объема, затем включают горелки и материал прогревается примерно 1 ч до включения мешалок. После этого в котлы добавляют термопластик до 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 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% общей массы материала) или засыпают в специальный бункер машины, из которого по трубопроводу шарики попадают на горячую поверхность уложенного на дорожное покрытие термопластика.

Привод компрессора, гидронасоса, лопастных мешалок и прочего оборудования маркировочных машин осуществляется как правило от специального бензинового или дизельного двигателя, установленного на платформе машины. Если оборудование установлено на серийном автомобиле, то для этих целей может быть использован его двигатель. В этом случае используется коробка отбора мощности. Рабочая скорость обеспечивается с помощью демультипликатора.

Для выдерживания направления движения машины по предварительно размеченной линии предусмотрено визирное устройство, расположенное перед машиной. В транспортном положении рабочие органы машины поднимаются и убираются в специальную нишу платформы.

В целях повышения производительности машин до 15–20 км/ч для нанесения разметки краской используют кинетический метод, а для термопластика – подачу его под давлением, например, с помощью шнека, приводимого в движение гидромотором.

Тема 5: ДОРОЖНЫЕ СВЕТОФОРЫ

1. Назначение и область применения дорожных светофоров

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 маршрутных транспортных средств.

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

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

- красная стрелка на черном фоне круглой формы запрещает движение в сторону, указанную стрелкой;
- косой красный крест на черном фоне прямоугольной 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, а также желтая стрелка на черном фоне круглой формы обязывает соответственно остановиться перед стоп-линией всех водителей или водителей, которые ранее двигались в направлении зеленой стрелки. Исключение составляют те водители, которые не могли остановиться с учетом требований безопасности движения. Желтая стрелка, расположенная по диагонали черного прямоугольника, требует от водителя перестроиться на среднюю полосу, в сторону которой она указывает.

Желтый сигнал, подключенный к красному, предупреждает о незамедлительном 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:

- зеленая стрелка на черном фоне круглой формы - разрешает движение в сторону стрелки;
- зеленая стрелка на черном фоне прямоугольной 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 маршрутных транспортных средств зависит от сочетания включенных сигналов бело-лунного цвета круглой формы верхнего и нижнего ряда специального светофора (в случае его применения.). При выключенном нижнем сигнале движение запрещено во всех направлениях. Мигающий сигнал бело-лунного цвета разрешает движение через железнодорожный переезд.

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 Р 52282-2004 «Технические средства организации дорожного движения. Светофоры дорожные. Типы и основные параметры. Общие технические требования. Методы испытаний». Светофоры делятся на две группы: Т - транспортные и П - пешеходные. Светофоры каждой группы в свою очередь подразделяются на типы и исполнения. Светофорам присвоены индексы, в которых первая буква соответствует группе, цифра - типу светофора, последующие буквы - его исполнению. Обозначение исполнения соответствует:

- п - с правой дополнительной секцией;
- л - с левой дополнительной секцией;
- пл - с правой и левой дополнительными секциями;
- г - с горизонтальным расположением сигналов;
- ж - с дополнительным сигналом желтого цвета;
- д - с двойным сигналом.

Например, Т.1.п - транспортный светофор типа 1 с правой дополнительной секцией, или Т.1.пл - транспортный светофор типа 1 с правой и левой дополнительными секциями. Стандарт предусматривает десять типов транспортных светофоров и два типа пешеходных.

Транспортные светофоры типов 1 (без учета сигналов дополнительных секций) и 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. Они необходимы в тех случаях, когда организация движения на перекрестке предусматривает одновременный пропуск право- и (или) левоповоротных транспортных потоков с транспортным потоком прямого направления.

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

Для транспортных светофоров типа 2 стрелки, указывающие разрешенное (запрещенное) направление движения, наносят на всех рассеивателях. Под светофорами или над ними располагают таблички белого цвета с изображением стрелок, указывающих то же направление, что и стрелки на рассеивателях.

Светофоры типа 1 применяют для регулирования всех направлений движения на перекрестке. Допускается их использование и перед железнодорожными переездами (в городах), пересечениями с трамвайными и троллейбусными линиями, сужениями проезжей части и т.д. Светофоры типа 2 применяют для регулирования движения в определенных направлениях (указанных на рассеивателях 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 въездами 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 450х500 мм. Допускается применение этих светофоров с желтой косо стрелкой на черном фоне прямоугольной формы, направленной острием вниз (светофор Т.4.ж).

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 бело-лунного цвета круглой формы диаметром 100 мм. Подобный светофор применяют в случаях бесконфликтного регулирования движения маршрутных транспортных средств (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 маршрутных транспортных средств 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, расположенных горизонтально и работающих в режиме попеременного мигания. При разрешении движения транспортных средств сигналы выключаются. Светофоры этого типа устанавливают перед железнодорожными переездами, разводными мостами, причалами паромных переправ.

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 мало интенсивным 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.

Светофоры типа 9 имеют три сигнала круглой формы красного, желтого и зеленого цветов с нанесенными на рассеиватели сигналов контурами велосипедов. Их применяют для регулирования движения велосипедистов в местах пересечения велосипедной дорожки с проезжей частью дороги или регулируемым пешеходным переходом.

Светофор типа 10 имеет один сигнал круглой формы бело-лунного цвета и может применяться со светофорами Т.6. В период их работы светофор Т.10 выключен.

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 - зеленый силуэт идущего пешехода. Оба силуэта выполняются на черном фоне. Пешеходными светофорами оборудуют все пешеходные переходы на управляемом светофорами перекрестке или регулируемом пешеходном переходе.

Для всех типов светофоров при наличии двух вариантов размеров 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.

3. Светотехнические параметры

Дальность видимости сигнала светофора определяется из условий своевременной остановки транспортных средств на запрещающий сигнал. При этом остановочный путь рассчитывают исходя не из аварийного, а из служебного торможения (замедление $2-4 \text{ м/с}^2$). 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

$$L_c = \sqrt{\frac{I_a \tau^{L_c 10^{-3}}}{E_{\Pi} k_{\Pi}}} \quad (5.1)$$

где L_c – расстояние видимости сигнала, м; I_a – сила света оптической системы под углом α к ее оси, кд; τ – коэффициент прозрачности атмосферы; E_{Π} – пороговая освещенность на зрачке глаза водителя, при которой он уверенно опознает сигнал, лк (в зависимости от цвета сигнала $E_a = 6 \cdot 10^{-4} \div 12 \cdot 10^{-4}$ в дневное время и $E_{\Pi} = 0,8 \cdot 10^{-4} \div 2 \cdot 10^{-4}$ в сумерки); k_{Π} – поправочный коэффициент, зависящий от углового размера светового сигнала.

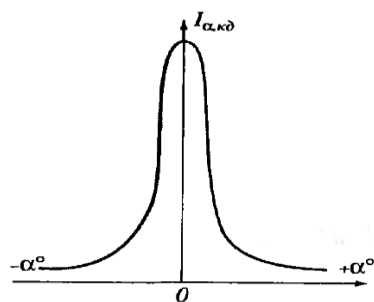


Рис.5.1. Характер распределения силы света сигнала светофора в зависимости от положения водителя относительно его оптической оси

При расчете силы света, необходимой для обеспечения нормативного расстояния видимости, можно принять коэффициенты $k \approx 1,1 \tau^{L_c 10^{-3} \approx 1}$, учитывая, что для наиболее типичных условий $\tau = 0,5 \div 0,8$, а k_{Π} существенно возрастает лишь при больших угловых размерах сигнала (близком расстоянии от светофора). Таким образом, применительно к рассматриваемому случаю

$$L_c = \sqrt{\frac{I_a}{E_{\Pi}}}$$

На практике расчетное значение силы света увеличивают, принимая во внимание колебания напряжения в сети, возможность загрязнения светорассеивателя и отражателя света, а также условия адаптации при ярком фоне.

Кроме этого, показатель I_a представляет собой силу света под заданным углом к оптической оси. Осевая сила света, являющаяся одной из основных светотехнических характеристик светофора, должна быть больше (рис. 5.1). Исходя из его оптической оси 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° в вертикальной (вниз от нулевого значения).

Осевая сила света современных светофоров в среднем составляет 200 кд. Имеются 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.

4. 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 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. Расстояние от края проезжей части до светофора, установленного сбоку от дороги, составляет 0,5–2 м.

Справа от проезжей части данного направления устанавливают основные светофоры Т.1, Т.1.п, Т.1.пл, Т.2 со стрелками «прямо», «прямо и направо». Т.3, Т.3.п, Т.6, Т.7, Т.8, Т.9, Т. 10. Светофоры Т.1.л, Т.2 со стрелками «налево», Т.3.л устанавливают слева на центральной разделительной полосе, направляющем островке или островке безопасности, при одностороннем движении – слева от дороги. При отсутствии разделительной полосы, направляющих островков или островков безопасности допускается установка светофора Т.1.л справа, если в попутном направлении не более трех полос движения. В противном случае светофор Т. 1 .л располагается над проезжей частью. Светофоры же Т.2 со стрелками «налево» или «прямо и налево» в этом случае располагаются над проезжей частью. Светофор Т.5 устанавливают справа или над специально выделенной полосой для маршрутных транспортных средств.

Таким образом, достигается наилучшая видимость основного сигнала: при движении прямо или направо водитель видит его перед собой или справа; при движении налево – перед собой или слева.

Этот же принцип положен в основу установки дублирующих светофоров. Дублирующие светофоры (кроме Т.1.п и Т.2 со стрелкой «направо») устанавливают на территории перекрестка или непосредственно за перекрестком перед водителем или слева. Светофоры Т.1.п и Т.2 со стрелкой

«направо» дублируют, если поворот направо осуществляется в два ряда и более. Дублирующие светофоры этих исполнений устанавливаются на территории перекрестка или непосредственно за ним перед водителем или справа.

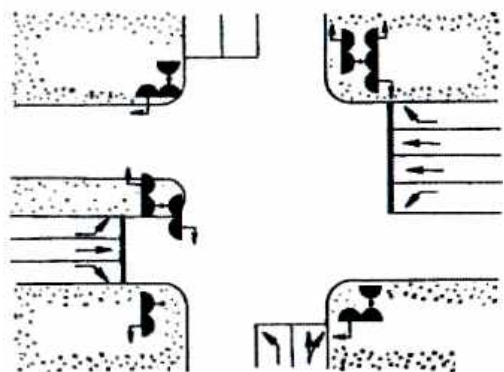


Рис. 5.2. Пример размещения светофоров на перекрестке

При двухстороннем интенсивном движении и многополосной проезжей части (три и более полосы в одном направлении) водитель может своевременно не заметить сигналы светофоров. В этом случае целесообразней светофоры типов 1 и 2 располагать над проезжей частью непосредственно перед пересечением проезжих частей. Светофоры, расположенные над проезжей частью, можно не дублировать.

Пример размещения основных и дублирующих транспортных светофоров типа 1 показан на рис. 5.2. В соответствии с общепринятыми обозначениями светофор показан в виде полукруга, дополнительная секция снабжена стрелкой, указывающей направление действия.

Тема 6: РЕЖИМ РАБОТЫ СВЕТОФОРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

1. Критерии ввода светофорной сигнализации

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. 6.1). Введение светофорного регулирования считается оправданным, если наблюдаемая на перекрестке интенсивность конфликтующих транспортных потоков в течении каждого из любых 8 часов 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 течении каждого из любых 8 часов рабочего дня по дороге в двух направлениях движется не менее 600 ед./час (для дорог с разделительной полосой 1000 ед./час) транспортных средств и в то же время эту улицу переходят в одном, наиболее загруженном направлении не менее 150 чел. в час.

Для населенных пунктов с населением менее 10000 человек, значения критических интенсивностей движения, оговоренные условиями 1 и 2, снижаются на 30%.

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 ДТП. Введение светофорного регулирования считается оправданным, если за последние 12 месяцев на перекрестке произошло не менее 3 ДТП (которые могли бы быть предотвращены при наличии светофорной сигнализации) и хотя бы одно из условий 1 и 2 выполняется не менее чем на 80%.

Таблица 6.1

Сочетание критических интенсивностей потоков на главной и второстепенной дорогах, необходимых для установки светофоров

Число полос движения в одном направлении		Интенсивность движения по главной дороге в двух направлениях ед./час	Интенсивность движения по второстепенной дороге в одном наиболее загруженном направлении ед./ч
Главная дорога	Второстепенная 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

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.

2. Структура светофорного цикла. Понятие о такте и фазе регулирования

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-линий. 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 разрешения 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). Обычно число фаз регулирования соответствует числу наиболее загруженных конфликтных направлений движения на перекрестке.

Циклом регулирования называется периодически повторяющаяся совокупность всех фаз.

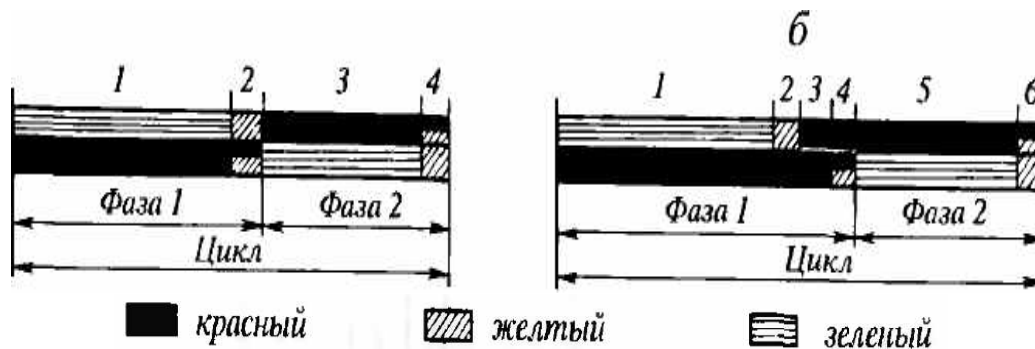


Рис. 6.1. Структура светофорного цикла:

а - с одним промежуточным тактом в каждой фазе; б - с тремя промежуточными тактами в первой фазе; 1-6 - номера тактов

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 и виде выражения:

$$T_{\text{ц}} = t_{01} + t_{\text{п1}} + t_{02} + t_{\text{п2}} + \dots + t_{0n} + t_{\text{пn}}, \quad (6.1)$$

где $T_{\text{ц}}$ – длительность цикла регулирования, с; t_{01}, \dots, t_{0n} – длительности основного такта, с; $t_{\text{пn}}$ – длительность промежуточного такта, с; n – число фаз.

Обычно промежуточный такт обозначается желтым сигналом в направлении, где ранее (во время основного такта) осуществлялось движение (рис. 6.1,а). Учитывая, что в период его действия возможно движение транспортных средств, водители которых, находясь в непосредственной близости от стоп-линий, 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 следует делать более 3 с. Таким образом, длительность желтого сигнала во всех случаях должна быть равной 3 с.

Вместе с тем встречаются случаи, когда транспортному средству, проехавшему стоп-линию в момент выключения разрешающего сигнала, требуется для освобождения зоны перекрестка более 3 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 или более промежуточных: по истечении 3с 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 1–2 с). Таким образом, на перекрестке в течение определенного времени может по всем направлениям действовать красный сигнал (рис. 6.1, б), что способствует повышению безопасности движения.

Промежуточные такты, образованные вышеописанными методами, получили название переходных интервалов. 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.

3. 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-линий 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-линий постепенно нарастает и достигает через некоторое время приблизительно постоянного значения M_H , 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 потерянное времени следует отнести и промежуточный такт за вычетом времени t_p – «прорыва» на желтый сигнал транспортных средств, которые не смогли своевременно остановиться у стоп-линий.

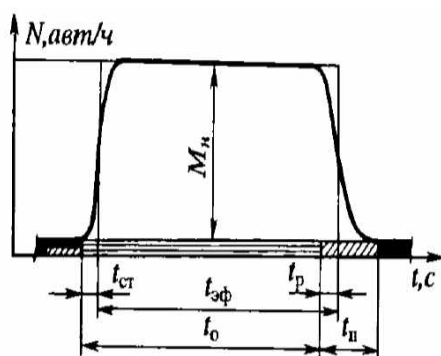


Рис.6.2. Эффективная длительность фазы

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* $t_{эф}$.

В процессе 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 (рис. 6.2). Тогда интенсивность движения в сечении стоп-линий в данном направлении может быть представлена прямоугольником с высотой M_H , основанием которого является $t_{эф}$. Потерянное время в фазе $t_{ПТ} = t_{СТ} + t_{II} - t_p$, а длительность фазы ($t_0 + t_{II}$) будет равна сумме эффективной ее длительности и потерянного времени ($t_{эф} + t_{ПТ}$).

Показатель M_H 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 складывается из потерянных времен в каждой его фазе (с номером i):

$$T_{пт} = \sum_1^n t = \sum_1^n (t_{cti} + t_{ni} - t_{pi})$$

Экспериментальные исследования показывают, что t_p в среднем больше t_{ct} на 1 с, т.е. эффективная деятельность фазы несколько больше длительности разрешающего сигнала. Однако для практических расчетов обычно принимают $t_{ct} \approx t_p$ 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.

4. Пофазный разъезд транспортных средств

Пофазный разъезд обеспечивает разделение конфликтующих потоков во 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-линий, как правило, лишь в одной фазе. С ростом числа фаз 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 результате такая полоса оказывается выключенной в течение всего цикла из работы перекрестка. Первое же транспортное средство, остановившееся у стоп-линий в ожидании своей фазы, лишит возможности остальных участников движения, находящихся на этой полосе и обладающих в данный момент правом проезда, воспользоваться этим правом.

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. 6.3). Все участники движения делятся на две группы. Очередность их движения ликвидирует на перекрестке наиболее опасные конфликтные точки. Повороты направо и налево, а также движение пешеходов осуществляются при наличии конфликтов в соответствии с порядком, предусмотренным Правилами дорожного движения Российской Федерации. Так как непереносимым условием применения двухфазного регулирования является сравнительно небольшая интенсивность в этих направлениях, интересы безопасности движения соблюдаются.

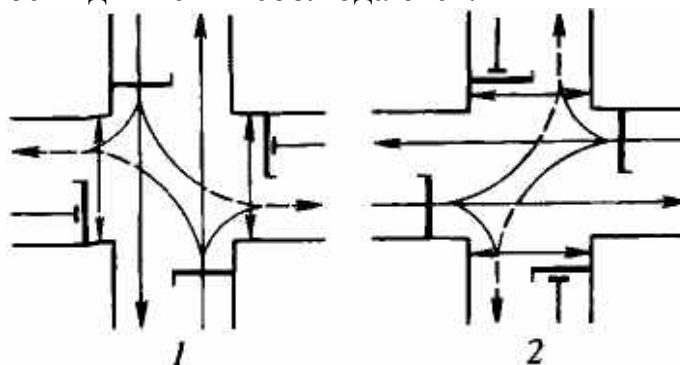


Рис. 6.3. Пример двухфазного цикла:
1,2 – номера фаз

Применение трех фаз и более 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 удастся лишь в период промежуточного такта, когда желтый сигнал прерывает движение во встречном направлении. В этот сравнительно короткий момент времени успевают повернуть налево лишь одно-два транспортных средства. Учитывая среднюю длительность существующих двухфазных циклов, избежать третьей фазы можно лишь при интенсивности лево-поворотного 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. 6.4) 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 эта фаза используется для пропуска правоповоротных потоков.

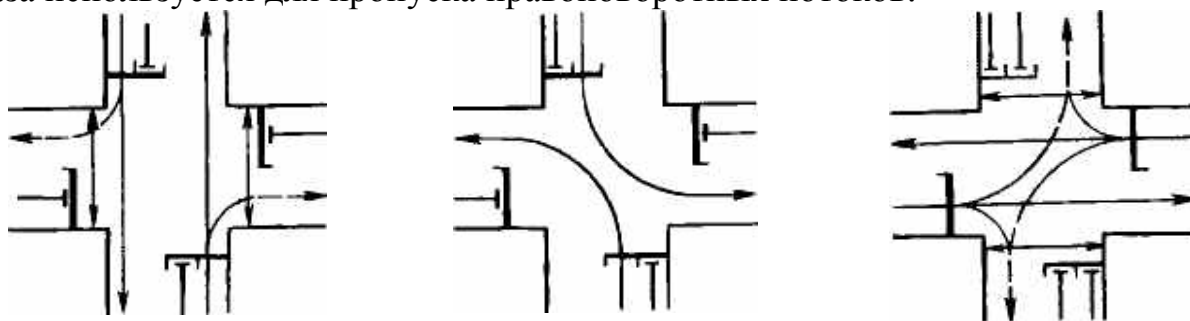


Рис. 6.4. Пример трехфазного цикла

Такой прием возможен при наличии достаточного числа полос на подходе к перекрестку и редко рассматривается в качестве главной задачи (повороты направо 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.

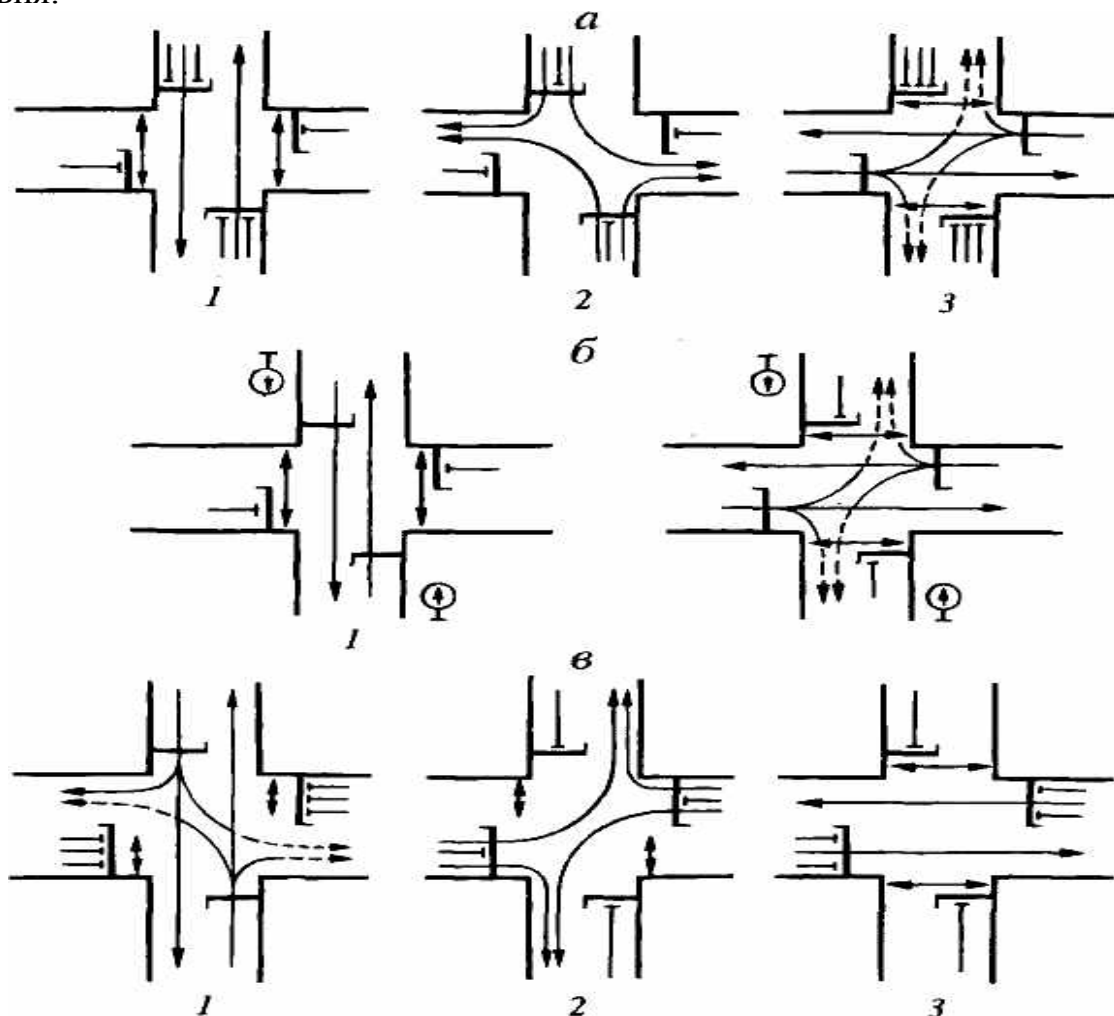


Рис. 6.5. Методы бесконфликтного пропуска пешеходов при организации пофазного разъезда транспортных средств:

а – выделение специальной фазы для поворотов налево и направо; б – запрещение поворотов в первой фазе; в – поэтапный пропуск через проезжую часть

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.

Многофазное регулирование (четыре фазы и более) является весьма нежелательным, учитывая связанные с этим рост транспортной задержки и снижение пропускной способности перекрестка. Обычно во избежание четырех 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 увеличению числа ДТП, связанных с пешеходами.

Безопасность движения пешеходов обеспечивается различными организационными методами (рис. 6.5). 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. 6.6). Такой метод регулирования является целесообразным при интенсивных пешеходных потоках на всех переходах перекрестка.

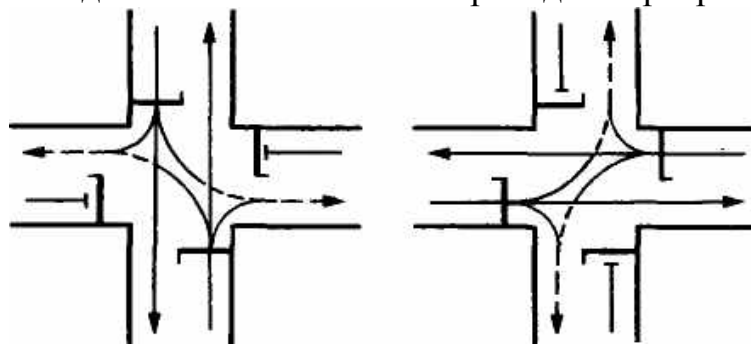


Рис. 6.6. Трехфазный цикл с выделенной пешеходной фазой

Подводя итоги, можно сформулировать основные принципы пофазного разъезда.

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 интенсивность левоповоротного потока не превышает 120 авт/ч.
3. Обеспечивать бесконфликтный пропуск пешеходов; в крайнем случае пешеходный и конфликтующие с ним поворачивающие транспортные потоки

можно пропускать в одной фазе, если интенсивность пешеходного потока не превышает 900 чел/ч, а поворачивающих транспортных потоков - не превышают 120 авт/ч.

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

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

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

5. Управление движением по отдельным направлениям пересечения

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, в которых длительность тактов для отдельных направлений программируется отдельно, 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.

На **рис.6.7** показаны два варианта организации движения на перекрестке, где интенсивность движения в направлении юг-север значительно превышает интенсивность в направлении север-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 (**рис. 6.7, а**) реализован на основе пофазного разъезда. Учитывая высокую интенсивность лево- и право-поворотного 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. 6.7, 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.

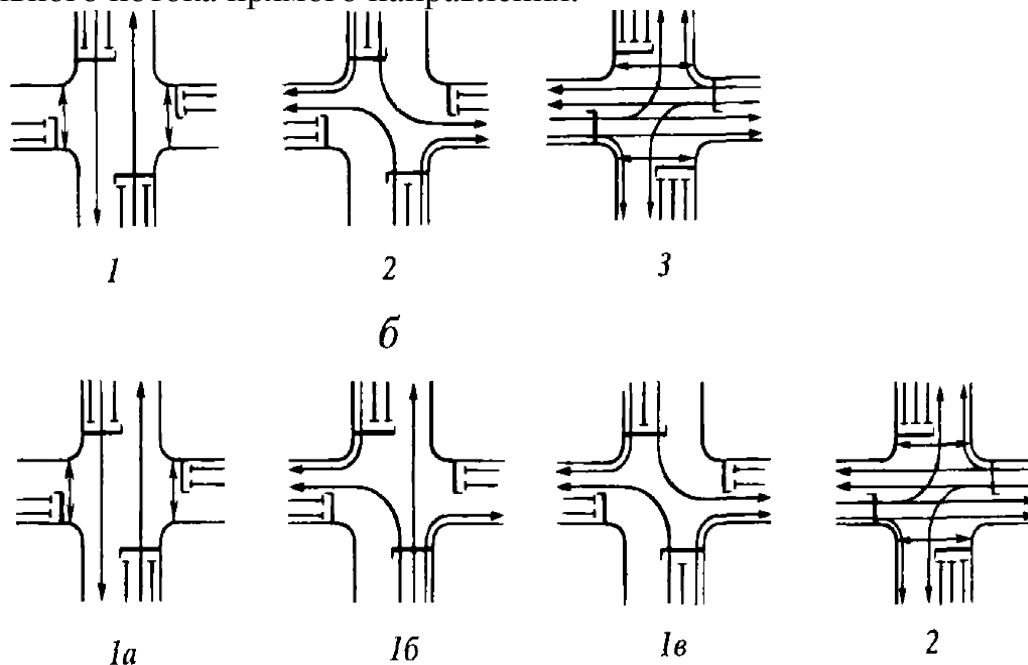


Рис. 6.7. Организация движения на перекрестке:

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

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 первого 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, иногда применяют метод пропуска интенсивного левоповоротного потока с частичным конфликтом (рис. 6.8). Указанный метод является безопасным лишь при запрещении левого поворота в направлении север – юг. В противном случае водитель, поворачивающий налево и находящийся в центре перекрестка, увидев на дублирующем светофоре запрещающий сигнал, поспешит закончить поворот, в то время как встречный прямой поток продолжает движение на разрешающий сигнал.

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

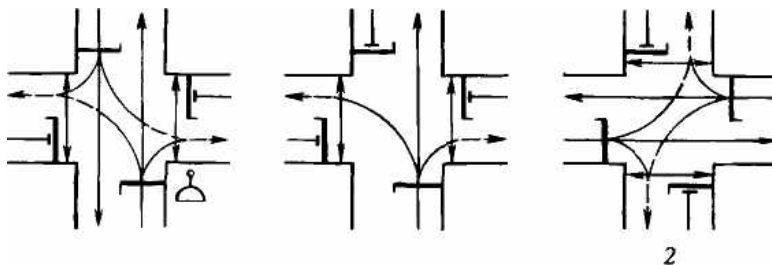


Рис. 6.8. Пропуск интенсивного левоповоротного потока с частичным конфликтом

6. Последовательность расчета длительности цикла при жестком управлении

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. 6.9).

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, мало зависит от интенсивности движения, а определяется планировочной характеристикой перекрестка 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 длительности 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 перекрестку; 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



Рис. 6.9. Последовательность расчета длительности цикла и его элементов

подходе и в зоне перекрестка (без торможения).

Потоки насыщения. Для каждого направления данной фазы регулирования поток насыщения определяют путем натурных 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-линий последним автомобилем очереди.

3. Записать показание секундомера и подсчитать число прошедших за это время приведенных транспортных единиц.

4. Повторить замеры 10 раз. (При достаточно длинной очереди на полосе, состоящей из 10-15 автомобилей и более, можно ограничиться 3-5 замерами.)

5. Определить поток насыщения для данной полосы движения в данной фазе и данном направлении движения

$$M_{ijk} = \frac{3600}{n} (m_1 / t_1 + m_2 / t_2 + \dots + m_n / t_n), \quad (6.2)$$

где 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_{nij} – поток насыщения для одного из направлений данной фазы.

7. Определить поток насыщения M_{nij} 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.

Вместе с тем методика экспериментального определения потока насыщения M_{nij} требует существенных затрат времени. Кроме этого, она неприменима для вновь проектируемых перекрестков. Для ориентировочных расчетов (до проведения натурных 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:

$$M_{\text{нїпрямо}} = 525B_{\text{нч}}, \quad (6.3)$$

Таблица 6.2

$M_{\text{нїпрямо}}, \text{ед/час}$	1850	1920	1970	2075	2475	2700
$B_{\text{нч}}, \text{м}$	3,0	3,5	3,75	4,2	4,8	5,1

где $M_{\text{нїпрямо}}$ – поток насыщения, ед/ч; $B_{\text{нч}}$ – ширина проезжей части в данном направлении данной фазы, м.

Формула (6.3) применима при $5,4 \text{ м} < B_{\text{т}} < 18,0 \text{ м}$. Если ширина проезжей части меньше 5,4 м, для расчета можно использовать данные, приведенные в табл. 11.2.

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 $M_{\text{нї}}$ на 3 %. При этом расчетным уклоном считают средний уклон дороги на участке от стоп-линий до точки, расположенной от нее на расстоянии 60 м на подходе к 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 % общей интенсивности движения в рассматриваемом направлении данной фазы, поток насыщения, полученный по формуле (6.3) или из приведенных в табл. 6.2 данных, корректируют:

$$M_{\text{нї}} = M_{\text{нїпрямо}} = \frac{100}{a + 1,75b + 1,25c} \quad (6.4)$$

где a , b и c – интенсивность движения транспортных средств соответственно прямо, налево и направо в процентах 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.

Для право- и левоповоротных потоков, движущихся по специально выделенным полосам, поток насыщения определяется в зависимости от радиуса поворота R :

для одностороннего движения

$$M_{\text{нїпов}} = \frac{1800}{1 + 1,525/R}; \quad (6.5)$$

для двустороннего движения 3000

$$M_{\text{нап}} = \frac{3000}{1 + 1,525/R}; \quad (6.6)$$

Радиус поворота может быть определен по плану перекрестка, вычерченного в масштабе. При двухрядном движении в формулу (6.6) подставляют среднее значение радиуса.

Остальные перечисленные факторы, влияющие на поток насыщения, учитывают с помощью поправочных коэффициентов. Эти коэффициенты отражают условия движения на перекрестке (табл. 6.3), 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 (11.3) – (11.6) или по данным табл. 6.3, должно быть умножено на соответствующий поправочный коэффициент.

Таблица 6.3

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

7. Фазовые коэффициенты

Их определяют для каждого из направлений движения на перекрестке в данной фазе регулирования

$$y_{ij} = N_{ij} / M_{\text{нап}}, \quad (6.7)$$

где y_{ij} – фазовый коэффициент данного направления; N_{ij} – интенсивность движения для рассматриваемого периода суток, ед/ч; $M_{\text{нап}}$ – поток насыщения в данном направлении данной фазы регулирования, ед/ч.

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

При пофазном регулировании и пропуске какого-либо транспортного потока в течение двух фаз и более для него отдельно рассчитывают фазовый коэффициент, который независимо от значения не принимают в качестве расчетного. 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 припускается 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 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-линий, 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 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, 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, 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. 6.10):

$$t_{\Pi i} = t_{pk} + t_T + t_i - t_{i+1}, \quad (6.8) \text{ где}$$

$t_{\Pi i}$ – длительность промежуточного такта в данной фазе регулирования, с; t_{pk} –

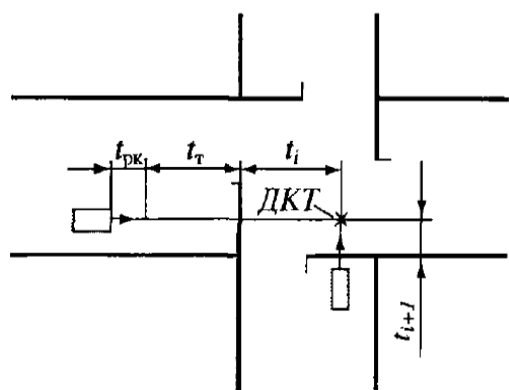


Рис.6.10. Составляющие промежуточного такта

время реакции водителя на смену сигналов светофора, с; t_T – время, необходимое автомобилю для проезда расстояния, равного тормозному пути, с; t_i – время движения автомобиля до самой дальней конфликтной точки (ДКТ), с; t_{i+1} – время, необходимое для проезда от стоп-линии до ДКТ автомобилю, начинающему движение в следующей фазе.

Так как составляющие формулы (6.8) t_{pk} и t_{i+1} в большинстве случаев по значению близки друг к другу, на практике их обычно

исключают из расчета. С учетом этого обстоятельства, а также предположения о постоянном замедлении при торможении автомобиля перед стоп-линией, длительность промежуточного такта

$$t_{\Pi i} = v_a / (7,2a_T) + 3,6(l_i + l_a) / v_a, \quad (6.9)$$

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 $a_T = 3 \div 4$ м/с²); l_i – расстояние от стоп-линий 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 $t_{\Pi i}$ пешеход должен или вернуться на тротуар, откуда он начал движение, или дойти до середины проезжей части (островок безопасности, центральной разделительной полосы, линии, разделяющей потоки встречных направлений). Максимальное время, которое потребуется для этого пешеходу.

$$t_{\Pi i(nu)} = B_{nu} / 4v_{nu}, \quad (6.10)$$

где B_{nu} – ширина проезжей части, пересекаемой пешеходами в 1-й фазе регулирования, м; v_{nu} – расчетная скорость движения пешеходов (обычно принимается 1,3 м/с).

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

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

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 насыщения M_{Hij} . Тогда справедливо соотношение $N_{ij}T_{\text{ц}} = M_{Hij}t_{0i}$. Отсюда длительность основного такта

$$t_{0i} = N_{ij}T_{\text{ц}} / M_{Hij} = y_{ij}T_{\text{ц}}, \quad (6.11)$$

Так как в данном случае фаза будет полностью насыщенной, $y_{ij} = y_i$. (С учетом этого замечания, подставляя значение t_{0i} определенное по формуле (6.11), получаем:

$$T_{\text{ц}} = y_1T_{\text{ц}} + t_{\Pi 1} + y_2T_{\text{ц}} + t_{\Pi 2} + \dots + y_nT_{\text{ц}} + t_{\Pi n}, \quad (6.12)$$

Обозначив $\sum_1^n y_i = Y$ и $\sum_1^n t_{\Pi i} = T_{\Pi}$ после преобразования выражения (6.12)

получим

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{п}} / (1 - Y), \quad (6.13)$$

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

$$T_{\text{ц}} = (1,5T_{\text{п}} + 5) / (1 - Y), \quad (6.14)$$

предложенная английским исследователем Ф. Вебстером на основе минимизации транспортной задержки.

При высокой интенсивности движения и недостаточной пропускной способности перекрестка (низкие значения $M_{\text{п}}$) 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 $T_{\text{ц}}$ 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 фаз и более. По тем же соображениям нецелесообразно принимать длительность цикла менее 25 с.

Основные такты. Длительность основного такта t_{oi} в i -ой фазе регулирования пропорциональна расчетному фазовому коэффициенту этой фазы. Поэтому, если сумма основных тактов равна $T_{\text{ц}} - T_{\text{п}}$, то

$$t_{oi} = [(T_{\text{ц}} - T_{\text{п}})y_i] / Y, \quad (6.15)$$

По соображениям безопасности движения t_{oi} обычно принимают не менее 7 с. В противном случае повышается вероятность цепных ДТП при разъезде очереди на разрешающий сигнал светофора. Поэтому, если длительность основного такта, рассчитанная по формуле (6.15), 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 $t_{\text{пш}}$, рассчитывают по эмпирической формуле, получившей широкое распространение в мировой практике и учитывающей суммарные затраты времени на пропуск пешеходов,

$$t_{\text{пш}} = 5 + B_{\text{пш}} / v_{\text{пш}}, \quad (6.16)$$

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

$$t_{\text{TP}} = [3,6(l_i + l_{\text{TP}})] / v_{\text{TP}}, \quad (6.17)$$

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

Если какие-либо значения $t_{\text{пш}}$ и (или) $t_{\text{тр}}$ оказались больше рассчитанной по формуле (6.15) длительности соответствующих основных тактов, то окончательно принимают новую уточненную длительность этих тактов, равную наибольшим значениям $t_{\text{пш}}$ или $t_{\text{тр}}$. 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 $t_{\text{пши}}$ (или t_{pi}) незначительно отличаются друг от друга (на 4–5 с). В этом случае можно t_{oi} увеличить до $t_{\text{пши}}$ (или t_{pi}) 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.

Для этого в формулу цикла вводят новые фазовые коэффициенты для тех фаз, основные такты которых уточняются по условиям пешеходного или трамвайного движения.

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 (6.14) и (6.15):

$$\left. \begin{aligned} T_{\text{ц}}^* &= (1,5T_{\text{п}} + 5) / [1 - (y_{\text{п}} + y^*)]; \\ T_0^* &= [T_{\text{ц}}^* - T_{\text{п}}] y^* / (y_{\text{н}} + y^*), \end{aligned} \right\} \quad (6.18)$$

где $T_{\text{ц}}^*$ – новая, скорректированная длительность цикла регулирования, с; $y_{\text{н}}$ и y^* – суммы фазовых коэффициентов, основные такты которых соответственно не уточнялись и уточнялись (получили новое значение) по условиям пешеходного и трамвайного движения; T_0^* – суммарная длительность основных тактов, уточненных по условиям пешеходного и трамвайного движения, с.

В системе уравнений (6.18) 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 $A = 1 - y_{\text{н}}$; $B = 2,5T_{\text{п}} - T_{\text{п}}y_{\text{н}} + T_0^* + 5$; $C = (T_{\text{п}} + T_0^*)(1,5T_{\text{н}} + 5)$,

$$\text{откуда } T_u^* = B/(2A) + \sqrt{B^2/(4A^2) - C/A}, \quad (6.19)$$

Зная скорректированное значение цикла регулирования $T_{\text{ц}}^*$, можно определить новую длительность основных тактов t_{oi}^* , не уточняящихся по пешеходному или трамвайному движению. Для этого в формулу (6.15) надо подставить скорректированное значение Y , полученное после преобразования формулы (6.14):

$$t_{oi}^* = [(T_u^* - T_{\Pi})T_u^* y_i] / (T_u^* - 1,5T_{\Pi} - 5), \quad (6.20)$$

Коррекция цикла приводит к его увеличению и, следовательно, к росту транспортной задержки. Избежать коррекции можно путем организации поэтапного пропуска пешеходов через проезжую часть (рис. 6.5,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.

Качество различных вариантов схем организации движения на перекрестке оценивают средней задержкой транспортных средств. 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:

$$x = N_j T_u / (M_{nj} t_{oj}), \quad (6.21)$$

где N_j , M_{nj} – соответственно интенсивность движения и поток насыщения в данном направлении, ед/ч; t_{oj} – 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 $x = 0,85 \div 0,90$ (не более). Немаловажным с точки зрения максимального использования пропускной способности перекрестка является отсутствие малонасыщенных направлений и их равномерная загрузка.

8. График режима светофорной сигнализации

Порядок чередования и длительность сигналов для каждого светофора, установленного на перекрестке, отражает 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 $T_{ц}$ первой на 25 % и, используя формулу (6.14), рассчитать новое значение Y . Пропорционально уменьшению Y следует уменьшить фазовый коэффициент для наиболее загруженного направления. По этому направлению, используя формулу (6.7), определяют интенсивность движения, которая является ориентировочно нижней границей применения первой программы. Аналогично определяют моменты перехода к следующим программам.



Рис.6.11. Параметры перекрестка

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 (6.21) подставляются значения нового (уменьшенного) цикла и соответствующего ему основного такта, а интенсивность N_j принимают равной максимально наблюдаемой.

Пример расчета. Расчет режима работы светофорной сигнализации приведен для пересечения двух улиц, условно названных Горизонтальной и Вертикальной (рис. 6.11). 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 (табл. 3.3). В потоке преобладают легковые автомобили.

Анализ картограммы интенсивности движения (рис. 6.12) указывает на необходимость бесконфликтного пропуска пешеходных потоков 5 и 13 с учетом их высокой интенсивности, а также интенсивностей право- и левоповоротного 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 принципами пофазного разъезда конфликтные точки считаются допустимыми).

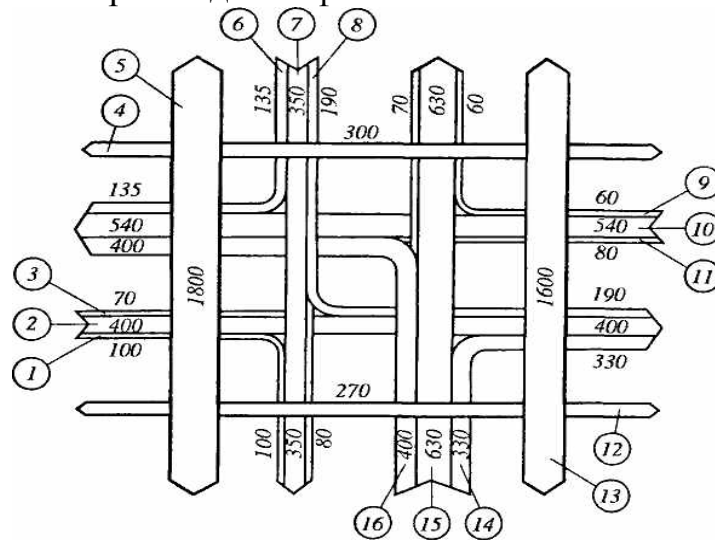


Рис. 6.12. Картограмма интенсивности транспортных (ед/ч) и пешеходных (чел/ч) потоков (в кружках даны порядковые номера потоков)

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 пропускаются в разных фазах, полосы на подходах к перекрестку необходимо специализировать: левая полоса предназначена для движения только налево, средняя - прямо, правая - только направо.

После определения числа фаз и порядка разъезда транспортных средств рассчитывают потоки насыщения и фазовые коэффициенты для каждого направления в каждой фазе регулирования. Номера фаз и направлений движения обозначены соответствующими индексами. 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. табл. 6.2). Потоки насыщения для лево- и правоповоротных направлений рассчитаны по формуле (6.5). При этом радиус поворота R определяют по плану перекрестка, вычерченного в масштабе. Для поворота направо $R=7$ м, налево – $R=15$ м. В 3-й фазе потоки в прямом направлении и поворачивающие пропускают вместе. Так как интенсивность последних составляет более 10% общей интенсивности движения на соответствующем подходе к перекрестку, то применена коррекция потоков насыщения по формуле (6.4).

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

Таким образом:

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

$$\begin{aligned}
y_{1(7)} &= 350/1970 = 0,18; y_{1(15)} = 630/1970 = 0,32; \\
M_{n2(8)} &= M_{n2(16)} = \frac{1800}{1 + 1,525/15} = 1636 \text{ед/ч}; \\
y_{2(8)} &= 190/1636 = 0,12; y_{2(16)} = 400/1636 = 0,24; \\
M_{n2(6)} &= M_{n2(14)} = \frac{1800}{1 + 1,525/7} = 1488 \text{ед/ч}; \\
y_{2(6)} &= 135/1488 = 0,09; y_{2(14)} = 330/1488 = 0,22; \\
M_{n3(1-3)} &= 2 \cdot 1970 = \frac{100}{70 + 12 \cdot 1,75 + 18 \cdot 1,25} = 3471 \text{ед/ч}^*; \\
M_{n3(9-11)} &= 2 \cdot 1970 = \frac{100}{79 + 12 \cdot 1,75 + 9 \cdot 1,25} = 3542 \text{ед/ч}^{**}; \\
y_{3(1-3)} &= 570/3471 = 0,16; \\
y_{3(9-11)} &= 680/3542 = 0,19;
\end{aligned}$$

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 $Y = 0,32 + 0,24 + 0,19 = 0,75$.

Промежуточные такты рассчитаны по формуле (6.9) 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 $\alpha_T = 4$ м/с². При определении длины l_i учитывалось, что стоп-линия расположена на расстоянии 10 м от пересекаемой проезжей части (пешеходный переход в 5 м от проезжей части у начала закругления тротуара, его ширина в соответствии с нормативными требованиями принята равной 4 м и расстояние от него до стоп-линий 1 м). По плану перекрестка определено местоположение дальних конфликтных точек пересечения с транспортными средствами, начинающими движение в следующих фазах. Приблизительно они удалены от стоп-линий для 1-й, 2-й и 3-й фаз соответственно на 17, 16 и 27 м.

Таким образом,

$$t_{II1} = 50/(7,2 \cdot 4) + 3,6(17 + 5)/50 = 4с;$$

* Интенсивность составляет в прямом направлении 70%, левоповоротного потока 12 % и правоповоротного 18 % общей интенсивности движения 570 ед/ч (рис. 12.12).

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

$$t_{II2} = 25/(7,2 \cdot 4) + 3,6(16 + 5)/25 = 4с;$$

$$t_{II3} = 50/(7,2 \cdot 4) + 3,6(27 + 5)/50 = 4с;$$

$$T_{II} = 12с.$$

Длительности цикла и основных тактов регулирования рассчитаны по формулам (12.14) и (12.15):

$$T_y = (1,5 \cdot 12 + 5)/(1 - 0,75) = 92с;$$

$$t_{01} = (92 - 12)0,32 / 0,75 = 34с;$$

$$t_{02} = (92 - 12)0,24 / 0,75 = 26с;$$

$$t_{03} = (92 - 12)0,19 / 0,75 = 20с;$$

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 (6.16):

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

В 3-й фазе пешеходы не успевают закончить переход проезжей части, так как $t_{пшз} > t_{03}$. Поэтому необходимо скорректировать цикл, приняв $t_{пшз} = t_{03}$. После корректировки структура цикла: $95 = 34 + 4 + 26 + 4 + 23 + 4$.

Принятый пофазный разъезд (рис. 6.7,а) и скорректированная структура цикла положены в основу размещения на перекрестке технических средств и графика режима работы светофорной сигнализации (рис. 6.13 и 6.14, а).

В соответствии с общепринятыми обозначениями на плане перекрестка транспортные светофоры типа 1 показаны в виде полукруга, дополнительные секции снабжены стрелками, указывающими направление их действия, пешеходные светофоры показаны в виде прямоугольника. Всем им присвоены номера, которые отражены в графике режима работы светофорной сигнализации. В средней части графика показано чередование сигналов светофоров, приведенных слева, в правой его части – длительности этих сигналов.

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 и пешеходов, переходящих горизонтальную улицу (рис. 6.7, б и 6.12).

Для этого необходимо рассчитать по формуле (6.15) длительность разрешающих сигналов для каждого направления с учетом соответствующим им фазовым коэффициентам и длительности цикла для пофазного разъезда транспортных средств 92 с:

Номер потока	1–3	6	7	8	9-11	14	15	16
Длительность разрешающего сигнала, с.....	17	10	19	13	20	23	34	26

В такте 1а (рис. 6.7, б) пропускается поток 7, частично поток 15 и пешеходные потоки 5 и 13. Для пропуска пешеходных потоков требуется 17 с, что меньше 19 с, необходимых для потока 7. Поэтому длительность такта 1а принимается равной 19 с.

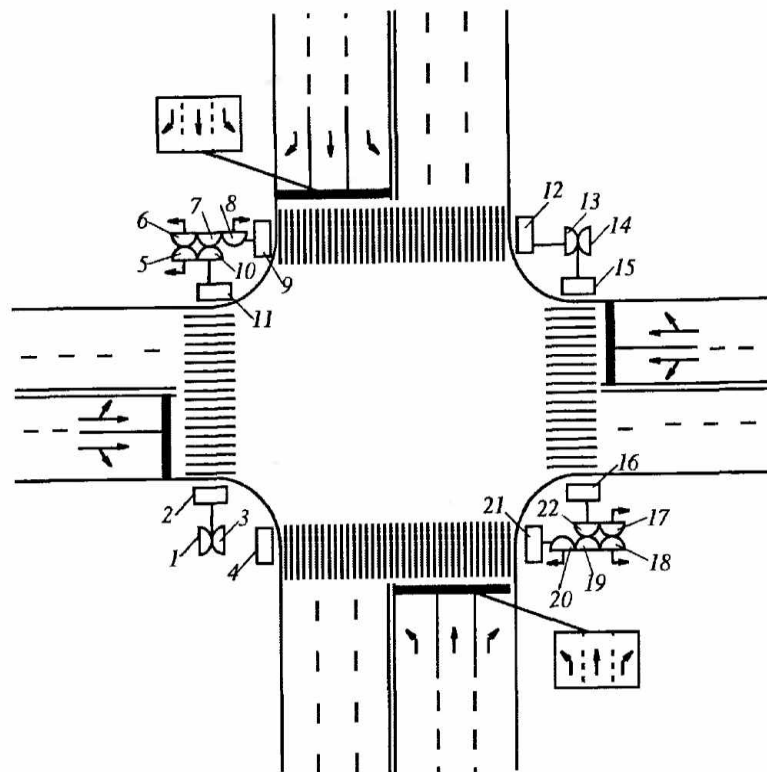


Рис. 6.13. План перекрестка с размещением технических средств
1-22 – номера светофоров

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

красный желтый зеленый

б

Номера светофоров	График включения сигналов	Длительность, с			
		t_z	$t_{ж}$	t_k	$t_{кж}$
7, 22		19	3	58	2
10, 19		34	3	43	2
6, 18, 20		28	—	—	—
8, 17		13	—	—	—
1, 3, 13, 14		23	3	54	2
2, 11, 15, 16		19	—	63	—
4, 9, 12, 21		23	—	59	—

красный желтый зеленый

Рис.6.14. Режим работы светофорной сигнализации:

а - пофазный разъезд транспортных средств; б - управление движением по направлениям перекрестка

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 23 с (19 с + 4 с), а $t_{o(15)} = 34с$, то длительность такта 1б составит 11с.

Далее через 4 с, необходимые для освобождения перекрестка потоком 15, в такте 1в можно совместно с потоками 6, 14 и 16 выпустить поток 8. Длительность этого такта определяют по максимальному времени, необходимому для пропуска этих потоков: $t_{o(6)} = 10с$; $t_{o(8)} = 13с$; $t_{o(14)} = 23с$; $t_{o(16)} = 26с$

Так как потоки 6, 14 и 16 уже находились в движении 15 с (11 с + 4 с), то длительность такта 1в составит 13 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 составить 20 с. Однако пешеходам, переходящим в этом такте вертикальную улицу, необходимо 23 с. Поэтому длительность такта 2 составит 23 с.

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

Просуммировав длительность всех основных и промежуточных тактов, можно получить окончательную длительность цикла, которая составит 82 с. Последовательность и длительность сигналов светофоров для этого случая показаны на рис. 6.14, б.

Данные о степени насыщения x направлений движения, рассчитанной по формуле (6.21), следующие:

Номер потока	1-3	6	7	8	9-11	14	15	16
Степень насыщения x : пофазный разъезд	0,66	0,33	0,50	0,45	0,78	0,80	0,89	0,88
регулирование по направлениям	0,57	0,57	0,78	0,77	0,68	0,64	0,77	0,70

Таким образом, при управлении движением по отдельным направлениям циклы уменьшаются, а степень насыщения направлений выравнивается, что способствует снижению транспортной задержки и повышению пропускной способности перекрестка.

9. 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 повороты транспортных средств налево и направо. 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 (рис. 6.6). 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 (6.19). При этом используемое в расчетах значение u_n определяется как сумма расчетных фазовых коэффициентов для фаз, предназначенных для пропуска транспортных потоков, а $T_o^* = t_{пш}$. Значение $t_{пш}$ рассчитывают по формуле (6.16) для всех направлений движения пешеходов. В качестве расчетной принимают наибольшее из полученных значений. Это будет основной такт пешеходной фазы.

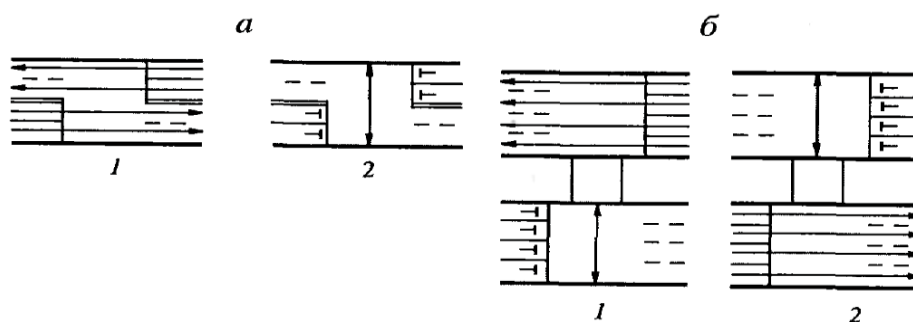


Рис.6.15. Организация движения на регулируемом пешеходном переходе:
а – цикл с полностью пешеходной фазой; б – поэтапный пропуск пешеходов

Длительности промежуточных тактов для транспортных фаз определяют по формуле (6.9), а для пешеходной фазы - по формуле (6.10). Основные такты, предназначенные для пропуска транспортных потоков, определяют по формуле (6.20).

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. 6.15, а). Таким образом, одна из фаз является полностью пешеходной и режим регулирования рассчитывают аналогично изложенному ранее: цикл определяют по формуле (6.19); u_n равен расчетному фазовому коэффициенту транспортной фазы; $T_o^* = t_{пш}$.

Так как цикл регулирования состоит только из двух фаз, использование формулы (6.20) для определения основного такта транспортной фазы не является обязательным. Его длительность рассчитывают, вычитая из цикла уже известные T_n и $t_{пш}$:

$$t_{oT} = T_{\text{ц}} - T_{\text{п}} - t_{\text{пш}}$$

В расчетах режима светофорного регулирования на пешеходных переходах, расположенных на перегонах улиц, следует обращать внимание на время ожидания пешеходами разрешающего сигнала $t_{ожс} = T_{\text{ц}} - t_{\text{пш}}$. Оно не должно превышать среднее время «терпеливого ожидания» пешеходов, обычно принимаемого равным 30 с. Если $t_{пш} > 30$ с, то следует уменьшить значение $l_{от}$. В исключительных случаях при высокой интенсивности транспортного потока, превышающей 700 ед/ч на полосу движения, время $t_{ожс}$ 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. 6.15,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 (6.14) и (6.15) с последующей проверкой основных тактов по условиям пешеходного движения.

10. Задержки транспортных средств

Задержки на нерегулируемых перекрестках. Движение по главной дороге на нерегулируемых перекрестках (при наличии знаков приоритета) 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 повороте налево 10–13 с, при повороте направо 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 $t_{\Delta n}$, рассчитываемой при наличии некоторых допущений. В общем виде

$$t_{\Delta n} = t_{\Delta H1} - t_{\Delta H2} + t_{\Delta H3}$$

где $t_{\Delta H1}$ – среднее время ожидания приемлемого интервала, с; $t_{\Delta H2}$ и $t_{\Delta H3}$ – средние задержки, связанные соответственно с пребыванием автомобилей в очереди, образующейся на второстепенной дороге, и с торможением автомобиля перед перекрестком, с.

Методы определения $t_{\Delta H1}$ и $t_{\Delta H2}$ рассматриваются в теории транспортных потоков и заключаются в следующем. Среднее время $t_{\Delta H1}$ принимают равным отношению суммарной продолжительности неприемлемых интервалов к числу

приемлемых. Средняя задержка $t_{\Delta H2}$ 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 $t_{\Delta H3}$ 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 вероятного появления временных интервалов между автомобилями на главной дороге средняя задержка автомобиля на данном направлении второстепенной дороги

$$t_{\Delta H} = \frac{e^{N_{\Gamma} t_{\Gamma p}} - N_{\Gamma} t_{\Gamma p} - 1}{N_{\Gamma} - N_B (e^{N_{\Gamma} t_{\Gamma p}} - N_{\Gamma} t_{\Gamma p} - 1)} + \frac{v_a}{7,2} \left(\frac{1}{\alpha_T} + \frac{1}{\alpha_p} \right), \quad (6.22)$$

где e – основание натурального логарифма; N_{Γ} – интенсивность транспортного потока на главной дороге в обоих направлениях, авт/с; N_B – интенсивность, приходящаяся в среднем на одну полосу второстепенной дороги в рассматриваемом направлении движения, авт/с; α_T и α_p – соответственно замедление и ускорение автомобиля (в расчетах можно принять $\alpha_T = 3 \div 4$ м/с²; $\alpha_p = 1,0 \div 1,5$ м/с²); v_a – скорость автомобиля в свободных условиях, км/ч.

Среднюю задержку автомобиля $t_{\Delta H}$ на перекрестке в целом определяют как средневзвешенное значение задержек для всех направлений (подходов к перекрестку) второстепенной дороги, рассчитываемых по формуле (6.22):

$$\bar{t}_{\Delta H} = \sum_1^n (t_{\Delta H j} N_j) / \sum_1^n N_j, \quad (6.23)$$

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:

$$t_{\Delta p} = (T_y - t_0) / 2, \quad (6.24)$$

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 (6.24) 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 для определения задержки Ф.Вебстера, получившая широкое распространение в практике управления дорожным движением:

$$t_{\Delta p} = \frac{T_y(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2N(1-x)} - 0.65\left(\frac{T_y}{N^2}\right)^{1/3} x^{(2+5\lambda)}, \quad (6.25)$$

где λ – отношение длительности разрешающего сигнала к циклу ($\lambda = t_o T_y$);

N – интенсивность движения транспортных средств в рассматриваемом направлении, ед/с.

Первая составляющая формулы (6.25) позволяет определить задержку при регулярном прибытии автомобилей к перекрестку. При полностью насыщенной фазе ($x = 1$) она после простейших преобразований превращается в формулу (6.24).

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 (6.25) по сравнению с ее значением, определенным экспериментально. В среднем эта погрешность составляет 10 %, поэтому для практических расчетов обычно применяют упрощенную формулу:

$$t_{\Delta p} = 0,9 \left[\frac{T_y(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2N(1-x)} \right], \quad (6.26)$$

Естественно, при машинных методах расчета задержки лучше использовать формулу (6.25). Она дает более точные результаты.

В целом для регулируемого перекрестка средневзвешенную задержку $\bar{t}_{\Delta p}$ определяют так же, как и для нерегулируемого [см. формулу (6.23)], 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, близком 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 числа стоящих автомобилей n_{CT} на входе перекрестка через равные, достаточно малые промежутки времени δ . Средняя задержка автомобиля

$$t_{\Delta j} = \delta \sum_1^n n_{CTj} / n_{PP} \quad (6.27)$$

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

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 минута					
.....					
5-я минута					
Итого:	$\sum n_{CT}$				n_{PP}

5) определить среднюю задержку автомобиля в данном направлении перекрестка по формуле (6.27).

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

11. 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).

Для локального управления получили распространение алгоритмы 1-й группы, которые отличаются сравнительной простотой.

Проще и их техническая реализация. 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 длительности 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 транспортной задержки на подходе к перекрестку в направлении разрешающего сигнала с транспортной задержкой в конфликтующем направлении. Разрешающие сигналы пропорциональны задержкам в прямом и конфликтующем направлениях. 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-линий 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 регулирования, так и с переменным, рассчитываемым заново на каждом шаге управления.

На практике широкое применение получил алгоритм поиска разрыва в потоке при фиксированных значениях управляющих параметров. Это объясняется простотой алгоритма, для отработки которого 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 $t_{3\min}$; максимальная длительность основного такта $t_{3\max}$; экипажное время (интервал, определяющий разрыв в потоке) $t_{эж}$. Эти параметры заранее определяют расчетом. На всех подходах к перекрестку устанавливают детекторы транспорта. Расстояние от места их установки до стоп-линий в зависимости от скорости автомобилей находится в пределах 30–50 м.

При включении разрешающего сигнала вначале отрабатывается

длительность t_{3min} . Это время необходимо для пропуска транспортных средств, ожидавших разрешающего сигнала и находившихся между стоп–линией и ДТ. Кроме того, t_{3min} должно обеспечить пешеходам возможность перехода проезжей части (минимум до осевой линии).

Если до истечения времени t_{3min} в зоне детектора не появится ни одного автомобиля, сигналы переключаются с разрешающего на запрещающий (рис. 6.16, а), т.е. происходит переход к следующей фазе регулирования. Если до истечения времени t_{3min} в зоне детектора появится автомобиль, разрешающий сигнал продлевается на время $t_{эж}$, которое позволит этому автомобилю пройти расстояние от детектора до стоп-линий. Если до истечения экипажного времени в зоне детектора появится еще один автомобиль (отсутствие разрыва в потоке), то начинается отсчет нового $t_{эж}$ и т.д. Таким образом, каждый последующий автомобиль, проезжающий в зоне детектора до истечения предыдущего времени $t_{эж}$, продлевает действие разрешающего сигнала. Переключение сигналов с разрешающего на запрещающий произойдет в том случае, если временной интервал между двумя следующими друг за другом автомобилями окажется больше экипажного времени (рис. 6.16, б).

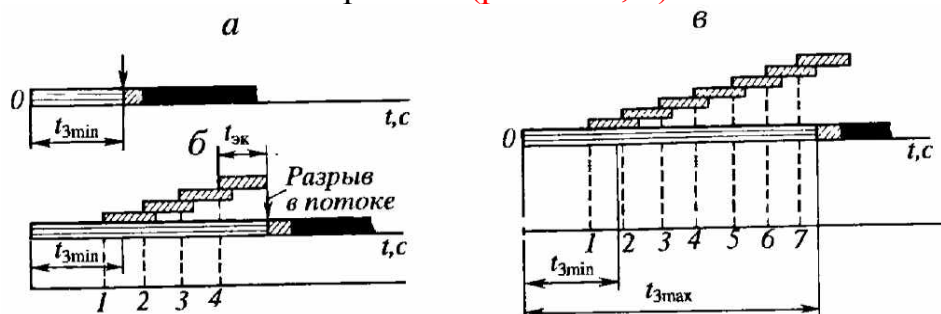


Рис. 6.16. Случаи реализации поиска разрывов:

а – отсутствие автомобилей в течение t_{3min} ; б – наличие разрыва в потоке до истечения t_{3max} ; в – отсутствие разрыва в потоке; 1, 2,..., 7- моменты проезда автомобилями зоны детектора

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_{3max} . Таким образом, если в направлении действия разрешающего сигнала в течение t_{3max} не будет обнаружен разрыв в потоке, сигналы переключаются (рис. 6.16,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_{3max} . 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_{3max} , 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:

$$t_{3\min} = 3600n_o / M_n, \quad (6.28)$$

где n_o – число автомобилей, стоящих в ожидании разрешающего сигнала между стоп-линией и ДТ и в среднем приходящихся на полосу движения (определяются 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;

или
$$t_{3\min} = 5 + B_{\text{пул}} / v_{\text{пул}}, \quad (6.29)$$

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

В качестве расчетного принимают большее значение $t_{3\min}$ из полученных по формулам (6.28) и (6.29), но не менее 7 с. Обычно $t_{3\min}$ лежит в пределах 7-12 с.

Длительность

$$t_{\max} = (1,2 \div 1,3)t_o, \quad (6.30)$$

где t_o – длительность основного такта данной фазы, рассчитанная для случая жесткого управления по формуле (6.15) в условиях пикового периода часов суток.

Как видно из формулы (6.30), $t_{3\max}$ больше t_o на 20-30 %. Это делается для облегчения условий движения, а 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-линий. Это зависит от скорости автомобиля, которую определяют натурными наблюдениями. Затем принимают, что автомобиль с момента пересечения детектора движется до стоп-линий с постоянной скоростью. С учетом этих замечаний экипажное время

$$t_{\text{эк}} = 3,6S_{\text{ДТ}} / v_a, \quad (6.31)$$

где $S_{\text{ДТ}}$ – расстояние от места установки ДТ до стоп-линии, м; v_a – 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 (6.9). 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-линий 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.

Тема 7: КООРДИНИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ

1. Основы координированного управления

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

Принцип координации заключается во 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.

Для организации координированного управления необходимо выполнение следующих условий: наличие не менее двух полос для движения в каждом направлении; одинаковый или кратный цикл регулирования на всех перекрестках, входящих в систему координации; транзитность потока должна быть не менее 70 %; 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 (остановившихся у тротуара автомобилей, остановочных пунктов общественного транспорта и т.д.).

Одинаковый или кратный цикл на всех перекрестках обеспечивает необходимую периодичность смены сигналов, сохранение расчетного сдвига включения фаз, разрешающих движение вдоль маршрута координации.

Требование к транзитности потока означает преобладание на рассматриваемой магистрали потоков прямого направления. Интенсивные

поворотные потоки с магистрали и на нее ухудшают эффективность координированного управления.

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 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 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. 7.1 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-линий по ходу движения. Можно отметить, что на расстоянии 600 м от перекрестка длина группы во времени увеличивается более чем в 2 раза.

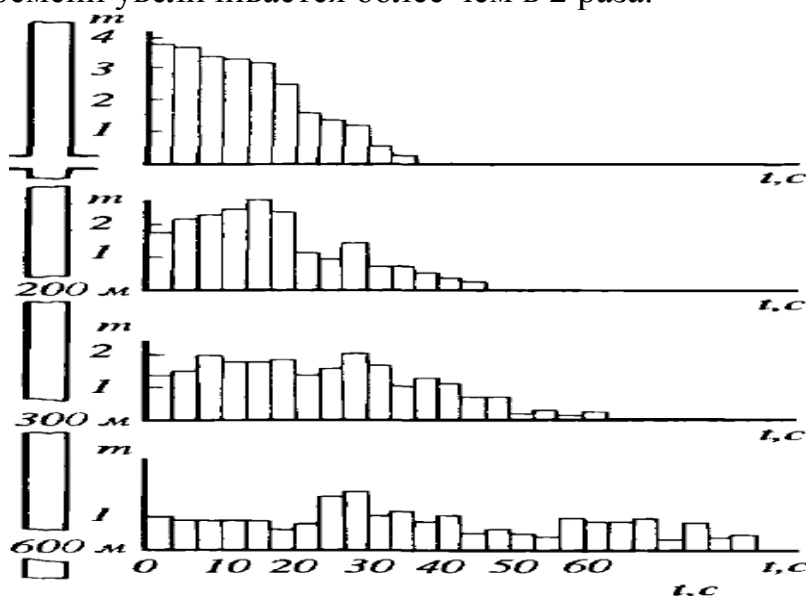


Рис.7.1. Процесс распада группы автомобилей

По данным многочисленных наблюдений установлено, что группа полностью распадается при длине перегона 800 – 1000 м и более. 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 с данным направлением движения, интенсивность движения, наличие на перегонах остановочных пунктов общественного

транспорта, пунктов притяжения пешеходов и т. п.

Для количественной оценки распада группы автомобилей на перегоне д.т.н. В.Т. Капитановым предложена эмпирическая формула, полученная путем обработки достаточно большого объема экспериментальных данных,

$$t_x = t_{\Gamma} e^{0,008x_d}, \quad (7.1)$$

где t_x – временная длина группы автомобилей на расстоянии x от перекрестка, генерирующего эту группу, с; t_{Γ} – временная длина группы непосредственно за генерирующим перекрестком, с; t_d – время движения группы от генерирующего перекрестка до сечения x на перегоне магистрали, с.

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-линий 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) ограниченно – 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.

Поэтому рекомендуется между этими перекрестками организовывать светофорный объект (например, регулируемый пешеходный переход) даже, если не выполняются условия 1-4 введения светофорной сигнализации.

Правильный выбор расчетной скорости, а следовательно, и сдвига включения зеленых сигналов на соседних перекрестках оказывают 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 6.2 «Рекомендуемая скорость», как показывает практика, является малоэффективным.

2. Графоаналитический метод расчета программы координации

Благодаря своей простоте этот метод в свое время 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. 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 интенсивностях 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 (6.15) 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 (рис. 7.2). 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. Вправо через границы перекрестков проводят линии, параллельные горизонтальной оси. На горизонтальной оси, соответствующей ключевому перекрестку А, наносят слева направо с соблюдением горизонтального масштаба повторяющуюся последовательность сигналов вдоль магистрали.

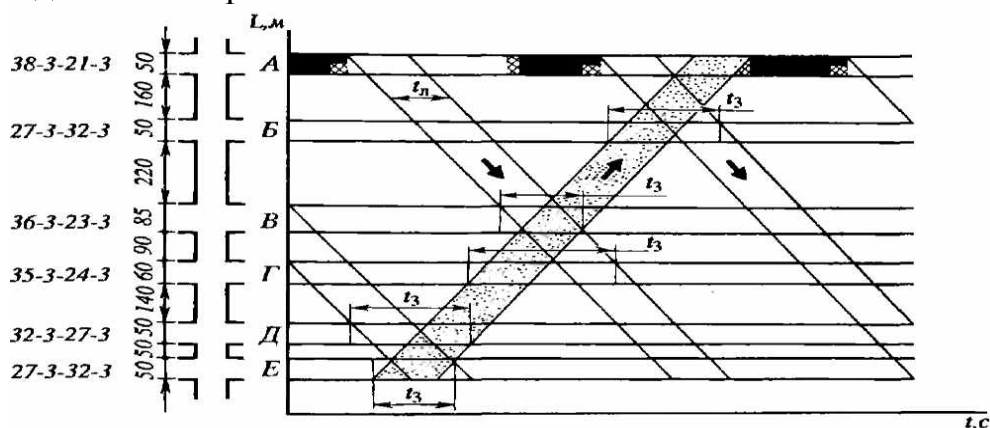


Рис. 7.2. Первоначальный этап построения графика координированного управления.

Слева указана продолжительность, с, сигналов светофоров по магистрали в последовательности: зеленый – желтый – красный – красный с желтым

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

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_p M_\Gamma}{3,6 M_B}, \quad (7.2)$$

где v_p – расчетная скорость движения, км/ч; M_Γ – горизонтальный масштаб, число секунд в 1 см; M_B – вертикальный масштаб, число метров с 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 (7.2), соответственно расчетной скорости этого направления. Из плотной бумаги вырезают полосу 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 (рис. 7.2), 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. Не рекомендуется делать ширину ленты времени 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 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. 7.3).

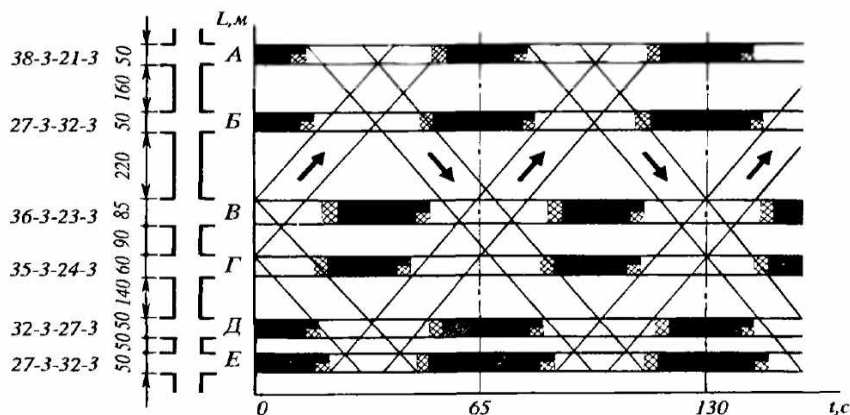


Рис. 7.3. График координированного управления движением на городской магистрали

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 должен включаться по магистрали 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 расчетной длительностью и длительностью t_3 . Если эти значения равны или t_3 превышает расчетную длительность зеленого сигнала по магистрали, то опережение может быть получено только за счет уменьшения длительности 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 поворотов налево с магистрали при координированном управлении. Пропуск достаточно плотных групп автомобилей через перекрестки практически исключает использование метода «просачивания» левоповоротных потоков через потоки встречного направления. Поэтому целесообразней повороты налево 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 А, Б, Г и Д на рис. 7.3), то такое уширение не требуется. Пока не подошел встречный поток, левоповоротный поток пропускается беспрепятственно с потоком, движущимся в прямом направлении. Для встречного потока в это время включен запрещающий сигнал (рис. 7.4).

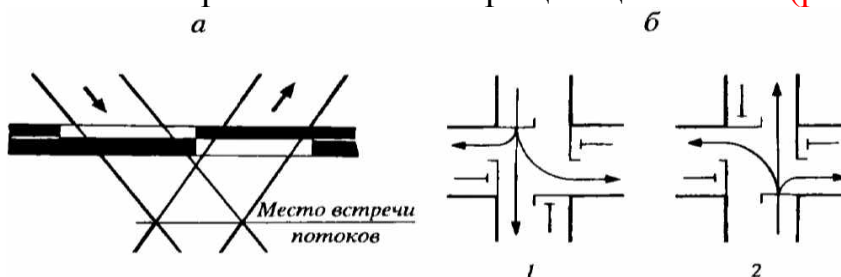


Рис. 7.4. Организация левых поворотов при неодновременном прибытии встречных потоков к перекрестку:

а - фрагмент графика координированного управления; б - поочередный пропуск потоков встречного и попутного направлений

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 0,37с) 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 β определяют методом натурных наблюдений на каждом перекрестке для попутного и встречного направлений. Может быть определено среднее значение коэффициента β 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. Причем 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.

3. 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 перегону,

не оптимизируется процесс управления по такому ведущему критерию эффективности, как *транспортная задержка*.

Начиная с 60-х годов прошлого столетия 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 и распределение длительностей фаз внутри цикла), 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 маршрутных транспортных средств или комплексные критерии. В основу методов расчета положены математические модели, приближенно отражающие процесс движения групп автомобилей при координированном управлении.

Метод расчета ТРАНЗИТ базируется на детерминированной модели транспортного потока и 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 n – число направлений движения; $t_{\Delta i}$ – средняя задержка автомобиля на i -м направлении дороги, измеряемая в долях цикла; k – весовой коэффициент (относительная стоимость остановки); r_i – среднее число остановок автомобилей на i -м направлении в течение цикла.

Оптимизацию программы координации начинают с задания исходного режима регулирования, при котором на всех перекрестках выбирают одинаковую длительность цикла. Затем путем последовательного изменения сдвигов фаз программа находит минимальный интегральный критерий качества управления. После оптимизации по сдвигам проводится изменение распределения фаз внутри цикла для каждого перекрестка, способствующее также минимизации критерия M . Оптимальный цикл находится путем нескольких последовательных расчетов по данной программе при различных значениях цикла.

Существуют модернизированные версии метода расчета ТРАНЗИТ, которые предусматривают оптимизацию частности параметров управления по потерям времени пассажирами, расходу топлива, экологическим показателям.

ТРАНЗИТ-6 предназначен для минимизации затраченного в поездке времени пассажиров. Тем самым рассчитывается программа координации, которая обеспечивает приоритет маршрутных транспортных средств, например автобуса, движущегося как в потоке, так и по обособленной полосе. 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 рассчитываются отдельно, причем принято, что обгоны запрещены с момента, когда автомобили присоединяются к очереди, ожидающей разрешающего сигнала светофора. Маршрутные 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.

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 принимают в качестве расчетного для магистрали.

Отличительной особенностью последних версий программы ТРАНЗИТ является возможность ее использования не только для расчета планов координации, но и для моделирования дорожного движения по сети городских улиц с достаточно высокой точностью. При этом в процессе моделирования исследуются все возможные типы перекрестков (регулируемые с различными длительностями циклов, нерегулируемые, входящие или не входящие в систему координации), а также пешеходные переходы, въезды-выезды в гаражи и на стоянки и т.п. Результаты моделирования позволяют получить количественную и качественную оценку различных методов организации дорожного движения.

4. 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 аппаратного 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, составляет 3–8. Технически этот метод управления обеспечивается с помощью программных дорожных контроллеров, объединенных в бесцентровую систему или находящихся под контролем УП.

Второй путь увеличения гибкости управления – это обеспечение включения в действие той программы, которая соответствует условиям движения в данный период времени, и ее 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 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 УДС. 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 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 программа будет приближенно соответствовать рассматриваемому периоду времени, так как при этом не учитываются текущие колебания этих показателей (реальные значения скорости и интенсивности).

Общая коррекция осуществляется с помощью ЭВМ в УП. после чего спрогнозированная программа передается на периферию, где ее реализуют дорожные контроллеры.

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 программой) в направлении, в котором происходит поиск разрывов, если разрыв в потоке будет обнаружен. Тем самым раньше включится зеленый сигнал в конфликтующем направлении. Это способствует существенному снижению неоправданных транспортных задержек. Для сохранения принципа координированного управления запрещается выключение сигнала до истечения его минимального значения, отсчитываемого от момента сдвига фазы. При этом в направлении координации минимальная длительность

зеленого сигнала делается достаточно большой, 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. 7.5. Для простоты рассматривается одностороннее движение от перекрестка/к перекрестку 2, промежуточные такты на рисунке не показаны.

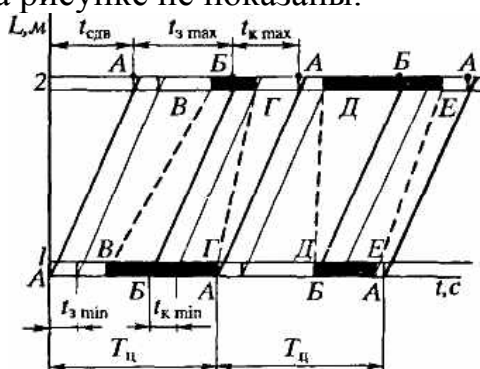


Рис. 7.5. Принцип местной коррекции программы координированного управления

В соответствии с программой отсчет длительностей $t_{3\min}$ и $t_{k\min}$ (т.е. $t_{3\min}$ в пересекающем направлении) ведут после отсчета сдвига фазы $t_{сдв}$. На рис. 7.5 эти моменты обозначены соответственно точками А и Б.

В течение первого цикла после отработки $t_{3\min}$ разрыв в потоке как на 1-м, так и на 2-м перекрестках был обнаружен раньше, чем истекло $t_{3\max}$. Поэтому зеленый сигнал по магистрали выключился раньше (точки В). Начиная с точек Б, начался отсчет $t_{k\min}$, по истечении которого на пересекающем направлении первого перекрестка до конца $t_{k\max}$ не был обнаружен разрыв в потоке, а на втором перекрестке в пересекающем направлении автомобилей не было. Поэтому сигнал переключился сразу по истечении $t_{k\min}$ (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 $t_{k\min}$ на обоих перекрестках разрыв в потоке был обнаружен до истечения $t_{k\max}$ по магистрали (точки Е). Поэтому сигналы переключились раньше, чем это было предусмотрено программой (точки А). Прерывистыми линиями на рис. 7.5 показаны границы получившихся таким образом «зеленых» и «красных» лент времени.

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.

Тема 8: ДОРОЖНЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ

1. Назначение и классификация дорожных контроллеров

Дорожные контроллеры (ДК) предназначены для переключения сигналов светофоров и символов управляемых дорожных знаков. В последнее время появились так называемые динамические информационные табло (ДИТ), которые по международной классификации также относятся к управляемым дорожным знакам с изменяющейся информацией. Помимо этого, в зависимости от конструкции ДК могут сигнализировать о выполнении поступающих команд из УП и 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 не высока и часто изменяется в течение суток. Длительность сигналов так же, как и всего цикла регулирования, меняется в заранее заданных пределах от минимального до максимального значения.

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 (каналам). 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, как правило, 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, как правило, одну заложенную в него программу (возможно несколько), 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), указателей рекомендуемой скорости (УСК) и динамических информационных табло.* Такие контроллеры, как правило, применяют в рамках АСУД, поэтому они относятся к классу системных.

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

В последнее время получили распространение контроллеры управления движением по отдельным полосам, особенно на скоростных городских дорогах и в тоннелях.

По конструктивному признаку ДК могут быть выполнены на базе электромеханических, электронно-релейных или полностью электронных схем. Последние изготавливают на дискретных элементах (потенциально-импульсные схемы), на интегральных микросхемах, а также используют в их конструкции микропроцессоры. Выпуск электромеханических контроллеров прекращен.

2. Структурная схема контроллера

Исходя из назначения ДК основными его устройствами являются (рис. 8.1) блок управления (программно-логическое устройство) и силовая часть (исполнительное устройство). Блок управления 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 силы. Работа блока управления основана на слаботочных 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. 8.1), который может быть встроенным или выносным. Последний предусмотрен для удобства работы оператора — инспектора ГИБДД, 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).

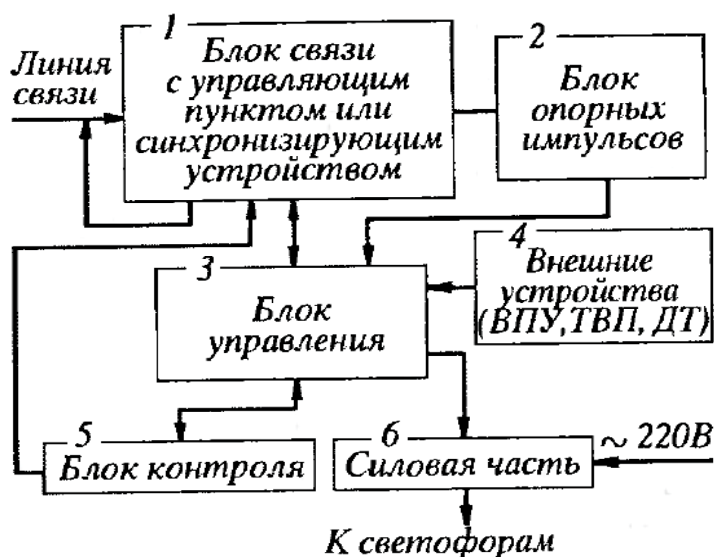


Рис. 8.1. Обобщенная структурная схема контроллера

Так были построены электромеханические контроллеры, находившиеся в эксплуатации в 50–60-х годах прошлого века, 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.

Современный локальный контроллер содержит все блоки, показанные на рис. 8.1, 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 УП и контроллера применены генераторы импульсов, использующие в качестве исходной частоту сети 50 Гц. В отдельных частях города она имеет 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 переменная 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 выносной пункт управления (ВПУ – блок 4 **на рис. 8.1**). 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 табло вызова пешеходом (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, запросам 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.

3. Принципы исполнения программно-логических и силовых устройств

Блок управления формирует длительности основных и промежуточных тактов, по окончании 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 составляет 1 Гц, что соответствует одному импульсу в 1 с.

Необходимая частота генератора формируется в блоке опорных импульсов. В качестве генератора импульсов (**рис. 8.2, а**) часто используется схема, формирующая сигналы из частоты промышленной сети переменного тока 50 Гц. Эта частота выдерживается относительно стабильной (по нормам допустимое отклонение равно ± 1 Гц). Напряжение сети выпрямляется однополупериодным выпрямителем, на выходе которого действует уже пульсирующее напряжение с той же частотой 50 Гц.

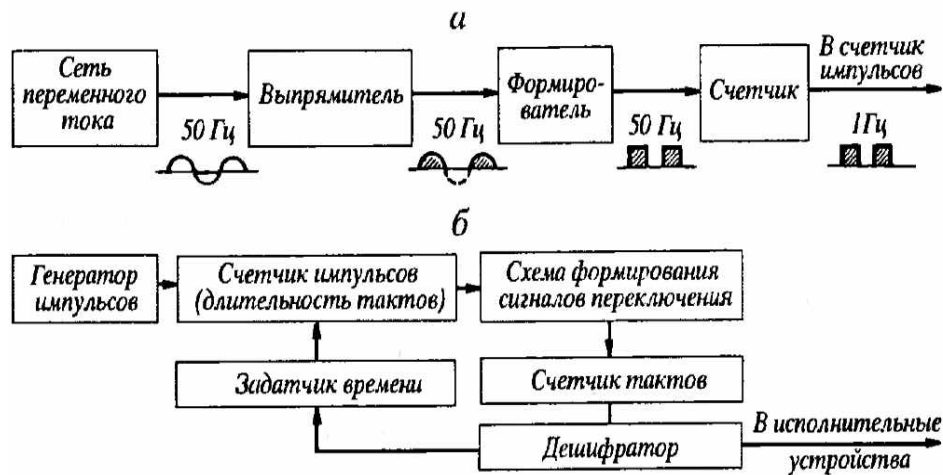


Рис. 8.2. Обобщенная схема программно-логического устройства контроллера:
а – генератор секундных импульсов; б – структурная схема программно-логического устройства

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, который имеет предельное число счета, равное 50. При достижении этого числа он выдает импульс в счетчик импульсов. Очевидно, что частота этих импульсов равна теперь 1 Гц. (В настоящее время в качестве исходного генератора опорных импульсов используется кварцевый генератор, имеющий очень высокую точность отсчета.)

Основой для построения программно-логических устройств являются счетно-переключающие схемы. Обобщенная структурная схема одного из вариантов устройств такого типа приведена на рис. 8.2, 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 такт. Изменение происходит только в тот момент, когда счетчик времени заканчивает отсчет длительности очередного такта. Задатчик времени поочередно задает счетчику импульсов в зависимости от текущего номера такта то число импульсов, до которого он должен досчитать. Например, при двухфазной схеме организации движения имеются четыре такта – два основных 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 перемычек запаивается необходимая длительность тактов. Учитывая, что в последние годы получили распространение контроллеры с двумя-тремя 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 ноль – 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 (здесь 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.

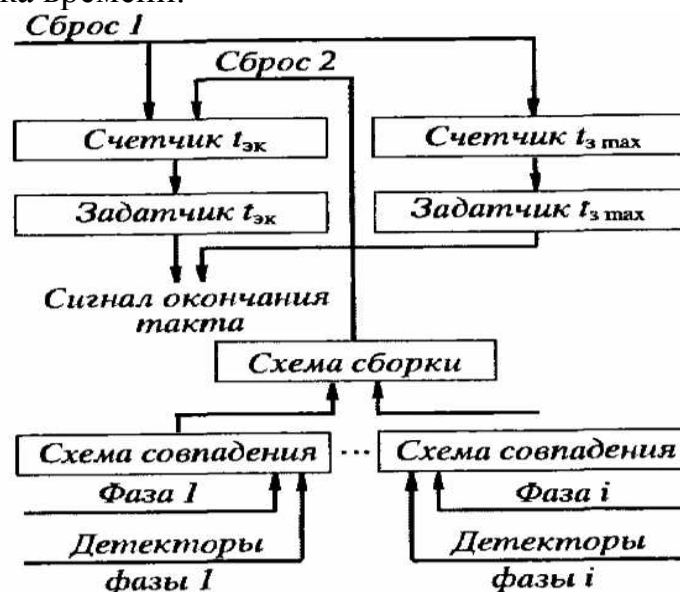


Рис. 8.3. Структурная схема узла продления длительности тактов

Для контроллеров адаптивного управления, работающих по алгоритму поиска разрывов в потоке, характерно наличие двух цепей отсчета длительности такта (рис. 8.3): одна цепь – для отсчета t_{\min} и $t_{\text{эк}}$, и вторая – для отсчета t_{\max} . Каждая цепь имеет свой задатчик времени. При отсутствии разрыва в потоке разрешающий сигнал продлевается. Исходное состояние счетчиков $t_{\text{эк}}$ и t_{\max} фиксируется сигналом «Сброс 1», формируемым в момент начала отсчета времени разрешающих сигналов. Наличие сигналов ДТ соответствующих фаз через схемы совпадения и сборку приводят счетчик $t_{\text{эк}}$ в исходное состояние сигналом «Сброс 2», если временной интервал между соседними, следующими друг за другом автомобилями не превышает $t_{\text{эк}}$. В противном случае формируется сигнал окончания текущего такта. Такой же сигнал формируется при окончании максимального времени, отсчитываемого с помощью счетчика задатчика времени t_{\max} .

Начиная со второй половины 90-х годов прошедшего столетия, все выпускаемые в России и за рубежом контроллеры имеют программно-логические устройства, построенные на базе микропроцессоров. Каждый микропроцессор представляет собой миниатюрную ЭВМ с энергонезависимой памятью, в которой записывается вся программа управления контроллером. Таким образом, все, что было рассказано ранее и пояснено на рис. 8.2 и 8.3, реализуется программным путем, включая самодиагностику всего контроллера. В памяти также записывается конфигурация контроллера, схема подключения ламп светофоров, работа с линией связи и внешними устройствами, типа управляемого дорожного знака и т. п.

Команды управления, пришедшие одновременно от нескольких внешних устройств (УП, ВПУ, ТВП, ДТ), 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 – «зеленая 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.

Для автоматического определения перегоревшей лампы красного сигнала в одном из вариантов исполнения контроллеров, 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. В микропроцессорных ДК используется другой принцип запоминания силы тока в сигнальных цепях светофора при нормальном режиме работы. В случае появления отклонения от нормального состояния следуют сигнал о неисправности и перевод светофоров в режим ЖМ.

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 либо визуально по лампам индикации или светодиодам, выведенным на его лицевую панель или на соответствующие блоки, либо в современных дорожных контроллерах это выполняет микропроцессор в режиме самодиагностики.

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 силовой части 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 силовой части 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 сеть 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 силовой части. Поэтому в современных контроллерах полностью отказались от использования реле в исполнительных устройствах.

В силовой части контроллера для защиты от коротких замыканий устанавливают 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. 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 силу 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. Нумерация светофоров для рассматриваемого случая показана на рис. 8.4. Каждая лампа и связанная с ней жила кабеля обозначаются буквами (Кр., Ж., Зел.), соответствующими цвету сигнала, и номером светофора, в котором расположена лампа (рис. 8.5).

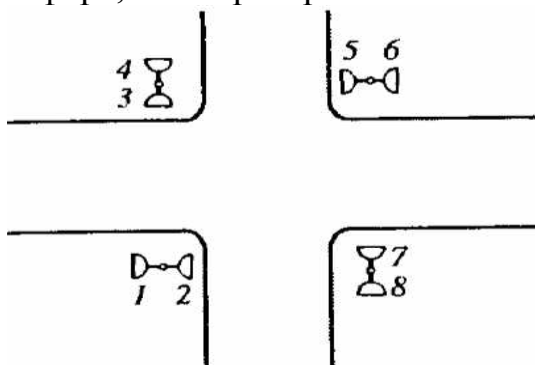


Рис.8.4. Нумерация светофоров

Распределение ламп по тактам следующее:

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

На **рис.8.5** показана упрощенная схема коммутации ламп для рассматриваемого примера с использованием контроллера типа УК, находящегося в эксплуатации во многих городах России. Как было указано

ранее, исполнительное устройство 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 служит для коммутации самих реле (отключение 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 четыре в каждой группе. Таким образом, цепи коммутации работают с некоторой нагрузкой. Однако такая группировка ламп позволяет использовать одни и те же цепи коммутации в разных тактах. В 1-м и 3-м тактах используются две пары контактов, во 2-м и 4-м тактах - три 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.

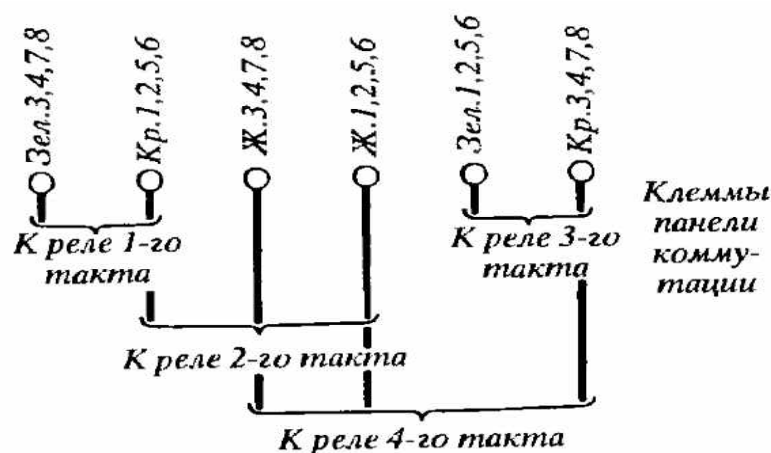


Рис.8.5. Пример коммутации ламп светофоров для двухфазной схемы на перекрестке

5. Использование микропроцессорной техники для построения дорожных контроллеров

В настоящее время в России и других странах освоен выпуск дорожных контроллеров с применением микропроцессорной техники (ДКМП). Принципиально они отличаются от описанных ранее контроллеров традиционного исполнения наличием встроенной 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).



Рис. 8.6. Структурная схема контроллера ДКМП

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

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. 8.6) входят вычислительный модуль, узел ввода-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 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, иногда называемый «мастер-контроллер» или УП. Кроме того, этот же узел используется для связи ДКМП с управляемыми дорожными знаками или аппаратурой приоритетного пропуска специальных транспортных средств, что осуществляется, как правило, также в рамках АСУД.

Вычислительный модуль включает в себя центральный процессор, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) и энергонезависимое полупостоянное запоминающее устройство (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 выключении питания контроллера в течение длительного времени.

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

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 перевод светофоров на режим желтого мигающего сигнала или их отключение. Указанные операции могут осуществляться без участия микропроцессора.

6. Характеристика контроллеров, находящихся в эксплуатации

Общие сведения. Отечественной промышленностью освоен серийный выпуск контроллеров различных типов, отличающихся конструктивным исполнением и реализуемой ими технологией управления движением. В зависимости от времени их выпуска и элементной базы, являющейся основой конструкции контроллера, можно наметить три этапа их производства или три поколения (табл. 8.1).

Контроллеры первого поколения разработаны в 60-х годах прошедшего столетия, выпускались промышленностью примерно до 1980 г. Некоторые из них находятся 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 промежуточных тактов и более), 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, УК1-У1, 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.

Таблица 8.1

Локальные ДК			Системные ДК		
Поколения и краткая характеристика контроллеров	Жесткого управления	Вызывные устройства	Адаптивного управления	Программные	Непосредственного подчинения
<i>Первое</i> Коней 60-х - 1980г. только пофазное управление (две-три фазы). Блоки ДК построены на элементной базе «Спектр»	УК-1; УК-1У1; УК-2; УК-2М	ПВУ-2М; УВУ-2М	СПРУТ-1М	БКТ-3М (ТСКУ-3М ТСКУ-4)	БКТ-6; БКТ-7 («Город-М»)
<i>Второе</i> АССУД (1980-1985 гг.) Возможно пофазное и потактное управление. ДК на унифицированных блоках. Применение микросхем.	ДКЛ-А	Любой ДК АССУД + ТВП	ДКМ 4-4	ДКМ 2С-4 (АСУД 2.1)	ДКМ 5-4 ДКМ 5-8 ДКМ 6-4 ДКМ 6-8 (АСУД 2.2; «Город-М1»; «СТАРТ»)
<i>Третье</i> С 1985 г. возможна работа ДК на любой программе. В ДК применяются микропроцессоры	<div style="text-align: center;"> </div>				

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.

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 (дорожных контроллеров локальных ДКЛ-А и модифицируемых ДКМ 4-4);
- системных контроллеров (дорожных контроллеров модифицируемых ДКМ 2С-4, ДКМ 5-4, ДКМ 5-8, ДКМ 6-4, ДКМ 6-8, контроллера 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, – с необходимостью реализации более эффективных режимов управления дорожным движением и построением разнообразных и гибких структур АСУД, приспособленных для городов с различной УДС в условиях высокой интенсивности транспортных и пешеходных потоков.

Контроллеры первого поколения. Наибольшее распространение получили контроллеры серии УК (упрощенные контроллеры), находящиеся в эксплуатации практически по всех городах РФ, 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 контроллера не предусмотрено.

Первая модель этого контроллера – УК-1 реализует одну жесткую программу или режим желтого мигания. 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 предшествовавшей модели возможностью работы 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. В данном случае на лицевую панель выведен коммутатор, где необходимая длительность тактов устанавливается с помощью переключателей. 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.

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

Все контроллеры БКТ 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 пульта управления.

Контроллеры БКТ-3М являются основной частью периферийного оборудования телемеханической системы координированного управления ТСКУ-3М или входят в состав бесцентровой системы координации ТСКУ-4. При работе в системе ТСКУ-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 БКТ-3М от системы он переходит в локальный режим управления, продолжая отрабатывать 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 две или три в зависимости от схемы организации движения на перекрестке. Длительности основных и промежуточных тактов для каждой программы задаются путем установки переключателей на коммутаторах специальных субблоков.

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

Контроллеры БКТ-6 и БКТ-7 предназначены для общегородской АСУД «Город-М». Их принципиальное отличие от других контроллеров серии БКТ заключается в том, что программы управления содержатся не в контроллерах, а в запоминающих устройствах вычислительного комплекса УП (обычно 4–5 программ), откуда они передаются в контроллеры по радиальным каналам связи. БКТ-6 и БКТ-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. БКТ-7 работает по алгоритму поиска разрывов в потоке и применяется вместе с ДТ, устанавливаемыми на подходах к перекрестку.

В системном управлении БКТ-6 обеспечивает работу по одной из программ УП, режимов ЖМ, ЗУ и ДУ (диспетчерское управление). 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.

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

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 БКТ, ВПУ может быть также подключен к контроллерам УК-2.

Контроллеры второго поколения (АССУД). К локальным контроллерам относятся ДКЛ-А, ДКМ 4-4, к системным ДКМ 2С-4, ДКМ 5-4, ДКМ 5-8, ДКМ 6-4, ДКМ 6-8, ДК7. При этом ДКМ 2С-4 относится к классу программных контроллеров жесткого управления, остальные системные контроллеры — непосредственного 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 конструируется контроллер: субблок; блок-каркас, в котором размещаются субблоки; шкаф, в котором размещаются блоки. В зависимости от числа блоков в шкафу и их назначения определяют 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 могут выполняться на дискретных элементах или на интегральных микросхемах. 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 интегральная 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. 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 устанавливают на поворотную раму контроллера и крепятся к ней винтами. Заполненные субблоками блок-каркасы (или их совокупность) образуют функциональные блоки контроллера.

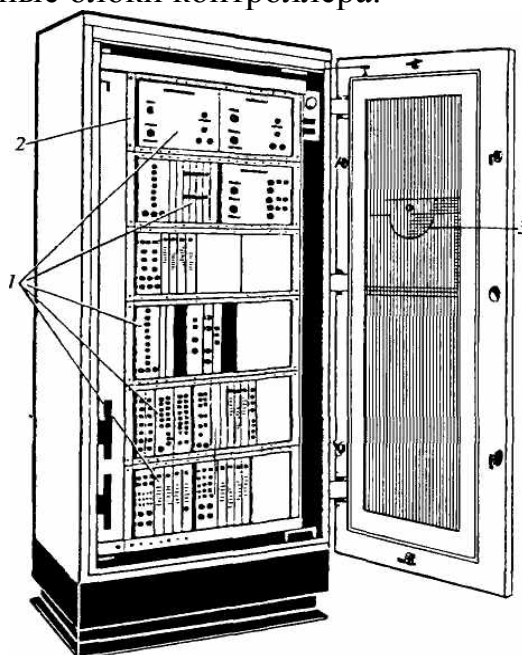


Рис. 8.7. Внешний над шкафа контроллера ДКМ

Блоки 1 устанавливают в металлический шкаф, унифицированный для всех контроллеров ДКМ (рис. 8.7). Шкаф снабжен дверью со специальными запорами, позволяющими герметизировать шкаф, и замком для предотвращения открывания шкафа посторонними лицами. На внутренней стороне двери имеется карман 3 для документации. Межблочные соединения обеспечиваются с помощью разъемов 2, 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, присоединенные 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 крепления к фундаменту.

Контроллеры ДКЛ-А, ДКМ 2С-4 и ДК7 располагаются в напольных шкафах меньших размеров.

В соответствии с функциональным назначением блоков контроллеры

отрабатывают 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;

ДКМ 2С-4 управляет светофорной сигнализацией с возможностью его включения в бесцентровую систему координации по трем жестким программам. 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. 13 режиме «Телесигнализация» контроллеры передают в УП информацию о режиме управления, отрабатываемой фазе, 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) – имеет те же режимы управления, что два предыдущих контроллера, однако 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 дорожному контроллеру ТВП и ручное управление, как с выносного пульта, так и с органов управления, расположенных на блоках контроллера.

Остальные технические данные контроллеров различных типов приведены в **табл. 8.2.**

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

Технические характеристики этих контроллеров следующие:

Режим ЖМ, число миганий ламп желтого сигнала в 1 мин	60
Работа в диапазоне температур, °С	–50...+50
Длительность тактов, с:	
основных	3-60
промежуточных	3-20
Максимальная сила тока, коммутируемая в такте, А.....	15
» длина линии связи, км:	
между ДКМ и УП	25
» ДК и ВПУ или ДТ.....	0,5

Таблица 8.2

Технические данные	ДО-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	8
» регулируемых направлений движения	4	8	8	8	16	8	16
» программ в контроллере	2	3	1	1	1	1	1
Адаптивное управление	-	-	+	-	-	+	+
Переключение фаз по командам с УП	-	-	-	+	+	+	+
Диспетчерское управление	-	-	-	+	+	+	+
Число маршрутов ЗУ	-	-	-	4	4	4	4

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 снабжают 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.

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

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

В настоящее время освоено производство контроллеров типа ДКС и других, которые являются универсальными, учитывая возможность с их помощью отработки всех алгоритмов управления, характерных для ДК АСС УД. Кроме этого, в ДКМП могут быть запрограммированы и реализованы адаптивные алгоритмы, иные, чем общепринятый метод поиска разрывов в транспортном потоке, предусмотрены вывод в любой момент времени на ИП (пульт управления контроллера) параметров транспортных потоков на перекрестке, построение на базе ДКМП иных структур АСУД и возможность их сопряжения с системами, построенными на технических средствах АССУД.

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

При локальном управлении контроллер ДКС или ДКМА 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 с ТВП, а также по командам, посылаемым с ВПУ. При необходимости может отрабатываться режим ЖМ.

Указанные контроллеры обеспечивают переключение сигналов с

разрешающего на запрещающий только по истечении заранее заданного минимального зеленого сигнала.

Контроллеры разработаны на современных технических средствах. Обеспечивается минимальное время обслуживания, ремонта и профилактики за счет минимизации аппаратных средств. Основные функции контроллеров реализованы программными средствами, что существенно повышает их надежность.

Основные технические характеристики ДК третьего поколения:

Число различных фаз движения на управляемом перекрестке.....	до 12
» программ управления	до 8
» независимо коммутируемых выходных цепей (по типоразмерам)	12/24/36/48
Возможность произвольной компоновки транспортных (три сигнала), пешеходных (два сигнала) и поворотных (трамвайных) (один сигнал) секций	имеется
Напряжение коммутации выходной цепи, В	36 или 220
Максимальная суммарная нагрузка выходной цепи, А.....	2,0
Суммарный ток нагрузки, одновременно подключенной к выходным цепям (по типоразмерам), А.....	7,5/15/22,5/30
Возможность управления реверсивными светофорами	имеется
УЗН	имеется
Объем журнала длительного хранения, число записей:	
неисправностей светофорного объекта	6000
событий (РУ, ЗУ, ОС, режим работы и др.).....	3000

Загрузка подготовленных на дискете параметров организации движения на перекрестке и распределение цепей коммутации могут производиться на месте с помощью портативного компьютера в считанные секунды. Задание и модификация параметров, которые загружаются в неразрушающуюся память контроллера, могут выполняться при наличии канала связи из центра управления. Контроллер позволяет оперативно изменять все параметры управления движением: длительность основных и промежуточных тактов, количество фаз (до 12) и порядок их чередования, программ управления по времени суток с учетом выходных, праздничных, четных и нечетных дней (до 8 с возможностью их повторения в течение суток), состав светофоров и направлений движения, произвольно распределять силовые ключи. Программирование режима работы контроллеров может производиться с персонального либо портативного компьютера.

В память микропроцессора контроллера ДКМП закладываются значения вольт-амперных характеристик всех устанавливаемых на объекте излучателей сигналов, что позволяет контролировать исправность цепи каждого сигнала (секции) светофоров. В контроллерах обоих типов предусмотрены регистрация и копирование информации о неисправностях, возникающих на светофорном объекте, всех событиях, внешних воздействиях и режимах работы дорожного контроллера (объем журналов событий и неисправностей – 9000 записей),

хранение ее в собственной энергонезависимой памяти. Высокая степень диагностики и самодиагностики с указанием отказавших блоков и силовых ключей резко сокращают время восстановления и облегчают техническое обслуживание контроллера.

Контроллеры имеют хорошие конструктивные характеристики: влагозащищенность, устойчивость к ударам и вибрациям, защиту от несанкционированного доступа, защитный козырек и рабочий стол, имеется освещение кабельного отсека. Удобство проведения монтажных и пуско-наладочных работ обеспечивается использованием высококачественных разъемов и клеммников.

Контроллеры могут работать в режимах, указанных в **табл. 8.3**. В этой же таблице указаны приоритеты каждого режима и их источники управления.

Аварийный сигнал ЖМ осуществляется системой контроля силовых цепей в случае перегорания ламп красного сигнала хотя бы по одному направлению. Для обеспечения работы этого режима необходимо при конфигурировании перекрестка указать в параметрах номера конфликтующих направлений и номера направлений, по которым должен обеспечиваться контроль красных сигналов.

Аварийный режим ОС осуществляется системами контроля силовых цепей и внутреннего контроля в случае перехода на аварийный режим ЖМ, когда при этом не произошло выключение конфликтных зеленых сигналов, или при нарушении конфигурации контроллера, т.е. опасном выходе из строя какого-либо модуля.

Таблица 8.3

Приоритет	Наименование режима	Источник управления
1	Аварийный режим ЖМ или ОС	Система контроля силовых цепей
2	Встроенный режим ЖМ или ОС	Встроенные органы управления
3	Ручное управление (РУ)	Выносной пульт управления ВПУ-ПК
4	Зеленая улица (ЗУ)	УП
5	Диспетчерское управление (ДУ)	УП
6	Координированное управление (КУ)	УП
7	Локальный режим (ЛР)	Программное устройство от часов реального времени

В этом случае автоматически отключается автомат нагрузки и со всех ключей снимается напряжение 36 В. Вывести систему из этого режима можно только после выключения напряжения, устранения неисправности и последующим включением напряжения питания, в том числе автомата нагрузки.

Во время аварийного режима на лицевой панели появляется световой сигнал, а по линии связи в УП передается телесигнал (ТС) о неисправности на объекте.

Режим РУ осуществляется после нажатия кнопки «РУ» на панели ВПУ. В режиме РУ можно включать в произвольном порядке на любое время фазы

управления перекрестком из числа разрешенных для данной конфигурации (максимально 12), при этом минимальные времена зеленых сигналов и промежуточные такты будут обязательно отрабатываться согласно заложенным параметрам. С ВПУ можно запросить в УП 1-4 участка «зеленой улицы» (управление соседними перекрестками).

Режимы ЗУ, ДУ и КУ внешне для контроллера ничем не отличаются друг от друга. Во всех этих режимах контроллер по линии связи из УП принимает команды и преобразует их в команды управления светофорами согласно конфигурации данного перекрестка. В линию связи передается, кроме телесигнала о включенной фазе, подтверждение включенного режима.

Локальный режим отрабатывается при отсутствии запросов на остальные. В зависимости от времени суток по часам реального времени контроллер отрабатывает одну из восьми программ управления светофорами, в том числе ЖМ. Время переключения программ, в том числе с учетом календаря (дни недели, выходные и праздничные дни) устанавливается для контроллера с инженерного пульта и определяется во время привязки контроллера к конкретному перекрестку.

При подключении к контроллеру ИП можно выполнить диагностирование контроллера в текущий момент времени, просмотреть и переписать в компьютер данные журналов событий и неисправностей, «обнулить» оба журнала, установить точное время и дату в контроллере, загрузить в контроллер новую конфигурацию перекрестка и произвести мониторинг работы контроллера по мнемоническому изображению светофоров данного перекрестка на экране компьютера. При загрузке конфигурации перекрестка контроллер выключает все светофоры, а по окончании загрузки контроллер перезапускается.

Промышленностью выпускается большой ассортимент модификаций контроллеров ДКС и ДКМА, в частности, в последнее время появилась модификация контроллера ДКМА-2Р, позволяющая управлять восемью независимыми светофорными комплексами реверсивного типа.

Тема 9: ДЕТЕКТОРЫ ТРАНСПОРТА

1. Назначение и классификация детекторов транспорта

Детекторы транспорта (ДТ) 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, транспортного планирования.

Любой детектор включает в себя три основных элемента (рис. 9.1): чувствительный элемент (ЧЭ) или блок обнаружения и ввода сигнала; блок усиления-преобразования; 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.

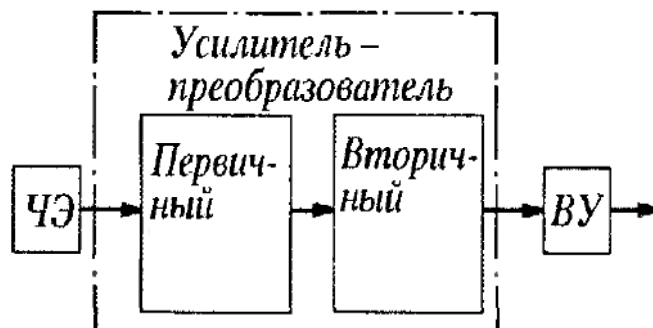


Рис.9.1. Общая структурная схема детектора транспорта

Вторичный преобразователь обрабатывает сигналы для определения измеряемых параметров потока, представления их в той или иной физической форме. В настоящее время, вторичный преобразователь выполняется на базе микропроцессорных элементов. 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 управляющий пункт 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 (полного и ограниченного).

Проходные детекторы выдают нормированные по длительности сигналы при появлении транспортного средства в контролируемой детектором зоне. Параметры сигнала не зависят от времени нахождения в этой зоне транспортного средства. Таким образом, этот тип детектора фиксирует только факт появления автомобиля, что, например, необходимо для реализации алгоритма поиска разрыва в потоке. В силу этого проходные детекторы ранее нашли наибольшее распространение.

Детекторы полного присутствия выдают сигналы в течение всего времени нахождения транспортного средства в зоне, контролируемой детектором. Эти типы детекторов по сравнению с проходными применялись ранее реже, так как они предназначены в основном для обнаружения предзаторовых и заторовых состояний потока, определения длины очередей, транспортных задержек и таких параметров, как средняя пространственная скорость потока в зоне измерения за заданный период времени и занятость проезжей части.

Детекторы ограниченного присутствия при длительном нахождении

автомобиля в зоне действия «забывают» о нем и сигнал на выходе исчезает, а детектор продолжает измерения для остальных транспортных средств, появляющихся в зоне измерения.

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

Чувствительные элементы контактного типа бывают электромеханические, пневмо- и пьезоэлектрические. Их объединяет то, что сигнал о появлении автомобиля возникает от непосредственного его соприкосновения с ЧЭ в электромеханическом – с электрическим контактом, в пневматическом – с шлангом, в пьезоэлектрическом – с пьезоэлементом.

Электромеханический 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 создавать 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 ДТ не получили широкого распространения.

К ЧЭ излучения можно отнести фотоэлектрические, радиолокационные, ультразвуковые, телевизионные.

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.

Радиолокационный ЧЭ представляет собой направленную антенну с излучающим элементом, устанавливаемую сбоку от проезжей части или над ней. Излучение направляется либо поперек, либо вдоль дороги и, отражаясь от движущегося автомобиля, принимается антенной и далее – приемником. Радиолокационный детектор не только фиксирует факт проезда автомобилем контролируемой зоны, но и его скорость, либо по разности частот колебаний излученной и отраженной радиоволн (эффект Доплера), либо по времени нахождения в зоне действия.

Ультразвуковой ЧЭ представляет собой приемоизлучатель импульсного направленного луча. Он выполнен в виде параболического рефлектора с помещенным внутри пьезоэлектрическим преобразователем, генерирующим ультразвуковые импульсы. Приемоизлучатель устанавливают 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 фиксирования в пространстве для того, чтобы приемоизлучатель противостоял действию ветровой нагрузки.

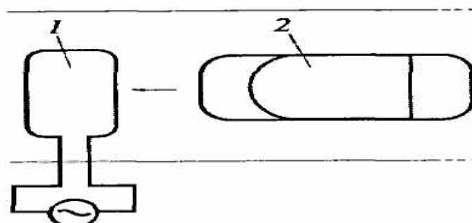


Рис. 9.2. Чувствительный элемент индуктивного детектора

Телевизионные ДТ построены на базе использования современных цифровых видеокамер, обладающих высокой чувствительностью, позволяющей обеспечивать наблюдение при освещенности объекта (дороги) в пределах 0,1 – 1,0 Лк. К выходным цепям видеокамер присоединен микропроцессорный блок,

который постоянно анализирует освещенность различных элементов изображения, сравнивая его с постоянным фоном – освещенностью покрытия. При появлении автомобиля яркость определенной части изображения меняется, что и фиксируется микропроцессором. Телевизионные детекторы имеют те же недостатки, что и фотоэлектрические.

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

Ферромагнитный 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. Автомобиль регистрируется благодаря измерению степени искажения 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. 9.2). Рамку 1 закладывают под дорожное покрытие на глубину 5–8 см. При прохождении над рамкой автомобиля 2, 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 определяются 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; $t_{ПРj}$ и $t_{ПРi}$ – моменты прохождения автомобилем соответственно сечений дороги i и j , с.

Временной интервал Δt между n -м и $(n-1)$ -м автомобилями 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 $n_i(t)$ и $n_j(t)$ – число автомобилей, прошедших за время t соответственно через сечения i и j ; $n_{ij}(0)$ – начальное число автомобилей между этими сечениями.

2. 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 устанавливают 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 местного гибкого регулирования (МГР) необходимо установить ЧЭ 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-линий $S_{ДТ}$ определяется по остановочному пути:

$$S_{ДТ} = v_a t_{рк} / 3,6 + v_a^2 / (26 \alpha_T)$$

где $t_{рк}$ – время реакции водителя на смену сигналов светофора; α_T – замедление автомобиля при торможении на запрещающий сигнал, м/с^2 .

По расстоянию $S_{ДТ}$ определяют остальные параметры МГР, в частности $t_{эк}$ и t_{min} . Подобный подход практически 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 отрабатывает время t_{3max} . Этот случай соответствует жесткому регулированию, и длительность промежуточного такта, обеспечивает необходимую безопасность движения.

Для автоматического выбора программы координации по транспортной ситуации в районе необходимо определить характерные сечения на УДС с установкой в этих местах детекторов транспорта. Информация от них должна дать объективную оценку изменения транспортной ситуации во всем районе 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. 9.3 соответствуют a-b; c-d; k-b. На них устанавливают детекторы 1–5. 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 таковым, 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. 9.3).

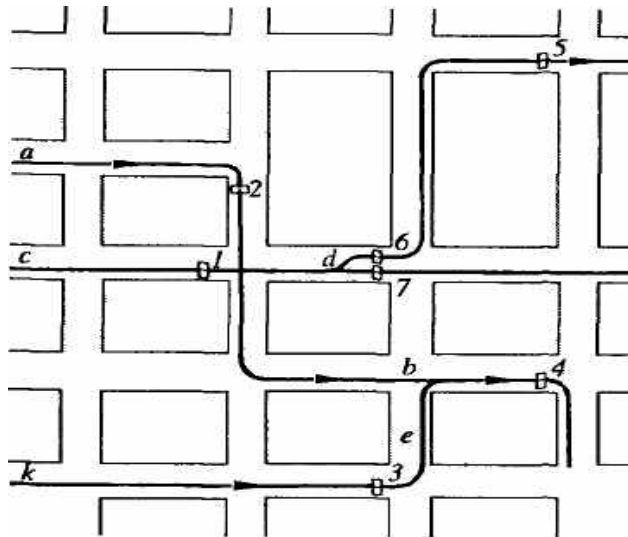


Рис. 9.3. Пример схемы размещения детекторов для выбора программы координации

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

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 $t_{3\min}$ (обычно 10–12 с), что обеспечивает предварительную разгрузку этого направления. Учитывая, что до $t_{3\min}$ и после него должны быть промежуточные такты (красный с желтым и желтый сигналы), расстояние от ЧЭ детектора до первого перекрестка участка

$$L_{\text{зy1}} > (t_{\text{жк}} + t_{3\min} + t_{\text{ж}}) v_{\text{са}} / 3,6,$$

где $v_{\text{са}}$ – 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_{kmax} (последний перекресток участка). Таким образом, интервал времени, разделяющий моменты фиксации спецавтомобиля и выключения ЗУ на участке, должен соответствовать $t_{\text{выкл.зу}} = t_{\text{жк}} + t_{3\min} + t_{\text{ж}} + t_{\text{kmax}}$, а длина участка «зеленой

улицы» $L_{\text{зy2}} = t_{\text{kmax}} v_{\text{са}} / 3,6$

3. Основные характеристики детекторов

Важнейшей задачей в АСУД является измерение параметров транспортных потоков. Поскольку окончательная обработка информации этого типа выполняется управляющими вычислительными комплексами, находящимися на достаточно большом расстоянии от детекторов транспорта,

то вся собираемая информация передается в управляющий вычислительный комплекс (УВК) по каналам связи, т.е. фактически в АСУД выполняется телеизмерение указанных параметров.

Тип параметров, их количественные и качественные характеристики, а также точность измерения определяются требованиями алгоритмов автоматического и диспетчерского управления, а также задачами сбора статистической информации.

Основными параметрами транспортного потока, подлежащими измерению, регистрации и использованию в АСУД, являются:

- моменты времени проезда автомобилями заданных сечений дороги;
- интенсивность транспортного потока и объем движения (число автомобилей, прошедших сечение дороги) за промежуток времени любой длительности (Т измерения);
- средняя пространственная скорость потока на заданном участке дороги и за заданное Т измерения;
- плотность потока на заданном участке дороги за заданное Т измерения;
- длина очереди автомобилей у перекрестка в заданном направлении движения.

Эти параметры измеряются в АСУД обычно с помощью ДТ двух типов – проходного и присутствия. Указанные детекторы современного типа выполняются одно- или многополосными. В первом случае появляющаяся на выходе детектора измеряемая информация относится только к одной полосе движения, во втором детекторы на выходе выдают отдельно по каждой полосе всю измеряемую информацию, относящуюся к ней. Обычно используются детекторы, измеряющие параметры транспортного потока на ширине дороги до восьми полос движения (в любом направлении).

Среднюю пространственную скорость v_s потока принято находить по времени проезда зоны действия ЧЭ детектора заданной длины – мерной базы:

$$v_s = S \frac{n}{\sum_1^n t_i}$$

где S – мерная база, м; n – объем движения за период измерения, ед.; t_i – время проезда мерной базы i-м автомобилем, с.

Введем параметр – занятость θ , %. конкретного участка дороги. Определение занятости также сводится к измерению времени проезда зоны действия ЧЭ:

$$\theta = \frac{1}{T} \sum_1^n t_i 100,$$

где T – период измерения, с.

Если обозначить длину автомобиля через l_i , то

$$\theta = \frac{1}{T} \sum_1^n t_i = \frac{1}{T} \sum_1^n \left(\frac{l_i}{v_i} \right) 100,$$

где v_i – скорость i-го автомобиля, м/с.

Легко убедиться, что занятость связана с плотностью потока k , ед/м, через

выражение

$$\theta = kL100,$$

где L – средняя суммарная длина автомобиля и участка дороги, на котором выполняется измерение.

Путем измерения времени проезда автомобилями мерной базы можно измерить не только занятость, но среднюю скорость и плотность потока. Если принять скорость v автомобиля, проходящего по мерной базе S , неизменной, то время проезда этой базы

$$t_i = \frac{l_i + S}{v} = \frac{L}{v}$$

Длина очереди автомобилей у перекрестка может быть измерена одним из трех способов, используемых в АСУД.

1. С помощью детектора ДТ₁ с «длинным» чувствительным элементом, охватывающим пространство дороги $l_{\text{дор}}$, больше измеряемой длины очереди (рис. 9.4, а). Выходной сигнал такого детектора обычно индуктивного типа пропорционален металлической массе автомобилей $A_1 \div A_4$, находящихся в пределах чувствительного элемента. Выход детектора ДТ₁ присоединен к преобразователю «аналог-код», преобразующему выходной сигнал в двоичный код.

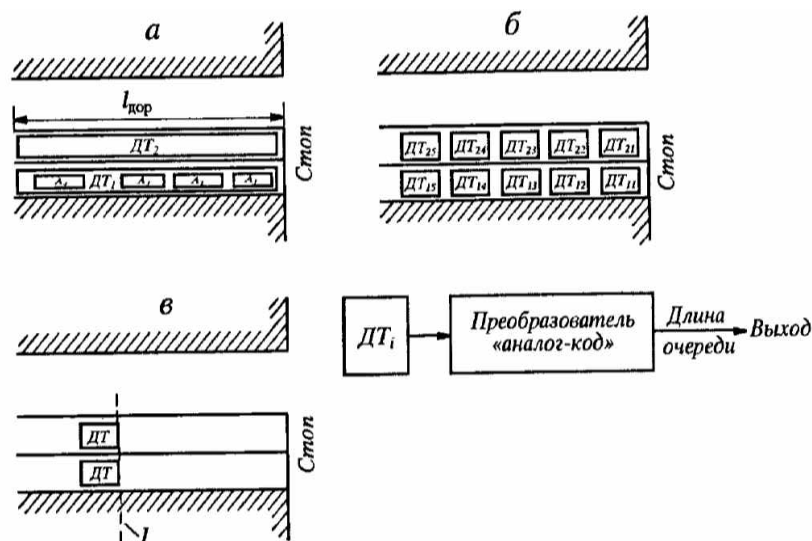


Рис. 9.4. Измерение длины очереди посредством детекторов присутствия с помощью: а – «длинного» ЧЭ; б – множества ЧЭ; в – «граничного» ЧЭ

2. С помощью множества детекторов присутствия с чувствительными элементами длиной, равной средней длине автомобиля в потоке и устанавливаемых в полосе движения по длине $l_{\text{дор}}$. Тогда одновременная занятость ряда детекторов характеризует длину очереди (рис. 9.4,б).

3. С помощью детекторов присутствия, устанавливаемых в определенных «граничных» сечениях l дороги и измеряющих занятость дороги в этих сечениях (рис. 9.4,в). Увеличение занятости свыше заданной границы характеризует появление очереди длиной не меньше $l_{\text{дор}}$.

Важное значение при создании системы имеет выбор места расположения ДТ на обслуживаемой дорожной сети с целью решения поставленных перед системой задач.

1. Расположение детекторов у перекрестков для реализации локальных и тактических алгоритмов управления, а также задач сбора статистики. В этом случае чувствительные элементы ДТ располагаются на расстоянии 20 – 50 м от стоп-линий на каждой полосе движения.

2. Расположение детекторов в сечениях дороги для измерения средней пространственной скорости потока. В этом случае указанные сечения располагаются там, где скорость потока не снижается очередями автомобилей, т.е. на перегонах дороги между перекрестками. Выявление подобных сечений выполняется, как правило, эмпирически на основании результатов предпроектных обследований.

3. Расположение детекторов для обнаружения заторов. Выявление подобных сечений выполняется также на основании предпроектных обследований в точках, где располагаемый «конец» очереди может блокировать предыдущий по ходу движения перекресток.

Тема 10: АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

1. Классификация систем АСУД

Автоматизированная система управления дорожным движением (АСУД) – это комплекс технических, программных и организационных мер, обеспечивающих сбор и обработку информации о параметрах транспортных потоков и на основе этого оптимизирующих управление движением.

Автоматизированные системы управления дорожным движением в зависимости от их назначения и степени технической оснащенности подразделяются на несколько видов.

1. Магистральные координированного управления – бесцентровые, централизованные и централизованные интеллектуальные.

2. Общегородские АСУД (ОАСУД) – упрощенные, интеллектуальные, с управлением движением на городских дорогах непрерывного движения и с реверсивным движением.

Бесцентровые АСУД характеризуются тем, что для них отсутствует необходимость создания управляющего пункта. Они выполняются в двух модификациях. По одной из них синхронизацию работы контроллеров задает один из них, являющийся главным. Этот контроллер, называемый «координатор», связан линией связи с каждым из остальных контроллеров, причем эта линия может быть либо одной для всех, и к ней подключаются параллельно остальные контроллеры (такая система называется многоточечной или параллельной), либо к каждому контроллеру проложена своя линия связи (система точка-точка или радиальная).

Централизованные АСУД характеризуются наличием центра управления, связанного с контроллерами радиальными линиями связи. Как правило, централизованные АСУД имеют возможность осуществлять многопрограммное КУ с переключением программ по времени суток.

Централизованные интеллектуальные АСУД характеризуются тем, что в

их составе на данной дорожной сети появляются установленные детекторы транспорта, информация от которых передается по линиям связи в центр управления, в котором устанавливается персональная ЭВМ (далее ПЭВМ), которая имеет возможность менять планы координации в зависимости от сложившейся транспортной ситуации на магистрали.

Общегородские АСУД характеризуются подключением к центру управления не только одной магистрали, на которой реализуется КУ, а всех магистралей с КУ. Кроме того, подобные системы имеют в своем составе так называемый *контур диспетчерского управления*. Этот контур включает в себя подсистему телевизионного надзора за движением, подсистему отображения информации о дорожной обстановке и средства непосредственного диспетчерского управления светофорной сигнализацией и управляемыми знаками диспетчерским персоналом центра управления.

Интеллектуальные ОАСУД включают в себя мощные управляющие вычислительные комплексы (УВК), располагаемые в центре управления движением и сеть динамических информационных табло, располагаемых в стратегических точках дорожной сети. Такие системы осуществляют непрерывный автоматический мониторинг транспортных потоков в дорожной сети и на основе собранной информации не только позволяют УВК осуществлять автоматическое адаптивное управление дорожным движением, но и обеспечивают участников движения с помощью ДИТ информацией о транспортной обстановке, и тем самым позволяют перераспределять транспортные потоки по сети.

Интеллектуальные ОАСУД позволяют управлять дорожным движением на городских магистралях непрерывного движения в комплексе с сетевым координированным светофорным регулированием. Такая система работает в трех направлениях.

1. Координированное управление работой выездов на дорогу непрерывного движения с целью обеспечения резерва пропускной способности на ней, т.е. обеспечения этой самой непрерывности.

2. Управление съездами на магистрали обычного типа. Если на них в точках съездов существует затор, задача системы – ограничить съезд с тем, чтобы очередь на нем не начала блокировать магистраль непрерывного движения.

3. Автоматическое обнаружение ДТП или затора на магистрали и обеспечение диспетчера информацией о случившемся.

В состав таких АСУД обычно вводится управление реверсивными полосами и просто управление движением по отдельным полосам.

2. Структура систем и методы управления движением

Отличие общегородских АСУД от магистральных заключается не только в масштабе охвата УДС, но и в более развитой структуре построения и гибкости управления, которая обеспечивается входящим в 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 бессмысленна без соответствующего получения информации, то одними из задач являются измерение и анализ параметров транспортных потоков. Так как обработка этой информации, а также формирование и передача команд средствами управления должны обеспечиваться в темпе, соизмеримом со скоростью изменения условий движения на УДС, 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 ДТ 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.

Следующими и главными задачами являются выбор (или расчет) режимов управления и формирование 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. Эти наборы носят название библиотеки программ и библиотеки ситуаций. Программы автоматически выбираются и корректируются на основе поступающей с периферии информации. Поэтому этот метод носит название выбор программы из библиотеки. При выходе УВК из строя временно могут быть использованы программы, содержащиеся в специальном резервном устройстве УП. Такое резервное устройство носит название мастер-контроллера или зонального контроллера. При этом снижается гибкость управления, так как программы выбирают вручную или с помощью таймера в заданное время суток.

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 нарушении и сбоях в работе системы. Таким образом, в составе АСУД функционируют три независимых контура управления: автоматического гибкого, резервного и диспетчерского.

И, наконец, задачами комплекса контрольно-диагностической аппаратуры (КДА) являются контроль исправности технических средств системы и блокирование опасных ситуаций в работе светофорной сигнализации. Контрольно-диагностические функции обычно выполняются программным путем в УВК системы.

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 систему 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.

Используемое в АСУД программное обеспечение (ПО) делится на стандартное или служебное и технологическое или прикладное. Служебное ПО – это операционные системы и системы управления базами данных. Прикладное ПО реализует 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. 10.1).

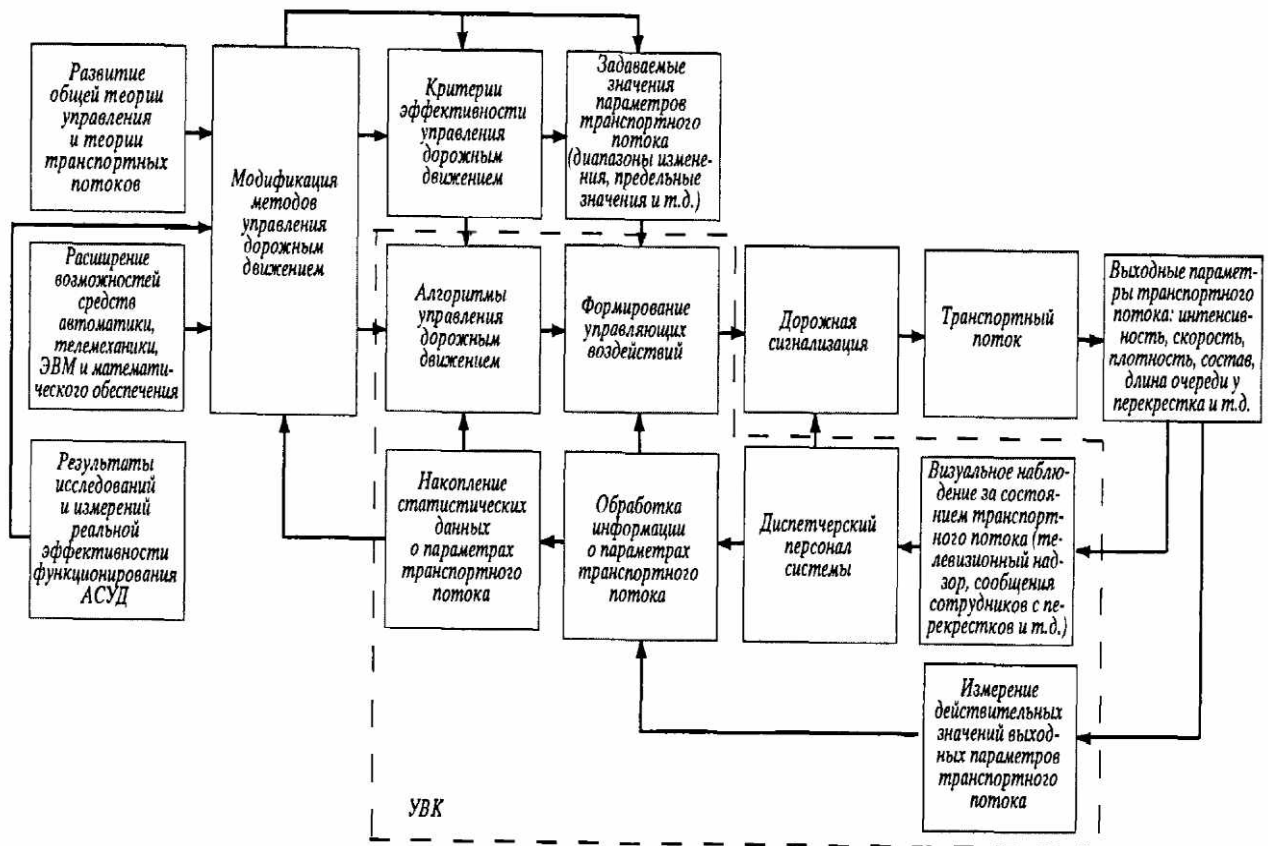


Рис.10.1. Информационные связи УВК в АСУД

Подключение каждой единицы периферийного оборудования к линиям связи с управляющим пунктом обеспечивается с помощью устройств телемеханики (УТ) полуконтакты которых размещаются как в УП, так и на периферии (в ДК или 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 (или кратный) цикл для всех перекрестков, ее невозможно распространить на всю УДС города. Она будет пригодна 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. Поэтому на стратегическом уровне УДС разбивают на районы координации. В пределах одного района реализуют программу, соответствующую транспортной ситуации в данном районе.

Дальнейшей задачей данного 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. Интервал усреднения обычно составляет 10-20 мин.

На стратегическом уровне УВК прогнозирует транспортную ситуацию на следующий период усреднения, 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 картограмму транспортной ситуации, которой соответствует заранее рассчитанная базовая программа, характеризующаяся определенными значениями 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.

Как правило, тактический и локальный уровни используются редко, так как в насыщенных транспортных сетях эти методы неэффективны, а иногда и вредны.

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 по сигналам, посылаемым в УВК диспетчером управляющего пункта или инспектором ГИБДД с ВПУ

контроллера, которые заранее получают информацию о спецпоезде.

Обнаружение заторовых состояний основано на определении занятости участков дороги в контролируемых сечениях. Если занятость превышает заранее заданное значение (обычно это более 30 %), 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 (если это позволяет дорожная сеть).

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, либо инспектор ГИБДД, находящийся на перекрестке, с ВПУ контроллера.

К служебным алгоритмам относятся системы приоритетов команд, получение первичной информации о параметрах транспортных потоков (мониторинг) 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.

3. Периферийное оборудование

Задачами периферийного оборудования являются: сбор первичной информации о характеристиках транспортных потоков; реализация команд, поступающих из УП; 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.

Особенностью их использования в АСУД является их связь с УП и характер принимаемой и передаваемой информации.

Для соединения периферийного оборудования с УП в современных АСУД применяются 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 УДС города. Поэтому часто в качестве каналов связи применяют арендуемые линии городской телефонной сети. Здесь решающим становится уменьшение числа физических каналов, которые являются весьма дефицитными. Решение этой задач 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.

Задачу сбора первичной информации о параметрах потока выполняют

ДТ. Реализацию поступающих из УП команд и управление светофорным объектом в локальном (аварийном) режиме осуществляют ДК. Учитывая методы управления, реализуемые общегородскими АСУД, в данном случае применяются только контроллеры непосредственного подчинения. 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 (если она используется в АСУД) 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 УЗН по сравнению со светофорными выполняют меньший объем функций и имеют более простое конструктивное исполнение. К периферийному оборудованию АСУД следует отнести также и внешние устройства, подключенные к дорожным контроллерам: ТВП; УЗН и ДИТ.

4. 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. 10.1) и сводятся к следующему:

- обработка информации о параметрах транспортных потоков;
- выбор и ввод в действие управляющих алгоритмов и плавный переход от одного алгоритма к другому;
- 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 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 постоянно.

4. Устройства ввода-вывода, необходимые для взаимодействия УВК с диспетчерским и обслуживающим персоналом: фотосчитывающие, необходимые для начального ввода в УВК программ, записанных на магнитную ленту, дискеты или диски; печати с клавиатурой; быстрой печати для вывода больших массивов информации; отображения информации (дисплеи, мнемосхемы, видеостены).

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.

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 на базе локальных вычислительных сетей.

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 операторов системы, выводом информации на печать, мнемосхему или видеостену, осуществляется лишь после окончания процесса синхронного обмена.

5. Диспетчерская связь

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 транспортные заторы. ДТП, аварии инженерных сетей или сооружений, массовые мероприятия в городе или в отдельном его районе (демонстрации, спортивные праздники), приоритетный пропуск специальных автомобилей.

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 локальный режим 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 зависимости от опыта и искусства оператора (например, при ликвидации последствий ДТП).

Для решения основных задач технические средства обеспечивают диспетчера необходимой информацией и возможностью дистанционного управления периферийными объектами системы. К средствам обеспечения информацией относятся: мнемосхемы района, контролируемого АСУД, или видеостены; 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. Элементами сигнализации являются расположенные на мнемосхеме в узловых точках УДС 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. Нередко вместо мнемосхемы используют видеостены или видеопроекторы, на экраны которых можно вывести ту же информацию, что и на мнемосхемы и дисплеи.

Входящая в систему телефонная и радиосвязь состоит из сети проводных и радиоканалов. Они соединяют управляющий пункт АСУД с подразделениями ГИБДД и другими службами, имеющими отношение к дорожному движению и обеспечению его безопасности. По этим каналам диспетчер 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 ГИБДД.

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, устройства подогрева и вентиляции. Управляет положением камеры, ее включением, отключением и фокусированием оператор дистанционно из УП посредством устройств телемеханики. 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 ПУ. 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 в 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. В настоящее время вместо пультов управления используются персональные компьютеры.

6. Отечественные упрощенные системы управления, находящиеся в эксплуатации

Бесцентровая система КУ, реализуемая обычно на контроллерах АССУД или ДКМП. В систему входят до 15 перекрестков, связанных общей линией связи.

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 каждый контроллер обычно заложены три программы координации. Программа распознается по длительности синхроимпульса, соответствующей номеру выбранной программы. По сигналу синхроимпульса в ДК осуществляется отсчет сдвигов фаз.

Выбор и переключение программы могут обеспечиваться по сигналам таймера или вручную.

В режиме координированного управления контроллер может обеспечить вызов фазы пешеходами от ТВП. Реализация этой фазы возможна лишь по

истечении длительности зеленого сигнала по магистрали, предусмотренной программой координации.

Централизованная система КУ на базе АСС УД. В ее состав входит УП, в котором размещен пульт контроля и управления (ПКУ), программное устройство ШК1УП (шкаф управляющего пункта) 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, УЗН (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 ШК1УП. При установке на перекрестке контроллеров типа ДКМ 6 (ДКМ 6-4 или ДКМ 6-8) может быть реализована местная коррекция программ координации.

Система построена по модульному принципу. Каждый ШК1УП обеспечивает управление по 15 каналам связи. Три ШК1УП подключены к одному ПКУ. При необходимости ШК1УП синхронизируются между собой. Конструктивно он выполнен в виде напольного шкафа, устанавливаемого в помещении УП. Кроме функций программного устройства ШК1УП обеспечивает управление перекрестками в диспетчерском режиме с ПКУ. Это реализует соответствующие унифицированные блоки, входящие в его состав. Переход от одной программы координации к другой происходит по сигналам таймера в заданное время суток. Эту же операцию может выполнить диспетчер вручную с ПКУ. Кроме этого, с этого же пульта осуществляется 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 получать общую картину функционирования всей системы.

В случае выхода из строя каналов связи контроллеры переходят на режим локального управления по резервной программе, заложенной в контроллере.

7. Системы управления на дорогах с непрерывным движением

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 обеспечения безопасности движения при определенных ограничениях, накладываемых на транспортный поток. При этом управляющие воздействия сводятся в основном

к ограничению скорости движения, перестроений транспортных средств и въездов на дорогу, к закрытию отдельных участков дорог с переводом потока на дублирующие дороги, к предупреждению водителя о предстоящих изменениях условий движения.

Техническими средствами для реализации этих воздействий могут быть УЗН, светофоры, ДТ 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, автомобильная дорога I категории). Они обеспечивают управление въездами на автомагистраль, реверсивное движение, перераспределение потоков, информационное обеспечение водителей, оперативное управление аварийной дорожной 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 функционирования 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 условиях 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 указанных 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 УП. 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, т.е. автомобилей «скорой помощи», службы ЧС и т. п.) центр запрещает поиск разрывов, а следовательно, и выезд на автомагистраль.

Вдоль всей магистрали через каждые 1,5-2 км предусмотрена установка сигнально-светофорных стоек для связи участников движения, сотрудников ГИБДД 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 используются средства отображения информации. Это прежде всего мнемосхема автомагистрали и видеоконтрольные устройства подсистемы телевизионного надзора. На мнемосхеме показаны 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, ГИБДД, дорожно-эксплуатационной службой.

Для уменьшения каналов связи применяют устройства телемеханики.

8. Пример построения отечественной системы управления «СТАРТ»

Телеавтоматическая система управления дорожным движением «СТАРТ» предназначена для автоматического и автоматизированного управления движением транспортных потоков по всей УДС города.

Ее применение обеспечивает увеличение эффективности использования УДС, снижение задержек транспортных средств на перекрестках, повышение скорости сообщения и безопасности движения, снижение расхода топливно-смазочных материалов, оздоровление экологической обстановки, повышение оперативности управления движением.

Система «СТАРТ» предназначена для выполнения следующих основных функций:

- автоматическое координированное управление светофорными объектами, обеспечивающее согласованную работу светофоров на смежных перекрестках. При этом с помощью соответствующих математических моделей выполняется многокритериальная оптимизация на сети улиц. Переключение программ координации осуществляется по расписанию (по времени суток и дням недели с учетом сезона), либо адаптивно (по параметрам транспортных потоков);
- оперативное диспетчерское управление движением транспортных средств в экстремальных ситуациях;
- телевизионный надзор за транспортной ситуацией в наиболее напряженных узлах УДС;
- автоматический мониторинг транспортных потоков (сбор и анализ данных об интенсивности, скорости движения, занятости и составе потока от различных детекторов транспорта);
- автоматическое и оперативное диспетчерское управление движением транспортных средств на скоростных магистралях города, в том числе: автоматическое координированное управление въездами и выездами с целью обеспечения непрерывного движения в основном направлении, автоматическое обнаружение заторов и ДТП, управление движением в тоннелях;
- автоматизированное информирование участников движения с помощью динамических информационных табло и управляемых дорожных знаков о дорожно-транспортной ситуации, - осложнении дорожно-транспортной ситуации (ДТП, заторы, дорожные работы, следование колонн уборочной техники) по ходу движения; временных изменениях в организации дорожного движения при проведении массовых мероприятий, операций правоохранительных органов и т.п.; ограничениях скорости движения, в том числе по метеорологическим причинам;
- контроль и диагностирование периферийного оборудования и каналов связи.

Такая организация системы обусловлена: принятой стратегией

автоматизации управления; необходимостью минимизации суммарной протяженности каналов связи, а также существующими ограничениями на длину линий связи между зональным центром и дорожным контроллером (20 км); соображениями обеспечения повышенной надежности (отказ отдельного объекта или канала связи не сказывается на работоспособности других объектов, отказ одного зонального центра не сказывается на работоспособности других зональных центров, отказ общегородского центра или сети передачи данных между центрами приводит лишь к частичному сокращению функциональности за счет передачи управления на зональный уровень); потребностью в постепенном наращивании возможности системы, как в функциональном отношении, так и по числу зон (объектов управления). Создание очередной зоны обычно синхронизируется по времени со строительством или реконструкцией крупной магистрали, при этом первоначально зональный центр может работать автономно, выполняя часть основных функций системы.

В состав комплекса технических средств Общегородского центра управления входят:

- центральный сервер базы данных системы, реализованный на кластере (сдвоенная ЭВМ). Он функционирует под управлением относящейся к семейству Unix операционной системы Solaris и системы управления базами данных Informix Dynamic Server;
- серверы приложений, реализующие основные алгоритмы управления (серверы с операционной системой Solaris);
- рабочие станции персонала системы — компьютеры с архитектурой Wintel (Intel/Microsoft Windows);
- центральное оборудование подсистемы телевизионного надзора;
- коллективные средства отображения на базе видеостен и телевизионных полиэкранов;
- сетевое (Ethernet 10/100Base-T) и коммуникационное оборудование.

Все оборудование общегородского центра размещено в зале вычислительного комплекса и диспетчерском зале. Планировка диспетчерского зала (рис. 10.2) выполнена с учетом разбивки всей территории города на семь зон оперативного управления (секторов): центр города в пределах Садового кольца; шесть зон между Садовым кольцом и МКАД. Каждая из них оборудована рабочими местами операторов, коллективными средствами отображения информации (полиэкранный дисплей подсистемы телевизионного надзора за движением и видеостена) и аппаратурой связи. К одной зоне оперативного управления (одному сектору) может относиться несколько зональных центров управления движением. Координация работы операторов зон осуществляется ответственными дежурными по городу, имеющими свои оборудованные соответствующим образом рабочие места.

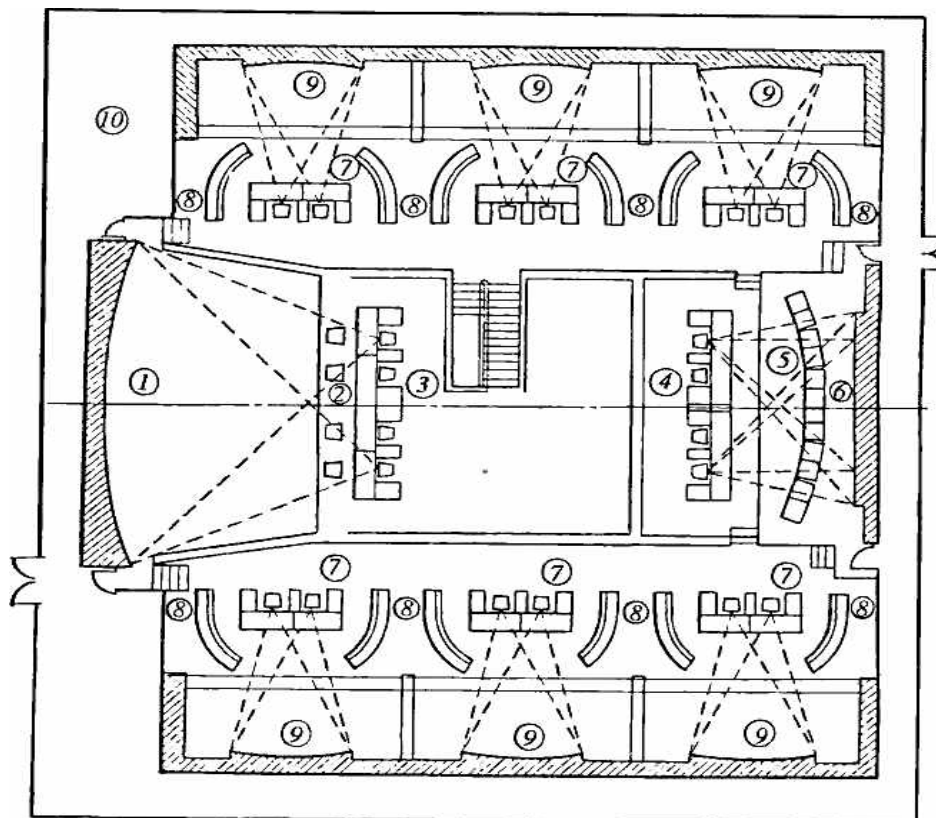


Рис. 10.2. Планировка диспетчерского зала системы «СТАРТ»:

1 - видеостена ответственных дежурных; 2 - рабочая станция ответственных дежурных; 3- пульты ответственных дежурных по городу; 4, 7- пульты операторов соответственно центральной зоны города; 5, 8 - полиэкраны подсистемы телевизионного обзора соответственно центральной части города; 6, 9 - видеостены соответственно центральной части города; 10 - защитное пространство

Конфигурация Зональных центров (ЗЦ) управления является различной и зависит от возлагаемых на них функций. В большинстве случаев в состав комплекса технических средств ЗЦ входят: зональный мастер-контроллер на базе высоконадежного (среднее время между отказами 200 000 ч) промышленного контроллера Motorola, работающего под управлением операционной системы реального времени (обеспечивается управление объектами, удаленными на расстояние до 20 км); рабочее место оператора; сетевое и коммуникационное оборудование.

В отдельных ЗЦ также устанавливается оборудование подсистем телевизионного надзора и информирования участников движения. Зональный центр работает, как правило, в автоматическом режиме, диспетчерское управление осуществляется при необходимости.

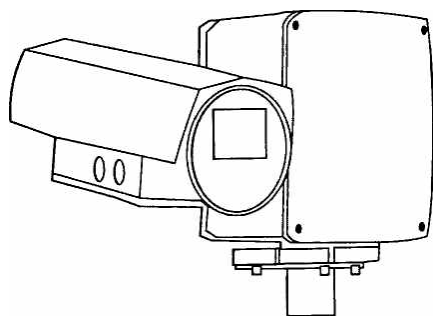


Рис. 10.3. Передающая телевизионная камера

Центр выполняет две функции - концентратора потоков информации и команд, идущих из УВК к периферийному оборудованию, и информации от ДТ и ДК в УВК, а также резервного программного устройства.

В состав КТС периферийного объекта могут входить: системный ДК; светофоры, в том числе светодиодные; многополосные ДТ,

измеряющие объем движения, скорость, занятость и состав потока (в настоящее время используются радиолокационные и видеодетекторы, не требующие при установке разрытия дорожного полотна); управляемые и стационарные передающие телевизионные камеры (рис. 10.3); динамические информационные табло; УЗН и указатели скорости; соответствующая приемопередающая аппаратура.

Важным компонентом такой территориально-распределенной системы, какой является система «СТАРТ», являются сети передачи данных.

Подключение к зональным центрам периферийного оборудования подсистемы светофорного регулирования осуществляется по специально проложенным выделенным линиям. При этом обмен данными с имеющимся парком дорожных контроллеров ведется по специализированному синхронному протоколу АСУД (информация поступает параллельно по всем каналам со скоростью 100 бит/с). В подсистеме информирования участников движения контроллеры динамических табло работают через обычные модемы для каналов тональной частоты. Передача телевизионного сигнала от камер в Зональный центр ведется в аналоговом виде по волоконно-оптическим каналам или при незначительном удалении от ЗЦ по коаксиальному кабелю.

Прикладное программное обеспечение включает в себя ряд серверных и клиентских компонент, взаимодействующих между собой как через базу данных, так и напрямую (по сети TCP/IP). Наряду с выполнением основных функций системы ПО позволяет: реализовывать координированное управление светофорными объектами по программам координации, рассчитанным с использованием известных математических моделей Transyt-7F и TSIS; задавать программу координации и специальные режимы управления (желтое мигание, локальный режим, отключение светофоров) на отдельных объектах и в районе в целом по команде оператора; отрабатывать процедуру плавного переходного периода при смене программы координации и при вводе объектов в координацию после завершения специальных режимов; включать и выключать «зеленые улицы» для проезда специального транспорта по запросам с выносных пультов и по команде оператора; отображать в реальном масштабе времени на карте-схеме района режим работы объектов (координированный, диспетчерский, локальный, желтое мигание, отключение светофоров, «зеленая улица», неисправность); отображать в реальном времени на общей карте-схеме степень загруженности УДС и режимы работы объектов; отображать в реальном времени схемы перекрестков с указанием разрешенных и запрещенных направлений движения, а также общую схему организации движения и расстановки технических средств; контролировать состояние периферийного оборудования и каналов связи, обеспечивать их расширенное диагностирование; формировать различные графики, журналы и отчеты, в том числе для анализа параметров транспортных потоков.

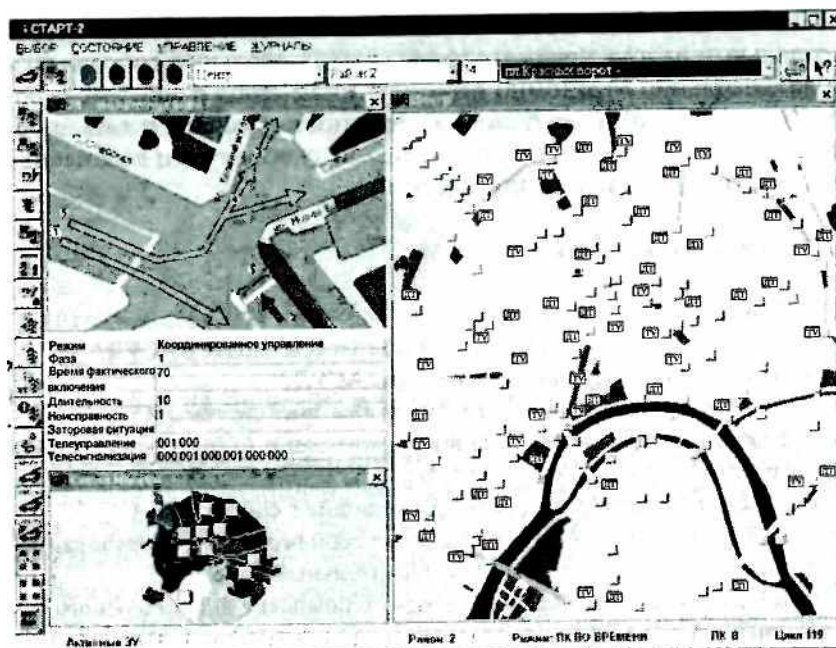


Рис. 10.4. Примеры интерфейса пользователя

Графический интерфейс пользователя является наглядным и простым в освоении (рис. 10.4).

Для оптимизации процесса управления движением транспорта в отдельном районе крупного города или в небольших городах возможно создание автономно работающих центров в соответствующей усеченной комплектации с возможностью осуществлять впоследствии их простое наращивание по числу объектов и добавление новых функциональных подсистем.

Тема 11: СРЕДСТВА ОРГАНИЗАЦИИ ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ

1. Характер взаимодействия конфликтующих транспортных и пешеходных потоков

Порядок пропуска пересекающихся транспортных и пешеходных потоков регламентируется Правилами дорожного движения РФ. 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 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. 11.1 показано влияние на среднюю задержку пешехода 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 к пешеходу полосы) соответственно 1:2; 1:1,5; 1:1. Пунктирные линии 1, 2, 3 соответствуют случаям 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.

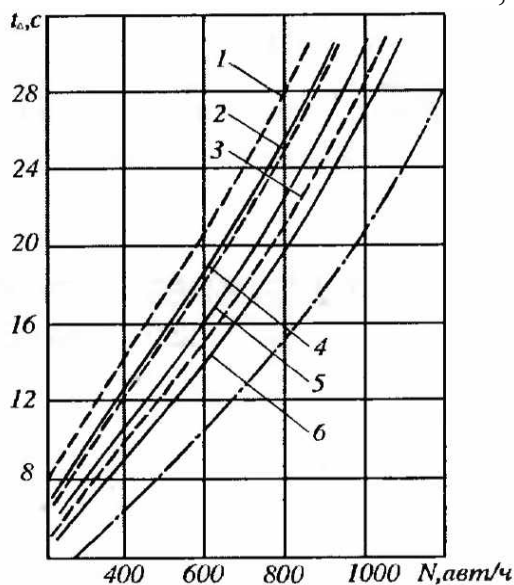


Рис. 11.1. Зависимость средней задержки пешехода от интенсивности транспортного потока

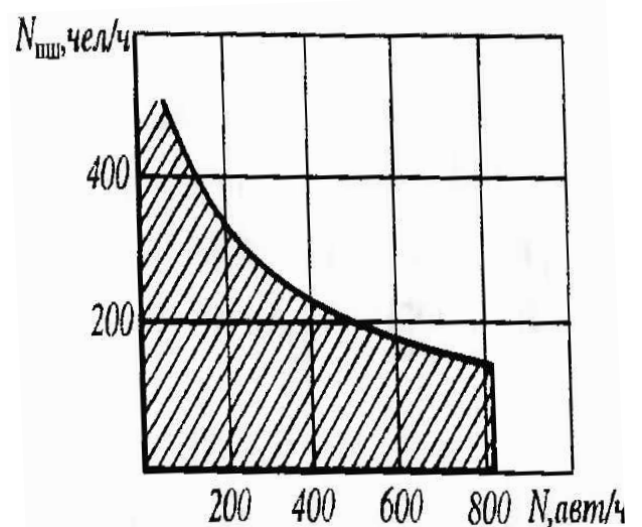


Рис. 11.2. Область применения нерегулируемых пешеходных переходов на трехполосных дорогах

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. 11.2** 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. 11.2** 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.

2. Технические средства организации движения на пешеходных переходах

При устройстве пешеходных переходов в качестве технических средств организации движения применяют дорожные знаки и разметку, островки безопасности, пешеходные ограждения, а также транспортные и пешеходные светофоры.

Пешеходный переход на проезжей части обозначают знаками 5.19.1 и 5.19.2, а также разметкой 1.14.1 или 1.14.2. Так как эти знаки предназначены не только для водителей транспортных средств, но и для пешеходов, то они делаются двусторонними, т.е. если с одной стороны изображен знак 5.19.1, то с другой - 5.19.2. Знаки устанавливают в начале и в конце пешеходного перехода (на обеих сторонах улицы, переходимой пешеходами). При этом знак 5.19.2 относительно приближающихся к переходу транспортных средств должен находиться на ближайшей границе перехода, а знак 5.19.1 - на дальней. При широкой проезжей части целесообразно эти знаки дублировать, устанавливая их на приподнятом островке безопасности или центральной разделительной полосе. На пешеходных переходах, расположенных в зоне регулируемых перекрестков, при наличии разметки перехода установка знаков 5.19.1 и 5.19.2 не обязательна.

Ширина перехода определяется с учетом интенсивности пешеходного движения из расчета 1 м на каждые 500 пешеходов в час, но не должна быть менее 4 м. При ширине перехода менее 6 м применяется разметка 1.14.1, при большей ширине - 1.14.2. Линии разметки наносят параллельно оси проезжей части.

Для информации водителей о предстоящем пешеходном переходе применяют предупреждающий знак 1.22. 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 1.22 обычно не устанавливают, так как водитель, как правило, бывает проинформирован о приближении к перекрестку каким-либо другим способом (знаки приоритета, указатели направлений, светофоры).

Для повышения безопасности движения на улицах местного значения в жилой застройке, где нет движения маршрутных транспортных средств, перед нерегулируемым пешеходным переходом целесообразно устройство искусственной неровности высотой $H=0,1$ м и длиной $L = 3-7$ м (рис. 11.3, а). Она заставит водителей принудительно снизить скорость. Меньшее значение L соответствует предельно допустимой скорости 20 км/ч, большее - 40 км/ч. Это зависит в каждом конкретном случае от зонального ограничения скорости. Для того чтобы водитель после искусственной неровности не успел увеличить скорость, расстояние от неровности до пешеходного перехода не должно превышать 50 м. У начала неровности устанавливают знак 5.20 «Искусственная неровность». Перед неровностью за 50-100 м (в населенных пунктах) устанавливают предупреждающие знаки: 1.17 «Искусственная неровность» и 3.24 «Ограничение максимальной скорости».

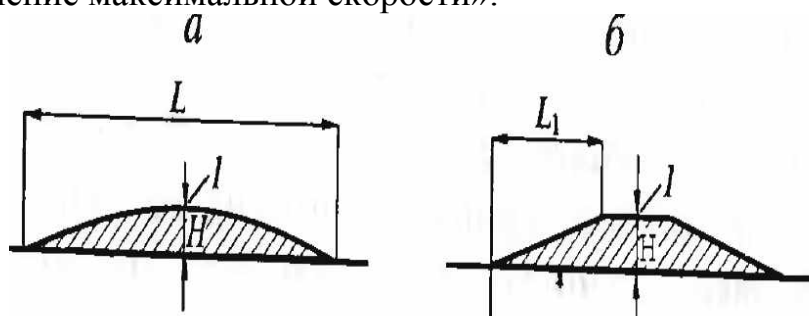


Рис. 11.3. Поперечные профили волнистой (а) и трапецевидной (б) искусственных неровностей

На гребне 1 искусственной неровности, а также у ее начала (с обеих сторон) наносят разметку 1.25 «Обозначение искусственных неровностей». Нерегулируемый пешеходный переход может быть совмещен с искусственной неровностью. В этом случае применяется трапецевидная неровность (рис. 11.3, б), гребень которой представляет собой горизонтальную площадку шириной, равной ширине пешеходного перехода. Как и в предыдущем случае, высота гребня неровности 0,1 м, длина L_1 , наклонного участка при ограничении скорости до 20-30 км/ч составляет 1,0-1,15 м и до 40 км/ч - 1,75-2,0 м. Установка дорожных знаков такая же, как и в предыдущем случае. На гребень неровности 1 наносится разметка 1.14.1 или 1.14.2, на наклонную часть - разметка 1.25, как показано на рис. 11.4.

При слабом стационарном освещении или его отсутствии перед искусственной неровностью применяют световозвращатели типа КДЗ-1 (ГОСТ Р 50971-96). Их располагают параллельно ее подошве с шагом 50 см.

Внеуличный пешеходный переход обозначают знаками 6.6 или 6.7, 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.

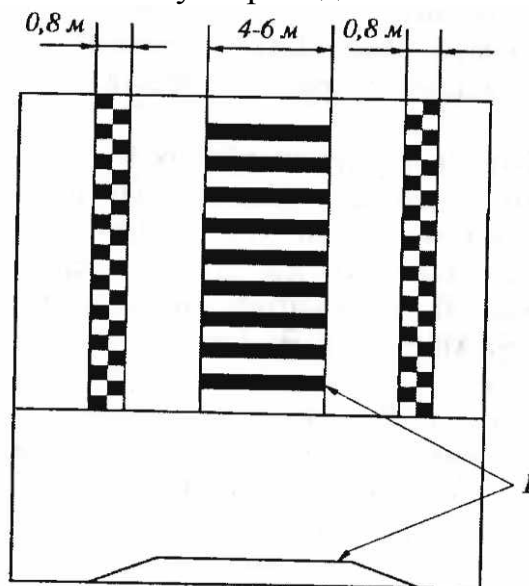


Рис. 11.4. Разметка приподнятого пешеходного перехода, совмещенного с искусственной неровностью

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

$$b_0 = N_{пш} T_{ц} f / (3600 b_{п})$$

где $N_{пш}$ - интенсивность пешеходного движения в обоих направлениях, чел/ч; f - площадь, занимаемая одним пешеходом на островке безопасности (она может быть принята равной $0,3 \text{ м}^2$); $b_{п}$ - 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 с переменной высотой 0,15-0,40 м. На защитных элементах устанавливают колонки светофоров или тумбы с дорожными знаками 4.2.1-4.2.3, указывающими направление объезда препятствия. На боковую поверхность защитных элементов (рефюжей) 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 (по ходу движения) линия этой разметки отклоняется к границе островка, образуя переходную линию, которая уводит транспортные потоки от оси дороги вправо. Наклон переходной линии зависит от скорости движения транспортных средств и определяется в соответствии с существующими нормативными положениями.

3. Пешеходные вызывные устройства

Условия введения светофорного регулирования на расположенных на перегонах улиц пешеходных переходах определяются соотношением интенсивностей транспортных и пешеходных потоков. 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 окончания 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 пешеходных вызывных устройств, предусматривающих разрыв транспортного потока лишь при поступлении требований со стороны пешеходов.

Транспортный поток останавливался лишь по истечении расчетной длительности зеленого сигнала светофора на магистрали. В силу этой же причины не мог быть немедленно реализован повторный вызов пешеходной фазы, если он следовал непосредственно за первым. В этом случае на табло, расположенном рядом с кнопкой вызова пешеходной фазы, высвечивалась надпись «Ждите».

В настоящее время специальное вызывное устройство (как отдельный контроллер) не предусмотрено. Все типы дорожных контроллеров позволяют организовывать вызов пешеходной фазы по сигналам от табло вызова пешеходом. При нажатии пешеходом кнопки на лицевой панели ТВП 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 на табло постоянно включена надпись «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 ТВП крепится на специальных опорах, устанавливаемых перед пешеходным переходом, или может располагаться на опорах светофоров.

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. 11.5** 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.

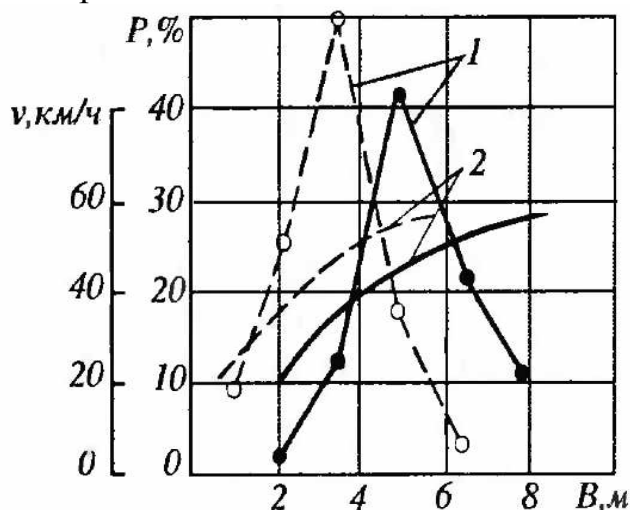


Рис. 11.5. Скорость движения и характер использования проезжей части транспортными средствами при наличии и отсутствии пешеходных ограждений

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 движение 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 устанавливают на центральной разделительной полосе напротив остановок общественного транспорта.

Кроме перечисленных случаев, пешеходные ограждения применяют 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/м² 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 не менее 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.

Тема 12: ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ ДВИЖЕНИЯ

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 регулируемые и нерегулируемые, что устанавливает начальник отделения железной дороги по согласованию с ГИБДД.

Регулируемые переезды оборудованы автоматической светофорной сигнализацией, либо на них имеется дежурный работник, который может управлять сигнализацией и шлагбаумами. 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, 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 эксплуатации железнодорожных переездов МПС России. В качестве примера на **рис. 12.1** показана схема размещения средств управления движением на регулируемых железнодорожных переездах с дежурным 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 непокрытой 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 со световозвращающими устройствами.

Нормальное положение основных автоматических шлагбаумов - открытое, а неавтоматических - закрытое. Их открывают только для пропуска транспортных средств при отсутствии приближающегося поезда.

Перед переездами при оборудовании их светофорной сигнализацией применяют светофоры с двумя горизонтально расположенными и попеременно мигающими красными сигналами (**рис. 12.2, а**). Допускается сигнализация, предусматривающая, помимо красных мигающих, белый мигающий сигнал (**рис. 12.2, б**). Выключение белого (при его наличии) и включение красных мигающих сигналов происходят одновременно с сигнальными фонарями на брусках 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 соответственно 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.

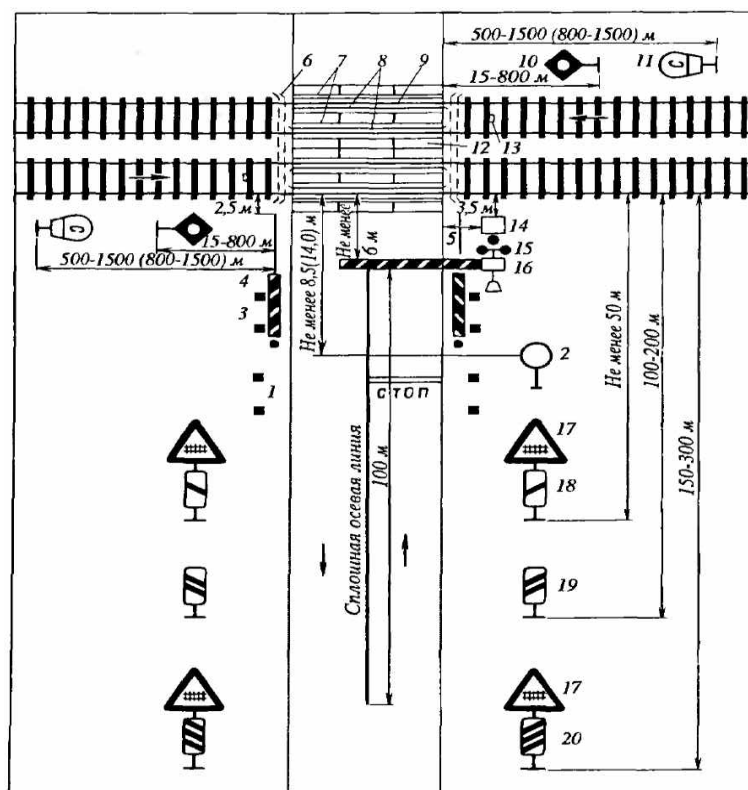


Рис. 12.1. Оборудование регулируемого железнодорожного переезда со шлагбаумом:

1- кромка проезжей части автомобильной дороги; 2 - дорожный знак 3.13; 3 - запасные горизонтально-поворотные шлагбаумы; 4 - направляющие столбики; 5 - перила (ограда); 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 щита и сигнального фонаря; 14 - здание переездного поста; 15 - светофор переездной сигнализации; 16 - автоматический шлагбаум или электрошлагбаум; 17- дорожный знак 1.1; 18 - 20 - дорожные знаки соответственно 1.4.3, 1.4.2, 1.4.1 (В скобках указаны расстояния при скорости поезда более 120 км/ч.).

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).

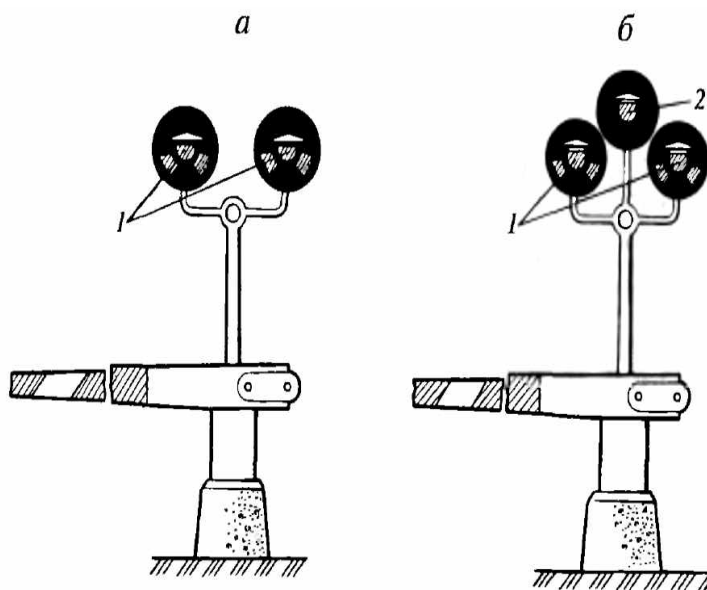


Рис. 12.2. Светофор железнодорожного переезда:

а - без белого мигающего сигнала; б - с белым мигающим сигналом; 1 и 2 - соответственно красные и белый мигающие сигналы

Правила дорожного движения РФ 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 регулируемых переездах с дежурным сотрудником на наружной стенке здания поста расположен пульт управления шлагбаумами. В случае автоматического шлагбаума он применяется при неисправностях системы блокировки (неисправности рельсовых цепей, путевых реле и т.д.). При неавтоматическом шлагбауме, но оборудованном электроприводом, его открывают или закрывают с пульта вручную.

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 габаритные размеры, 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 своевременно не замечен водителем, устанавливают предупреждающий знак 1.31. Его целесообразно дополнять табличкой 8.2.1, 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 8.1.1 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 РФ 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 компьютере 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 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 1.20.1-1.20.3 целесообразно в случаях, когда габаритные размеры проезжей части моста меньше ширины проезжей части дороги. Если ширина проезжих частей одинакова, знаки 1.20.1-1.20.3 устанавливают 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 устанавливают знак 1.29, 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. На торцовые поверхности бордюров и парапетов, элементов ограждений, расположенных на подходах к мостам, наносят вертикальную разметку.

3. Управление движением маршрутных транспортных средств

В соответствии с общепринятой терминологией *под маршрутными транспортными средствами* понимаются транспортные средства общего пользования (автобусы, троллейбусы, трамваи), следующие по установленным маршрутам. Одним из основных методов обеспечения бесперебойной работы этих транспортных средств в условиях интенсивного движения является их приоритетный пропуск, который гарантируется:

- введением отдельных ограничений для остальных транспортных средств на линии маршрутов транспортных средств общего пользования;
- выделением обособленных полос для движения маршрутных транспортных средств, по которым запрещается движение прочих транспортных средств;
- применением метода разнесенных стоп-линий, коррекции 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. 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 маршрутных транспортных средств 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 право- и лево-поворотных 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 с учетом худшей, как правило, маневренности маршрутных транспортных средств и введением для их пропуска специальной, часто ненасыщенной фазы регулирования.

Простейшим методом организации приоритета для маршрутных транспортных средств (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 маршрутных транспортных средств. При этом должна быть обеспечена возможность для остановки и стоянки неприоритетных транспортных средств на примыкающих боковых улицах.

В качестве обособленных полос для маршрутных транспортных средств 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 контрполосу 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 маршрутных транспортных средств 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 экспрессном режиме.

В начале полосы по ее оси основанием в сторону движущихся по ней транспортных средств наносят разметку 1.23 - букву «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 5.14, который повторяется после каждого перекрестка. Знак 5.14 обычно располагают над полосой. При выделении крайней правой полосы он может быть установлен справа от проезжей части. Если полоса работает в качестве обособленной в определенные часы суток или дни недели, знак 5.14 применяют вместе с одной из табличек 8.5.1-8.5.7.

При наличии крайней правой (левой) обособленной полосы для движения маршрутных транспортных средств 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. 12.3).

В начале контрполосы устанавливают знак 5.11, который может повторяться после перекрестков. Конец полосы обозначают знаком 5.12. Для информации водителей, выезжающих на дорогу с обособленной полосой, по которой организовано движение маршрутных транспортных средств навстречу основному транспортному потоку, перед всеми боковыми въездами на дорогу устанавливают соответственно знаки 5.13.1 и 5.13.2.

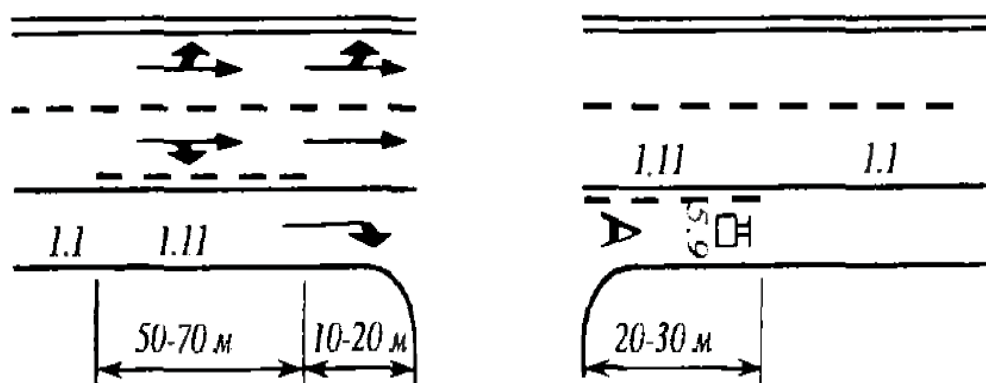


Рис. 12.3. Схема организации поворота направо с приоритетной полосы

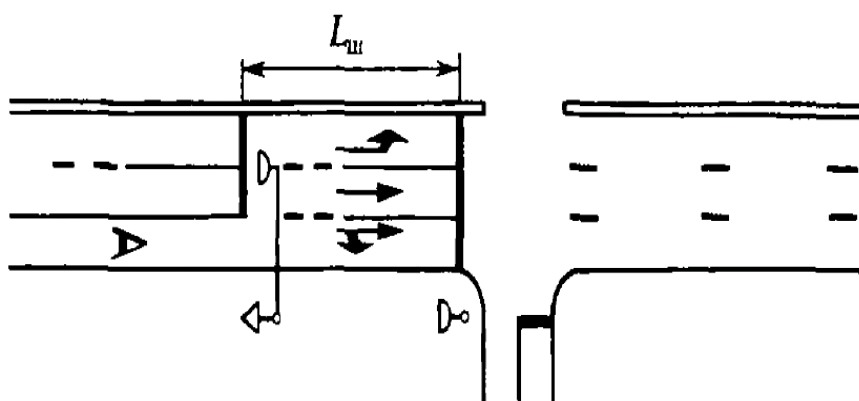


Рис. 12.4. Схема организации движения на подходе к перекрестку с использованием разнесенных стоп-линий

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 пропуска или

применением метода разнесенных стоп-линий для общего потока и маршрутных транспортных средств.

Последний метод является наиболее эффективным, так как в меньшей степени ущемляет интересы транспортного потока поперечного направления. Перед перекрестком наносят две стоп-линии: основную - непосредственно перед пересекаемой проезжей частью и дополнительную - на расстоянии $L_{ш}$ от перекрестка (рис. 12.4). 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 маршрутных транспортных средств, 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

$$Y^* = \frac{N_T B_0 / B_T + N_a}{M_n}$$

где N_T - интенсивность движения неприоритетных транспортных средств, ед/ч; B_0 - общая ширина проезжей части в данном направлении, м; B_T - ширина проезжей части, оставшейся для неприоритетных транспортных средств после отделения обособленной полосы, м; N_a - интенсивность движения маршрутных транспортных средств, 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 поворота налево), 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. 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 5.16-5.18 при наличии которых вступают в действие соответствующие положения Правил дорожного движения Российской Федерации. 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 8.2.2 или разметку 1.17.

4. Технические средства управления 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 (стадионами, театрами 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

$$K_n = N_{\bar{o}} / N_{.m}$$

где $N_{\bar{o}}$ и $N_{.m}$ - интенсивности транспортных потоков соответственно в более и менее загруженных встречных направлениях, ед/ч.

В **табл. 12.1** приведены рекомендации НИЦ ГИБДД МВД России по выбору числа реверсивных полос в зависимости от общего числа полос движения на проезжей части и коэффициента неравномерности.

Техническими средствами реализации реверсивного движения являются транспортные светофоры типа 4, дорожные знаки 5.8-5.10 и разметка 1.9. Для этих целей могут применяться и управляемые знаки 5.15.7.

В начале дороги с реверсивным движением устанавливают знак 5.8, в конце - 5.9. Для информации водителей о выезде на такую дорогу перед всеми пересечениями с ней устанавливают знаки 5.10.

Если дорога полностью работает в режиме реверса, то в качестве осевой линии применяется двойная прерывистая линия 1.9.

Таблица 12.1

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	1,4-3,0
5	3	4:1	Более 3.0
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	1,91-4,0
7	5	6:1	Более 4,0

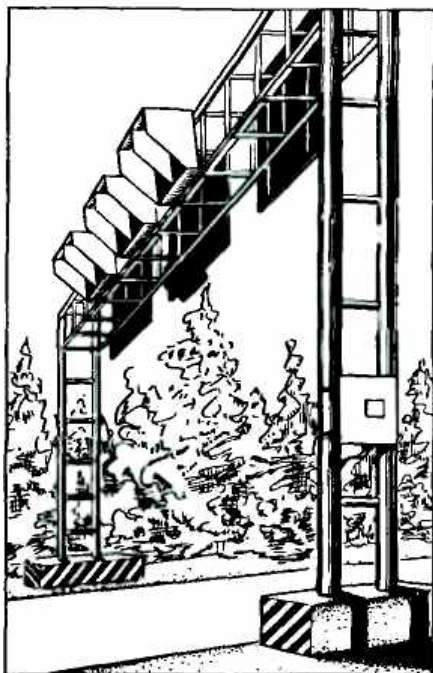
Границы полос движения обозначаются линиями 1.5. После перекрестков над каждой полосой устанавливают светофоры типа 4. При больших расстояниях между перекрестками светофоры устанавливают чаще с тем, чтобы обеспечить одновременную видимость сигналов светофоров, размещенных на двух последовательно установленных опорах. Это позволяет своевременно информировать водителей о смене режима использования полос движения и исключить возможность проезда на запрещающий сигнал.

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. 12.5, а) или на облегченной рамной конструкции (рис. 12.5, б) и обладают лучшей информативностью, чем управляемые знаки 5.15.7. Поэтому их использование для организации реверсивного движения является предпочтительным.

При переменном числе реверсивных полос возникают трудности с организацией остановок и стоянок транспортных средств и организацией поворота налево 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 8.5), а остановочные пункты маршрутных транспортных средств должны быть оборудованы заездными карманами.

а



б

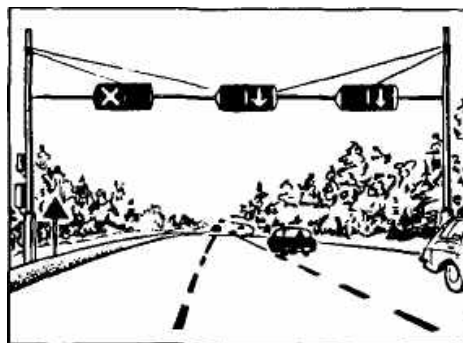


Рис. 12.5. Установка реверсивных светофоров:

а - на арочных опорах; б - на облегченной рамной конструкции

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 5.15.7 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 таймера 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.

5. Управление движением в местах проведения 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 ГИБДД.

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 1.25, который 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 1.25 на переносной опоре. Расстояние от знака до места работ выбирается в пределах 10 - 15 м с тем, чтобы водитель не смог объехать этот знак.

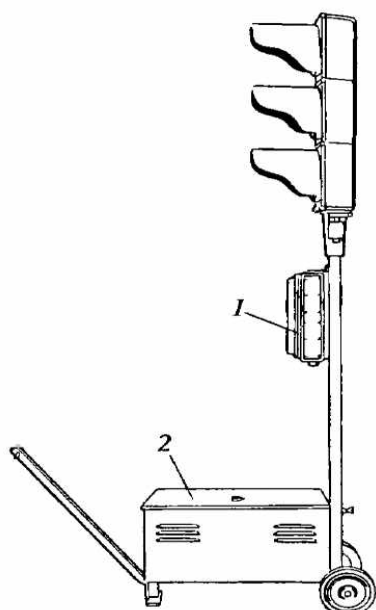


Рис. 12.6. Переносной светофор:

- 1 - контроллер;
- 2 - аккумуляторные батареи

Между первым и вторым знаками 1.25 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 1.20.1-1.20.3, 1.16, 1.18, а также знаки, ограничивающие обгон и скорость движения. Последние применяют при усложнении условий, когда ремонтные работы приводят к существенному сужению проезжей части. При этом не рекомендуется 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. 12.6), управляющие поочередным пропуском потоков. Целесообразность их применения зависит от интенсивности встречных потоков и длины участка.

По суммарной длительности, зная соотношение интенсивностей потоков встречных направлений, определяют разрешающий сигнал в каждом направлении движения:

$$T = t_{31} + t_{32}, n_{put_{31}} : t_{32} = N_1 : N_2$$

где t_{31} и t_{32} - длительности зеленых сигналов соответственно для прямого и обратного направлений, с; N_1 и N_2 - интенсивности движения соответственно 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 $T_{ц} = T + 7,2L/v + 2t_{жс}$. Длительность желтого сигнала принимают равной 3 с (если применяются светофоры Т.1).

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 5.15.7 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 6.19.1 с табличкой 8.1.1, перед перестроением на другую проезжую часть - основной знак 6.19.1, 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 6.19.2 с табличкой 8.1.1. 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 5.15.7.

При полном закрытии движения на ремонтируемом участке или введении ограничений по массе или габаритным размерам дорожные знаки расставляют с таким расчетом, чтобы своевременно предупредить водителей об ограничениях и информировать их о маршруте объезда. Для этого перед таким участком устанавливают схему объезда (знак 6.17), 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 ограждений, конусов и сигнальных фонарей. 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 нормативными 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 демонтируют в обратном порядке.

Тема 13: МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

1. Задачи монтажно-эксплуатационной службы, их функции, структура и техническое оснащение

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: колебаниям температуры, пыли, грязи, атмосферных осадков, ветровой нагрузки 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:

- разработку совместно с ГИБДД 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;
- комплектацию технических средств, подготовку 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 разделку кабеля, прокладку кабельных трасс, аренду телефонных линий связи и их подключение;
- производство (или осуществление функции заказчика) строительно-монтажных работ по установке светофоров, контроллеров, детекторов транспорта, дорожных знаков и других технических средств организации движения; оборудование управляющих пунктов АСУД, а также установку 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 выполняемый этой службой работ зависят от типа используемых технических средств, структуры и функций АСУД и масштаба обслуживаемой территории.

2. Специализированные монтажно-эксплуатационные предприятия

Задачи монтажно-эксплуатационной службы решаются силами специализированных монтажно-эксплуатационных предприятий (СМЭП) или иными организациями, уставом которых предусмотрен данный вид

деятельности. Финансирование СМЭП осуществляется за счет регионального бюджета, а также за счет внебюджетных средств, основой которых является хоздоговорная деятельность.

Для решения вопросов федерального уровня (проведения единой технической и экономической политики, кадровых вопросов, централизованного снабжения СМЭП техническими средствами заработной платы (нормативно-методической документации) специальным постановлением Правительства РФ в 1995 г. был создан ГОС-СМЭП МВД России.

Специализированные монтажно-эксплуатационные предприятия выполняют работы в соответствии с потребностями города или региона в пределах ассигнований городского или регионального бюджетов либо на основе хоздоговорной деятельности. Структура СМЭП, виды выполняемых им работ, численность производственного персонала, техническое оснащение определяются объемами финансирования, планами внедрения новых технических средств организации движения, а также данными о количестве этих средств, находящихся в эксплуатации. Поэтому структура СМЭП в каждом конкретном случае может быть различной. В общем случае в рамках СМЭП могут быть сформированы специальные службы: строительно-монтажная, 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 строительно-монтажной 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 соответствие действующему оборудованию; круглосуточное дежурство по обеспечению

нормальной работы средств регулирования.

В группу механизации входят водители специальных и неспециальных транспортных средств эксплуатационно-монтажного предприятия, 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, 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 внедряются магистральные или общегородские АСУД, то в составе монтажно-эксплуатационной службы предусматриваются специальные группы по обслуживанию этих систем. В состав таких 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.

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 могут использоваться специальные машины и механизмы. В оборудование входят как машины и механизмы, необходимые при производстве работ по установке и эксплуатации технических средств, так и транспортные автомобили и прицепы. К специальному оборудованию относятся, например, телескопические вышки, экскаваторы, автокраны, передвижные бурильные станки, машины для резки асфальта, кабельные тележки, компрессоры, сварочные агрегаты и т.д.

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 ГИБДД. 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 ГИБДД. В процессе выполнения план 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 светофорных объектов в пределах ассигнований, запланированных на эти цели, а также за счет уменьшения объема непредвиденных работ.

Задание на выполнение непредвиденных работ, часто связанных с необходимостью частичного изменения существующей схемы организации движения, разрабатывает подразделение дорожного надзора. Задание содержит адрес объекта, схему с изображением расположения на объекте технических

средств с указанием 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 дорожных организаций.

3. Порядок проектирования 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 СМЭП. 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 ГИБДД, занимающиеся этими вопросами. В последнем случае задание на проектирование имеет следующий приблизительный состав: наименование объекта; основание для проектирования; вид строительства (новое, расширение, реконструкция); указания о применяемых типах технических средств; схему организации движения транспортных средств и пешеходов; режим регулирования; планировочную характеристику объекта (число полос движения, наличие разделительной полосы или резервной зоны и т.д.); требования по разработке вариантов; стадийность проектирования (две стадии или одна); расчетную стоимость строительства; наименование строительной организации-генподрядчика.

Геодезический план местности (геоподоснову) подготавливают обычно по договору с заказчиком соответствующие органы архитектурно-планировочного управления или отдела главного архитектора города.

Условия на присоединение объекта к городским сетям выдают по запросу заказчика местные организации, в ведении которых они находятся (например, управления облэнерго, управления городских телефонных сетей и т.д.). Они содержат перечень работ и требований, которые подлежат выполнить

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.

Расставленное на схемах оборудование соединяют кабелями. Кабели обеспечивают электропитание контроллеров, блоков управления детекторов, освещаемых знаков, а также соединение контроллеров со светофорами, ВГТУ, ТВП. Тип применяемого кабеля зависит от его назначения. Контроллеры подключают к источникам электропитания с помощью силового кабеля, как правило, с алюминиевыми жилами сечением 6 мм², знаки с внутренним освещением - с помощью кабеля с жилами сечением 2 мм². При этом число жил в кабеле не превышает четырех. 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. При выборе числа жил необходимо учитывать и возможность в будущем изменения схемы организации движения: добавления дополнительных 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 мм².

В обозначении кабеля указывается материал, из которого изготовлены 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 19х1,5 - контрольный кабель с медными жилами и резиновой изоляцией в поливинилхлоридной оболочке, защищен

броней из двух стальных лент с наружным покровом, число жил - 19. сечение жилы 1,5 мм².

Для связи периферийного оборудования (контроллеров, устройств обмена информацией) с управляющим пунктом используют телефонный кабель типа ТПП. Для подсистем телевизионного обзора применяют радиочастотный кабель типа РК или волоконно-оптические линии.

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. 13.1) и кабельное расписание (табл. 13.1). В нем указывают номера кабелей и адресность их прокладки. На план наносят все устанавливаемые средства и кабели. На генплане дается спецификация на все оборудование, материалы (табл. 13.2).

Таблица 13.1

Номер кабеля	Откуда идет	Куда поступает	Марка кабеля	Длина, м
1	Ввод горэнерго	Коробка с автоматическим выключателем	АКРВГ4х6	10
2	Коробка с автоматическим выключателем	Контроллер	АКРВБ 4х6	210
3	Колонки: А	Колонка Б	КРВБ 14х1,5	15
4	Б	Контроллер	КРВБ 19х1,5	40
5	В	Колонка Г	КРВБ 7х1,5	15
6	Г	Котроллер	КРВБ 19х1,5	5
7	Е	КолонкаД	КРВБ 19х1,5	15
8	Д	Контроллер	КРВБ 19х1,5	30
9	З	Колонка Ж	КРВБ 19х1,5	15
10	ж	Контроллер	КРВБ 19х1,5	60
II	ВПУ2	>>	КРВБ 19х1,5	5

Таблица 13.2

Позиция	Наименование	Число
1	Коробка с автоматическим выключателем	1
2	Колонка для светофора	8
3	Пешеходный светофор типа П. 1	8
4	Транспортный » » Т. 1	8
5	Контроллер ДКМ 5-4	1
6	Контур заземления	1
7	Выносной пульт управления ВПУ 2	1
8	Асбоцементная труба диаметром 100 мм и длиной 60 м	3

Каждому кабелю присваивают номер, который на генплане обозначают арабской цифрой, заключенной в кружок. Концы кабельных лучей обозначают заглавными буквами русского алфавита.

Кроме подготовленных схем объекта, геодезического плана и генплана объекта, проект включает и ряд электромонтажных схем. Они позволяют осуществить полный монтаж технических средств таких, как схемы коммутации для создания 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 энергоснабжающими предприятиями, эксплуатирующей и другими заинтересованными организациями. Затем заказчик утверждает проект и передает его генподрядной строительной организации совместно со сметой для проведения работ.

4. Строительно-монтажные работы. Прокладка кабельной сети.

Эта операция 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 обоюдной 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 СНиП 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, вверху 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; $l_p = 0,5$ м на одну разделку; 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 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 внутрь опоры кабель не закрепляется (свободно висит). При спуске снаружи опоры кабель защищается металлической трубой соответствующего диаметра на всем протяжении. Труба крепится к опоре хомутами.

5. Установка технических средств

Эти работы выполняют 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. 13.2**. 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. 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.

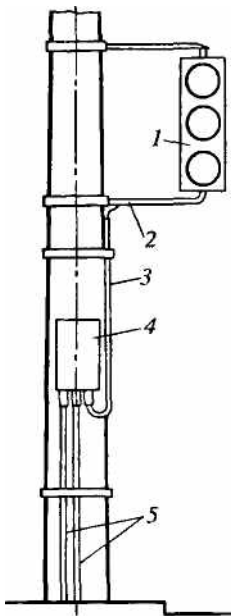


Рис. 13.2. Установка светофора на опоре наружного освещения

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 пульты 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 кабелем 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 заземление; 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 обеспечения безопасной работы монтажников. Перед контроллером должна быть оборудована асфальтированная санитарная площадка размером не менее 1х1 м с уклоном от контроллера.

Все периферийное оборудование подключается к источникам питания через защитные автоматические выключатели (предохранители). В тех случаях,

когда по условиям соединения требуется учет потребляемой электроэнергии, устанавливают счетчики. Как счетчики, так и автоматические выключатели размещают в специальных коробках в 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.

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.

6. Электромонтажные работы

При установке технических средств эти работы 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. 13.3) заключается в освобождении конца кабеля, подлежащего разделению, 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 мм² 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 ручкой 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 104 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 обеспечивается, 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 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 ГИБДД. После опробования светофорный объект готовят к сдаче в эксплуатацию. При сдаче в эксплуатацию светофорный объект должен быть в рабочем состоянии. Его принимает специальная комиссия, назначаемая заказчиком. В комиссии должны участвовать представители заказчика, подрядчика (строительной организации), эксплуатирующей организации, ГИБДД, проектной организации.

7. Организация технического обслуживания

Эффективность работы технических средств организации движения

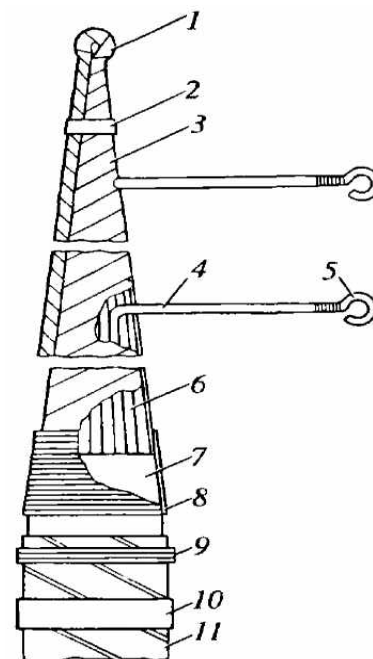


Рис. 13.3. Концевая разделка кабеля КРВБ:

- 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

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 некоторый период эксплуатации к сумме средних значений наработки и времени простоя, обусловленного ТО 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.

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 ТО 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 иногда применяется специальная контрольно-диагностическая аппаратура периферийных объектов и управляющего пункта. Принцип действия этой аппаратуры заключается в формировании необходимых входных воздействий, приеме ответных реакций, анализе и выдаче информации на контрольные разъемы и органы индикации.

Контрольно-диагностическая аппаратура периферийных объектов применяется непосредственно на объекте. Поэтому ее размещают в специальной передвижной лаборатории внедрения и эксплуатации АСУД. В оснащение лаборатории также входят набор стандартных контрольно-измерительных приборов и соответствующий комплект ЗИП.

Для контроллеров с микропроцессорами роль контрольно-диагностической аппаратуры выполняет ИП, позволяющий быстро обнаружить неисправность какого-либо блока или элемента контроллера.

Обеспечение изделий комплектами ЗИП на этапе эксплуатации является одним из важнейших мероприятий, направленных на повышение надежности, восстановление работоспособности изделий в течение всего срока их службы.

Практически любой используемый комплект ЗИП строится из: одиночного комплекта ЗИП-О; группового комплекта ЗИП-Г и ремонтного комплекта ЗИП - Р. Комплект ЗИП-О является комплектом запасных элементов, придаваемых непосредственно изделию с целью обеспечения его надежности при длительном использовании. ЗИП-Г придается группе однотипных изделий для пополнения 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брайловский Н.О., Грановский Б.И. Управление движением транспортных средств. – М.: Транспорт, 1975.-112 с.
2. Васильев А.П., Фримштейн М.И. Управление движением на автомобильных дорогах. – М.: Транспорт, 1979. -296 с.
- 3.Кременец Ю.А., Печерский М.П., Афанасьев М.Б. Технические средства организации дорожного движения: Учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 279 с.
4. Клинковштейн Г.И., Афанасьев М.Б. Организация дорожного движения: Учеб. для вузов. –5-еизд., переб. и доп. – М.: Транспорт, 2001. –247 с.
5. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации дорожного движения. – М.: Транспорт, 1977. –303 с.
6. Аземша С.А., Чижонков В.Д. Технические средства организации дорожного движения. Пособие для самостоятельной работы студентов. – Гомель: УО «БелГУТ», 2005. – 62 с.
7. Пугачёв И.Н. Организация и безопасность дорожного движения: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / И. Н. Пугачёв, А. Э. Горев, Е. М. Олещенко. - М.: Издательский центр «Академия», 2009. - 272 стр.