

656.25
241

АВТОМАТИКА,
ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ
ТРАНСПОРТЕ


ВЫСШЕЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ



ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Учебник


издательство
МАРШРУТ

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ	9
1.1. Этапы развития железнодорожного транспорта и устройств СЦБ в России	9
1.2. Основные показатели эксплуатационной работы железных дорог	10
1.3. Основы сигнализации на железнодорожном транспорте	13
1.4. Классификация систем железнодорожной автоматики и телемеханики	50
1.5. Требования ПТЭ к системам железнодорожной автоматики и телемеханики	50
Глава 2. ПЕРЕГОННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ	55
2.1. Способы разграничения поездов на перегонах	55
2.2. Полуавтоматическая блокировка	58
2.3. Автоматическая блокировка	60
2.4. Автоматическая локомотивная сигнализация и контроль скорости поезда	63
2.5. Интервалы между попутно следующими поездами	71
2.6. Расстановка светофоров автоблокировки и сигнальных знаков «Граница блок-участка»	76
2.7. Автоматизация вождения поездов	82
Глава 3. СТАНЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ	85
3.1. Раздельные пункты	85
3.2. Маршрутизация передвижений на станциях	110
3.3. Техническо-распорядительный акт станции	111
3.4. Принцип действия маршрутно-контрольных устройств	115
3.5. Структурная схема электрической централизации	118
3.6. Классификация систем электрической централизации	118
3.7. Технология работы промежуточной станции	121
3.8. Технология работы участковой станции	124
3.9. Аппараты управления и контроля	129
Глава 4. СХЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН СТАНЦИИ	136
4.1. Эксплуатационно-технические требования к проектированию схематических планов станций	136
4.2. Классификация и нумерация станционных путей и стрелок	138
4.3. Правила расстановки изолирующих стыков станционных рельсовых цепей	140
4.4. Расстановка светофоров	140
4.5. Определение ординат на схематическом плане	142
4.6. Взаимозависимость маршрутов, стрелок и светофоров	148
4.7. Враждебные маршруты	151
Глава 5. ДВУХНИТОЧНЫЙ ПЛАН СТАНЦИИ	153
5.1. Общие сведения	153
5.2. Принцип действия рельсовых цепей	153
5.3. Элементы двухниточного плана и их условное изображение	155
5.4. Построение двухниточного плана станции	157
Глава 6. УСТРОЙСТВА ОГРАЖДЕНИЯ	170
1. Общие сведения	170
6.2. Классификация переездов	170
6.3. Обеспечение безопасности движения на переездах	173
6.4. Особенности управления переездами на станциях	180
6.5. Расчет параметров переездной сигнализации	181
6.6. Тоннельная и мостовая сигнализации	188

Глава 7. СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ	191
7.1. Диспетчерское управление перевозочным процессом на железнодорожном транспорте	191
7.2. Виды диспетчерского управления. Графики движения поездов	193
7.3. Компьютерные системы ДЦ. Таблицы сигналов телеуправления и телесигнализации	198
7.4. Автоматизированные центры диспетчерского управления	204
7.5. Загрузка оперативного персонала	205
7.6. Информационная модель перевозочного процесса	209
7.7. Автоматизация управления движением поездов	212
Глава 8. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ НА СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ	215
8.1. Технология работы сортировочной станции	215
8.2. Сортировочная работа на станциях	223
8.3. Типы сортировочных горок	224
8.4. Расчет параметров движения отцепов по горке	224
8.5. План и профиль сортировочной горки	225
8.6. Перерабатывающая способность сортировочной горки	233
8.7. Основные составляющие комплексной автоматизации сортировки вагонов	234
Глава 9. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ	238
9.1. Методика расчета технико-экономической эффективности систем железнодорожной автоматики и телемеханики	238
9.2. Составляющие капитальных вложений и эксплуатационных расходов при расчете экономической эффективности	240
9.3. Учет экономических потерь при ненадежном функционировании устройств СЖАТ и нарушениях безопасности движения поездов	243
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	246

ВВЕДЕНИЕ

Природные и трудовые ресурсы страны распределены по ее территории крайне неравномерно, поэтому для успешного развития промышленности, энергетики и сельского хозяйства неизбежен процесс постоянного перемещения людей, сырья и продукции между различными регионами. Эту проблему решает *единая транспортная система* страны, включающая железнодорожный, автомобильный, морской, речной и воздушный виды транспорта. Главная задача транспортной системы — обеспечение пассажирских и грузовых перевозок с высоким качеством: соблюдение сроков, безопасность для жизни и здоровья пассажиров и сохранность свойств перевозимой продукции.

Ведущую роль в единой транспортной системе Российской Федерации играет железнодорожный транспорт. Это объясняется географическим положением страны, распределением предприятий добывающей и обрабатывающей промышленности, особенностью водных ресурсов страны. Основополагающими документами железнодорожного транспорта являются Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации [33], Инструкция по сигнализации на железных дорогах Российской Федерации [14] и Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации [12].

Общепризнанными преимуществами железных дорог перед другими видами транспорта являются экономичность (низкая стоимость перевозок), функциональность (непрерывность перевозок днем и ночью, в любое время года), экологичность (низкий уровень шума, сохранность окружающей среды, оптимальное землепользование), безопасность движения. Удельный вес различных видов транспорта и безопасность перевозок в транспортной системе России в 2000 г. приведены в табл. В.1.

Таблица В. 1

Удельный вес различных видов транспорта в транспортной системе РФ

Вид транспорта	Удельный вес транспорта, %		Безопасность перевозок**
	Грузооборот	Пассажирооборот	
Железнодорожный	80,8	43,2	0,06
Автомобильный	8,2	42,8*	35,7
Морской	6,8	—	—
Речной	4,1	0,2	11,1
Воздушный	0,1	13,8	0,37

* Перевозка автобусами в междугородном и пригородном сообщении.

** Число несчастных случаев со смертельным исходом на 1 млрд пасс.-км.

Для осуществления перевозочного процесса железные дороги оборудованы различными инженерными сооружениями, техническими устройствами и средствами, основными из которых являются: железнодорожный путь, подвижной состав (локомотивы и вагоны), сооружения локомотивного и вагонного хозяйств (депо), сооружения и устройства сигнализации, связи и вычислительной техники, электроснабжения, железнодорожные станции и узлы. Многоотраслевое хозяйство железнодорожного транспорта представляет собой огромный, протянувшийся на многие десятки тысяч километров конвейер, бесперебойная и безаварийная работа которого требует слаженной работы всех его звеньев.

С 1991 г. начался новый этап деятельности железнодорожного транспорта, связанный с обособлением отдельных полигонов сети железных дорог в рамках образовавшихся государств. Железнодорожный транспорт России с 1992 по 1999 г. не имел возможности обновлять технические средства. За этот период износ основных производственных фондов вырос с 36 до 55 %, возник дефицит подвижного состава (полувагонов, цистерн), верхнего строения пути, энергетического хозяйства.

Выход из создавшегося положения — в применении более совершенных методов эксплуатации железных дорог, внедрении компьютерных методов управления и информационных технологий, а также в реформировании структуры и системы управления в соответствии с принципами рыночной экономики. Созданное открытое акционерное общество «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД») взяло на себя ответственность за все функции по организации и управлению перевозочным процессом.

Решение стратегической задачи повышения эффективности работы компании ОАО «РЖД» невозможно без оснащения железных дорог современными и надежными техническими средствами. При этом особая роль принадлежит средствам автоматики и связи. Составляя всего 5 % от общей стоимости основных фондов, они определяют безопасность движения поездов, обеспечивают пропускную способность железнодорожных линий и автоматизацию перевозочного процесса [20].

Состояние технических средств автоматики и телемеханики Российских железных дорог в последние годы характеризуется значительным физическим и моральным старением. Практически все средства железнодорожной автоматики и телемеханики, введенные до 1990 г. по своему качественному уровню и набору функций не удовлетворяют современным требованиям комплексной автоматизации перевозочного процесса, сдерживают внедрение информационно-управляющих технологий, не обеспечивают снижения эксплуатационных затрат на текущее содержание и ремонт. Все это обуславливает необходимость ускорения процесса обновления и модернизации технических средств ЖАТ и, в первую очередь, на основных транспортных направлениях и железнодорожных узлах.

Реализуя в 2002—2004 г. утвержденную МПС в декабре 2001 г. «Программу технического и технологического перевооружения хозяйства сигнализации, централизации и блокировки», увеличен объем обновления технических средств ЖАТ, ускорен процесс доработки и адаптации современных технических средств ЖАТ, развернуты работы по подготовке базы производства оборудования на подведомственных заводах, отработан инвестиционный процесс.

В проекте Программы стратегического развития ОАО «РЖД» на период до 2010 г. предусмотрен значительный рост объемов обновления средств ЖАТ. Реализация Программы позволит реально снизить старение устройств в заданных параметрах, полностью обновить все устройства электрической централизации и автоблокировки, эксплуатирующиеся свыше 25 лет, обеспечить замену устаревших систем горочной автоматики на сортировочных станциях сетевого значения с внедрением комплексной системы автоматизации управления сортировочным процессом.

Назрела необходимость внедрения микропроцессорных и релейно-процессорных ЭЦ, наиболее полно отвечающих задачам создания интегрированной системы управления, так как они берут на себя функции линейного пункта диспетчерской централизации, автоблокировки на прилегающих перегонах, переездной сигнализации. Одновременно необходимо внедрение новой технологии технической эксплуатации: создание фирменных и сервисных центров, организация удаленного мониторинга и администрирования технических средств ЖАТ. Это позволит сократить и штаты, и эксплуатационные расходы.

Наиболее трудно обслуживаемая часть устройств ЖАТ — напольное оборудование. На железных дорогах России находится огромное количество такого оборудования, расположенного непосредственно на железнодорожных путях станций, перегонов и зачастую значительно удаленного от постов ЭЦ. В эксплуатации находятся 128 тыс. стрелок, более 350 тыс. светофоров, при этом у каждого из них установлены кабельные муфты, ящики и т.д. Все это требует технического обслуживания в любое время года, суток и не взирая на погоду.

Департаментом автоматики и телемеханики ОАО «РЖД» проводится большая работа по разработке эксплуатационно-технических требований к напольному оборудованию, основными из которых являются: высокая надежность; необслуживаемость; исключение периодической по-

краски устройств СЦБ в период эксплуатации, нанесение антикоррозионных покрытий на весь срок службы изделий; исключение влияния внешней среды, обеспечение герметичности устройств; исключение доступа посторонних лиц, антивандальное исполнение; использование разъемов для быстрого монтажа и демонтажа; широкое применение новых материалов, в том числе полимерных материалов, в конструкциях устройств СЦБ.

Одним из важнейших путей создания малообслуживаемого напольного оборудования является его модернизация, под которой понимается не только улучшение эксплуатационных характеристик существующего оборудования и продление сроков службы, но и повышение надежности, сокращение эксплуатационных затрат. Модернизация напольного оборудования может не только обеспечить снижение трудоемкости обслуживания и изменить всю организацию и технологию самого обслуживания, перейти к централизованному методу замены устройств в случае отказа и окончания срока службы. В первую очередь, модернизация должна коснуться существующих светофоров; электроприводов СП-6М и гарнитур к ним; шкафов, ящиков, путевых муфт, перемычек, соединителей и т.д.

Наиболее важные направления в создании принципиально нового необслуживаемого оборудования — это разработка светофоров со светодиодными головками; новых электроприводов с гарнитурой; новых конструкций шкафов, ящиков, путевых муфт, дросселей, дроссель-трансформаторов и др. [20]. Создание и внедрение на железных дорогах России малообслуживаемого и необслуживаемого оборудования позволит осуществить качественный переход в технологии обслуживания устройств и значительно сократить эксплуатационные затраты. Это, в свою очередь, будет способствовать повышению эффективности работы всего железнодорожного транспорта.

Основную задачу учебника «Эксплуатационные основы автоматики и телемеханики» авторы видят: в раскрытии проблем по управлению эксплуатационной работой железнодорожного транспорта, основах железнодорожной сигнализации (глава 1); в определении наиболее выгодного способа организации движения поездов на перегонах (глава 2); организации оптимальной работы станционных устройств ЖАТ и устройств ограждения (главы 3, 6 и 8); в решении вопросов правильного построения схематического и двухниточного планов станций (главы 4 и 5); оптимального диспетчерского руководства перевозочным процессом (глава 7), а также технико-экономической эффективности устройств ЖАТ (глава 9).

В учебнике приняты следующие сокращения:

АБ — автоматическая блокировка;

АЗСР — автоматическое задание скорости роспуска составов;

АЛС — автоматическая локомотивная сигнализация;

АЛ СО — автоматическая локомотивная сигнализация как самостоятельное средство сигнализации и связи при движении поездов;

АПС — автоматическая переездная сигнализация;

ВЛ ПЭ — высоковольтная линия продольного электроснабжения;

ВЛ СЦБ — высоковольтная линия автоблокировки;

ГАЦ — горочная автоматическая централизация;

ГАЦ-АРС — горочная автоматическая централизация с автоматическим регулированием скорости скатывания отцепов;

ДК — диспетчерский контроль;

ДНЦ — поездной диспетчер;

ДСП — дежурный по станции;

ДЦ — диспетчерская централизация;

ИДП — Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации;

ИСИ — Инструкция по сигнализации на железных дорогах Российской Федерации;

МПЦ — микропроцессорная система электрической централизации;

МЭЦ — электрическая централизация маневровых районов;

ПАБ — полуавтоматическая блокировка;
ПТЭ — Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации;
РЦ — рельсовая цепь;
САУТ — система автоматического управления
СЦБ — сигнализация, централизация и блокировка
ТГЛ — телеуправление горочными локомотивами
ТУ — ТС — телеуправление и телесигнализация;
ТЧ — каналы тональной частоты;
ЭЦ — электрическая централизация стрелок и сигналов.

Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Этапы развития железнодорожного транспорта и устройств СЦБ в России

Рассмотрим основные этапы развития железнодорожного транспорта в России [28], [36].

1834 г. — крепостными механиками отцом и сыном Черепановыми построена на Урале первая железная дорога на паровой тяге протяженностью более 800 м.

1837 г. — открыта для движения первая железная дорога общего пользования между Петербургом и Царским Селом.

1851г. — закончено строительство Николаевской (Октябрьской) железной дороги между Петербургом и Москвой.

1913 г. — сеть железных дорог России превысила 70 тыс. км.

1914—1922 гг. — за годы Первой мировой и гражданской войн железнодорожное хозяйство России было разрушено и парализовано.

1926 г. — железнодорожный транспорт полностью восстановлен, уровень перевозок достиг довоенного. Однако железные дороги были преимущественно однопутные, эксплуатировались рельсы легких типов, маломощные паровозы, двухосные вагоны с винтовой сцепкой.

1928—1940 гг. — изменен порядок планирования перевозок, разработаны прогрессивные нормы использования подвижного состава, внедрены новые технологические процессы работы станций, депо и других подразделений, началось внедрение автотормозов, создавались условия для значительного повышения массы составов и увеличения скорости движения поездов. Сеть железных дорог увеличилась по сравнению с 1913 г. в 1,5 раза и составила 106,1 тыс. км. Объем грузовых перевозок возрос в 6,4 раза, а пассажирских—в 3,3 раза. Более половины парка четырехосных вагонов было оборудовано автоматическими тормозами, свыше трети — автоматической сцепкой. На основных направлениях сети были уложены стрелки тяжелых типов, применялась АБ, на станциях внедрялась ЭЦ стрелок и сигналов, на многих сортировочных станциях сооружались механизированные горки.

1941—1945 гг. — за четыре года войны железнодорожному транспорту страны был причинен огромный материальный ущерб. Однако уже в первую послевоенную пятилетку железнодорожный транспорт был полностью восстановлен, даже получил дальнейшее развитие, а грузооборот превысил размеры довоенного 1940 г.

1948—1960 гг. — развитие железнодорожного транспорта осуществлялось при переходе на электро- и тепловозную тягу по трем основным направлениям: строительство новых линий и вторых путей; техническое перевооружение на основе достижений научно-технического прогресса; совершенствование методов управления эксплуатационной работой железных дорог.

1956 г. — в соответствии с Генеральным планом электрификации железных дорог созданы самые протяженные в мире электрифицированные магистрали: Москва—Иркутск—Дальний Восток, Ленинград— Москва—Тбилиси—Ереван, Москва—Киев—Чоп. Весь подвижной состав оборудован автосцепкой, вагонный парк — автотормозами. Прекратился выпуск паровозов.

1960 г. — из локомотивного парка в основном исключены паровозы, а из вагонного — двухосные вагоны.

1960—1980 гг. — перевод железных дорог на прогрессивные виды тяги, поставка вагонов на роликовых подшипниках, усиление верхнего строения пути.

К1990 г. протяженность (эксплуатационная длина) сети железных дорог превысила 148 тыс. км. и включала в себя 32 дороги. Помимо повышения веса и длины поездов важным средством увеличения провозной способности и обеспечения безопасности движения явилось дальнейшее развитие устройств автоматики, телемеханики, связи и вычислительной техники. Устройствами АБ и ДЦ были оснащены более половины сети железных дорог, а тысячи станций — ЭЦ стрелок и сигналов, широко внедряется АЛС с автостопами, механизация и автоматизация сортировочной работы, станционная и поездная радиосвязь.

1991 г. — начало нового этапа, связанного с обособлением отдельных полигонов сети железных дорог в рамках образовавшихся государств.

2000 г. — протяженность железнодорожной сети России составила 86 тыс. км, в нее вошло 17 дорог.

Скоро помимо основного перевозчика ОАО «РЖД» появятся так называемые операторские компании, которые будут владеть определенным числом вагонов и самостоятельно осуществлять перевозки с взиманием соответствующих платежей. Все это позволит привлечь внимание инвесторов к перевозочному процессу и повысить эффективность работы железных дорог. В этих условиях изучение управления эксплуатационной работой имеет особое значение.

1.2. Основные показатели эксплуатационной работы железных дорог

Эксплуатационную работу железных дорог принято оценивать количественными и качественными показателями. К наиболее важным количественным показателям относятся объем перевозок за определенный период, грузооборот, пассажирооборот и грузонапряженность, а к качественным — скорости движения поездов: ходовая, техническая участковая и маршрутная.

В качестве основного установлен показатель p — масса перевозок (отправления) грузов в тоннах, обычно за год, утверждаемый для сети железных дорог правительством. Грузооборот $\sum pl$ в тонно-километрах представляет собой сумму произведений масс перевезенных грузов на расстояние l . К числу важнейших показателей по пассажирским перевозкам относится количество перевезенных пассажиров A , обычно за год. Пассажирооборот $\sum Al$ в пассажиро-километрах — число перевезенных пассажиров на расстояние l .

Общий объем перевозок выражается в приведенных тонно-километрах:

$$\sum pl_{\text{пр}} = \sum pl + k \sum Al,$$

где k — коэффициент перевода пассажиро-километров в тонно-километры, $k = 2$.

Грузонапряженность железных дорог характеризуется средним количеством выполненных тонно-километров или приведенных тонно-километров, приходящихся на 1 км эксплуатационной длины $L_{\text{экс}}$:

$$\Gamma = \frac{\sum pl}{L_{\text{экс}}} \quad \text{или} \quad \Gamma_{\text{пр}} = \frac{\sum pl + \sum Al}{L_{\text{экс}}}.$$

Под эксплуатационной длиной понимают протяженность железнодорожных линий между станциями без учета второго главного, станционных и других путей.

Установлены также показатели использования вагонов и локомотивов. Важнейшим качественным показателем, отражающим работу всех основных служб железных дорог, подразделений и предприятий является оборот вагона — время от начала погрузки вагона до начала следующей его погрузки.

Основными экономическими показателями работы железных дорог является производительность труда, себестоимость перевозок, прибыль, рентабельность, фондоотдача.

Производительность труда определяется объемом выполненной продукции в приведенных тонно-километрах, пассажиро-километрах или тонно-километрах, приходящихся на одного работника эксплуатационного штата, а себестоимость перевозок — отношением эксплуатационных расходов по перевозке к объему выполненной продукции.

Производительность труда применительно к сети в целом и дорогам

$$\Pi_{\text{т}} = \frac{\sum pl_{\text{пр}}}{\text{Ч}_{\text{э}}},$$

где $\text{Ч}_{\text{э}}$ — численность эксплуатационного штата (число работников, занятых на перевозках).

Большое влияние на уровень производительности труда оказывает научно-технический прогресс на железнодорожном транспорте. Увеличению производительности и уменьшению

потребного штата способствует рост объема перевозок, совершенствование организации труда и заработной платы, повышение квалификации работников и совмещение профессий, распространение передовых методов труда.

Себестоимость перевозок определяется денежным выражением текущих затрат на выполнение единицы перевозок:

$$C = \frac{\sum \text{Э}}{\sum pl_{\text{пр}}},$$

где Э — эксплуатационные расходы на выполнение перевозки (заработная плата с отчислениями на социальное страхование, топливо и электроэнергия, материалы и запасные части, амортизационные отчисления, прочие затраты).

Важнейшими мерами по снижению себестоимости перевозок являются увеличение производительности труда, экономное расходование топлива и энергии, повышение степени использования технических средств.

Прибыль — показатель, в котором аккумулируются итоги всей хозяйственной деятельности железных дорог и предприятий транспорта. Он имеет особое значение в новых условиях и определяется по формуле

$$\Pi = \sum D - \sum \text{Э},$$

где Д — доход, т.е. средства, полученные дорогой, отделением или предприятием за произведенную и реализованную продукцию, работу и услуги (перевозка пассажиров, грузов, почты и багажа, работы, выполненные подсобными и промышленными предприятиями, и др.).

Прибыль будет тем больше, чем ниже себестоимость перевозок. Она является главной статьей дохода государственного бюджета и основным источником финансирования капитальных вложений в расширение действующих и создание новых предприятий, а также в жилищное, культурно-бытовое строительство и др. Часть прибыли идет на платежи в бюджет государства, в том числе за производственные фонды, взносы в банк за полученные кредиты, развитие производства, науки и техники, а оставшееся — на создание поощрительных фондов, для работников предприятия.

Вместе с тем важно знать не только абсолютную величину прибыли, но и сколько ее получено с каждого рубля стоимости производственных фондов, т.е. *рентабельность*. Показатель рентабельности выражается в процентах и определяется по формуле

$$p = \frac{\Pi}{\text{ОФ}_{\text{пл}} + \text{ОБС}_{\text{пл}}} \cdot 100,$$

где $\text{ОФ}_{\text{пл}}$ и $\text{ОБС}_{\text{пл}}$ — среднегодовая стоимость соответственно основных производственных фондов и оборотных средств в планируемом году.

К основным производственным фондам относятся производственные и служебные здания, сооружения (пути, линии электропередачи и др.), подвижной состав, приборы, механизмы, станки, оборудование.

Оборотные средства состоят из оборотных производственных фондов (материалы, сырье, топливо, запасные части) и фонда обращения (запасы готовой продукции на складе, товары, отгруженные, но не оплаченные получателем, материалы и топливо в пути, денежные средства на расчетном счете в Госбанке или кассе предприятия).

Уровень использования основных производственных фондов характеризуется также показателем *фондоотдачи*, который исчисляется в натуральном и стоимостном выражении:

$$\Phi_{\text{нат}} = \frac{\sum pl_{\text{пр}}}{\text{ОФ}_{\text{пл}}}; \quad \Phi_{\text{ст}} = \frac{\Pi}{\text{ОФ}_{\text{пл}}}.$$

Рассмотренные экономические показатели тесно связаны между собой: с увеличением производительности труда снижается себестоимость и возрастает прибыль, рентабельность перевозок и фондоотдача.

Улучшение показателей работы железных дорог достигается при увеличении скоростей движения поездов. Различают техническую, участковую и маршрутную скорости. *Технической*

называется средняя скорость движения поездов без учета стоянок на промежуточных станциях, *участковой* — средняя скорость движения поездов с учетом времени стоянок на промежуточных станциях, *маршрутной*—средняя скорость движения поездов от начального до конечного пункта их следования с учетом стоянок на всех станциях, включая участковые и сортировочные. Маршрутная скорость измеряется в км/сут и подсчитывается по различным видам перевозок, а также по отдельным грузам.

Пропускной способностью железнодорожной линии называются наибольшие размеры движения (в поездах или вагонах), которые могут быть выполнены на этой линии в течение определенного периода (суток или часа) в зависимости от имеющихся (стационарных) устройств, типа и мощности тяговых средств, рода вагонов и способа организации движения (типа графика).

Возможные размеры грузовых перевозок, которые могут быть выполнены на данной линии в течение года, выраженные в миллионах тонн груза, называются *провозной способностью* линии.

Основными элементами технических устройств, определяющими пропускную способность, являются:

- по перегонам — число главных путей, длина перегонов, профиль пути, устройства СЦБ, путевое развитие промежуточных раздельных пунктов, тип локомотива, род вагона, устройства электроснабжения;
- по станциям — приемо-отправочные пути и стрелочные горловины;
- по деповскому хозяйству — места для периодического осмотра и ремонта электровозов и тепловозов, устройства экипировки локомотивов и ходовые пути;
- по устройствам энергоснабжения — тяговые агрегаты, силовые трансформаторы тяговых подстанций и контактная сеть.

Наименьшая из пропускных способностей элементов определяет пропускную способность данной производственной единицы в целом. Наименьшая из пропускных способностей участка (по перегонам, станциям, деповскому хозяйству и устройствам электроснабжения) определяет пропускную способность всего комплекса технических устройств участка или линии и называется *результативной пропускной способностью*.

Внедрение устройств автоматики и телемеханики наряду с реконструкцией пути и подвижного состава является важным средством улучшения показателей железных дорог [8], табл. 1.1.

Таблица 1.1

Основные показатели эксплуатационной работы сети железных дорог России за 1997—2001 гг.

Показатели	1997 г.	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.
Эксплуатационная длина сети, тыс. км	86,7	86,2	86,0	86,1	85,8
Электрифицированные линии, тыс. км	39,7	39,8	40,3	41,0	41,6
Протяженность линий, обслуживаемых тепловозной тягой, тыс. км	47,0	46,4	45,7	45,1	44,2
Грузооборот, млрд т-км	1100,3	1019,5	1204,5	1373,2	1433,6
Отправление грузов, млн т	887,2	834,8	947,4	1046,8	1057,5
Средняя густота перевозок грузов, млн т-км/км	12,7	11,8	14,0	16,0	16,7
Пассажиروоборот, млрд пасс.-км	170,3	152,9	141,0*	167,1	157,9
Отправление пассажиров, млн чел.	1599,6	1471,3	1337,5*	1418,8	1305,9
Средняя густота перевозок пассажиров, млн пасс.-км/км	2,0	1,8	1,6*	1,9	1,8
Удельный вес электровозной тяги в освоении грузооборота, %	74,9	75,6	77,8	79,0	81,5
Удельный вес тепловозной тяги в освоении грузооборота, %	25,1	24,4	22,2	21,0	18,5
Средний простой вагона под одной грузовой операцией, ч**	24,46	40,22**	40,17	39,46	39,24

Показатели	1997 г.	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.
Средний простой вагона на одной технической станции, ч**	4,63	6,72**	6,34	6,03	6,02
То же с переработкой	9,85	15,23	15,33	15,08	15,14
То же без переработки	2,02	2,38	2,37	2,21	2,18
Участковая скорость движения грузовых поездов, км/ч	38,6	39,3	38,5	38,6	38,7
То же при электрической тяге	40,9	41,6	40,7	40,9	40,6
То же при тепловозной тяге	33,8	34,2	33,2	33,0	33,3
Техническая скорость движения грузовых поездов, км/ч	45,0	45,5	45,2	45,7	45,9
То же при электрической тяге	46,6	47,2	46,8	47,4	47,2
То же при тепловозной тяге	41,5	41,5	41,1	41,3	41,8
Средний вес брутто грузового поезда, т	3210	3295	3345	3380	3536
То же при электрической тяге	3348	3448	3484	3514	3682
То же при тепловозной тяге	2867	2897	2936	2960	3019
Участковая скорость движения пассажирских поездов (все виды тяги), км/ч:					
во всех сообщениях	46,4	47,3	47,6	48,1	48,3
в дальнем следовании	51,5	52,7	53,5	54,4	54,5
в пригородном сообщении	40,6	41,3	41,3	40,9	41,3
Расход электроэнергии на 10 000 т-км брутто, кВт-ч	134,4	131,5	126,6	124,5	124,3
Расход условного топлива на 10 000 т-км брутто, кВт-ч	65,4	64,9	63,8	64,2	66,5
Уровень охвата погрузки грузов маршрутами, %	39,0	39,5	37,9	35,3	32,0
Производительность труда, тыс. приведенных т-км на одного работника, занятого на эксплуатации	1328,0	1234,0	1411,0	1563,7	1726,6

* Изменен порядок оформления бесплатных пригородных билетов для железнодорожников.

** С 1 апреля 1998 г. отменен технологический резерв вагонов.

1.3. Основы сигнализации на железнодорожном транспорте

Конечным звеном в действии АБ или ПАБ, авторегулировки, ЭЦ или ДЦ, а также других средств, обеспечивающих регулирование и безопасность движения поездов, являются сигналы напольных и локомотивных светофоров. Именно они служат источником информации для машинистов локомотивов, указывают локомотивной бригаде на возможность трогания с места стоянки, направление и разрешенную скорость или требуют остановиться у закрытого светофора.

Знание светофорной сигнализации является обязательным условием подготовки специалиста в области систем железнодорожной автоматики. Ниже приводится необходимый минимум знаний в этой области. Более подробные сведения можно получить из источников [14], [50], [51].

1.3.1. Основные положения

Сигнал (лат. *signum* — знак) — условный видимый или звуковой знак, при помощи которого передается определенный приказ.

Необходимо иметь в виду, что в Правилах [33], Инструкции [14] и других нормативных источниках слово «сигнал» употребляется в двух значениях: как условный знак, передающий приказ, и как прибор (устройство), формирующий этот знак. Так сложилось исторически, и, тем не менее, во избежание путаницы не следует отождествлять термины «сигнал» и «светофор».

Сигналы на железнодорожном транспорте предназначены для обеспечения безопасности и четкой организации движения поездов и маневровой работы. По способу восприятия они

подразделяются [33], [14] на *видимые* (светофоры, диски, щиты, фонари, флаги, сигнальные указатели и сигнальные знаки) и *звуковые* (гудки локомотивов, ручные свистки, духовые рожки, сирены и петарды). Сигнал является приказом и подлежит безусловному выполнению с использованием всех возможных для этого средств [33].

Основными сигнальными устройствами являются *светофоры*. Показаниями светофоров управляют посредством систем железнодорожной автоматики — АБ, ПАБ, ЭЦ и др. Для сигнализации, связанной с движением поездов и маневровой работой, применяются следующие основные сигнальные цвета светофоров: *зеленый, желтый, красный, лунно-белый и синий*. Порядок применения сигнальных цветов и скорости проследования тех или иных сигнальных показаний светофоров устанавливаются Инструкцией [14], Инструкцией [12], а также Указаниями по применению светофорной сигнализации на железных дорогах (РУ-ЗО-80) [50] с дополнениями [51].

Сигнальные показания светофоров определяются принятой значностью системы сигнализации. На магистральных железных дорогах нашли применение двузначная, трехзначная и четырехзначная системы.

Двузначная сигнализация применяется на выходных светофорах при ПАБ. Подаются два сигнала (рис. 1.1):

- один зеленый огонь — «Разрешается поезду отправиться со станции и следовать с установленной скоростью; перегон до следующей станции (путевого поста) свободен»;
- один красный огонь — «Стой! Запрещается проезжать сигнал».

Для увеличения пропускной способности перегона при ПАБ устраивают блокпосты, которые оборудуют двузначными входными—выходными светофорами ЧБП и НБП.

Наибольшее распространение получила *трехзначная сигнализация*, используемая на сети дорог при АБ, когда основными являются три сигнала (рис. 1.2):

- один зеленый огонь — «Разрешается движение с установленной скоростью; впереди свободны два или более блок-участка»;
- один желтый огонь — «Разрешается движение с готовностью остановиться; следующий светофор закрыт»;
- один красный огонь — «Стой! Запрещается проезжать сигнал».

Рассмотрим движение по правильному пути перегона ИП. Если поезд находится на блок-участке 9П (позиция 1), то коды АЛС на станцию не поступают и отправить другой поезд на перегон нельзя. Аналогичная ситуация возникает при перегорании красного огня на светофоре 7 (позиция 2). При удалении поезда на блок-участок 7П (позиция 3) и исправном красном огне на светофоре 7 в рельсовую линию 9П и на станцию поступает код КЖ. Это позволяет отправить со станции следующий поезд по желтому огню на светофорах Н1, Н3, Н4 или Н5, поскольку впереди свободен один блок-участок. На светофоре Н2 с главного пути ИП в этой ситуации включаются два желтых огня. При нахождении поезда на блок-участке 5 (позиция 4) на светофоре 5 включается красный огонь, а на светофоре 7 — желтый. На станцию поступает код Ж, поэтому любой из выходных сигналов Н1, Н3, Н4 или Н5 может быть открыт на зеленый огонь — впереди свободны два блок-участка, следующий светофор 7 открыт. На светофоре Н2 в этой ситуации включаются два желтых огня, из которых верхний мигающий. Такая же сигнализация на выходных светофорах может быть включена при нахождении поезда на блок-участке 3П (позиция 5). При этом поезд приближается к предвходному светофору 1 с желтым огнем (позиция 6), что указывает на закрытое состояние входного светофора Н (позиция 7).

При отправлении на неправильный путь перегона ИП на выходных светофорах включаются один желтый мигающий и один лунно-белый огни — «Разрешается поезду отправиться со станции с уменьшенной скоростью не более 40 км/ч и далее следовать по показаниям локомотивного светофора». Отправление на неправильный путь допускается лишь при двух свободных блок-участках. В позициях 9—12 блок-участок за хвостом поезда не кодируется. Для приема поезда с неправильного пути на станции Б устанавливается дополнительный входной светофор НД.

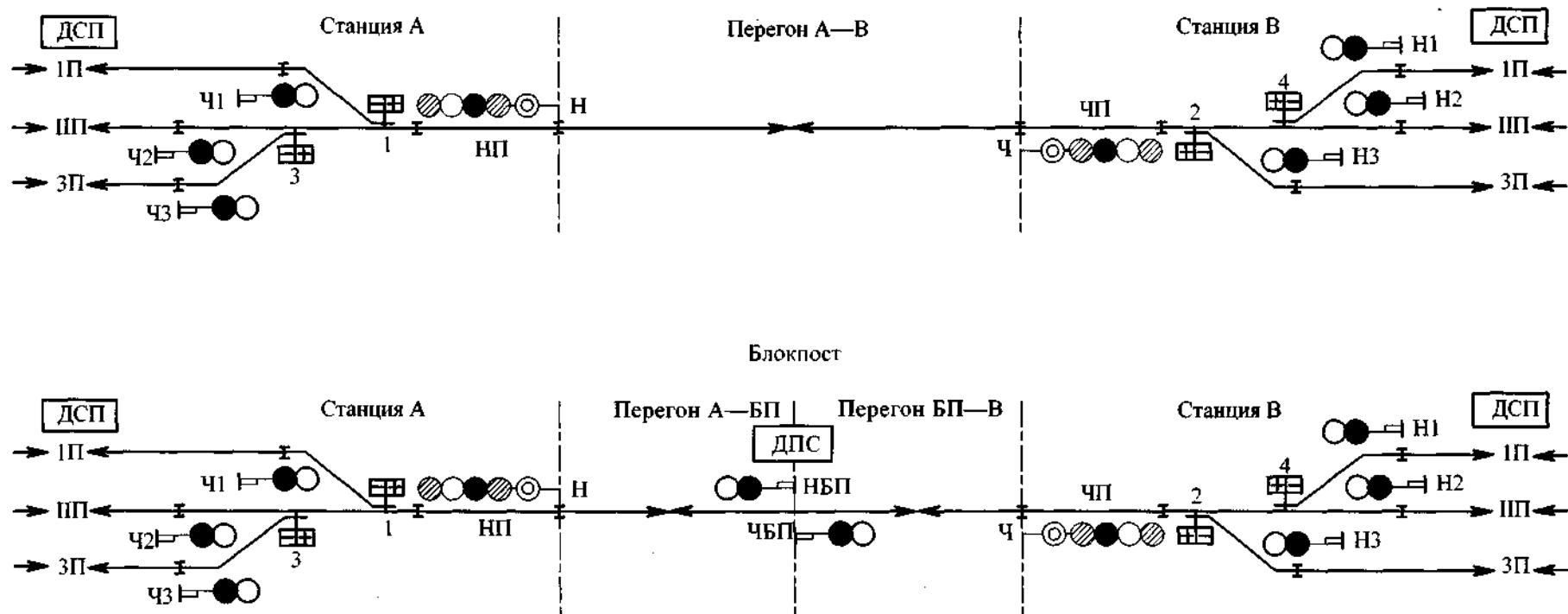


Рис. 1.1. Организация движения поездов при ПАБ

На пригородных участках железных дорог нашла применение *четырёхзначная сигнализация*, при которой в качестве основных применяются четыре следующих сигнала (рис. 1.3):

- один зелёный огонь — «Разрешается движение с установленной скоростью; впереди свободны три или более блок-участка»;
- один жёлтый и один зелёный огонь — «Разрешается движение; впереди свободны два блок-участка»;
- один жёлтый огонь — «Разрешается движение с готовностью остановиться; впереди свободен один блок-участок»;
- один красный огонь — «Стой! Запрещается проезжать сигнал».

Движение по неправильному пути аналогично трёхзначной сигнализации.

На станциях основные сигнальные показания входных, маршрутных и выходных светофоров дополняются показаниями, указывающими на необходимость снижения скорости при движении с отклонением по стрелочному переводу. Кроме того, стремятся передать машинисту информацию о возможной скорости проследования следующего светофора. Таким образом, каждое сигнальное показание светофора имеет *основное* и *предупредительное* значения. Для этой цели на светофорах устанавливаются две головки, каждая из которых имеет два-три линзовых комплекта, а при наличии стрелочных переводов с пологими марками крестовин (1/18 или 1/22) — одну или две зелёных полосы.

Светофоры подразделяются:

- по назначению — на входные, выходные, маршрутные, проходные, прикрытия, заградительные, предупредительные, повторительные, локомотивные, маневровые, горочные; при этом один светофор может совмещать несколько назначений: входной и выходной, выходной и маневровый, маршрутный и выходной и др.;
- по способу действия (автомат, полуавтомат);
- по регламенту проследования запрещающего показания (абсолютные, остановочно-разрешительные, условно-разрешительные);
- по конструктивному исполнению — на мачтовые и карликовые, а также устанавливаемые на мостиках и консолях;
- по устройству оптической системы — на линзовые, прожекторные и светодиодные.
- по способу подачи сигнальных показаний — нормально горящие (постоянно горящие, независимо от поездной ситуации) и нормально негорящие (включаются при вступлении подвижного состава на участок перед светофором и гаснут после выхода подвижного состава с этого участка), немигающие и мигающие (периодически загорающиеся на 1 с и гаснущие на 0,5 с).

1.3.2. Конструкция светофоров

В настоящее время для станций и перегонов проектируются системы железнодорожной автоматики только с линзовыми светофорами. Прожекторные светофоры сохраняются (до модернизации устройств) в основном при ПАБ как более экономичные на участках, не имеющих надежных источников электропитания. Изъятие из эксплуатации этих светофоров объясняется возможным возникновением опасного отказа — заклинивания (примерзания) рамки со светофильтрами поляризованного электромагнита сигнального механизма.

Известно около 100 видов конструктивного исполнения линзовых светофоров [41]. В качестве примера на рис. 1.4 приведен эскиз мачтового входного светофора, на рис. 1.5 — выходного светофора, а на рис. 1.6 и 1.7 — карликовых светофоров. Детальное изучение конструкций светофоров предполагается осуществить в период производственной практики.

Для каждого сигнального огня светофора предусмотрен отдельный линзовый комплект (рис. 1.8). В качестве источника света используются одонитевые (ЖС12-15, ЖС12-25) и двухнитевые (ЖС12-15+15, ЖС12-25+25) лампы накаливания с номинальным напряжением 12 В и мощностью 15 и 25 Вт (ЖС — железнодорожная сигнальная лампа). Ресурс (продолжительность непрерывного горения) основной нити составляет 1500—2000 ч, а резервной — 300 ч. При увеличении питающего напряжения выше номинального значения ресурс лампы

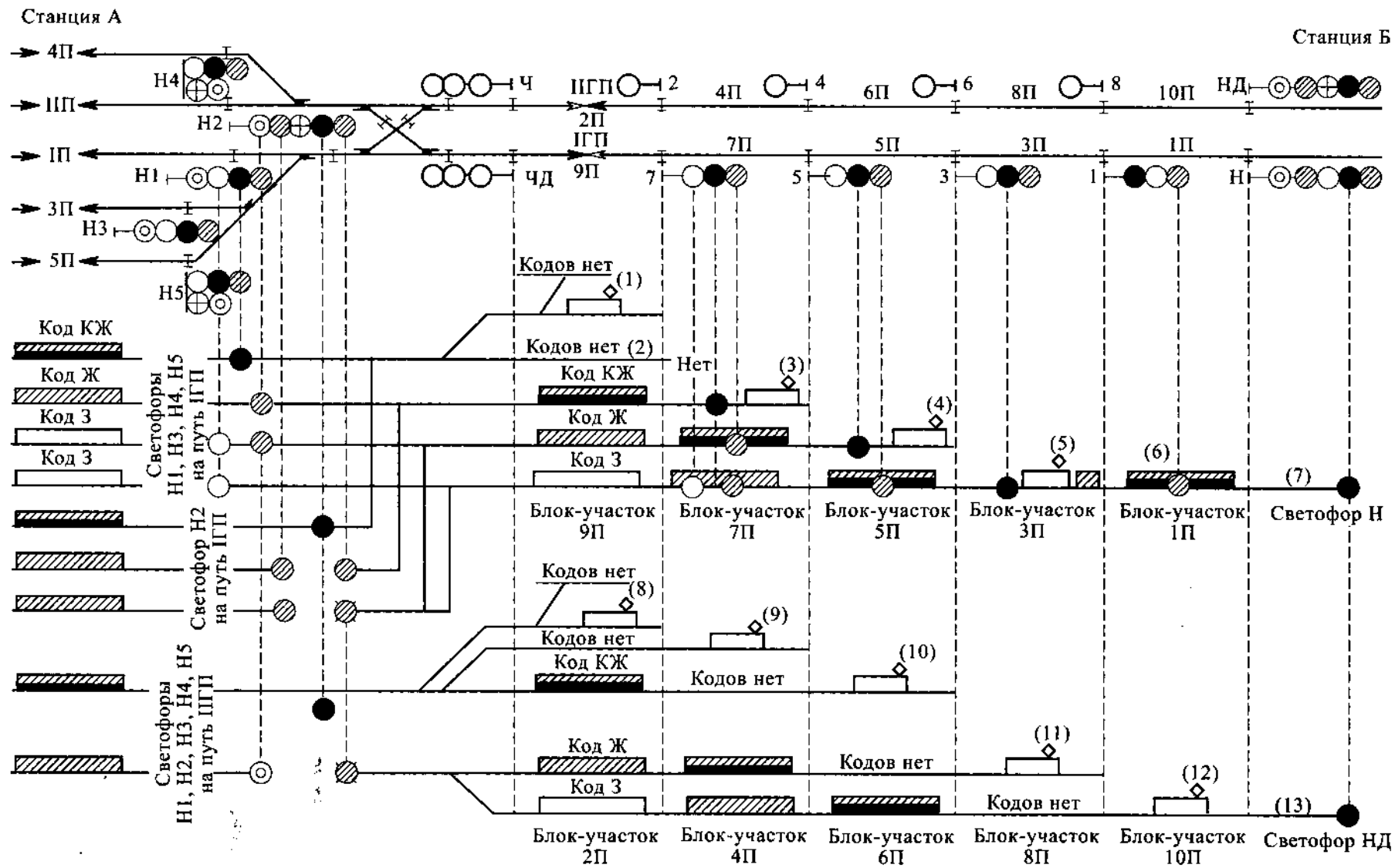


Рис. 1.3. Сигнализация выходных и проходных светофоров при четырехзначной АВ

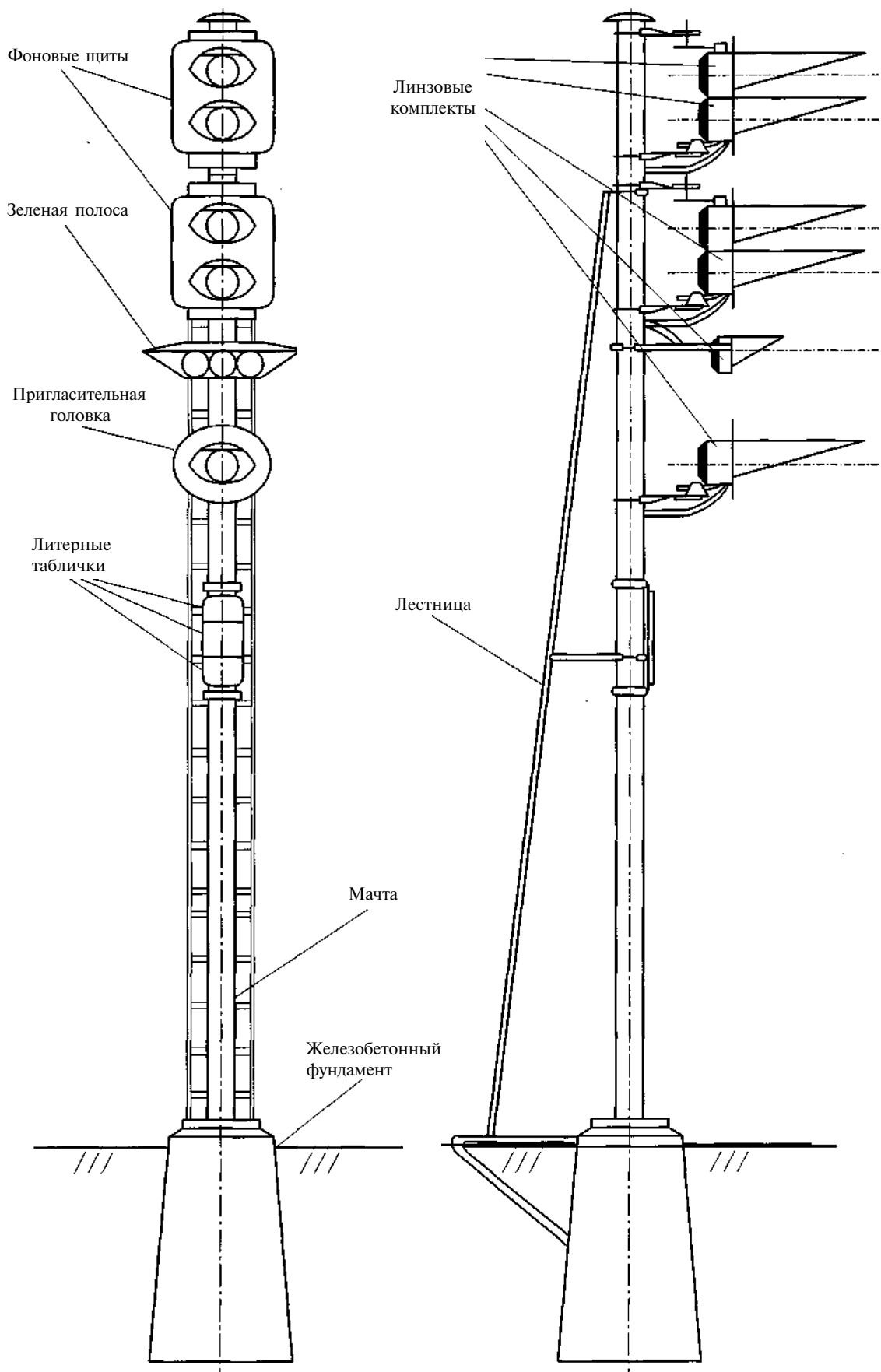


Рис. 1.4. Эскиз входного светофора на металлической мачте с наклонной лестницей

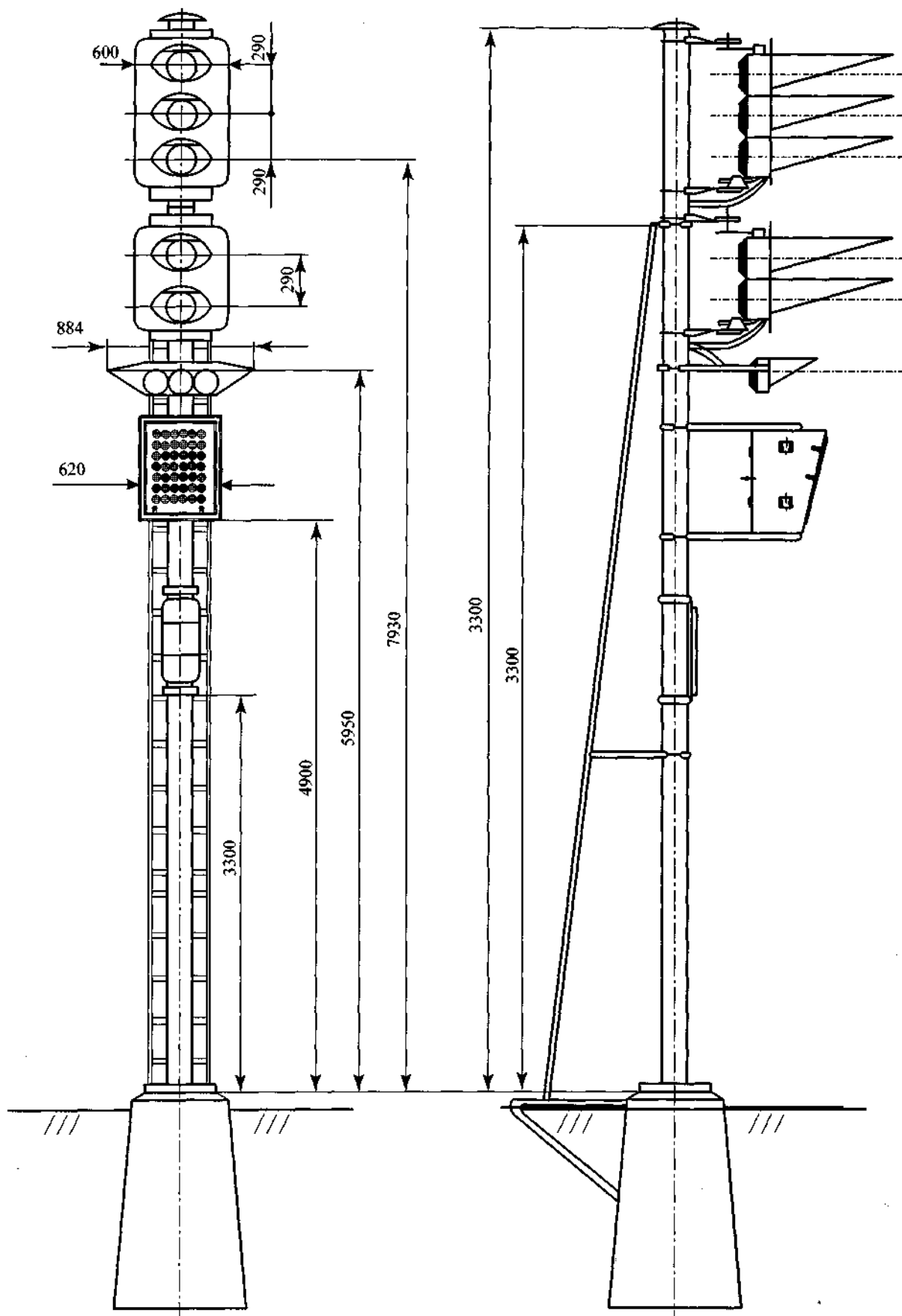


Рис. 1.5. Эскиз выходного светофора с зеленой полосой и маршрутным указателем

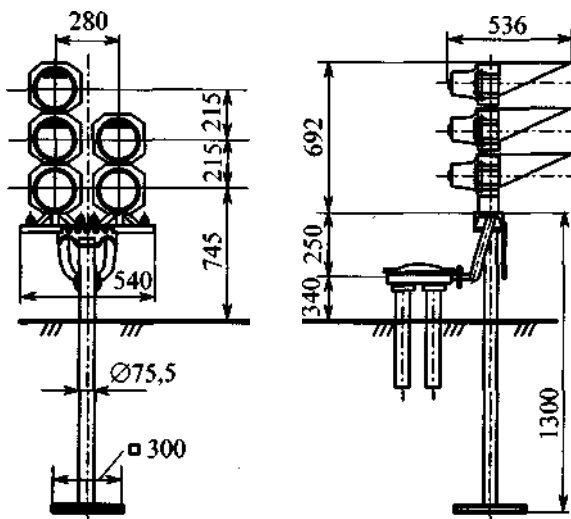


Рис. 1.6. Пятизначный карликовый светофор на металлическом фундаменте

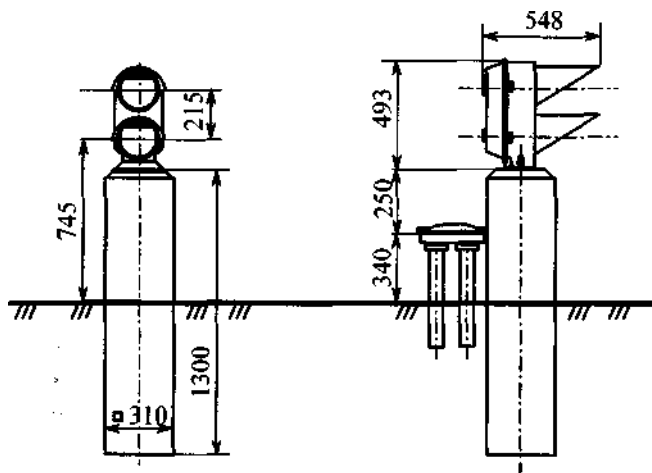


Рис. 1.7. Двухзначный карликовый светофор на железобетонном фундаменте

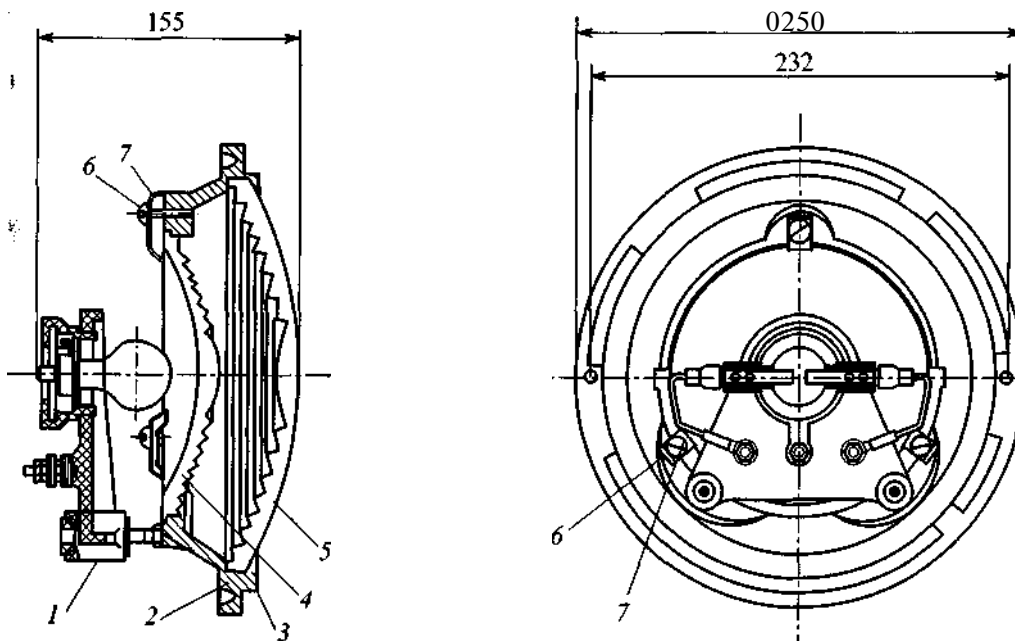


Рис. 1.8. Эскиз линзового комплекта

резко сокращается, поэтому, учитывая возможные колебания напряжения ($\pm 10\%$) в эксплуатационных условиях, рекомендуется поддерживать напряжение на ее зажимах 11,5 В. Из-за малого ресурса резервной нити недопустима длительная эксплуатация светофора с перегоревшей основной.

Лампа указанного типа устанавливается в ламподержатель 1, укрепленный в корпусе линзового комплекта 2. Сигнал формируется следующим образом: световой поток лампы проходит через оптическую систему, представляющую собой две линзы, жестко связанные с корпусом прижимным кольцом 3. Цветная линза 4 является светофильтром (красного, желтого, зеленого, белого или синего цвета) диаметром 139 мм, а бесцветная ступенчатая линза 5 диаметром 212 мм — рассеивателем света. В карликовых светофорах бесцветная ступенчатая линза применяется уменьшенного диаметра — 160 мм. Линза 5 плотно прижимается к корпусу 2 крепежными винтами 6 и удерживающими лапками 7. При изготовлении на заводе каждый линзовый комплект фокусируется.

1.3.3. Проходные светофоры

При АБ перегоны между станциями делят на блок-участки, на границах которых устанавливают проходные светофоры. Расстояние между смежными проходными светофорами при трехзначной сигнализации должно быть не менее тормозного пути, определенного при полном служебном торможении и максимальной реализуемой скорости, но не более 120 км/ч для пассажирских поездов и 80 км/ч для грузовых поездов. На участках, где видимость сигналов менее 400 м, а также на линиях, вновь оборудуемых АБ, указанное расстояние должно быть не менее 1000 м [33].

Линии с особо интенсивным движением, совокупное движение грузовых и пассажирских поездов на двухпутных участках более 100 пар и на однопутных участках — более 48 пар поездов в сутки, пригородных поездов, где требуется иметь блок-участки короче минимальной длины, установленной для трехзначной сигнализации, оборудуются АБ с четырехзначной сигнализацией.

Светофоры применяются, как правило, с нормально горящими сигнальными огнями. На линиях с АБ допускается применение нормально негорящих сигнальных огней на проходных светофорах, загорающихся при вступлении поезда на блок-участок перед ними.

При возникновении неисправности устройств АБ светофоры должны автоматически выдавать запрещающее показание, а предупредительные светофоры — показание, соответствующее запрещающему показанию связанных с ними основных светофоров.

На участках, оборудованных АБ, нормальным показанием проходных светофоров является разрешающее, а входных, маршрутных и выходных — запрещающее. На участках железных дорог, где входные, маршрутные и выходные светофоры могут переводиться на автоматическое действие для сквозного пропуска поездов по станции, разрешающее показание является нормальным при таком их переводе.

При АБ разрешением на занятие поездом блок-участка служит разрешающее показание выходного или проходного светофора (см. рис. 1.1 и 1.2).

Перед проходным светофором с красным огнем машинист обязан остановить поезд и отпустить автотормоза. Если за это время на светофоре не появится разрешающего огня, вести поезд до следующего светофора со скоростью не более 20 км/ч с особой бдительностью и готовностью немедленно остановиться при обнаружении препятствия. Как исключение, на проходных светофорах (кроме находящихся перед входными светофорами), расположенных на затяжных подъемах, допускается установка условно-разрешительного сигнала — щитка с отражательным знаком в виде буквы «Т». Наличие такого сигнала служит разрешением грузовому поезду на проследование красного огня светофора без остановки со скоростью не более 20 км/ч.

Как правило, системы АБ дополняются устройствами автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа (АЛСН). С этой целью рельсовые цепи блок-участков АБ кодируются кодами АЛСН: зеленого огня — 3, желтого огня — Ж и красно-желтого огня — КЖ. Прием этих кодов вызывает включение на локомотивном светофоре соответствующих сигнальных показаний (рис. 1.9). Если локомотивные устройства АЛСН включены, а коды

не поступают, то на локомотивном светофоре включается белый огонь. При проезде напольного светофора с красным огнем на локомотивном светофоре включается красный огонь. При наличии разрешающего огня на локомотивном светофоре проходные светофоры с погасшим огнем разрешается проследовать безостановочно, руководствуясь показанием локомотивного светофора.

№	Сигнальное показание	Условное обозначение	Основное значение при АЛСН	Предупредительное значение
1	Зеленый огонь		Разрешается движение; на путевом светофоре, к которому приближается поезд, горит зеленый огонь (один желтый мигающий, один зеленый мигающий или один желтый и один зеленый огни)	Разрешается движение с установленной скоростью, впереди свободны два и более блок-участков
2	Желтый огонь		Разрешается движение; на путевом светофоре, к которому приближается поезд, горит желтый огонь (два желтых огня; два желтых огня, из них верхний мигающий)	Разрешается движение с уменьшенной скоростью, впереди свободен один блок-участок
3	Желтый огонь с красным		Разрешается движение с готовностью остановиться; на путевом светофоре, к которому приближается поезд, горит красный огонь	Разрешается движение с готовностью остановиться на блок-участке; следующий блок-участок занят
4	Красный огонь		Поезд проехал путевой светофор с красным огнем	Поезд вступил на занятый блок-участок
5	Белый огонь		АЛСН не работает. Машинист должен руководствоваться только показаниями путевых светофоров	Локомотивные устройства включены, но сигналы с пути на локомотив не передаются

Рис. 19. Сигнальные показания локомотивных светофоров

1.3.4. Понятие о защитном участке

В настоящее время системы АБ и АЛСО проектируются с защитными участками.

Защитный участок — участок пути за хвостом поезда или перед закрытым входным светофором, в который кодовые сигналы АЛС не подаются.

Назначение защитного участка — обеспечение при проезде красного огня светофора АБ или границы блок-участка АЛСО по красно-желтому огню локомотивного светофора, остановку поезда автостопом на безопасном расстоянии от впереди стоящего поезда или закрытого входного светофора (рис. 1.10).

Длина защитного участка ($L_{з\text{у}}$) должна быть не менее длины тормозного пути автостопного торможения ($L_{\text{ат}}$) с момента появления на локомотивном светофоре красного огня для поезда, следующего со скоростью проследования светофора с желтым огнем и приближающегося к светофору с красным огнем $v_{\text{кж}}$ (60 км/ч).

Сумма длин защитного участка и предыдущего блок-участка ($L_{з\text{у}} + L_{\text{б\text{у}3}}$) должна быть не менее длины тормозного пути автостопного торможения ($L_{\text{атмак}}$) с момента появления на локомотивном светофоре красно-желтого огня для поезда, следующего с максимально реализуемой в данном месте скоростью ($v_{\text{мр}}$), но не более 120 км/ч для пассажирских поездов и 80 км/ч для грузовых.

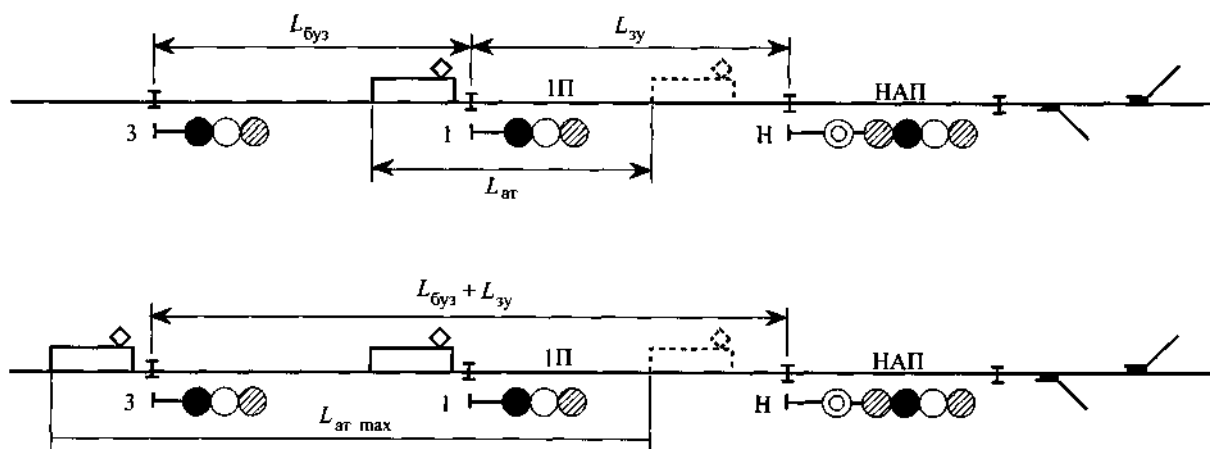


Рис. 1.10. Защитный участок

В системах АБ с защитными участками (рис. 1.11) длина защитного участка может быть равна длине блок-участка (вариант 1) или в качестве защитного участка выделяется специальная рельсовая цепь (вариант 2).

1.3.5. Сигнализация при движении по станциям и перегонам, оборудованным АЛСО

АЛСО предусматривается, как правило, на однопутных участках. В ней используется система локомотивной сигнализации числового кода с сигнальными показаниями на локомотивном светофоре в соответствии с [14]. Проходные светофоры при АЛСО не устанавливаются. Блок-участки отделяются друг от друга сигнальными знаками «Граница блок-участка» (рис. 1.12).

Минимальное расстояние между сигнальными знаками «Граница блок-участка» ($L_{обу}$) одного направления (рис. 1.13) должно быть не менее тормозного пути ($L_{ст}$), определенного для данного места при служебном торможении со скорости 50 км/ч, установленной для желтого показания локомотивного светофора, до полной остановки для пассажирского и грузового поездов с учетом расстояния, проходимого поездом за время смены показания локомотивного светофора с желтого на красно-желтое и восприятия сигнала машинистом (9 с).

На перегонах перед блок-участком, занятым поездом, предусматривается защитный блок-участок. Коды в его рельсовую цепь не подаются. Длина защитного участка определяется по рис. 1.10.

Перед входным светофором с запрещающим сигнальным показанием защитный участок не предусматривается. При этом длина предвходного блок-участка ($L_{пгбу}$) должна быть не менее тормозного пути при полном служебном торможении и максимальной реализуемой скорости ($L_{ст max}$), но не более 120 км/ч для пассажирских поездов и 80 км/ч для грузовых. Кроме того, $L_{пгбу}$ должна быть не менее тормозного пути при экстренном торможении с учетом пути, проходимого поездом за время, необходимое для воздействия устройств АЛС и автостопа на тормозную систему поезда.

Перед блок-участком, кодируемым кодом КЖ, код Ж, как правило, подается в рельсовые цепи двух блок-участков. Длина блок-участков, в которые подаются коды Ж, должна быть не менее тормозного пути при служебном торможении, определенного в данном месте, для снижения с установленной скорости до 50 км/ч с учетом пути, проходимого поездом за время смены показаний (9 с).

На станциях, к которым примыкают перегоны, оборудованные АЛСО, входные светофоры имеют обычные показания. На выходных светофорах также сохраняются основные значения разрешающих показаний (рис. 1.14), которые дополняются показанием — один лунно-белый

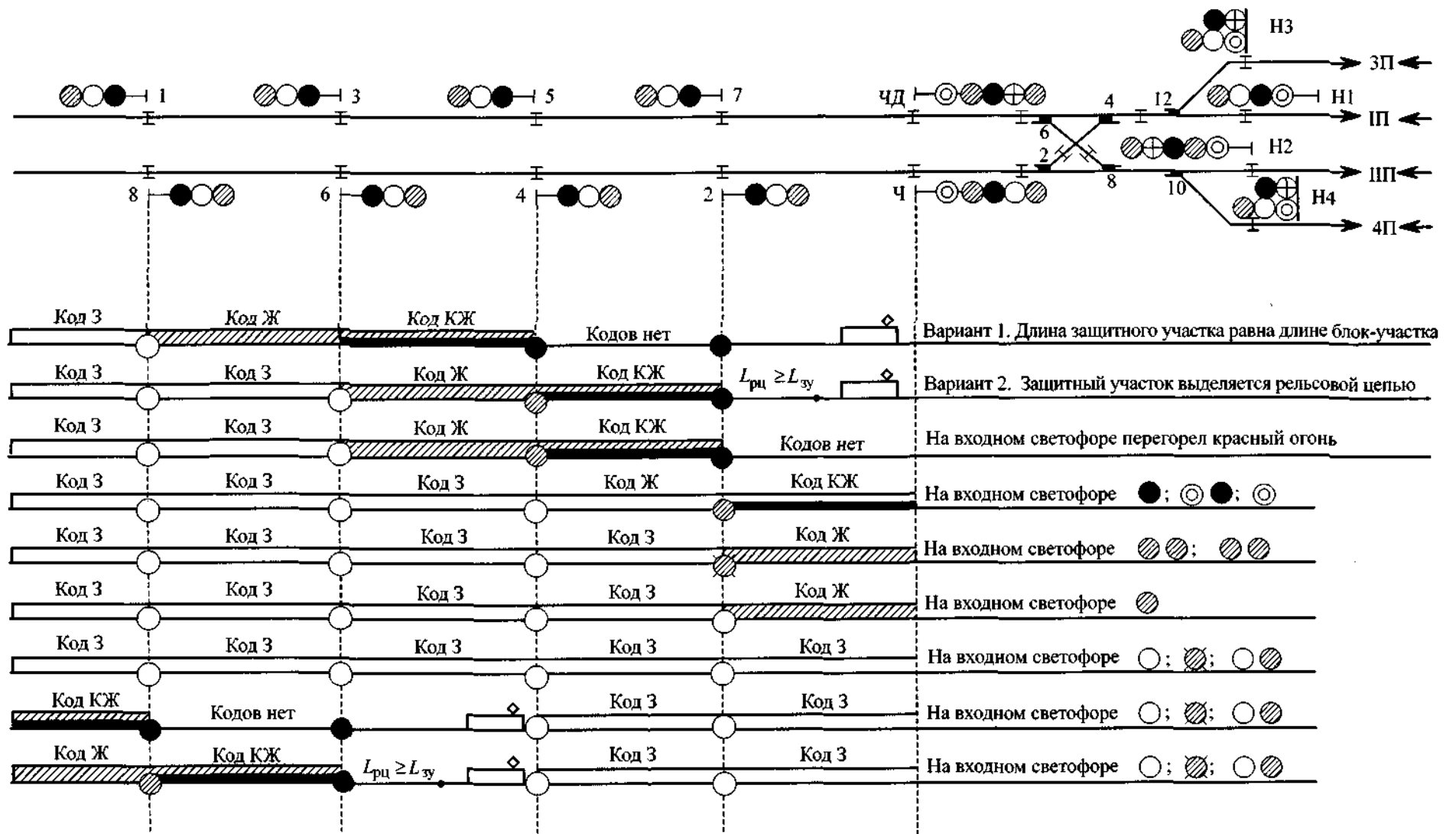


Рис. 1.11. Сигнализация с системах автоблокировки с защитными участками

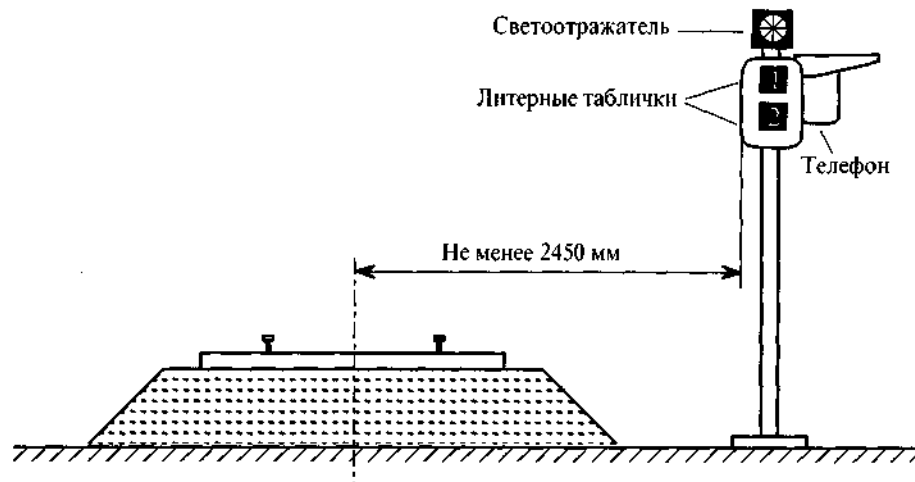


Рис. 1.12. Эскиз сигнального знака «Граница блок-участка» при АЛСО

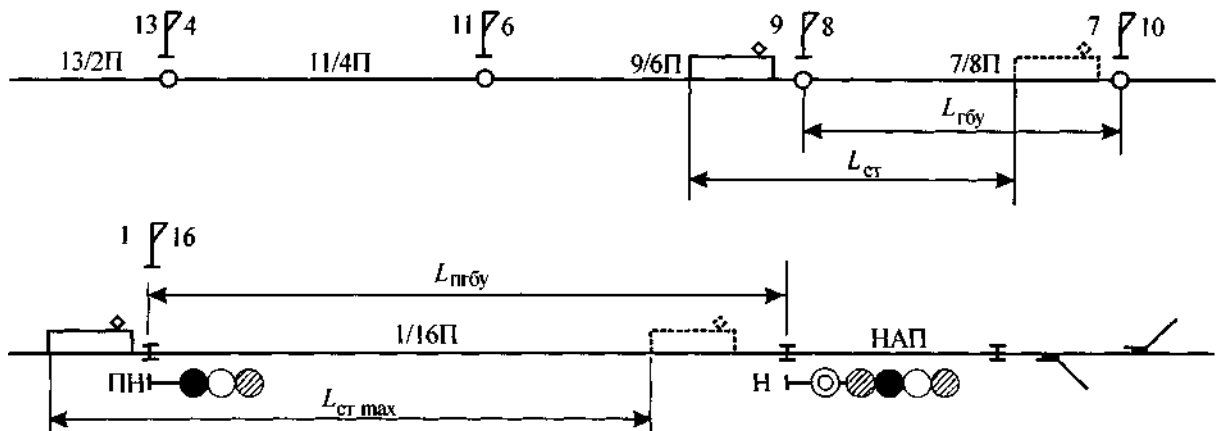


Рис. 1.13. Расстановка сигнальных знаков АЛСО «Граница блок-участка»

огонь (непрерывно горящий). При этом путевыми устройствами АЛСН оборудуются все прямо-отправочные пути, стрелочные и путевые участки, входящие в маршруты отправления на АЛСО [27].

Необходимость установки в системе АЛСО предупредительного светофора к входному светофору определяется начальником железной дороги исходя из местных условий. Такой светофор устанавливается в начале предвходного блок-участка (см. рис. 1.13, светофор ПН).

1.3.6. Сигнальные показания предвходного светофора

На участках, оборудованных АБ с трехзначной или четырехзначной сигнализацией, на проходных светофорах, расположенных перед входными светофорами станций, кроме обычных сигналов для проходных светофоров, используются дополнительные сигнальные показания (рис. 1.15):

- один желтый мигающий огонь — «Разрешается движение с установленной скоростью; входной светофор открыт и требует проследования его с уменьшенной скоростью; поезд принимается на боковой путь станции с отклонением по стрелке с маркой крестовины 1/9 или 1/11»;
- один зеленый мигающий огонь — «Разрешается движение с установленной скоростью; входной светофор открыт и требует проследования его со скоростью не более 80 км/ч или со скоростью до 120 км/ч; поезд принимается на боковой путь станции с отклонением по стрелке с маркой крестовины 1/18 или 1/22».

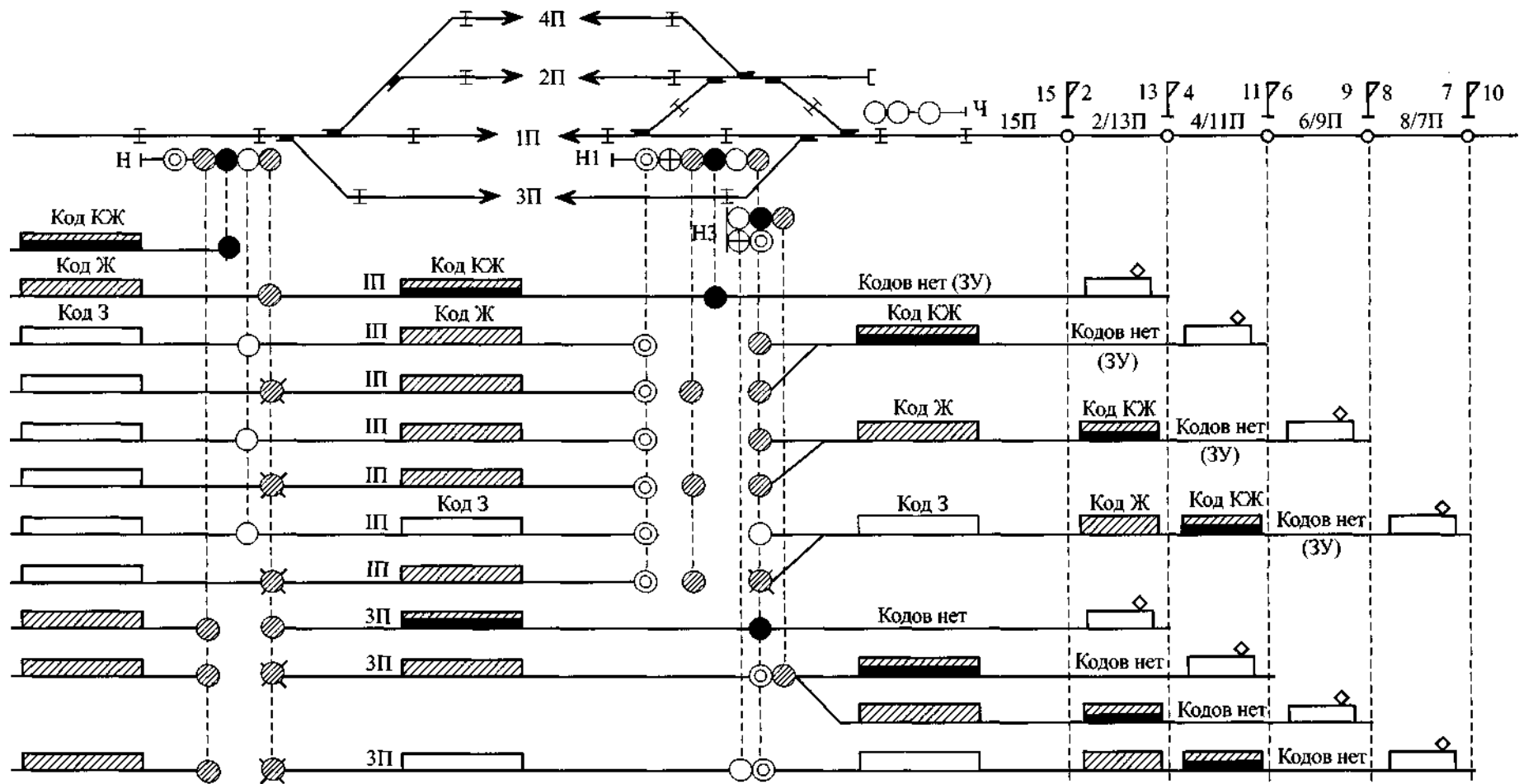


Рис. 1.14. Сигнализация выходных светофоров при отправлении на перегон, оборудованный АЛСО

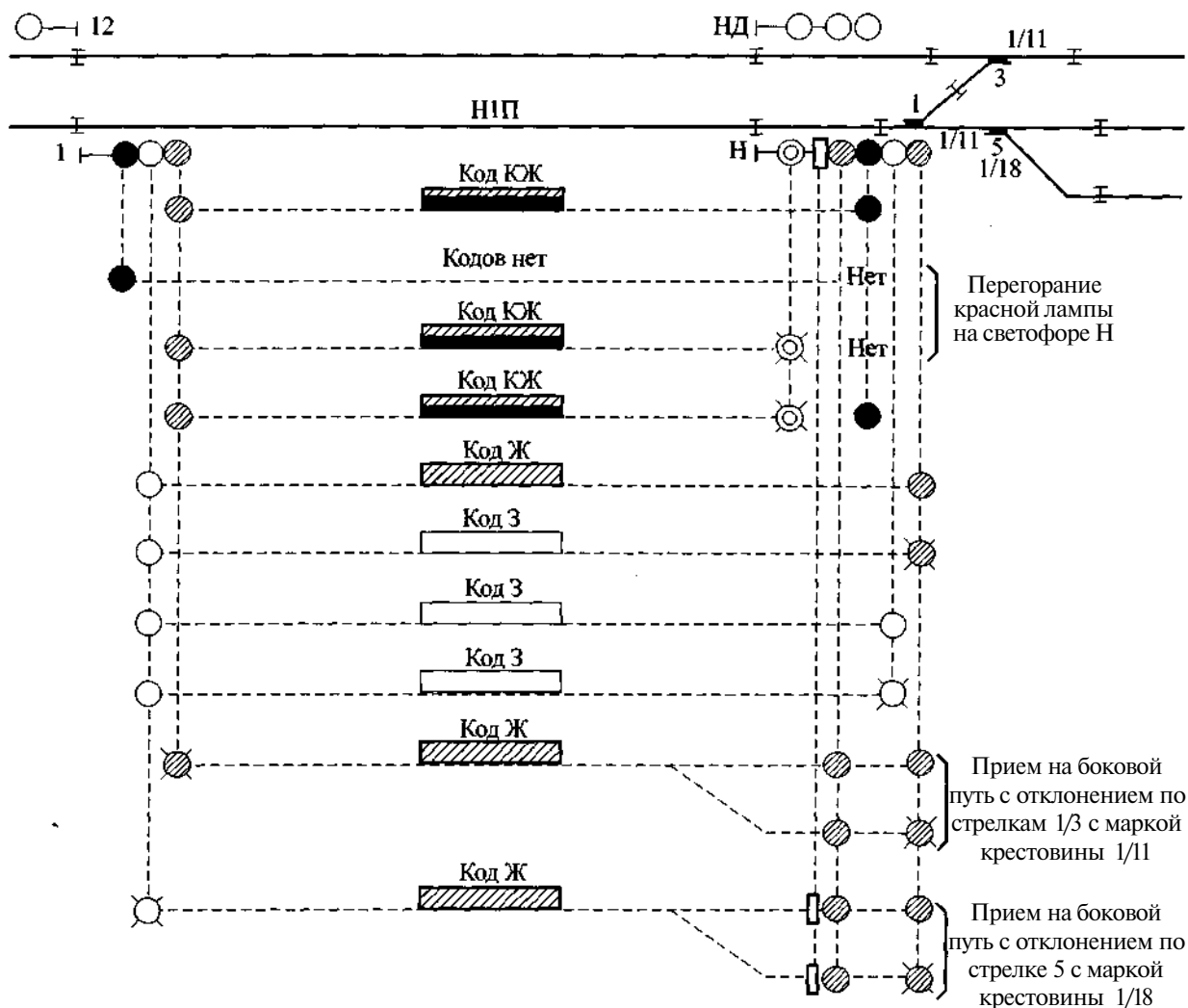


Рис. 1.15. Сигнальные показания предвходного светофора 1 и коды в рельсовой цепи Н1П в зависимости от сигнальных показаний входного светофора

Коды АЛСН подаются из релейного шкафа входного светофора в соответствии с рис. 1.15. Если на этом светофоре красный огонь, то в рельсовую цепь блок-участка Н1П поступает код КЖ. При неисправности лампы красного огня подача кода КЖ прекращается, происходит перенос красного огня на предвходной светофор 1. Возобновление кодирования блок-участка Н1П кодом КЖ возможно при открытии на светофоре Н пригласительного сигнала. Код Ж посылается в рельсовую линию Н1П при свободности одного станционного блок-участка (между входным и маршрутным или выходным светофорами), а также при движении с отклонением по стрелочному переводу с любой маркой крестовины. При следовании поезда на станцию без отклонения по стрелочному переводу и свободности двух станционных блок-участков в рельсовую цепь Н1П подается код З.

1.3.7. Входные светофоры

С точки зрения обеспечения безопасности движения поездов входные светофоры являются наиболее ответственными сигнальными устройствами, так как при отсутствии заданных маршрутов они ограждают станцию со стороны перегонов, препятствуя несанкционированному въезду на нее подвижного состава.

Входные светофоры *основные* (с правильного пути двухпутного участка) и *дополнительные* (с неправильного пути) применяются на сети дорог и проектируются, как правило, линзовыми и мачтовыми. Допускается устанавливать входной светофор карликового типа с неправильного пути при временных устройствах, включаемых на период производства ремонтных и восстано-

вительных работ. Как исключение, с разрешения начальника железной дороги, входной светофор карликового типа с неправильного пути может сохраняться в действующих устройствах до реконструкции АБ.

Входные светофоры на участках с автономной тягой должны быть установлены на расстоянии не ближе 50 м от остряка первого противошерстного стрелочного перевода или предельного столбика первого пошерстного стрелочного перевода, если по условиям производства маневровой работы не требуется выделять участок пути большей длины.

Входные светофоры на электрифицированных участках должны устанавливаться перед воздушными промежутками (нейтральными вставками) не ближе 10 м от анкерной опоры в сторону перегона, на которой заканчивается контактная подвеска станции. В стесненных условиях, по согласованию со службой электроснабжения железной дороги, входной светофор может устанавливаться ближе к станции, но таким образом, чтобы токоприемник остановившегося перед входным светофором локомотива, не перекрыл контактные провода перегонной и станционной ветвей подвески. При отсутствии проектов энергоснабжения на участках, подлежащих в ближайшие пять лет переводу на электрическую тягу, входные светофоры могут устанавливаться на расстоянии не менее 300 м от первого стрелочного перевода.

Входные мачтовые светофоры устанавливаются в соответствии с требованиями габарита приближения строений «С» от оси пути на расстоянии не менее 3100 мм, при установке входных светофоров в междупутье разрешается уменьшить это расстояние до 2450 мм.

Входным светофорам присваиваются литеры Н или Ч в зависимости от направления движения, а на узловых станциях литеры дополняются буквой ближайшей участковой станции (НК, ЧР).

На станциях однопутных линий, оборудованных АБ, а также двухпутных линий, оборудованных АБ для двустороннего движения, на мачте входного светофора со стороны станции может устанавливаться головка светофора, сигнализирующая лунно-белым огнем, разрешающим выход маневрового состава за границу станции при установленном направлении движения на перегон. На станциях двухпутных линий такой сигнал может предусматриваться только на входном светофоре с неправильного пути.

Допускается установка светофорной головки с лунно-белым огнем в нижней части мачты входного светофора для приема маневровым порядком подталкивающих локомотивов, следующих в депо или из него под составы. В маневровом маршруте при белом огне красный огонь входного светофора не выключается.

В линзовых комплектах входных светофоров (кроме пригласительного комплекта) используются двухнитевые лампы накаливания (ЖС12-25+25) с номинальным напряжением 12 В и мощностью 25 Вт. В схемах включения ламп должен осуществляться непрерывный контроль исправности основной и резервной нити красного огня. При перегорании обеих нитей лампы красного огня при АБ должен предусматриваться автоматический перенос красного огня на предвходной светофор. Для обеспечения безопасности движения поездов в современных проектах ЭЦ электропитание ламп красных огней имеет двойное резервирование.

В многозначном показании входного светофора при перегорании основной нити разрешающей лампы на резервные нити должны переключаться одновременно все горящие лампы светофора.

При неисправности устройств СЦБ для приема поездов применяется пригласительный сигнал — мигающий лунно-белый огонь. На входных светофорах для пригласительного сигнала используется отдельная светофорная головка, благодаря чему входные светофоры имеют уникальный абрис (силуэт), отличающийся от всех других, и при перегорании красного огня входного светофора таким образом дают машинисту дополнительное предупреждение о приближении к станции—впереди стрелки и приемо-отправочные пути, (возможно) занятые подвижным составом. Неисправный входной светофор является сигналом остановки.

При включении на входном светофоре пригласительного сигнала при свободном блок-участке приближения на предвходном светофоре должен гореть желтый огонь.

Сигнальные показания основных входных светофоров приведены на рис. 1.16.










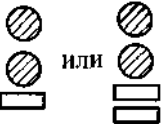
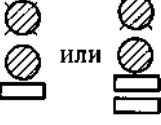


№	Сигнальное показание	Условное обозначение	Основное значение	Предупредительное значение
1	Зеленый огонь		Прием на главный путь станции Движение с максимальной установленной скоростью	Следующий по ходу движения светофор (маршрутный или выходной) открыт
2	Желтый огонь		Прием на главный путь станции Движение с готовностью остановиться	Следующий по ходу движения светофор закрыт
3	Красный огонь		Стой! Запрещается проезжать сигнал	Нет. Сигнальное показание имеет абсолютное значение
4	Один желтый и один зеленый огни		Прием на главный путь при четырехзначной сигнализации	На следующем светофоре желтый или желтый мигающий огонь
5	Лунно-белый мигающий огонь		Прием по пригласительному сигналу. Движение со скоростью не более 20 км/ч и готовностью остановиться	Особая бдительность машиниста: устройства СЦБ неисправны
6	Один желтый мигающий огонь		Прием на станцию по главному пути с установленной скоростью	Следующий светофор открыт с отклонением по крутой стрелке (крестовина 1/9 или 1/11)
7	Зеленый мигающий огонь		Прием на станцию по главному пути с установленной скоростью	Следующий светофор открыт с отклонением по пологой стрелке (крестовина 1/18 или 1/22)
8	Два желтых огня		Прием на боковой путь станции по крутой стрелке (крестовина 1/9 или 1/11) со скоростью не более 50 км/ч	Следующий по ходу движения светофор закрыт
9	Два желтых огня, из них верхний мигающий		Прием на боковой путь станции по крутой стрелке (крестовина 1/9 или 1/11) со скоростью не более 50 км/ч	Следующий светофор открыт с отклонением по крутой стрелке (крестовина 1/9 или 1/11)
10	Два желтых огня и одна или две зеленые полосы		Прием на боковой путь станции по пологой стрелке (крестовина 1/9, 18 или 1/22) со скоростью не более 60 км/ч	Следующий по ходу движения светофор закрыт
11	Два желтых огня, из них верхний мигающий, и одна или две зеленые полосы		Прием на боковой путь станции по пологой стрелке (крестовина 1/9, 18 или 1/22) со скоростью не более 80 или 120 км/ч	Следующий светофор открыт с отклонением по крутой стрелке (крестовина 1/9 или 1/11)
12	Один зеленый мигающий и один желтый огни, одна или две зеленые полосы		Прием на боковой путь станции по пологой стрелке (крестовина 1/9, 18 или 1/22) со скоростью не более 80 или 120 км/ч	Следующий светофор открыт с отклонением по пологой стрелке (крестовина 1/18 или 1/22)
13	Три желтых огня		Прием моторвагонного поезда, одиночного локомотива или дрезины на свободный участок пути до маршрутного светофора со скоростью не более 20 км/ч	Маршрутный светофор закрыт

Рис. 1.16. Сигнальные показания входных светофоров

1.3.8. Сигнальные показания светофоров при приеме двух моторвагонных поездов на один путь

Эта ситуация актуальна для зонных станций пригородного движения, а также для станций, с которых грузовые поезда отправляются с подталкивающим локомотивом на часть перегона, впоследствии возвращающимся назад.

На рис. 1.17 путь ИП предназначен для приема двух моторвагонных поездов на участки пути IАП и IБП, разделенные маршрутным светофором НМ1А. При этом расстояние между светофорами НМ1А и Н1 менее требуемой длины тормозного пути для обычных грузовых поездов. Суммарная длина участков IАП и IБП составляет стандартную полезную длину приемо-отправочного пути, а расстояние между светофорами Н и Н1 не менее требуемой длины тормозного пути. Это обстоятельство позволяет принимать на составной путь ИП грузовые поезда. Таким образом, по пути ИП в нечетном направлении могут быть организованы следующие передвижения: прием моторвагонного поезда до маршрутного светофора НМ1А, прием поездов любых категорий до выходного светофора Н1, сквозной пропуск поездов по светофорам НМ1А и Н1.

Если участок пути IАП свободен, а IБП занят, то на светофоре НМ1А, ограждающем этот участок, горит красный огонь. Моторвагонный поезд принимается на свободный участок пути IАП по светофору Н, на котором включаются три желтых огня — «Разрешается моторвагонному поезду, одиночному локомотиву, мотовозу, дрезине следовать на свободный участок пути с особой осторожностью и со скоростью не более 20 км/ч до маршрутного светофора с красным огнем». На предвходном светофоре 1 горит желтый огонь.

Если участки пути IАП и IБП свободны, то на светофоре НМ1А горит синий огонь. Моторвагонный поезд или грузовой поезд принимаются по светофору Н до выходного светофора Н1 по аналогии с трехзначной сигнализацией: на входном светофоре Н горит один желтый огонь, а на выходном Н1 — красный. Синий огонь светофора НМ1А для маршрута приема сигнального значения не имеет и используется только при маневровой работе.

При пропуске поездов любых категорий по пути ИП, состоящего из двух свободных участков IАП и IБП, открываются светофоры Н, НМ1А и Н1. Сигнальные показания этих светофоров аналогичны сигналам при четырехзначной сигнализации (см. рис. 1.3).

1.3.9. Выходные и маршрутные светофоры

Выходные и маршрутные светофоры устанавливаются с правой стороны по направлению движения поездов или над осью ограждаемого ими пути. С главных путей, а также боковых, по которым осуществляется безостановочный пропуск поездов, и боковых с высокими пассажирскими платформами устанавливаются мачтовые светофоры. В других случаях применяются карликовые. Если с пути отправления пассажирского поезда сигналы выходного (маршрутного) светофоров недостаточно видны, то устанавливаются повторительные светофоры. Все станционные светофоры должны устанавливаться так, чтобы подаваемые ими сигналы нельзя было принять с поезда за сигналы, относящиеся к смежным путям.

На станциях двухпутных линий маршрутные и выходные светофоры с главных путей для движения в неправильном направлении могут предусматриваться карликового типа.

К установке выходных и маршрутных мачтовых светофоров предъявляются такие же требования, как и к входным (см. п. 1.3.7). Карликовые светофоры устанавливаются на расстоянии не менее 1920 мм от оси пути.

При отсутствии габарита для установки мачтовых выходных и маршрутных светофоров и невозможности отрихтовать пути для обеспечения требуемого междупутья или установить типовую конструкцию светофорного мостика либо консоли, с разрешения начальника железной дороги допускается применение указанных светофоров карликового типа [27]. В этих случаях при безостановочном пропуске поездов маршрут по выходным (маршрутным) светофорам должен замыкаться за два блок-участка.

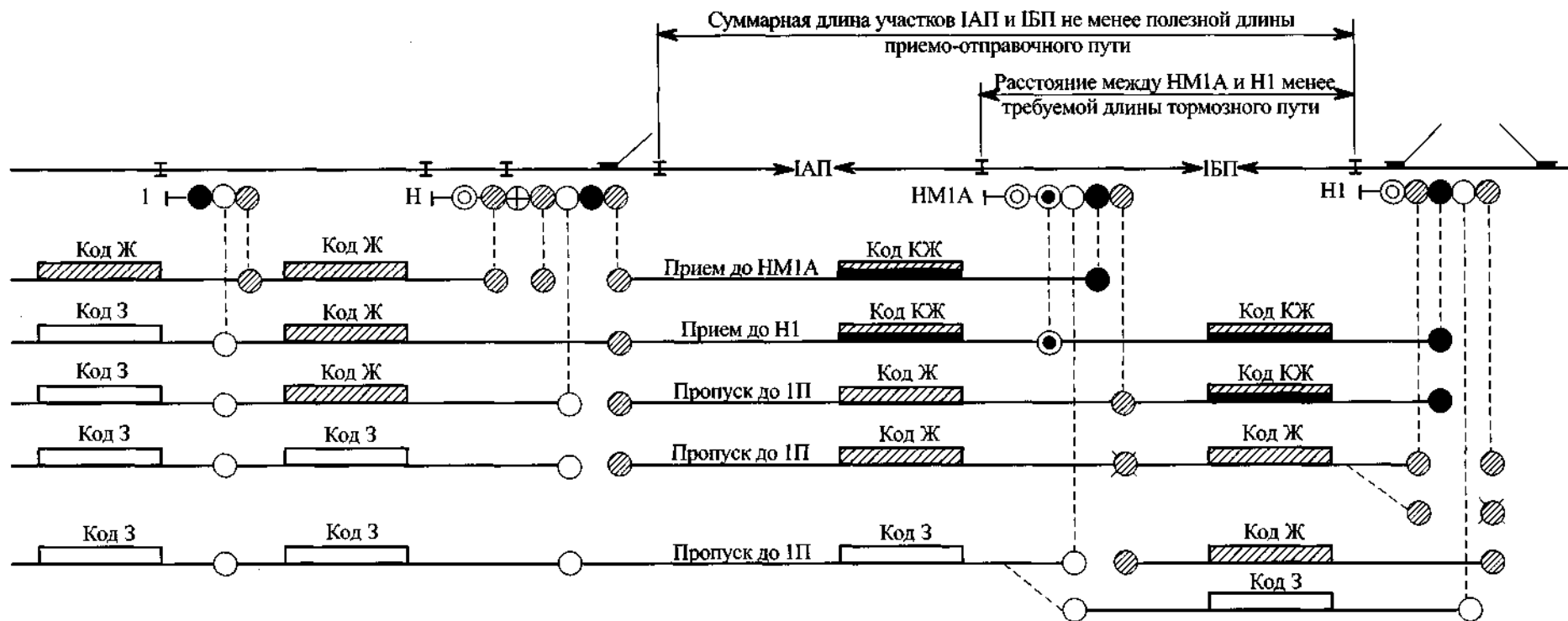


Рис. 1.17. Сигнализация светофоров при наличии приема двух моторвагонных поездов на один путь

Выходные и маршрутные светофоры должны устанавливаться с учетом максимального использования длины приемо-отправочного пути.

Допускается установка групповых выходных и маршрутных светофоров на группу путей. Такие светофоры должны дополняться маршрутными указателями, показывающими номер пути, с которого разрешается отправление поезда, или повторительными светофорами, устанавливаемыми на путях отправления.

При отправлении поездов с путей, не имеющих достаточной длины, когда голова поезда находится за выходным светофором, разрешается на обратной стороне этого светофора устанавливать однозначную повторительную головку. Такие сигналы устанавливаются для каждой отдельной станции с разрешения начальника железной дороги. При АБ отправление поездов по сигналу повторительной головки производится, как правило, при свободности двух блок-участков.

Пригласительные сигналы применяются на маршрутных светофорах, а также выходных светофорах станций двухпутных линий, оборудованных АБ или АЛСО, независимо от возможности отправления по этим светофорам на однопутный перегон, неправильный путь двухпутной линии или перегон, оборудованный ПАБ. Не допускается установка пригласительного сигнала на групповых выходных (маршрутных) светофорах.

На выходных и маршрутных светофорах один и тот же белый огонь может использоваться для подачи пригласительного и маневрового сигналов.

Станционным светофорам присваиваются литеры Н или Ч в зависимости от направления движения, причем на выходных светофорах дополнительно арабской цифрой указывается номер пути, к которому относится светофор (Н1, Ч2, Ч5А). Маршрутным светофорам к литере Н (Ч) добавляется литера М (НМ1, ЧМ7). Выходные светофоры, которые являются одновременно и маршрутными, обозначаются как выходные или маршрутные.

Сигнальные показания выходных и маршрутных светофоров приведены на рис. 1.18.

1.3.10. Сигнализация при двустороннем движении поездов на двухпутных участках

На двухпутных участках, оборудованных АБ, где движение по показаниям ее светофоров осуществляется в одном направлении, может предусматриваться установка устройств, позволяющих в противоположном направлении (по неправильному пути) обеспечивать движение по сигналам локомотивных светофоров. Эти устройства в зависимости от применяемых технических решений действуют постоянно или включаются на период производства ремонтных, строительных и восстановительных работ. В настоящее время используются два вида устройств:

- временные устройства, включаемые на период производства ремонтных, строительных и восстановительных работ при закрытии движения по одному из путей;
- постоянно действующие устройства, позволяющие осуществить двустороннее движение по обоим путям и использующиеся не только на период капитального ремонта, но и для регулировки движения.

Границами блок-участков в неправильном направлении движения служат светофоры АБ, установленные для правильного направления движения. При установке маршрута отправления по неправильному пути в постоянно действующих устройствах обязательно применение сигнализации на выходных светофорах — один желтый мигающий и один лунно-белый огни — «Разрешается поезду отправиться со станции с уменьшенной скоростью не более 40 км/ч и далее следовать по неправильному пути по показаниям локомотивного светофора». При временных устройствах допускается отправление по неправильному пути по сигналам, принятым для отправления по правильному пути.

Как в системе движения по неправильному пути постоянного действия, так и при временных устройствах каждый блок-участок, занятый поездом, или закрытый входной светофор с неправильного пути могут ограждаться защитным участком. Во вновь проектируемых участках АБ устройство защитных участков обязательно (см. п. 1.3.4).

Входной светофор с неправильного пути (рис. 1.19, светофор НД) должен быть мачтовым и иметь сигнализацию, аналогичную со светофором по правильному пути (это не в полной мере

№	Сигнальное показание	Условное обозначение	Основное значение	Предупредительное значение
1	Зеленый огонь		Отправление с главного пути станции без отклонения по стрелкам или с бокового пути	Впереди свободно два (три — при четырехзначной сигнализации) или более блок-участка
2	Желтый огонь		Отправление с главного пути станции без отклонения по стрелкам или с бокового пути	Впереди свободен один блок-участок
3	Красный огонь		Стой! Запрещается проезжать сигнал	Нет. Сигнальное показание имеет абсолютное значение
4	Один желтый и один зеленый огни		Отправление со станции при четырехзначной сигнализации	Впереди свободны два блок-участка
5	Лунно-белый мигающий огонь		Отправление по пригласительному сигналу. Движение со скоростью не более 20 км/ч и готовностью остановиться	Особая бдительность машиниста: устройства СЦБ неисправны
6	Два желтых огня		Отправление с главного пути станции по крутой стрелке (крестовина 1/9 или 1/11)	Следующий по ходу движения светофор закрыт
7	Два желтых огня, из них верхний мигающий		Отправление с главного пути станции по крутой стрелке (крестовина 1/9 или 1/11)	Следующий светофор открыт с отклонением по крутой стрелке (крестовина 1/9 или 1/11)
8	Два желтых огня и одна или две зеленые полосы		Отправление с главного пути станции по пологой стрелке (крестовина 1/18 или 1/22) со скоростью не более 60 км/ч	Следующий по ходу движения светофор закрыт
9	Один зеленый мигающий и один желтый огни, одна или две зеленые полосы		Отправление с главного пути станции по пологой стрелке (крестовина 1/18 или 1/22) со скоростью не более 80 км/ч	Следующий светофор открыт
10	Один желтый и один лунно-белый огни		Отправление со станции на перегон, оборудованный АЛСО	Впереди свободен один блок-участок
11	Один зеленый и один лунно-белый огни		Отправление со станции на перегон, оборудованный АЛСО	Впереди свободны не более двух блок-участков
12	Два зеленых огня		Отправление со станции на ответвление перегона, оборудованного путевой блокировкой	При автоблокировке — свободны не менее двух блок-участков; при полуавтоматической блокировке — перегон свободен
13	Один лунно-белый огонь с выдачей машинисту жезла (путевой записки)	и жезл (путевая записка)	Отправление со станции на ответвление перегона, не оборудованного путевой блокировкой	Маршрут отправления на ответвление готов
14	Один желтый мигающий и один лунно-белый огни		Отправление со станции на неправильный путь перегона со скоростью не более 40 км/ч	Движение по перегону по показаниям локомотивного светофора
15	Один белый огонь		Разрешается производить маневры с приемо-отправочного пути	Скорости движения по ИДП, но не более 40 км/ч

Рис. 1.18. Сигнальные показания выходных светофоров

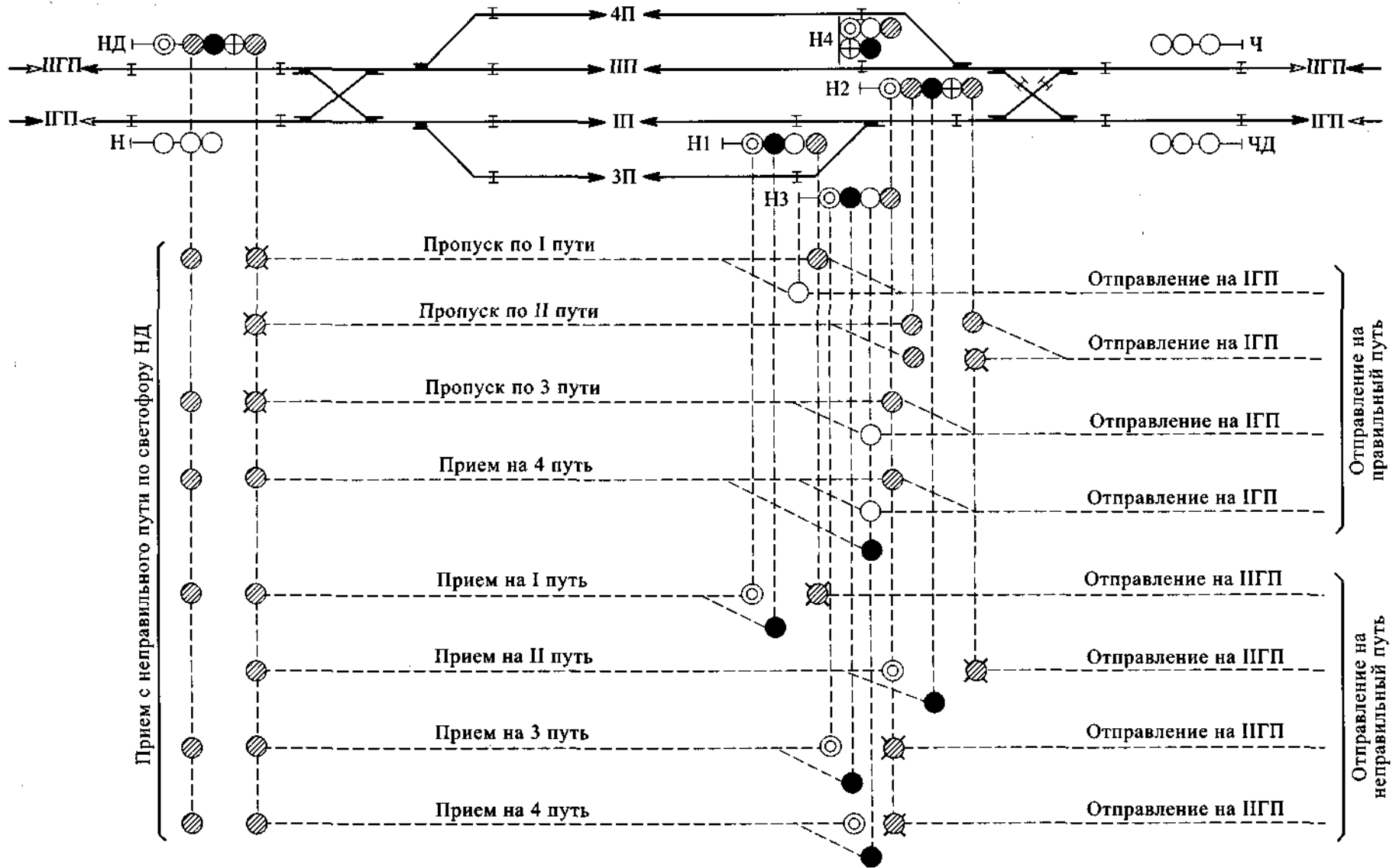


Рис. 1.19. Взаимозависимость сигнальных показаний дополнительного входного и выходных светофоров

соответствует действующей Инструкции [14]. В связи с отсутствием сигнализации сквозного пропуска на дополнительном входном светофоре зеленый огонь не предусматривается.

В действующих устройствах ЭЦ допускается сохранить при приеме с неправильного пути сигнализацию — два желтых огня на все пути.

Входной светофор карликового типа допускается сохранять только во временных устройствах, включаемых в период производства ремонтных и восстановительных работ. При этом разрешается установка входного и предупредительного к нему светофора с левой стороны. Оба светофора должны устанавливаться с одной стороны.

Путевыми устройствами АЛС в маршрутах приема и отправления по неправильному пути оборудуются все рельсовые участки в маршрутах по главным путям, а также боковые приемо-отправочные пути, с которых предусматриваются маршруты отправления по неправильному пути.

В действующих устройствах ЭЦ допускается на главных путях, при отправлении на неправильный путь, осуществлять кодирование только приемо-отправочного пути, а при приеме с неправильного пути — стрелочные участки не кодировать.

1.3.11. Сигнальные показания маневровых светофоров

Маневровые светофоры, как правило, имеют два сигнальных показания (рис. 1.20): один лунно-белый огонь — разрешается производить маневры и синий огонь — запрещается производить маневры.

В соответствии с [12] маневры производятся со скоростями не более:

60 км/ч—при следовании по свободным путям одиночных локомотивов, а также локомотивов с вагонами, прицепленными сзади по свободным путям и включенными автотормозами;

40 км/ч—при движении локомотивов с вагонами, прицепленными сзади по свободным путям;

25 км/ч—при движении вагонами вперед по свободным путям, а также восстановительных и пожарных поездов;

15 км/ч — при движении с вагонами, занятыми людьми, а также с негабаритными грузами;

5 км/ч — при маневровой работе, выполняемой толчками;

3 км/ч — при подходе локомотивов (с вагонами или без них) к вагонам.

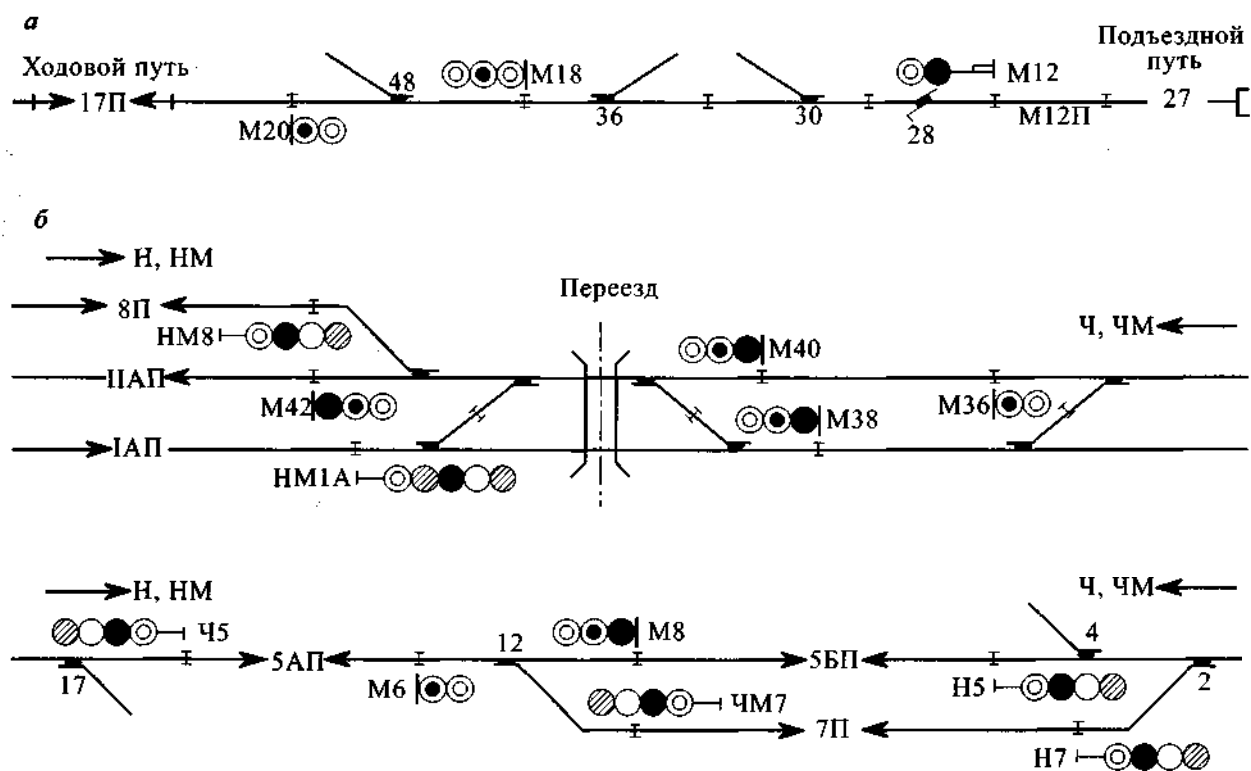
Скорость передвижения подвижного состава по вагонным весам в зависимости от их конструкции устанавливается в техническо-распорядительном акте станции.

Движение маневровых составов и одиночных локомотивов со скоростями 60, 40 и 25 км/ч может выполняться только в тех случаях, когда машинист предупрежден о свободности пути. Если ему об этом не известно, то он должен следовать с особой бдительностью и скоростью, которая обеспечивает своевременную остановку при появлении препятствия. На станциях с ЭЦ для информации машиниста о свободности пути может применяться сигнал — два лунно-белых огня. На рис. 1.20, а приведен пример светофора М18 с двумя лунно-белыми огнями, предназначенного для движения локомотива по ходовому пути 17П в депо.

На маневровых светофорах в необходимых случаях вместо синих могут применяться красные огни. Наиболее характерным примером такого решения являются маневровые светофоры с подъездных путей предприятий, имеющих собственные локомотивы (см. рис. 1.20, а—светофор М12 с подъездного пути 27). Для предотвращения самопроизвольного выезда подвижного состава с подъездных путей на маршруты следования поездов применяются сбрасывающие башмаки, остряжки и стрелки (стрелка 28).

При совмещении функций маневрового и заградительного светофоров устанавливается дополнительная светофорная головка с красным огнем (см. рис. 1.20, б — светофоры М38, М40 и М42). Заградительный сигнал — красный огонь — включает дежурный по переезду нажатием специальной кнопки при возникновении аварийной ситуации.

Более сложный случай использования маневрового светофора с синим и красным запрещающими показаниями приведен на рис. 1.20, в. Светофор М8 обеспечивает безопасное выполнение маршрута передачи по светофору ЧМ7 с пути 7П по минусовому положению стрелки 12, примыкающей к приемо-отправочному пути 5П. Путь 5П образован двумя бесстрелочными участками 5АП, 5БП и



№	Сигнальное показание	Условное обозначение	Основное значение	Предупредительное значение
1	Один белый огонь	⊙	Разрешается производить маневры	Скорость движения по ИДП, но не более 25 км/ч
3	Два белых огня	⊙ ⊙	Разрешается производить маневры	Путь, огражденный маневровым светофором, свободен. Скорость движения по ИДП, но не более 60 км/ч
2	Синий огонь	●	Запрещается производить маневры	Нет. Для поездных передвижений сигнального значения не имеет
4	Красный огонь	●	Стой! Запрещается проезжать сигнал	Нет. Сигнальное показание имеет абсолютное значение

Рис. 1.20. Сигнальные показания маневровых светофоров

стрелочным участком 12СП. На этот составной путь предусматривается задание поездных маршрутов направления Ч. При задании маршрута передачи по ЧМ7 и маршрута отправления по светофору Ч5 машинист подвижного состава, находящегося на участке пути 5БП, не видит открытого светофора ЧМ7, но видит открытый Ч5. Для предотвращения движения с участка 5БП на светофоре М8 включается красный огонь, а его исправность контролируется в схемах открытия светофора 45. В плюсовом положении стрелки 12 красный огонь на светофоре М8 выключается, а синие огни светофоров М6 и М8 не препятствуют заданию поездных маршрутов направлений Н и Ч.

На зонных станциях пригородного движения, а также тупиковых пассажирских станциях, где систематически выполняется осаживание поездов в ранжирные парки (парки подготовки поездов), у торцевых упоров устанавливаются специальные светофоры (ПМ41—ПМ43), повторяющие сигнальные показания маневровых светофоров (рис. 1.21). На светофорах ПМ41—ПМ43 включаются два лунно-белых огня, если осаживание поезда выполняется на свободный путь ранжирного парка.

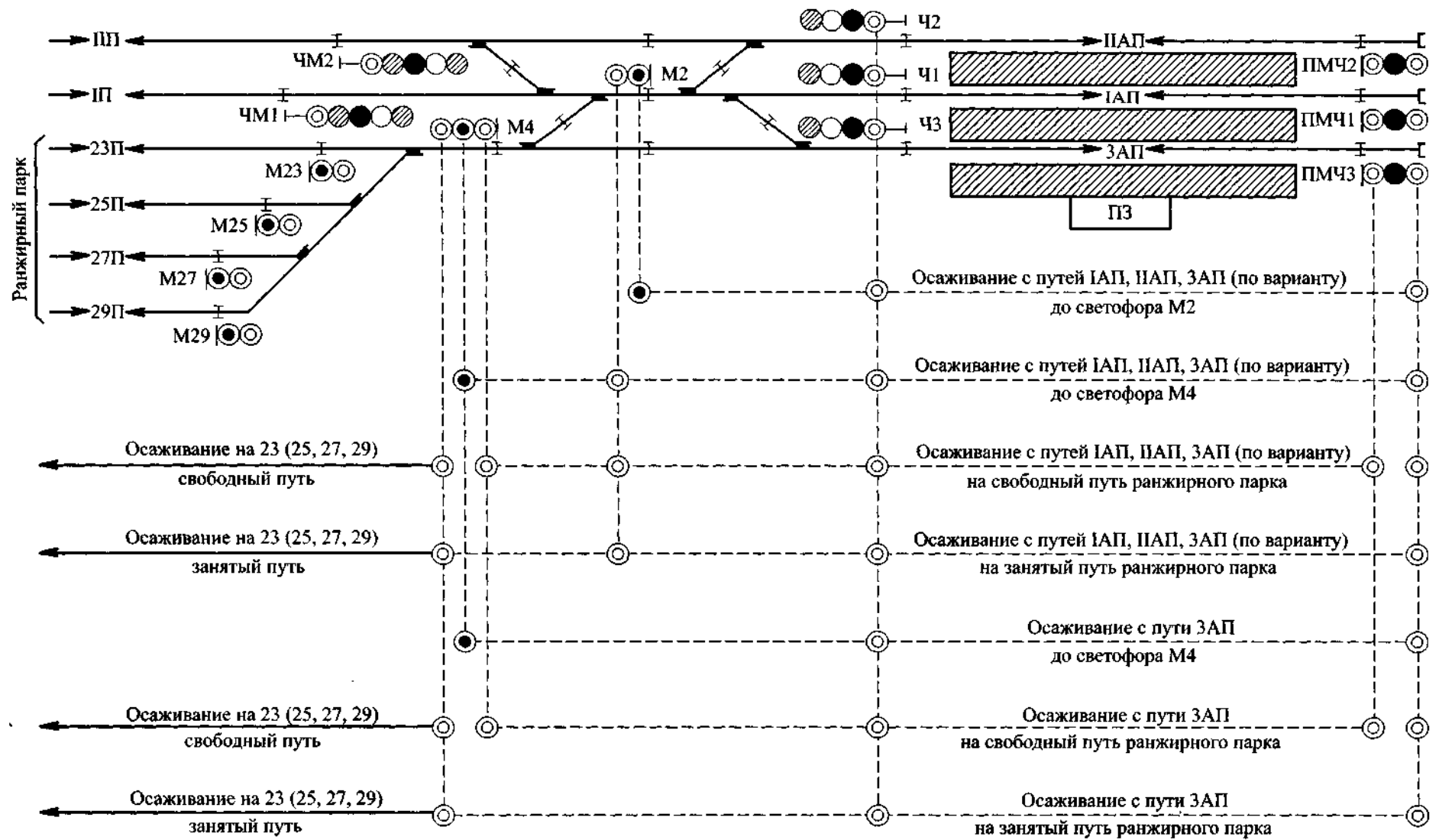


Рис. 1.21. Сигнализация при осаживании составов с тупиковых перронных путей

1.3.12. Сигнализация при отправлении на двухпутную вставку с двусторонним движением

Двухпутные вставки устраивают для увеличения пропускной способности однопутных линий. Вставки могут быть образованы как правосторонним (рис. 1.22), так и левосторонним стрелочным переводом (рис. 1.23). Движение на правильный путь ИП в нечетном направлении (см. рис. 1.22) всегда происходит с отклонением по стрелочному переводу, поэтому на светофоре Н отсутствует зеленый огонь. При левостороннем стрелочном переводе движение на правильный путь ИП происходит без отклонения по стрелке (см. рис. 1.23), поэтому на светофоре Н зеленый огонь установлен.

Другой особенностью входных светофоров, разрешающих движение на двухпутную вставку, является наличие на них двух лунно-белых огней. Нижний из них используется как пригласительный, а верхний — как элемент сигнального показания при движении на неправильный путь двухпутной вставки.

1.3.13. Сигнальные показания светофоров при полуавтоматической блокировке

Сигнальные показания входных светофоров не зависят от типа перегонных устройств и при ПАБ в полном объеме определяются условиями задания маршрутов на станции и показаниями выходных (маршрутных) светофоров (рис. 1.24). Для своевременного извещения машиниста о возможной скорости проследования входного светофора устанавливаются двузначные предупредительные светофоры (см. рис. 1.24, светофор ПЧ), имеющие три сигнальных показания — зеленый, желтый и желтый мигающий огни.

В маршрутах отправления при ПАБ разрешением на занятие поездом перегона служит разрешающее показание выходного, а при наличии блок-поста — и проходного светофора. На однопутных участках для открытия выходного светофора необходимо предварительно получить по аппаратуре ПАБ от дежурного по соседней станции, на которую отправляется поезд, блокировочный сигнал согласия.

На выходных светофорах с главных путей (при отсутствии вариантных маршрутов отправления) и с боковых путей устанавливаются двузначные выходные светофоры (см. рис. 1.24). При наличии вариантных маршрутов отправления (см. рис. 1.24, маршрут отправления по светофору Н1 по минусовому положению стрелок 8/10 и 2/4) используется четырехзначный выходной светофор, имеющий дополнительно два сигнальных показания — два желтых огня и два желтых огня, из которых верхний мигающий. Это позволяет передавать машинисту, ведущему поезд по главному пути станции, приказ о снижении скорости при движении с отклонением по стрелочным переводам.

1.3.14. Сигнализация при отправлении на ответвление

Станция К (рис. 1.25), расположенная на двухпутном перегоне, имеет однопутное примыкание К—Б, оборудованное электрожелезнодорожной системой (ЭЖС). Правом на занятие поездом перегона К—Б при этом является жезл, изъятый из жезлового аппарата данной станции К. Жезл может быть изъят из аппарата при свободном перегоне К—Б, что контролируется четной суммой жезлов на станциях К и Б. Он вручается машинисту поезда, отправляющегося на станцию Б.

Правильность приготовления маршрута отправления на ответвление, оборудованное ЭЖС сигнализируется на выходном светофоре Н1 одним лунно-белым огнем и маршрутным указателем положения. Для выходных светофоров Н3 и Н5 помимо лунно-белых огней предусмотрен групповой маршрутный указатель положения МУЗ-5. Сигнальные показания на светофорах Н1, Н3 и Н5 и маршрутных указателях включаются с проверкой условий безопасности движения поездов, контролируемых устройствами ЭЦ, кроме свободности перегона.

Маневровые светофоры в этом случае являются враждебными по отношению к маршруту отправления на ответвление и должны иметь синий огонь (см. рис. 1.25, светофор М12).

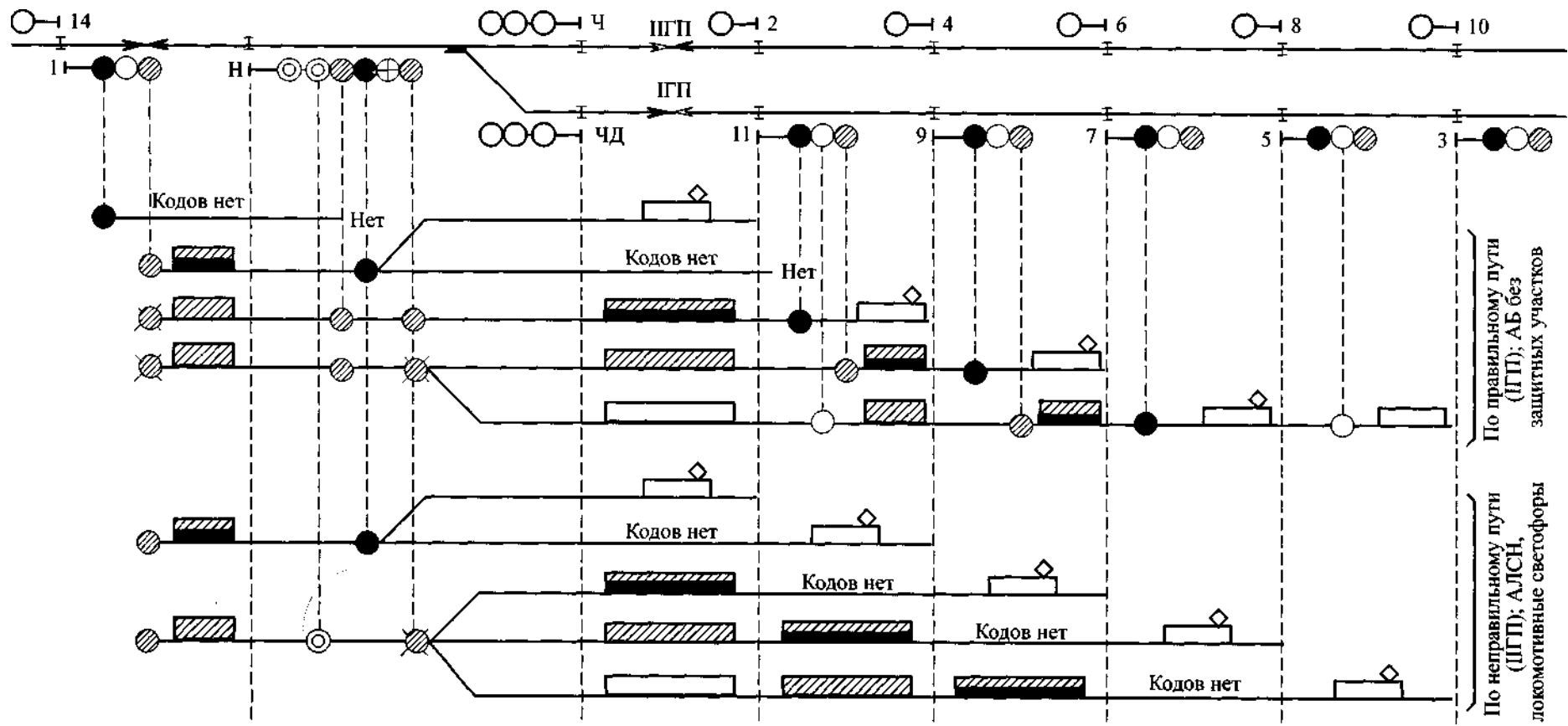


Рис. 1.22. Сигнализация при отправлении на двухпутную вставку с двусторонним движением (вставка образована правосторонним стрелочным переводом)

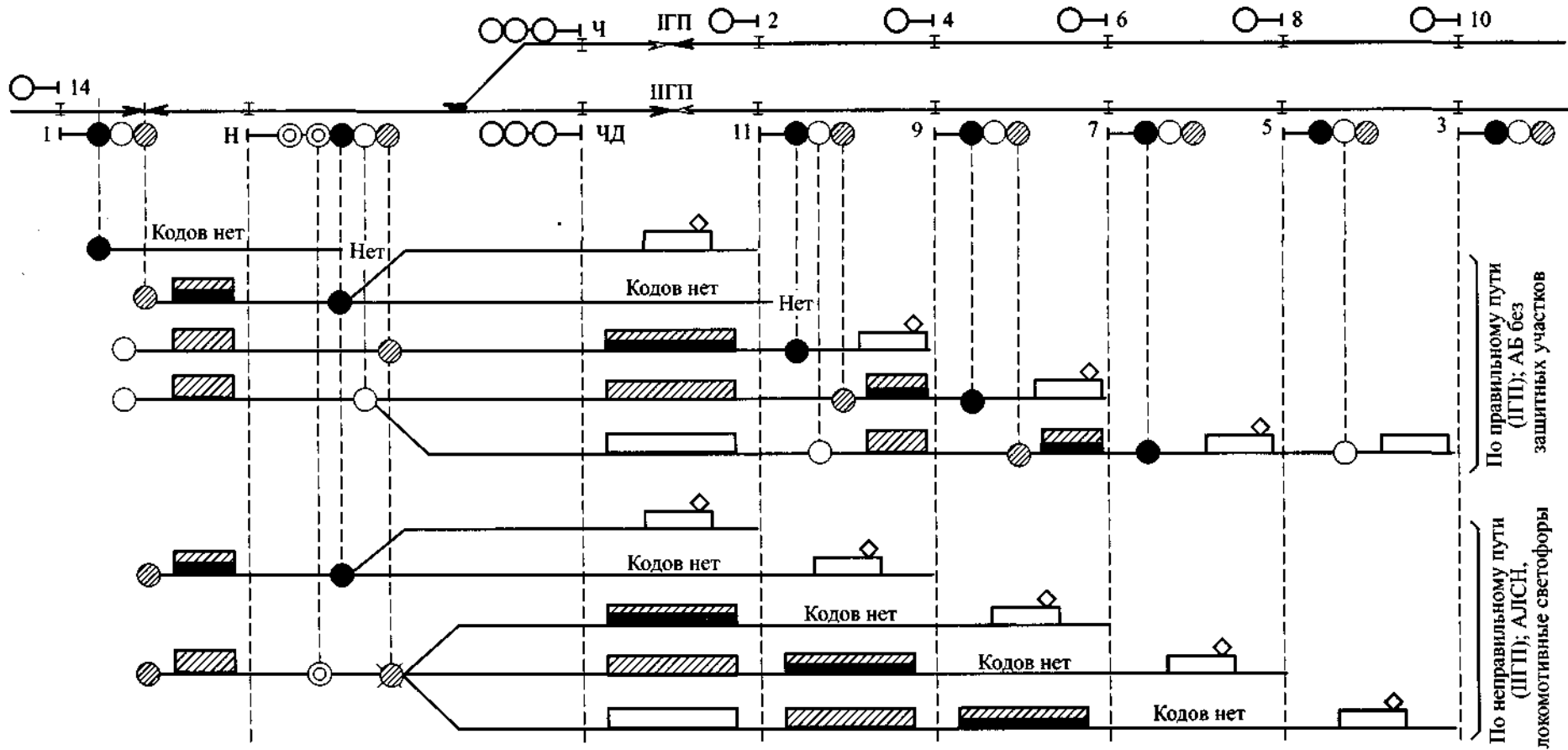
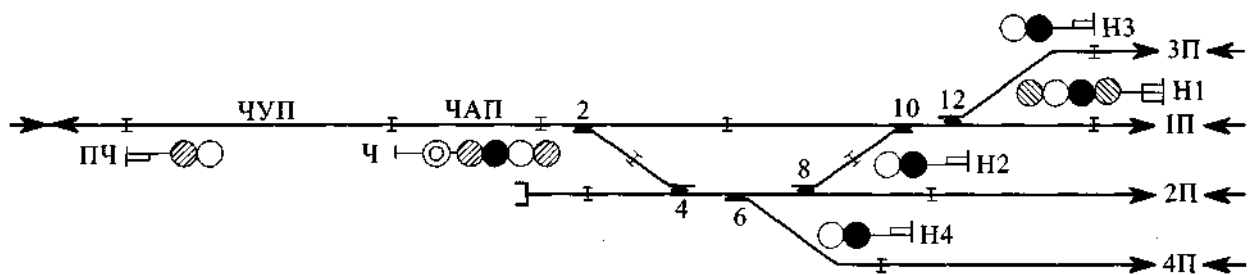


Рис. 1.23. Сигнализация при отправлении на двухпутную вставку с двусторонним движением (вставка образована левосторонним стрелочным переводом)



№	Сигнальное показание	Условное обозначение	Основное значение	Предупредительное значение
Входные светофоры (см. рис. 1.16)				
Выходные светофоры				
1	Зеленый огонь	○	Отправление с главного пути станции без отклонения по стрелкам или с бокового пути	Перегон до следующей станции (путевого поста) свободен
2	Красный огонь	●	Стой! Запрещается проезжать сигнал	Нет. Сигнальное показание имеет абсолютное значение
3	Два желтых огня	⊘ ⊘	Отправление с главного пути станции с отклонением по крутой стрелке (крестовина 1/9 или 1/11)	Перегон до следующей станции (путевого поста) свободен
4	Два желтых огня, из них верхний мигающий	⊘ ⊘	Отправление с главного пути станции с отклонением по крутой стрелке (крестовина 1/9 или 1/11)	Перегон до следующей станции (путевого поста) свободен; входной светофор следующей станции открыт
п редуцирующие светофоры				
1	Зеленый огонь	○	Разрешается движение с установленной скоростью	Входной светофор открыт без отклонения по стрелке
2	Желтый огонь	⊘	Разрешается движение с готовностью остановиться	Входной светофор закрыт
3	Желтый мигающий огонь	⊘	Разрешается движение с установленной скоростью	Входной светофор открыт с отклонением по стрелке

Рис. 1.24. Сигнальные показания светофоров при полуавтоматической блокировке

1.3.15. Взаимозависимость сигнальных показаний станционных светофоров

Разрешающие сигнальные показания станционных светофоров — входных, маршрутных и выходных — взаимосвязаны и зависят, во-первых, от расстояния между ними: отстоят ли они на длину тормозного пути служебного торможения для скоростей движения поездов, установленных для данной станции; во-вторых, от конфигурации маршрута по данному светофору: имеется ли в маршруте следования отклонение движения по стрелочному переводу с крутой (1/9, 1/11) или пологой (1/18, 1/22) маркой крестовины; в-третьих, от конфигурации маршрута по следующему светофору; в-четвертых, от состояния перегона за выходным светофором: при АБ — число свободных блок-участков, при ПАБ — свобода перегона. Рассмотрим примеры такой взаимозависимости сигнальных показаний светофоров для движения поездов в нечетном направлении для стрелочных переводов с марками крестовин 1/9 и 1/11 при наличии и отсутствии длины тормозного пути (рис. 1.26 и 1.27).

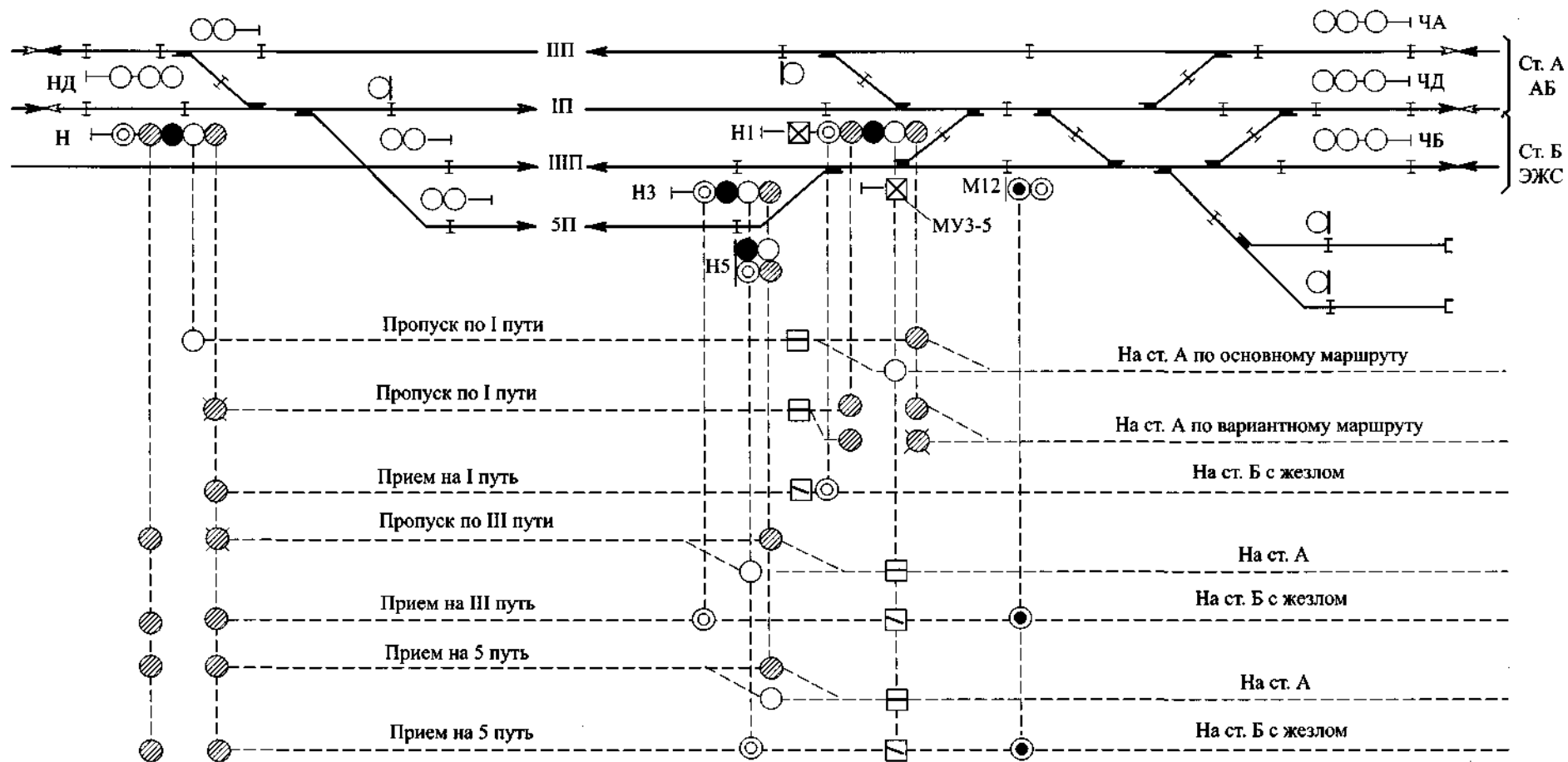


Рис. 1.25. Сигнализация при отправлении на ответвление, оборудованное электрожелезной системой

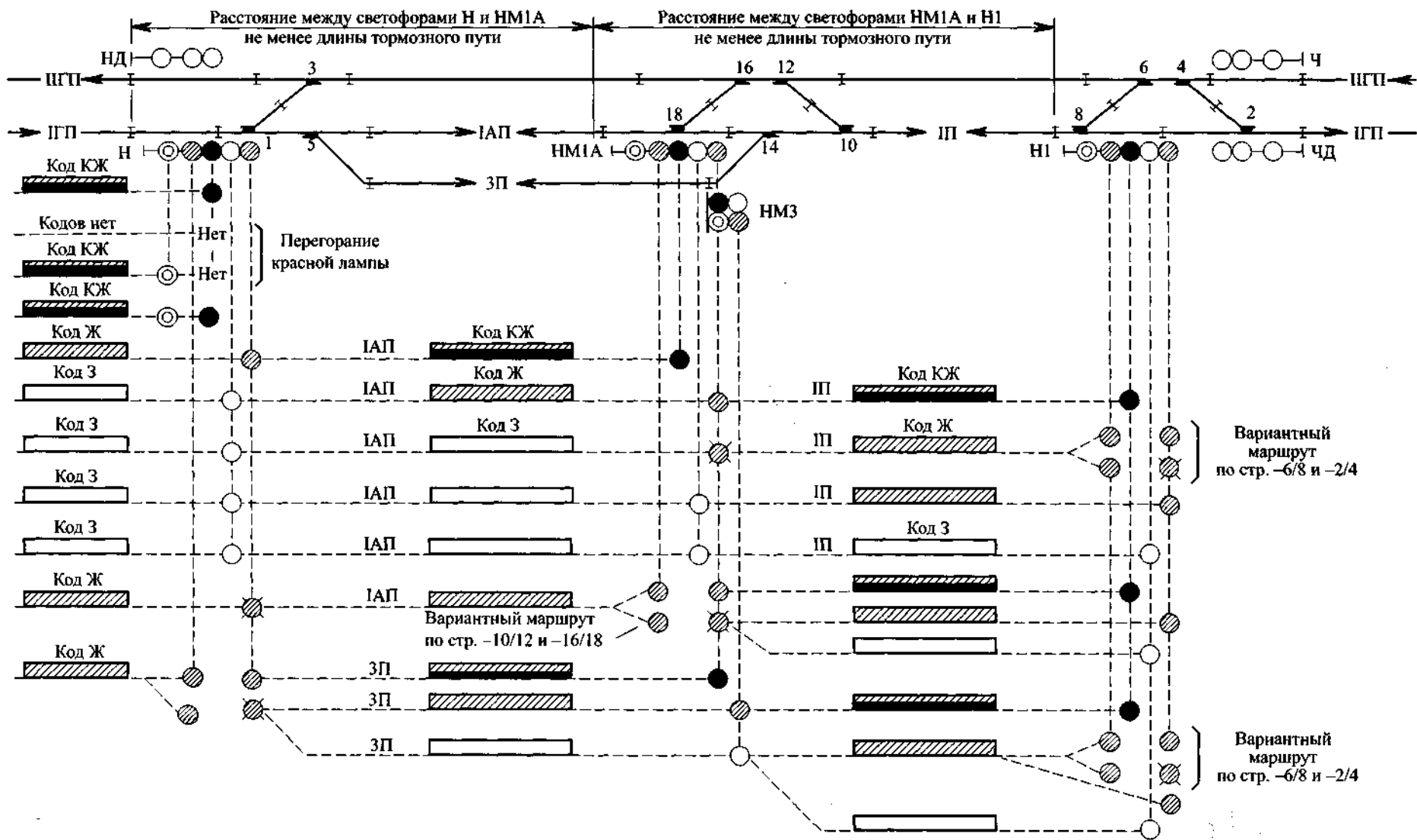


Рис. 1.26. Сигнализация на станции при расстоянии между светофорами не менее длины тормозного пути

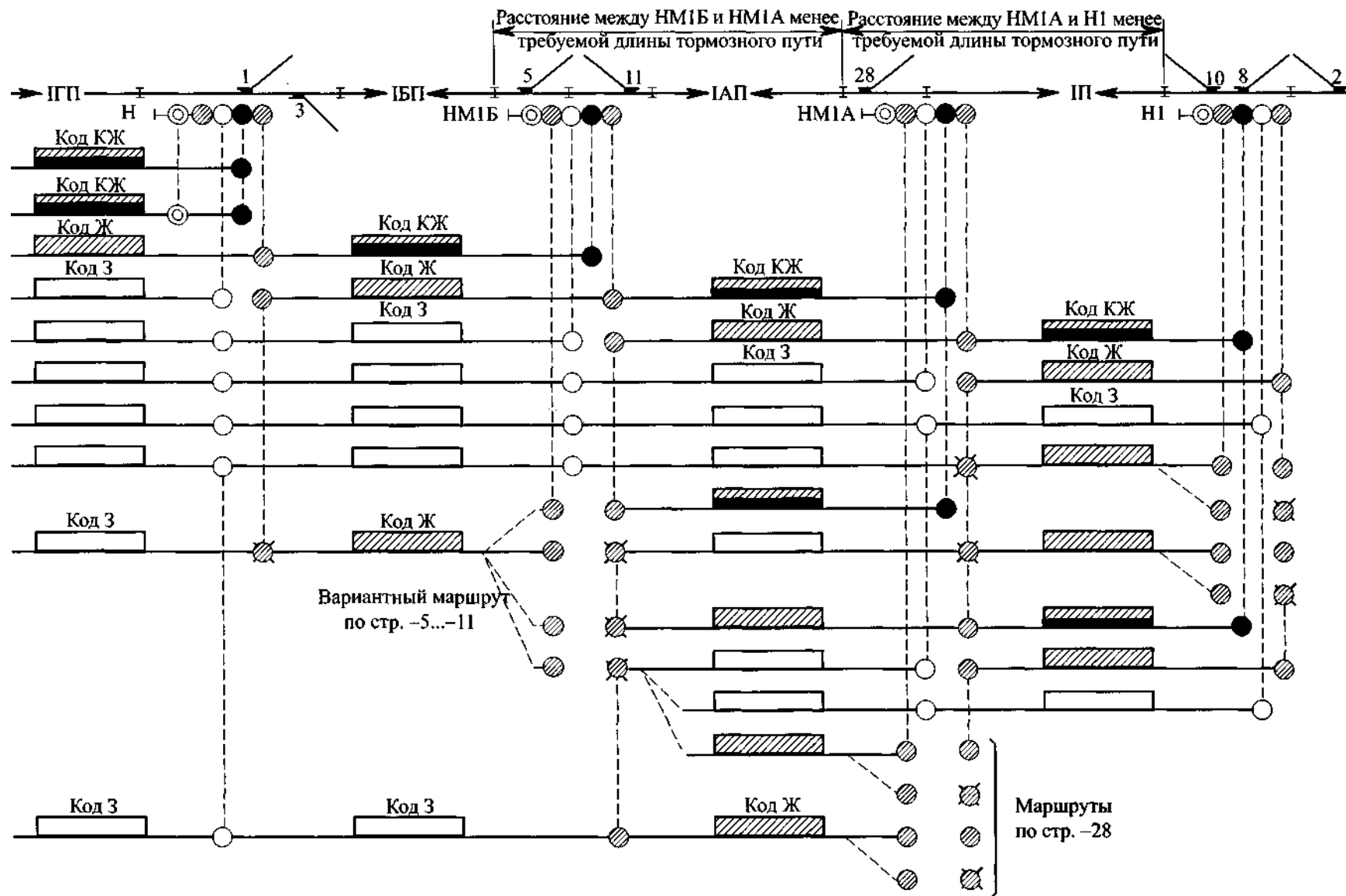


Рис. 1.27. Сигнализация на станции при двух смежных участках длиной менее тормозного пути

Расстояния между светофорами Н и НМ1А, НМ1А и Н1, Н1 и светофором АБ главного перегонного пути ГПП (см. рис. 1.26) составляют не менее длины тормозного пути и не менее 1000 м. При открытии светофоров Н, НМ1А, Н1 по плюсовому положению стрелок 1/3, 5,16/18,14,10/12, 6/8, 2/4 и свободном состоянии двух и более участков удаления перегонного пути ГПП на этих светофорах включаются зеленые огни. В рельсовые цепи навстречу нечетному поезду посылаются коды 3 АЛСН. Если допустить, что после прохода первого поезда, а затем и последующих поездов светофоры Н, НМ1А, Н1 по мере освобождения рельсовых цепей маршрутов приема, передачи и отправления будут открываться автоматически (режим автодействия), то сигнальные показания станционных светофоров и проходных светофоров АБ при трехзначной сигнализации не будут отличаться. Это обстоятельство позволяет некоторым авторам считать расстояния между станционными светофорами *станционными блок-участками*.

Если в рассмотренной выше ситуации будет изменен лишь один маршрут — установлен альтернативный маршрут отправления по минусовому положению стрелок 6/8 и 2/4, на светофоре Н1 включены два желтых огня или два желтых огня, из которых верхний мигающий, — должно измениться сигнальное показание маршрутного светофора НМ1А¹. На нем должен включиться один желтый мигающий — «Разрешается проследование светофора с установленной скоростью, следующий светофор открыт и требует его проследования с уменьшенной скоростью». Аналогично, при задании альтернативного маршрута по светофору НМ1А (-10/12 и -16/18) на светофоре Н включается один желтый мигающий.

При задании маршрута приема на боковой путь станции 3П с отклонением по стрелочному переводу 5 на светофоре Н включается два желтых огня, а при безостановочном пропуске по пути 3П (открыт НМ3) — два желтых огня, из которых верхний мигающий. На маршрутном светофоре НМ3 в последнем случае не требуется включения двух желтых огней, достаточно первого предупреждения о движении на боковой путь, которое было дано сигнальным показанием светофора Н. В самом деле, выполняя приказ о снижении скорости до 40 или 50 км/ч (по местным условиям), машинист поддерживает эту скорость при движении по пути 3П до тех пор, пока последний вагон не проследует стрелочный перевод 5. К этому времени голова поезда будет находиться у светофора НМ3. На светофоре НМ3 горит зеленый огонь. Машинист зная, что его состав находится на боковом пути, продолжает движение с прежней скоростью, пока последний вагон не проследует стрелочный перевод 14.

Если между некоторыми станционными светофорами расстояние менее длины тормозного пути (см. рис. 1.27 — между светофорами НМ1Б и НМ1А, НМ1А и Н1), вышеприведенные замечания также справедливы, кроме одного — нельзя оставлять трехзначную сигнализацию при сквозном пропуске, а также при проследовании светофора, ограждающего такой короткий маршрут. В противном случае может произойти сближение поездов, недопустимое по условиям безопасности движения, поэтому для приведенного случая вводят дополнительное сигнальное показание на светофорах Н, НМ1Б и НМ1А — один желтый и один зеленый огни, как это сделано при четырехзначной сигнализации. На светофоре Н1, ограждающем секции маршрута отправления и первый участок удаления до первого светофора автоблокировки, т.е. расстояние не менее длины тормозного пути, восстанавливается трехзначная сигнализация.

Представление взаимозависимости сигнальных показаний станционных светофоров в виде схем, приведенных на рис. 1.26 и 1.27, целесообразно для учебных целей, так как по ним можно легко проследить все поездные ситуации. Однако для крупных станций они становятся весьма громоздкими, поэтому в реальных проектах ЭЦ используется табличное (менее наглядное) представление таких взаимозависимостей. В качестве примера такое представление приведено на рис. 1.28 для четного направления передвижений по промежуточной станции, изображенной на рис. 1.29.

¹Установка режима автодействия светофоров в этом случае не допускается.

Наименование маршрутов	Направление движения — четное					
	Показание светофора					
	Ч	ЧД	42	Ч3	Ч4	Ч6
Прием с ПГП на 1, 3, 4, 6 пути						
Прием с ПГП на II путь						
Сквозной пропуск с ПГП по II пути на IVГП			;			
Сквозной пропуск с ПГП по II пути на IIIГП			;			
Сквозной пропуск с ПГП по 4 пути на IVГП	;				;	
Сквозной пропуск с ПГП по 4 пути на IIIГП	;				;	
Отправление с II, 3, 4, 6 пути на IVГП			;	;	;	;
Отправление с II, 3,4, 6 пути на IIIГП			;	;	;	;
Прием с ПГП на II, 3, 4, 6 путь						
Сквозной пропуск с ПГП по II пути на IVГП		;	;			
Сквозной пропуск с ПГП по II пути на IIIГП		;	;			
Сквозной пропуск с ПГП по 4 пути на IVГП		;			;	
Сквозной пропуск с ПГП по 4 пути на IIIГП		;			;	

Рис. 1.28. Таблица взаимозависимости сигнальных показаний светофоров

1.3.16. Сигнализация при отправлении длиннооставных поездов

На крупных станциях при отправлении поездов с путей, не имеющих достаточной длины, когда голова поезда находится за выходным светофором, разрешается на его обратной стороне устанавливать повторительную головку светофора (рис. 1.30, светофор Ч7). Порядок применения таких светофоров устанавливается для каждой отдельной станции начальником дороги [33].

Отправление длиннооставного поезда производится по зеленому огню основного светофора и повторительной головки, т.е. когда впереди свободны не менее двух блок-участков. При перегорании зеленого огня основного светофора и переключении его на желтый, зеленый огонь повторительной головки сохраняется.

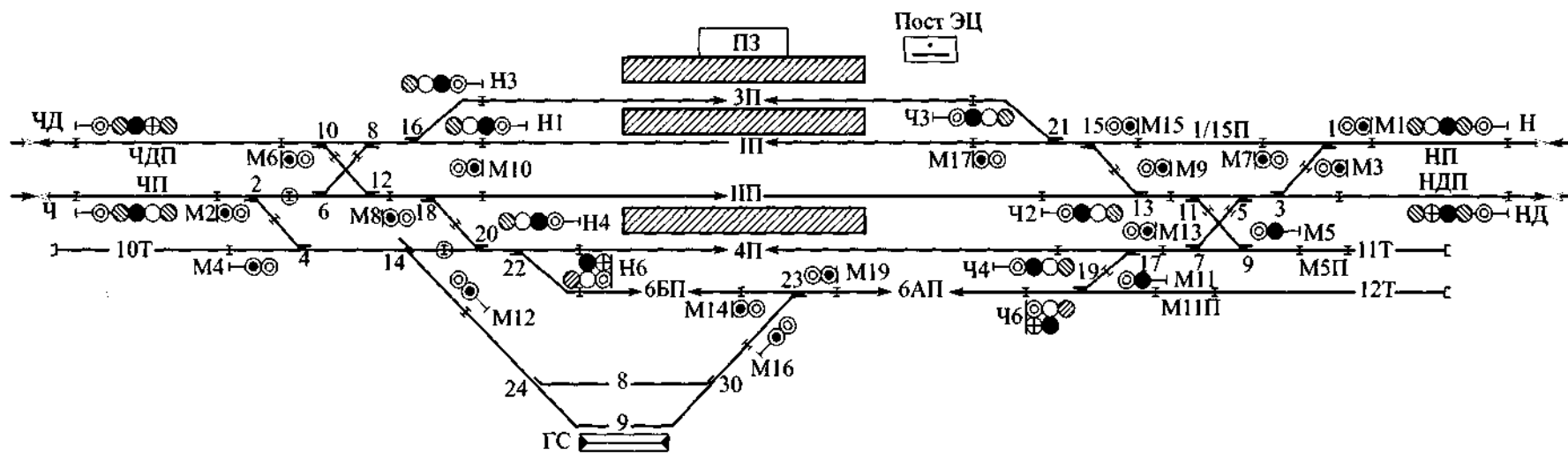


Рис. 1.29. Схематический план промежуточной станции двухпутной линии

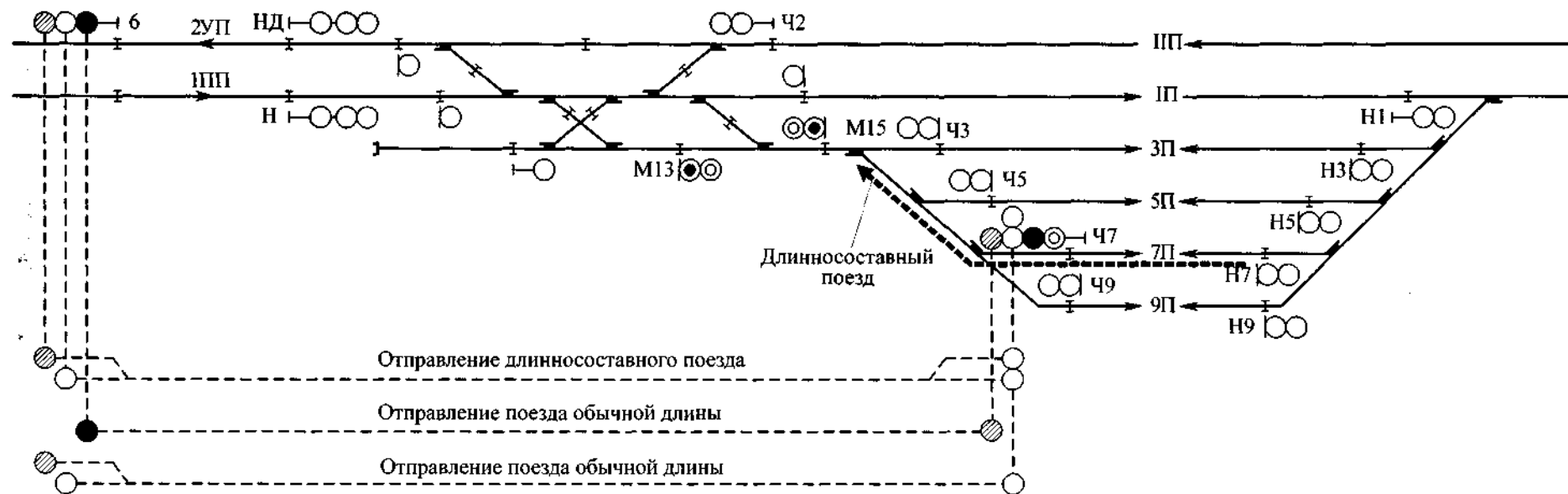


Рис. 1.30. Сигнализация при отправлении длинносоставных поездов

1.4. Классификация систем железнодорожной автоматики и телемеханики

На железных дорогах, в зависимости от размеров движения и условий работы, проектируются следующие системы СЦБ и увязываемые с ними устройства [27]:

- автоматическая блокировка (АБ);
- полуавтоматическая блокировка (ПАБ);
- автоматическая локомотивная сигнализация (АЛС);
- автоматическая локомотивная сигнализация как основное средство сигнализации и связи при движении поездов (АЛСО);
- диспетчерская централизация (ДЦ);
- диспетчерский контроль за движением поездов (ДК);
- электрическая централизация (ЭЦ);
- ключевая зависимость стрелок и сигналов (МКУ);
- автоматизация и механизация сортировочных горок (ГАЦ-АРС);
- система автоматического управления тормозами (САУТ);
- электрическая централизация стрелок в маневровых районах (МЭЦ);
- устройства сигнализации на пересечениях автомобильных и железных дорог, сплетениях железных дорог и у крупных искусственных сооружений, включая тоннели и места горных обвалов (ПС, ТС, ЗС);
- устройства ограждения составов при осмотре и ремонте вагонов на путях (УОС);
- устройства закрепления составов на станционных путях (УЗС), сбрасывающие башмаки и другие устройства;
- автоматическая система оповещения о приближении поезда (АОПП);
- устройства автоматического выявления перегретых букс в движущихся составах;
- устройства контроля схода и волочения деталей подвижного состава (УКСПС);
- контрольно-габаритные устройства (КГУ);
- устройства контроля свободности перегона (участка пути) на основе счета осей.

1.5. Требования ПТЭ к системам железнодорожной автоматики и телемеханики

7.5.7. Путьевая автоматическая и полуавтоматическая блокировка

Перегоны, как правило, должны быть оборудованы путевой блокировкой, а на отдельных участках — АЛС, применяемой как самостоятельное средство сигнализации и связи, при которой движение поездов на перегоне в обоих направлениях осуществляется по сигналам локомотивных светофоров.

Устройства АБ и ПАБ не должны допускать открытия выходного или проходного светофора до освобождения подвижным составом ограждаемого ими блок-участка (межстанционного или межпостового перегона), а также самопроизвольного закрытия светофора в результате перехода с основного на резервное электроснабжение или наоборот.

На однопутных перегонах, оборудованных АБ и ПАБ, после открытия на станции выходного или проходного светофора должна быть исключена возможность открытия соседней станцией выходных или проходных светофоров для отправления поездов на этот же перегон в противоположном направлении. Такая же взаимозависимость сигналов должна быть на двухпутных и многопутных перегонах, оборудованных АБ и ПАБ для двустороннего движения по каждому пути.

На оборудованных АБ однопутных участках с двухпутными вставками, а также на двухпутных и многопутных перегонах грузонапряженных линий, где движение по показаниям светофоров АБ осуществляется в одном направлении, могут предусматриваться устройства, позволяющие обеспечивать движение по сигналам локомотивных светофоров в противоположном направлении (по неправильному пути). Эти устройства в зависимости от применяемых технических решений действуют постоянно или включаются на период производства ремонтных, строительных и

восстановительных работ. При АБ все светофоры должны автоматически принимать запрещающее показание при входе поезда на ограждаемые ими блок-участки, а также в случае нарушения целостности рельсовых цепей этих участков. На станциях, расположенных на участках, оборудованных путевой блокировкой, эти устройства должны иметь ключи-жезлы для хозяйственных поездов, а на станциях участков с ПАБ, где применяется подталкивание поездов с возвращением подталкивающего локомотива, — ключи-жезлы и для них.

На однопутных линиях, оборудованных АБ, а также на двухпутных линиях с двусторонней АБ по каждому пути, на станциях, где производится маневровая работа с выходом маневрирующего состава за границу станции, устройства АБ при необходимости дополняются связанными с ними маневровыми светофорами.

На станциях, расположенных на линиях, оборудованных АБ и ПАБ, должны быть устройства:

- не допускающие открытия входного светофора при маршруте, установленном на занятый путь;
- обеспечивающие на аппарате управления контроль занятости путей и стрелок.

При ПАБ могут быть оснащены устройствами, позволяющими выполнять следующие операции:

- выключение контроля свободности стрелочных изолированных участков в маршруте отправления из-за их неисправности;
- повторное открытие закрывшегося выходного светофора, если поезд фактически его не проследовал;
- обеспечение автоматического контроля за прибытием поезда в полном составе.

АБ должна дополняться АЛС и устройствами диспетчерского контроля, а ПАБ—только АЛС.

Устройства диспетчерского контроля за движением поездов на участках, оборудованных АБ, должны обеспечивать контроль установленного направления движения (на однопутных перегонах), занятости блок-участков, главных и приемо-отправочных путей на промежуточных станциях, показаний входных и выходных светофоров.

Вновь внедряемые системы диспетчерского контроля, кроме перечисленных в настоящем пункте требований, должны обеспечивать контроль технического состояния устройств СЦБ.

1.5.2. Требования ПТЭ к устройствам ЭЦ

Устройства ЭЦ должны обеспечивать:

- взаимное замыкание стрелок и светофоров;
- контроль взреза стрелки с одновременным закрытием светофора, ограждающего данный маршрут;
- контроль положения стрелок, занятости путей и стрелочных секций на аппарате управления;
- возможность маршрутного или раздельного управления стрелками и светофорами, производство маневровых передвижений по показаниям маневровых светофоров, при необходимости передачу стрелок на местное управление.

Устройства ЭЦ не должны допускать:

- открытия входного светофора при маршруте, установленном на занятый путь;
- перевода стрелки под подвижным составом;
- открытия светофоров, соответствующих данному маршруту, если стрелки не поставлены в надлежащее положение;
- перевода входящей в маршрут стрелки или открытия светофора враждебного маршрута при открытом светофоре, ограждающем установленный маршрут.

Приводы и замыкатели централизованных стрелок должны:

- обеспечивать при крайних положениях стрелки плотное прилегание прижатого остряка к рамному рельсу и подвижного сердечника крестовины к усовику;
- не допускать замыкания остряков стрелки или подвижного сердечника крестовины при зазоре между прижатым остряком и рамным рельсом или подвижным сердечником и усовиком 4 мм и более;
- отводить другой остряк от рамного рельса на расстояние не менее 125 мм.

7.5.5. Диспетчерская централизация

Устройства диспетчерской централизации должны обеспечивать:

- управление из одного пункта стрелками и светофорами ряда станций и перегонов;
- контроль на аппарате управления за положением и занятостью стрелок, перегонов, путей на станциях и прилегающих к ним блок-участков, а также повторение показаний входных, маршрутных и выходных светофоров;
- возможность передачи станций на резервное управление стрелками и светофорами по приему, отправлению поездов и производству маневров или передачи стрелок на местное управление для производства маневров;
- автоматическую запись графика исполненного движения поездов;
- выполнение требований, предъявляемых к ЭЦ, АБ, АЛС, применяемой как самостоятельное средство сигнализации и связи, и — к ПАБ с автоматическим контролем прибытия поезда в полном составе.

Новые системы диспетчерской централизации должны обеспечивать возможность изменения направления движения поездов диспетчером при ложной занятости блок-участков и контроль исправности работы переездной сигнализации.

Устройства телеуправления стрелками и светофорами прилегающих станций должны обеспечивать выполнение требований, предъявляемых к устройствам диспетчерской централизации.

1.5.4. Автоматическая локомотивная сигнализация и устройства безопасности

При АЛС локомотивные светофоры должны давать показания, соответствующие показаниям путевых, к которым приближается поезд.

При движении только по локомотивным светофорам они должны давать показания в зависимости от занятости или свободности впереди лежащих блок-участков.

Локомотивные светофоры устанавливаются в кабине управления локомотива, моторвагонного поезда, специального самоходного подвижного состава и выдают сигнальные показания непосредственно машинисту и его помощнику или водителю дрезины и его помощнику.

АЛС на локомотивах, моторвагонных поездах и специальном самоходном подвижном составе должна дополняться устройствами безопасности, обеспечивающими контроль установленных скоростей движения, самопроизвольного ухода поезда и периодической проверки бдительности машиниста. В случае потери машинистом способности управления локомотивом, моторвагонным поездом, специальным самоходным подвижным составом, а дрезины ее водителем указанные устройства должны обеспечивать автоматическую остановку поезда перед путевым светофором с запрещающим показанием.

На станциях, расположенных на участках, оборудованных АБ или АЛС, применяемой как самостоятельное средство сигнализации и связи, главные пути, пути приема и отправления пассажирских поездов, а также приемо-отправочные пути для безостановочного пропуска поездов должны быть оборудованы путевыми устройствами АЛС. Отсутствие таких устройств для отдельных станций допускается только с разрешения ОАО «РЖД».

При ПАБ путевыми устройствами АЛС оборудуются участки приближения и главные пути станции.

1.5.5. Ключевая зависимость стрелок и сигналов

Устройства ключевой зависимости должны обеспечивать взаимное замыкание стрелок и сигналов посредством контрольных замков.

Стрелочные контрольные замки должны:

- допускать извлечение ключа только при запертой стрелке;
- запирают стрелки только в положении, указанном на вынутом из замка ключе, при условии плотного прилегания остряка к рамному рельсу;
- не допускать возможности запираения стрелки при зазоре между прижатым остряком и рамным рельсом 4 мм и более.

Не допускается применение стрелочных контрольных замков одной и той же серии в пределах одной станции, а на крупных станциях — в пределах одного стрелочного района и смежных с ним стрелочных постов других районов.

1.5.6. Станционная блокировка

Станционная блокировка должна обеспечивать:

- контроль со стороны дежурного по станции за правильностью приготовления постами маршрутов приема и отправления поездов и внутростанционных маршрутов;
- взаимное замыкание стрелок и сигналов, управляемых с разных постов.

1.5.7. Устройства механизации и автоматизации сортировочных горок

Устройства механизации и автоматизации сортировочных горок должны обеспечивать непрерывное, бесперебойное и безопасное расформирование составов с расчетной (проектной) скоростью роспуска, при этом мощность тормозных средств на каждой тормозной позиции должна позволять реализацию этой скорости и обеспечивать безопасность сортировки вагонов.

На механизированных сортировочных горках стрелочные переводы, участвующие при роспуске составов в распределении отцепов по сортировочным путям, должны быть включены в горочную электрическую или горочную автоматическую централизацию.

Горочная централизация должна обеспечивать:

- индивидуальное управление стрелками;
- электрическое замыкание всех пошерстных стрелок, по которым осуществляется роспуск составов, а также охранных, исключающих выход подвижного состава в зону роспуска;
- контроль положения стрелок и занятости стрелочных секций на пульте управления.

Горочная автоматическая централизация стрелок, кроме того, должна обеспечивать:

- автоматическое управление стрелками распределительной зоны сортировочной горки в процессе скатывания отцепов в программном или маршрутном режимах работы;
- автоматический возврат стрелок в контролируемое положение до вступления отцепа на изолированную стрелочную секцию в случае возникновения в момент перевода препятствия между остяком и рамным рельсом;
- возможность перехода в процессе роспуска на индивидуальное управление стрелками.

Устройства автоматизированных сортировочных горок, кроме выполнения требований, предъявляемых к механизированным горкам с ГАЦ, должны обеспечивать:

- управление и контроль надвигом и роспуском составов;
- автоматическое регулирование скорости скатывания отцепов;
- контроль результата роспуска составов;
- обмен информацией с информационно-планирующей системой сортировочной станции.

1.5.8. Автоматическая переездная сигнализация и автоматические шлагбаумы

Автоматическая переездная сигнализация должна начинать подачу сигнала остановки в сторону автомобильной дороги, а автоматические шлагбаумы принимать закрытое положение за время, необходимое для заблаговременного освобождения железнодорожного переезда транспортными средствами до подхода поезда к железнодорожному переезду.

Автоматическая переездная сигнализация должна продолжать действовать, автоматические шлагбаумы должны оставаться в закрытом положении до полного освобождения железнодорожного переезда поездом.

1.5.9. Автоматические системы оповещения о приближении поезда

Перегоны с АБ и станции с ЭЦ стрелок должны оборудоваться автоматической системой оповещения о приближении поезда работников, выполняющих работы на путях в соответствии с планами, утвержденными ОАО «РЖД».

1.5.10. Средства автоматического контроля технического состояния подвижного состава на ходу поезда

Средства автоматического контроля технического состояния подвижного состава на ходу поезда должны обеспечивать:

- передачу дежурному по впереди лежащей станции, а на участках, оборудованных ДЦ, поездному диспетчеру информации о наличии и расположении в поезде неисправного подвижного состава и виде неисправности;
- передачу информации машинисту локомотива посредством светящихся полос указателя наличия неисправных вагонов в поездах или сообщения речевого информатора о наличии в поезде неисправного подвижного состава;
- регистрацию передаваемой дежурному по впереди лежащей станции, а на участках, оборудованных ДЦ, поездному диспетчеру информации о наличии и расположении в поезде неисправного подвижного состава и виде неисправности.

Порядок применения, размещения, технического обслуживания и эксплуатации указанных средств контроля устанавливается ОАО «РЖД».

1.5.11. Устройства автоматического выявления коммерческих браков в поездах и вагонах

Устройства автоматического выявления коммерческих браков в поездах и вагонах (автоматизированная система коммерческого осмотра поездов и вагонов или отдельные ее элементы — электронные габаритные ворота, электронные вагонные весы, система телевизионного видеоконтроля) должны обеспечивать:

- передачу информации с напольных устройств на терминал оператора пункта коммерческого осмотра о наличии и расположении в поезде вагонов с неисправностями (нарушение габарита погрузки, технических условий размещения и крепления грузов на открытом подвижном составе, перегрузом вагонов и др.);
- фиксирование передаваемой информации в терминальном оборудовании оператора с выдачей для использования и хранения на бумажных и иных носителях (дискетах, видеокассетах);
- оформление соответствующей документации.

Порядок применения, размещения и технического обслуживания указанных устройств устанавливается ОАО «РЖД».

1.5.12. Устройства для предупреждения самопроизвольного выхода подвижного состава на маршруты следования поездов

Устройства — предохранительные тупики, охранные стрелки, сбрасывающие башмаки, сбрасывающие острия или сбрасывающие стрелки должны соответствовать требованиям правил по включению их в централизацию (для предохранительных тупиков — стрелка, ведущая в тупик), иметь контроль заграждающего положения и исключать самопроизвольный выход подвижного состава на другие пути и маршруты следования и отправления поездов.

При необходимости места установки устройств сбрасывания (сбрасывающих башмаков, остриев или стрелок) оборудуются указателями в соответствии с Инструкцией [14].

Глава 2. ПЕРЕГОННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

2.1. Способы разграничения поездов на перегонах

Первоочередной задачей обеспечения безопасности железнодорожного движения является исключение столкновений подвижных единиц.

При самых малых размерах движения можно использовать для перевозок по участку всего один локомотив, и если исключить самопроизвольное движение стоящих на станциях вагонов под уклон, то столкновений не будет. Последнее требование необходимо соблюдать при оборудовании любыми устройствами безопасности. Когда требуется более одного локомотива, можно изготовить для каждого перегона по одному жезлу, выдача которого машинисту является правом на занятие перегона. Жезл может представлять собой металлическую пластину или стержень с названием перегона. В таких условиях по каждому перегону поезда вынуждены двигаться поочередно, сначала поезд в одном направлении, а затем в противоположном, что затрудняет организацию движения.

На однопутных железных дорогах США первоначально получила распространение трэйн-ордерная система, при которой машинисту поезда выдается письменный приказ на весь участок следования с указаниями, какие условия он обязан соблюдать для проследования каждой станции (дождаться прибытия встречного поезда, остановиться на 5 мин и следовать до следующей станции и т.д.). Очевидно, что задержка любого поезда влечет простой всей группы взаимодействующих с ним поездов.

Так и произошло 22 сентября 1851 г. на железной дороге Нью-Йорк и Эри. На станции долгое время ожидал прибытия встречного поезда пассажирский поезд, в котором находился начальник участка, выпускник Гарварда, Чарлз Минот. Из телеграфного запроса он узнал, что встречный поезд еще не прибыл на впереди расположенную станцию и послал на эту станцию первую в истории железных дорог телеграмму, относящуюся к организации движения поездов: «Задержите поезд до получения следующих приказов, Чарлз Минот, начальник участка». Затем он вручил письменный приказ начальнику поезда и машинисту: «Отправляйтесь на станцию Гошен, не дожидаясь встречного поезда». Машинист отказался выполнить приказ и Минот довел поезд до указанной станции. Встречный поезд еще не прибыл. Минот повторил указанную процедуру и привел поезд на следующую станцию одновременно с прибытием встречного поезда.

Этот опыт оказался столь удачным, что вошел в практику этой дороги. Появилась должность поездного диспетчера, который передавал телеграфные приказы машинистам через дежурных по станциям с учетом поездной обстановки. Многие машинисты и кондукторы уволились в знак протеста, но система получила широкое распространение на железных дорогах США. С появлением телефона и селекторной связи она приобрела черты современного диспетчерского управления. Американцы разработали правила, минимизирующие ошибки в передаче приказов: стандартные тексты, одновременная их передача на все станции, вручаемые приказы машинистам, проверка правильности приказов.

Американская система селекторной диспетчерской связи, позволяющая по двум проводам вызывать и вести переговоры с нужной диспетчеру станцией или со всеми сразу, появилась на сибирских железных дорогах России во время Гражданской войны. В 1920-х гг. система была перенесена на участок Москва—Александров и явилась основой создания отечественной системы диспетчерского управления.

До появления средств связи на отечественных железных дорогах движение поездов на однопутных участках осуществлялось при посредстве письменных извещений, а на двухпутных — с разграничением времени, положенным на проследование поездом перегона между станциями. Этот способ допускается [33] и регламентируется [12] при перерыве действия всех средств сигнализации и связи. Степень обеспечения безопасности движения поездов при такой

их организации явно недостаточна. Поэтому с появлением средств связи между станциями, сначала телеграфной, а затем телефонной, стали применять разграничение поездов по расстоянию, которое допускало отправление очередного поезда на перегон только после получения от дежурного соседней станции извещения о прибытии в полном составе ранее отправленного поезда. В случае вынужденной остановки на перегоне поездная бригада должна была своевременно предупредить машиниста идущего следом поезда. Очередность отправления поездов определяли дежурные по станциям, руководствуясь расписанием. Диспетчерского регулирования движения поездов тогда не существовало.

Этот способ организации движения допускается [33] как основной на малодеятельных участках и как резервный при неисправности перегонных устройств СЦБ. При длинных перегонах интервалы между поездами получаются очень большими, что снижает пропускную способность, поэтому в исключительных случаях, при резком увеличении размеров движения приказом начальника дороги, в соответствии с требованиями [12], может устанавливаться движение поездов с разграничением временем (вслед).

Очевидно, что безопасность движения при организации движения, использующей телефонные средства связи, целиком определяется безошибочностью действий дежурных по станциям.

Первым устройством, позволившем наиболее просто и надежно исключить столкновения поездов на перегонах, следует назвать ЭЖС, при которой правом на занятие поездом перегона служит жезл (металлический стержень с соответствующей надписью), вручаемый машинисту на станции отправления. Взаимодействие двух соединенных проводами жезловых аппаратов на соседних станциях допускает одновременное изъятие только одного жезла, относящегося к данному перегону, поэтому на нем может находиться только один поезд, после прибытия которого и вкладывания привезенного жезла в аппарат становится возможным изъятие жезла из любого аппарата данного перегона. При отправлении поездов вслед используют развинчивающийся жезл. Часть жезла с надписью «Билет» вручается машинисту первого отправляемого поезда, а вторую часть жезла с надписью «Жезл» — машинисту поезда, идущего вслед.

Доставка жезла машинисту, особенно в случае отправления поезда, стоящего на станции, вызывает существенные потери времени, а прием жезла при безостановочном пропуске поезда по станции требует снижения скорости. По этим причинам ЭЖС ограничивала пропускную способность. На смену ей пришла более совершенная система регулирования движения поездов — полуавтоматическая блокировка (ПАБ).

Правом на отправление поезда при ПАБ является разрешающее показание выходного сигнала (первоначально семафора, а позднее светофора), открыть который дежурный по станции может только в случае свободности перегона. С этого момента до прибытия поезда на соседнюю станцию фиксируется занятость перегона, а закрывается выходной сигнал автоматически во время проследования отправляемого поезда.

Недостаток пропускной способности участка при ПАБ, обусловленный разграничением поездов на длину перегона, частично устраняется устройством блокпостов первоначально с дежурным персоналом, а затем автоматического действия. Прибытие поезда в этой системе контролируют фиксацией проследования двух коротких рельсовых цепей, расположенных перед входной стрелкой. Отрыв от состава вагонов система не обнаруживает, поэтому прибытие поезда в полном составе должен контролировать персонал станций. Этот контроль могут обеспечить устройства счета осей, работающие следующим образом. На выходе со станции датчик фиксирует каждую ось отправляемого поезда. Количество осей запоминается счетным устройством. При входе на соседнюю станцию аналогичный датчик фиксирует каждую ось прибывающего поезда, которые вычитаются из суммы, хранящейся в счетчике. Результат равный нулю означает прибытие поезда в полном составе, что позволяет автоматически фиксировать свободу перегона. Существует опасность отказа устройств счета осей, при которой счетчик может сохранить нулевое показание при наличии поезда или отцепившихся вагонов на перегоне. Поэтому конструкция устройств счета осей должна обеспечивать индикацию прекращения ра-

боты и исключать автоматическую фиксацию прибытия поезда при любых отказах, вероятность которых требуется учитывать. В такой ситуации контроль прибытия поезда возлагается на дежурный персонал управления перевозками. Кроме того, отсутствие рельсовых цепей на перегоне исключает электрический контроль исправности рельсовой колеи. Все это снижает безопасность движения поездов при ПАБ по сравнению с автоблокировкой (АБ).

При АБ перегоны делят на оборудованные рельсовыми цепями блок-участки, каждый из которых ограждают светофором. Занятие рельсовых цепей поездом вызывает автоматическое изменение сигнальных показаний, число которых обеспечивает предупреждение машиниста о закрытом светофоре на расстоянии, не меньшем тормозного пути. Это позволяет отправлять попутные поезда со станций через небольшие интервалы времени и обеспечивать высокую пропускную способность.

Таким образом, безопасность движения при АБ в наибольшей степени зависит от возможности восприятия сигналов машинистами. Видимость сигналов изменяется в течение суток, а также зависит от погодных условий, рельефа местности и кривизны пути. Практически обеспечить ее в пределах длин всех блок-участков невозможно. Если после проезда сигнала, требующего снижения скорости, поезд попадает в зону отсутствия видимости следующего сигнала, то машинист лишается возможности немедленного восприятия изменения показания на более разрешающее и вынужден до конца этой зоны поддерживать пониженную скорость. Это вызывает снижение пропускной способности участка и повышенный расход энергии на тягу поездов, поэтому на железных дорогах России выполняется требование [33], согласно которому все участки с АБ дополняют устройствами автоматической локомотивной сигнализации (АЛС). Эта система обеспечивает непрерывную передачу в кабину машиниста сигнального показания светофора, к которому приближается поезд на всем протяжении блок-участка, расположенного перед этим светофором.

Таким образом, безопасность движения поездов определяется бдительностью машиниста, т.е. его способностью своевременно и правильно реагировать на сигналы, поэтому самой важной проблемой является контроль способности машиниста управлять поездом. К наиболее простым относятся устройства, применяемые на пригородных электропоездах и поездах метро, которые требуют от машиниста постоянного нажатия на рукоятку контроллера, отпускание которой приводит к отключению двигателей и торможению поезда. Устройства бдительности, применяемые на зарубежных железных дорогах, передают периодически (через 50—90 с) машинисту звуковой и оптический сигналы, требующие нажатия рукоятки или педали. Отсутствие указанных действий в течение установленного промежутка времени вызывает экстренное торможение поезда. Такое устройство отвлекает машиниста от управления локомотивом, а безопасность движения не обеспечивается в случае рефлекторных нажатий рукоятки или педали.

На отечественных железных дорогах применяется система контроля бдительности машиниста (ТС КБМ), при которой с помощью датчика, совмещенного с наручными часами, постоянно измеряется пульс и электрическое сопротивление кожи руки машиниста, по которым оценивается его бодрость. При погружении в сонное состояние подаются звуковой и световой сигналы, на которые машинист должен реагировать определенными действиями, их отсутствие за установленное время влечет автостопное торможение.

Более совершенные устройства непрерывно контролируют скорость поезда и в случае превышения допустимого значения передают сигнал машинисту, на который он должен реагировать нажатием рукоятки бдительности или воздействием на тормозную систему. Отсутствие в установленное время указанных действий машиниста влечет экстренное торможение поезда. Такие устройства вызывают неоправданное снижение пропускной способности и потери энергии в тех случаях, когда остановка поезда в данной точке пути не требуется, а машинист не успел своевременно снизить скорость до допустимой. Устройства более высокого уровня автоматизации при подходе поезда к точке пути, в которой необходимо начинать снижение скорости, передают машинисту соответствующую информацию; если он в течение установленного промежутка времени не воздействует на органы управления, то скорость поезда автоматически снижается до необходимой.

Рассмотренные устройства обеспечивают безопасность движения поездов, и поэтому их называют автоматикой безопасности. Ее обязательное наличие позволяет осуществить дальнейшую автоматизацию управления поездами, направленную на повышение пропускной способности. В этом плане могут решаться следующие задачи: точная остановка поезда в заданных точках пути, экономия энергии за счет оптимальных режимов ведения поезда, исключение остановок на подходах к станциям и узлам регулированием их скоростей, централизованное регулирование движения на участках с учетом их взаимного влияния и отклонений от графика, автоматизация вождения поездов в комплексной системе централизованного управления движением. Важным требованием к построению устройств автоматики является обеспечение возможности поэтапной надстройки уровней автоматизации.

2.2. Полуавтоматическая блокировка

При ПАБ правом на занятие поездом перегона служит разрешающее сигнальное показание (зеленый огонь) выходного светофора Ч2 или Ч4 (рис. 2.1), открыть который дежурный по станции А может только при свободном перегоне и правильно подготовленном маршруте отправления. Выходной светофор закрывается (включается красный огонь) автоматически в момент проследования поездом двух коротких рельсовых цепей 1РЦ и 2РЦ. Условия безопасности приема поезда на станцию Б проверяются в цепях включения разрешающих сигнальных показаний входного светофора Ч, который открывает дежурный по станции, а закрывается он автоматически в момент проследования поездом двух рельсовых цепей 3РЦ и 4РЦ. Входной светофор дополняют предупредительным ПЧ, который устанавливают на расстоянии не меньшем тормозного пути (l_p), определенного для данного места при экстренном торможении и максимальной реализуемой скорости. При разрешающем показании на входном светофоре предупредительный сигнализирует зеленым огнем, а при запрещающем — желтым.

На железных дорогах России принят порядок нумерации поездов, позволяющий определять направление их движения. Поезда, движущиеся с юга на север и с запада на восток, имеют четную последнюю цифру номера, а в противоположных направлениях — нечетную. Направление движения поездов учитывают в обозначении входных (Ч, Н) и выходных (Ч2, Н2) светофоров, причем у последних цифра соответствует номеру станционного пути.

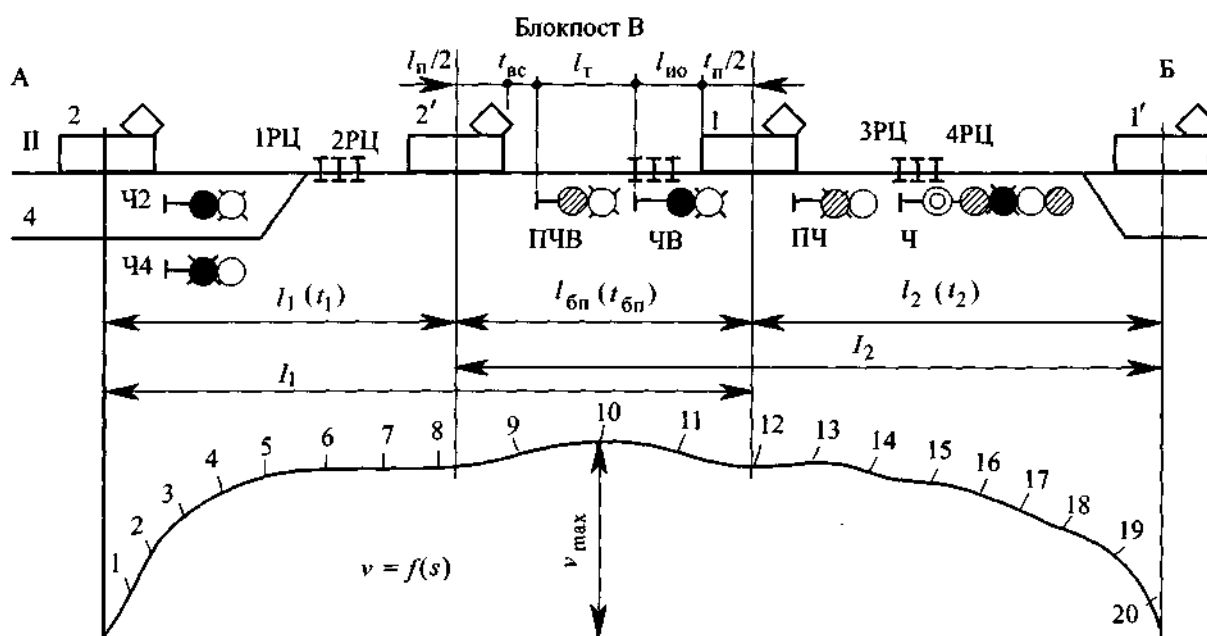


Рис. 2.1. Определение местоположения блокпоста

В зависимости от числа путей на перегонах и организации движения поездов ПАБ бывает одно- или двусторонней.

Односторонняя ПАБ обеспечивает регулирование движения поездов по каждому из путей перегона только в одном направлении, принятом за нормальное. Такую систему применяют на двухпутных линиях при движении поездов по каждому пути только в одном направлении. При свободном перегоне она позволяет дежурному открыть выходной светофор без согласия дежурного соседней станции. После занятия перегона поездом выходной светофор вновь может быть открыт только после получения от соседней станции сигнала о прибытии этого поезда в полном составе.

Двусторонняя ПАБ регулирует движение поездов по одному и тому же пути перегона в обоих направлениях. Для открытия выходного светофора, кроме проверки свободности перегона (наличие сигнала о прибытии ранее отправленного поезда), необходимо иметь на аппарате управления сигнал о согласии соседней станции принять данный поезд. В случае задержки управления поезда полученное согласие можно отменить.

Разграничение поездов на длину перегона обуславливает небольшую пропускную способность участков (25—30 пар поездов), поэтому применяется ПАБ на малодеятельных линиях, где не ожидается значительного увеличения объема перевозок. В процессе проектирования ПАБ нередко возникает необходимость в уменьшении интервала между попутными поездами на длинных перегонах или на перегонах с трудным профилем. Это достигается устройством блокпостов, разделяющих перегон на блок-участки.

Место расположения блокпоста определяют на основе расчетов. Поезд 2 (см. рис. 2.1) может начать движение со станции А не ранее проследования поездом 1 блокпоста В, передачи извещения об этом на станцию А и открытия выходного светофора (Ч2 или Ч4). В это время поезд 1 будет находиться за сигналом ЧВ блокпоста В на расстоянии $l_{но}$, которое он пройдет за $t_{но} = 0,25$ мин, необходимое на передачу извещения на станцию А и открытие выходного светофора. Кроме того, для исключения задержки поезда 2 перед блокпостом необходимо, чтобы не позднее момента его приближения (положение 2') к предупредительному светофору ПЧВ на расстояние $l_{вс}$, время прохождения которого $l_{вс} = 0,1$ мин достаточно для восприятия машинистом сигнального показания, основной сигнал ЧВ блокпоста был открыт. Это возможно только после прибытия первого поезда на станцию Б (положение 1') и истечения времени $t_{но}$, необходимого на передачу извещения об этом блокпосту В и открытие светофора ЧВ. Следовательно, за время движения поезда 2 из состояния 2 в 2' поезд 1 должен переместиться из положения 1 в 1', что означает равенство времен хода поездов $t_1 = t_2$ по участкам l_1 и l_2 . Если обозначить время хода поезда между станциями А и Б через t , по участку $l_{он}$ — через $t_{он}$, то получим $t = t_1 + t_2 + t_{он}$ или $t_1 = t_2 = 0,5(t - t_{он})$.

При определении места расположения блокпоста для заданного перегона строят кривую скорости поезда $v = f(S)$ с засечками времени. По максимальной реализуемой скорости v_{max} легко определить тормозной путь $l_{т}$, расстояния $l_{вс}$ и $l_{но}$. Учитывая длину поезда $l_{п}$, определяют участок $l_{он} = l_{п} + l_{т} + l_{вс} + l_{но}$ и размещают его на кривой $v = f(S)$ так, чтобы $t_1 = t_2$. Далее находят координаты установки светофоров блокпоста.

Необходимо отметить, что из-за различия профиля ординаты размещения светофоров блокпоста для поездов одного направления в большинстве случаев не совпадают с ординатами светофоров противоположного направления. Кроме того, кривая скорости при безостановочном пропуске поезда по станциям существенно отличается от кривой, полученной в условиях трогания с места, поэтому блокпост располагают с учетом обеспечения по возможности одинаковой пропускной способности перегона в обоих направлениях при наиболее часто встречающихся условиях пропуска поездов по станциям.

Для выбранного местоположения блокпоста по кривой скорости с засечками времени определяют интервалы между попутными поездами (l_1 и l_2), максимальный из которых ($l_{таx} = 12$ мин) используют при расчетах пропускной способности участка и построении графика движения поездов.

2.3. Автоматическая блокировка

АБ представляет собой систему регулирования движения поездов, при которой перегоны делятся на блок-участки, ограждаемые светофорами. Сигнальные показания светофоров зависят от состояния (свободен или занят) блок-участков и изменяются автоматически от воздействия движущихся поездов на рельсовые цепи. Односторонняя АБ регулирует движение поездов по каждому из путей перегона только в одном направлении, принятом за нормальное. Двусторонняя АБ допускает движение поездов по одному и тому же перегонному пути в обоих направлениях, причем для каждого направления устанавливаются свои светофоры.

В зависимости от числа сигнальных показаний светофоры АБ могут быть различной значности.

При двузначной АБ (см. рис. 2.2, а) используют два сигнальных показания: красный огонь, означающий, что ограждаемый блок-участок занят поездом, и зеленый, указывающий на свободу этого блок-участка. Машинист не предупреждается о красном огне дополнительным сигнальным показанием, поэтому для своевременной остановки поезда, проезжая светофор с зеленым огнем, он сразу должен видеть показание следующего светофора. Остановка поезда перед красным огнем может быть обеспечена только в условиях видимости сигнала на расстоянии $l_{62} \geq l_{вс} + l_{т\max}$, где $l_{вс}$ — путь, проходимый поездом за время восприятия сигнала машинистом; $l_{т\max}$ — тормозной путь полного служебного торможения при максимально реализуемой скорости.

В условиях минимальной видимости светофоров (туман, метель) эта система может гарантировать безопасность только при движении поездов с низкими скоростями. Кроме того, обеспечить видимость светофоров на расстоянии часто не удастся по условиям рельефа местности. Все это исключает применение двузначной АБ на наземных железных дорогах.

Для уверенного ведения поезда при АБ любой значности машинист, проехав светофор с зеленым огнем, должен видеть зеленый огонь на следующем светофоре. При двузначной сигнализации это требование выполняется при разграничении поездов двумя блок-участками, и межпоездной интервал, определяемый между центрами тяжести поездов, составит $L_2 = 2l_{62} + l_{п}$, где $l_{п}$ —

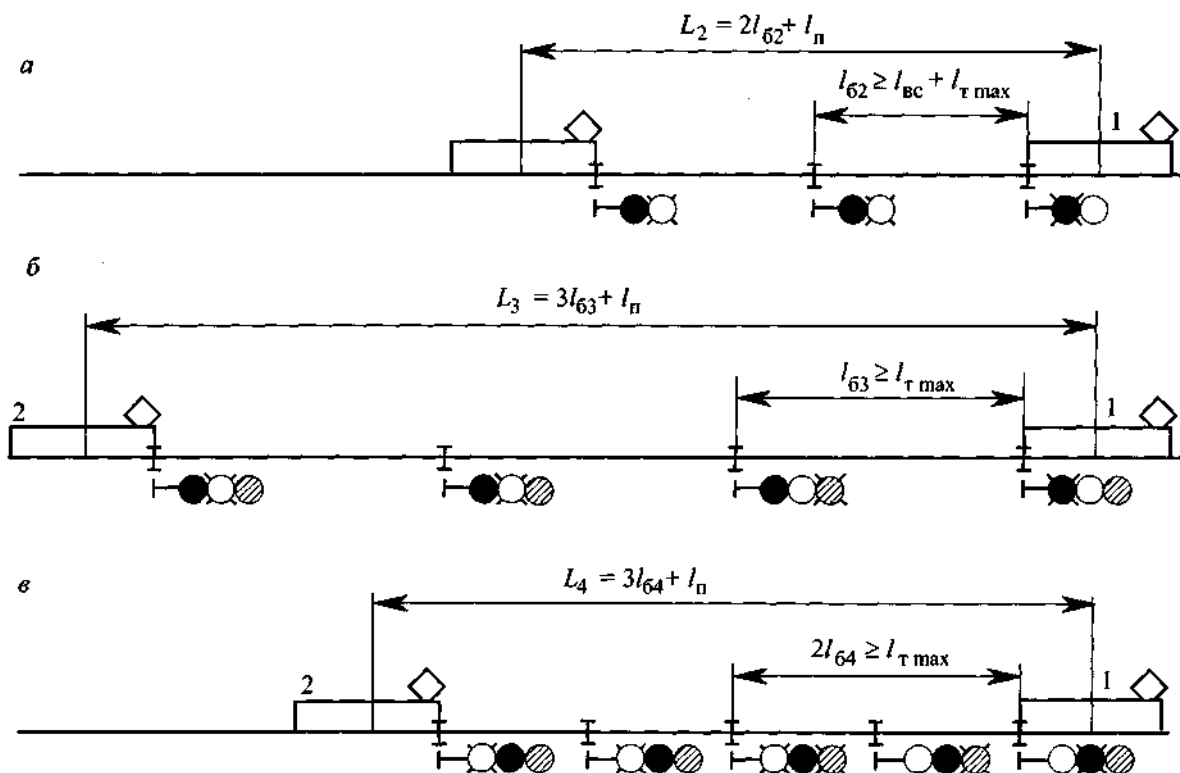


Рис. 2.2. Системы сигнализации автоблокировки

длина поезда. Такое разграничение позволяет сократить межпоездной интервал и получить высокую пропускную способность, поэтому двузначную АБ использовали в метро, где длины тормозных путей поездов небольшие, влияние погодных условий отсутствует, что позволяет машинистам на прямых участках тоннеля видеть одновременно показания нескольких светофоров. На участках с плохой видимостью светофоров и на станциях в метро приходилось увеличивать количество сигнальных показаний АБ. В настоящее время в метро используют более сложную систему сигнализации.

При трехзначной АБ [14] (см. рис. 2.2, б) используют три сигнальных показания: красный огонь, означающий, что первый за светофором блок-участок занят; желтый, указывающий, что первый блок-участок свободен, а следующий за ним занят; зеленый, свидетельствующий о том, что впереди свободны не менее двух блок-участков. Желтый огонь предупреждает машиниста о красном за один блок-участок. В неблагоприятных погодных условиях видимость светофора с желтым огнем может составлять всего несколько метров, поэтому для остановки поезда перед светофором с красным огнем длина каждого блок-участка трехзначной АБ (l_{63}) должна быть не менее значения $l_{т \max}$ для всех обращающихся на участке поездов.

Уверенное движение поездов на зеленые огни светофоров (см. рис. 2.2, б) обеспечивается в условиях разграничения поездов тремя блок-участками. Поэтому минимальное расстояние сближения попутно следующих поездов $L_3 = 3l_{63} + l_{п}$. Сокращение этого расстояния до двух блок-участков приводит к тому, что после проезда светофора с зеленым огнем машинист видит желтый огонь следующего светофора и вынужден готовиться снизить скорость в случае задержки переключения желтого огня на зеленый. Однако двухблочное разграничение вполне допустимо, если лучшими ходовыми свойствами обладает первый поезд (первый пассажирский, а второй грузовой, или первый поезд проходит станцию без остановки, а второй трогается с места и т.д.). Простота устройства и указанные эксплуатационные преимущества обеспечили этой системе сигнализации наибольшее распространение на железных дорогах России.

Вблизи больших городов по железным дорогам движутся грузовые, дальние пассажирские и пригородные поезда, причем тормозные пути последних примерно вдвое короче. Если использовать на таких участках трехзначную АБ, то длину каждого блок-участка придется делать не менее максимального тормозного пути, что обуславливает межпоездной интервал не менее 6 мин. При необходимости обеспечить большую пропускную способность для пригородных поездов целесообразно применять четырехзначную сигнализацию [14] (см. рис. 2.2, в), при которой красный и желтый огни имеют ранее рассмотренные функции; желтый, горящий одновременно с зеленым, оповещает о свободности двух блок-участков, а зеленый — не менее трех. Одновременно горящие желтый и зеленый огни светофора оповещают машиниста о красном огне за два блок-участка ($2l_{64}$), поэтому остановка любого поезда перед светофором с красным огнем обеспечивается при соблюдении неравенства $2l_{64} \leq l_{т \max}$.

Движение поездов на зеленые огни светофоров обеспечивается в этом случае при четырехблочном разграничении, которое и определяет минимальное расстояние сближения поездов $L_4 = 4l_{64} + l_{п}$, а поскольку $l_{63} = 2l_{64}$, то $L_3 = 3l_{63} + l_{п} = 6l_{64} + l_{п}$ и $L_3 - L_4 = 2l_{64} = l_3$. Следовательно, четырехзначная сигнализация по сравнению с трехзначной позволяет сократить расстояние минимального сближения поездов на величину l_3 и довести минимальный межпоездной интервал до 2—3 мин.

Введение четвертого сигнального показания на участке с трехзначной АБ дает возможность повысить скорости движения поездов без изменения мест расстановки светофоров. Зависимость длины тормозного пути l_t от скорости (рис. 2.3) позволяет установить, что при длине блок-участка трехзначной АБ, равной 1,3 км, скорость пассажирского поезда на площадке не должна превышать 120 км/ч, а грузового — 90 км/ч. Четырехзначная сигнализация позволяет разместить в пределах двух блок-участков тормозной путь длиной 2,6 км и без изменения расстановки светофоров увеличить скорость пассажирских поездов до 160 км/ч, а грузовых до 100 км/ч. Такое решение практически не применяется по причине обращения на участках тихоходных пригородных поездов, разграничение которых столь длинными блок-участками привело бы к снижению пропускной способности.

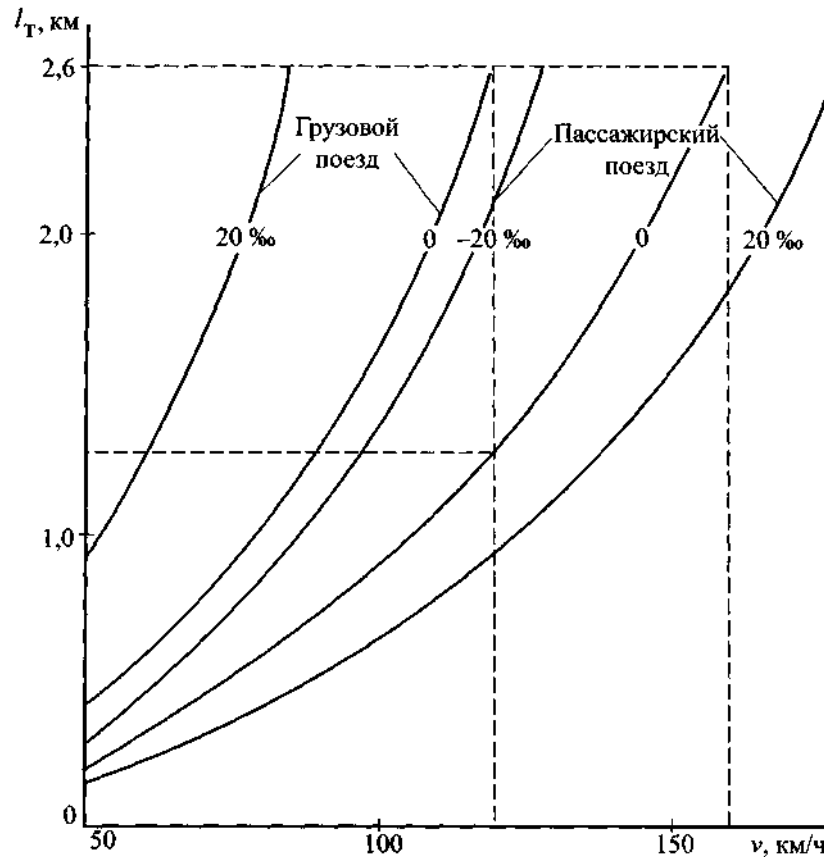


Рис. 2.3. Зависимость тормозного пути от скорости

Общую зависимость между числом сигнальных показаний АБ p и числом блок-участков b , необходимых для размещения наибольшего тормозного пути из всех обращающихся на участке поездов, легко получить на основе следующих рассуждений. Для своевременной остановки поезда необходимо известить машиниста о красном огне за b блок-участков, каждому из которых должно соответствовать свое сигнальное показание: желтый огонь при трехзначной АБ ($b = 1$), желтый и желтый с зеленым при четырехзначной ($b = 2$). К этим сигнальным показаниям необходимо добавить еще два: требующее остановки поезда и разрешающее движение с установленной скоростью v_y , значения которой должны быть известны машинисту на всех зонах участка. Следовательно, число сигнальных показаний $p = b + 2$. Число блок-участков b равно округленному в сторону увеличения до целого числа отношению тормозных путей самого скорого $l_{T \max}$ и самого медленного $l_{T \min}$ поездов, обращающихся на данном участке, т.е. $b = l_{T \max} / l_{T \min}$.

Тормозной путь скоростного пассажирского поезда при скорости 200 км/ч в 4 раза больше, чем грузовых и дальних пассажирских поездов, и в 8 раз — пригородных, поэтому введение в обращение поездов с такими скоростями на участках с трехзначной АБ ($b = 4$) требует перехода на шестизначную сигнализацию, а с четырехзначной АБ ($b = 8$) — на десятизначную.

Сравнение соотношений для определения минимального расстояния сближения поездов при трех- и четырехзначной АБ позволяет установить общую зависимость этого расстояния L_p от p , которая составит $L_p = pL_{\text{бр}} + l_{\text{п}}$. Учитывая, что $L_{\text{бр}} = l_{T \max} / b$, $b = p - 2$, получим $L_p = l_{T \max} p / (p - 2) + l_{\text{п}}$.

Если $p \rightarrow \infty$, то $p / (p - 2) \rightarrow 1$, т.е. с увеличением p минимальное расстояние сближения поездов L_p приближается к $l_{T \max} + l_{\text{п}}$. Соответственно уменьшается и минимальный интервал между попутными поездами $I_{\min} = L_p / v_{\text{ср}}$, где $v_{\text{ср}}$ — средняя скорость поезда на расстоянии L_p . Зависимости I_{\min} от p (рис. 2.4) показывают, что повышение скоростей движения поездов сопровождается увеличением длин тормозных путей и интервала I_{\min} . Наиболее существенное сокращение I_{\min} ответствующее повышению пропускной способности участка происходит при увеличении значности АБ от трех до четырех.

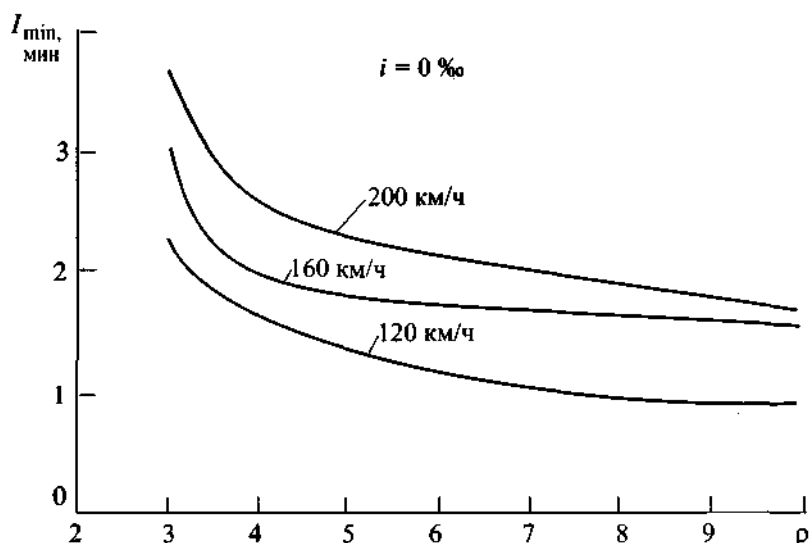


Рис. 2.4. Зависимость минимально возможного интервала от числа сигнальных показаний

2.4. Автоматическая локомотивная сигнализация и контроль скорости поезда

Безопасность движения полностью определяется способностью машиниста воспринимать сигналы и в соответствии с ними управлять скоростью поезда. При тумане, метели и т.п. дальность видимости может сократиться до десятка метров, а длительность видимости — до нескольких секунд, что значительно усложняет работу машинистов.

Наилучшие условия для восприятия сигнальных показаний создаются при отображении их на светофоре, расположенном в кабине локомотива. Это достигается с помощью устройств автоматической локомотивной сигнализации (АЛС). Информация, необходимая для работы АЛС, может передаваться с пути на локомотив в наиболее важных по обеспечению безопасности точках пути (на подходах к станциям, у перегонных светофоров, в местах ограничения скоростей) или непрерывно на всем пути следования поезда.

Точечный характер воздействия путевых устройств на локомотивные не обеспечивает непрерывный контроль их исправности и не позволяет выполнить крайне необходимое при значительных размерах движения требование — немедленное извещение машиниста о всех изменениях показаний впереди расположенных светофоров.

Восприняв желтый огонь на светофоре 5 (рис. 2.5), машинист поезда 2 может быть в дальнейшем лишен видимости светофора 3. В таких условиях он считает, что на светофоре 3 горит красный огонь, и включает тормоза. Тем временем поезд 1 освобождает блок-участок, но инерционность тормозов влечет остановку поезда 2 у светофора 3 с желтым огнем, трогание с места и разгон. Это сопровождается потерями времени, энергии и задержками вслед идущих поездов, поэтому АЛС, основанную на точечном принципе передачи информации (АЛСТ), целесообразно применять на участках с небольшими размерами движения.

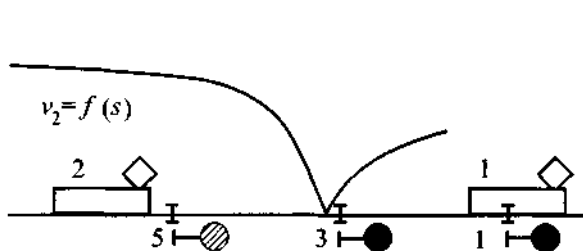


Рис. 2.5. Движение поезда 2 при отсутствии видимости светофора 3

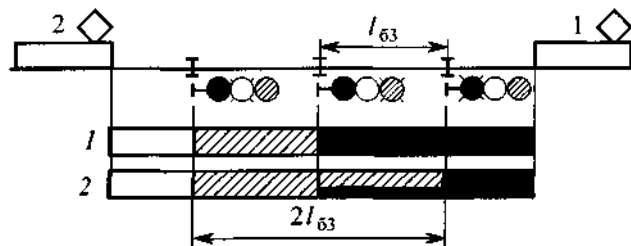


Рис. 2.6. Увязка показаний локомотивных и путевых светофоров трехзначной автоблокировки

Более совершенной является АЛС непрерывного типа (АЛСН), в которой для передачи информации с пути на локомотив используют рельсовые цепи, индуктивные линии связи или радиоканалы.

Преимущественное распространение на железных дорогах России получило сочетание АЛСН с АБ, что обусловлено возможностью использования путевых светофоров для регулирования движения поездов в случае отказа АЛСН, а также для пропуска по участку подвижных единиц, не оборудованных локомотивными устройствами. Кроме того, при ремонте одного из путей двухпутного или многопутного участка с помощью АЛСН организуется движение поездов по другому в неправильном направлении.

Использование АЛС как самостоятельное средство сигнализации и связи (АЛСО) позволяет не устанавливать проходные светофоры АБ, заменив их сигнальными знаками со светоотражателями и цифровыми литерными табличками. При этом затраты на строительство и техническое обслуживание АБ сокращаются, но предъявляются повышенные требования к надежности локомотивной сигнализации. Практически необходимо оборудовать участок и локомотивы двумя различными системами АЛС, что удорожает технические средства и является основным препятствием для широкого внедрения этой системы.

При совместной работе АБ и АЛСН сигнальные показания путевых и локомотивных светофоров должны быть увязаны между собой однозначно. Если при трехзначной АБ число сигнальных показаний АЛСН взять равным трем (рис. 2.6, диаграмма 1), то красному огню локомотивного светофора будет соответствовать расположение поезда на блок-участке перед путевым светофором с красным огнем и после проезда этого светофора, что дезориентирует машиниста. Кроме того, красному огню локомотивного светофора соответствовали бы различные скоростные режимы ведения поезда.

В соответствии с ПТЭ после остановки поезда перед проходным светофором с красным огнем, с непонятным показанием или погасшим, если машинист видит или знает, что впереди лежащий блок-участок занят поездом, ему запрещается продолжать движение, пока тот не освободится, в противном случае он должен после остановки отпустить тормоза. Если за это время на светофоре не появится разрешающий огонь, машинист должен вести поезд до следующего светофора со скоростью не более 20 км/ч с особой бдительностью и готовностью немедленно остановиться, если встретится препятствие для дальнейшего движения. При аналогичной ситуации со следующим проходным светофором движение поезда после остановки будет продолжаться в том же порядке.

В случае, когда после проследования в установленном порядке проходного светофора с запрещающим показанием на локомотивном светофоре появится разрешающее показание, машинист может вести поезд, руководствуясь показаниями локомотивного светофора, но со скоростью не более 40 км/ч до следующего светофора.

При наличии разрешающего огня на локомотивном светофоре проходные светофоры с погасшим огнем разрешается проследовать безостановочно, руководствуясь показанием локомотивного светофора.

Таким образом, на блок-участке между светофорами с желтым и красным огнями скорость поезда должна быть снижена до остановки, а на блок-участке за красным сигналом при возникновении препятствия необходимо гарантировать остановку поезда в пределах видимого машинистом тормозного пути или не превышать скорость 20 км/ч. Очевидно, что в таких условиях автоматический контроль скорости поезда при появлении на локомотивном светофоре красного огня невозможен.

Для устранения этих недостатков необходимо, чтобы красный огонь локомотивного светофора загорался при проезде светофора с красным огнем, а движению поезда к светофору с красным огнем соответствовало бы иное сигнальное показание. Следовательно, число сигнальных показаний АЛСН должно быть по крайней мере на одно больше значности АБ.

На отечественных железных дорогах применяют четырехзначную АЛСН в сочетании с трехзначной АБ, где в качестве дополнительного сигнального показания локомотивного светофора (рис. 2.6, диаграмма 2) используют желтый огонь с красным. На локомотивном светофоре

имеется также белый огонь, который сменяет желтый или зеленый, когда поезд вступает на участок пути, не оборудованный устройствами АЛСН. При этом машинист извещается о том, что показания путевых светофоров на локомотив не передаются и ему надлежит руководствоваться только путевыми сигналами.

При трехзначной АБ в условиях минимальной видимости показаний путевых светофоров желтый огонь предупреждает машиниста о красном за один блок-участок l_{63} . Поэтому длина каждого блок-участка должна быть не менее тормозного пути при максимальной реализуемой скорости, не превышающей 120 км/ч для пассажирских поездов и 80 км/ч для грузовых. Наличие четырехзначной АЛСН позволяет независимо от условий видимости путевых светофоров предупредить машиниста о красном огне за два блок-участка $2l_{63}$, а следовательно, разместить тормозной путь на двух блок-участках и повысить скорости пассажирских поездов до 140 км/ч, рефрижераторных до 120 км/ч, а грузовых до 90 км/ч, что соответствует требованиям ПТЭ. При этом скорость проследования светофора с желтым (немигающим) огнем, не должна превышать 60 км/ч, а в условиях отказа АЛСН — максимальной скорости, принятой при расстановке светофоров АБ.

АЛСН при четырехзначной АБ должна быть пятизначной (рис. 2.7, диаграмма 1), что позволяет оповещать машиниста о красном огне за три блок-участка. Поскольку тормозной путь при максимальной скорости укладывается в этом случае в два блок-участка, то повышение скорости должно соответствовать увеличению тормозного пути только на один блок-участок l_{64} .

Применение четырехзначной АЛСН (см. рис. 2.7, диаграмма 2) не позволяет передавать машинисту информацию о вступлении поезда на блок-участок перед светофором с одновременно горящими желтым и зеленым огнями, что в условиях ограниченной видимости светофоров вынуждает применять полное служебное торможение вместо более плавного служебного. Кроме того, предупреждение о красном огне машинист получает за два блок-участка, суммарная длина которых $2l_{64} = l_{63}$ вмещает только тормозной путь, соответствующий максимальным скоростям, принятым при расстановке светофоров АБ, поэтому дополнение четырехзначной АБ четырехзначной АЛСН не позволяет повысить эти скорости. При необходимости повышения скорости движения поездов на участках с четырехзначной АБ применяют кодирование блок-участка, расположенного перед светофором с одновременно горящими желтым и зеленым огнями, кодом желтого огня. В этом случае машинист оповещается о красном огне на путевом светофоре за три блок-участка.

Допустимое повышение максимальной скорости определяется разностью расстояний оповещения машиниста о красном огне на путевом светофоре при АЛС и АБ по формуле: $l_{АЛС} - l_{АБ} = (b + k)l_{6p} - bl_{6p} = kl_{6p}$, где k — разность значностей АЛС и АБ. Следовательно, увеличение значности АЛС позволяет повысить допустимые скорости поездов без изменения расстановки светофоров АБ.

При наличии АЛС, создающей наилучшие условия для восприятия сигналов, безопасность движения определяется бдительностью машиниста, т.е. его способностью к управлению поездом.

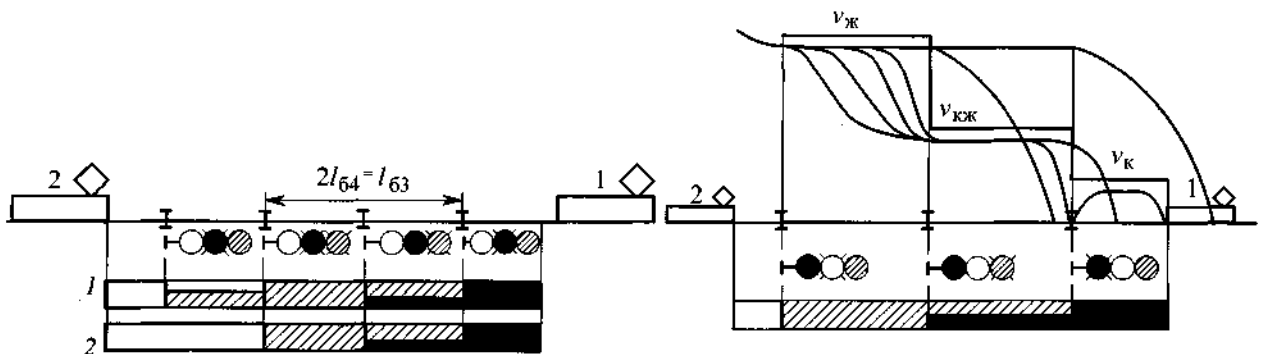


Рис. 2.7. Увязка показаний локомотивных и путевых светофоров четырехзначной автоблокировки

Рис. 2.8. Схема действия АЛСН с контролем скорости

Существенное повышение безопасности движения поездов достигается дополнением АЛСН системой контроля бдительности машиниста, основанной на контроле скорости. Число ступеней контроля скорости может быть различным.

При наиболее простой системе с одноступенчатым контролем скорости (рис. 2.8) проверяется только скорость проследования светофора с красным огнем. В момент превышения допустимой скорости v_k осуществляется автоматическое абсолютное или неабсолютное воздействие на тормозную систему поезда.

В случае неабсолютного воздействия машинист оповещается о превышении скорости, и если он в течение установленного времени не начинает торможение, поезд останавливается автостопом. Однако при этом сохраняется опасность того, что после подтверждения бдительности машинист не примет мер к своевременной остановке поезда или будет снижать скорость недопустимо медленно. Поэтому чаще всего предпочтение отдается абсолютному воздействию, при котором превышение скорости немедленно ведет к автостопному торможению.

Таким образом, проезд светофора с красным огнем и дальнейшее движение поезда возможны, если его скорость не превышает v_k . Для контроля бдительности машиниста в этом случае может применяться однократное или более надежное периодическое нажатие рукоятки.

При одноступенчатом контроле не проверяется скорость поезда во время движения по блок-участку перед светофором с красным огнем, а только однократно или периодически контролируется бдительность машиниста, поэтому в случае рефлекторных нажатий машинистом рукоятки бдительности скорость поезда такого светофора может быть даже максимальной. Для остановки поезда автостопом может потребоваться большой тормозной путь, и вероятность столкновения с впереди идущим поездом становится значительной.

При двухступенчатом контроле скорости проверяется скорость поезда светофора с желтым огнем v_{kj} превышение которой сопровождается автостопным торможением. Если скорость своевременно снижена до значения, меньшего v_{kj} , то дальнейшее движение поезда возможно при условии однократного или периодического нажатия машинистом рукоятки бдительности. Третья ступень контроля скорости движения поезда по блок-участку перед светофором с желтым огнем v_{kj} способствует своевременному ее снижению на последующих ступенях.

При двух- и трехступенчатом контроле скорости проезд светофора с красным огнем в случае рефлекторных нажатий машинистом рукоятки бдительности возможен со скоростью, меньшей v_{kj} . Следовательно, сохраняется опасность столкновения с впереди идущим поездом, если он находится за светофором с красным огнем на расстоянии, меньшем тормозного пути автостопного торможения. Поэтому для обеспечения безопасности скорость v_{kj} желательно установить возможно меньшей, но этому препятствует необходимость обеспечения заданной пропускной способности участка.

Надежное исключение наезда на впереди идущий поезд при автостопном торможении у светофора с красным огнем может быть достигнуто с помощью защитных участков (ЗУ). Возможны два варианта размещения ЗУ: за светофором (рис. 2.9, *а* или *б*) и перед ним (рис. 2.9, *в*). В обоих случаях длину ЗУ выбирают достаточной для остановки автостопным торможением поезда, следующего со скоростью v_{kj} или с максимально реализуемой скоростью.

При первом варианте поезд 1, расположенный на ЗУ, ограждается двумя светофорами с красными огнями (см. рис. 2.9, *а*). Остановка идущего вслед поезда 2 автостопом произойдет в пределах ЗУ, расположенного за первым светофором с красным огнем. В случае освобождения ЗУ (см. рис. 2.9, *б*) поезд 1 ограждается одним светофором с красным огнем, и автостопное торможение поезда 2 обеспечивает его остановку в пределах свободного ЗУ.

Недостатком размещения ЗУ за светофорами является увеличение расстояния минимального сближения поездов (межпоездного интервала) на длину ЗУ и соответствующее снижение пропускной способности. Этого недостатка лишен второй вариант (см. рис. 2.9, *в*), где поезд 2 останавливается автостопом в пределах ЗУ перед закрытым светофором. Для исключения автостопного торможения машинист должен снизить скорость до начала ЗУ, которое необходимо обозначать дополнительным светофором или круглосуточно видимым сигнальным знаком.

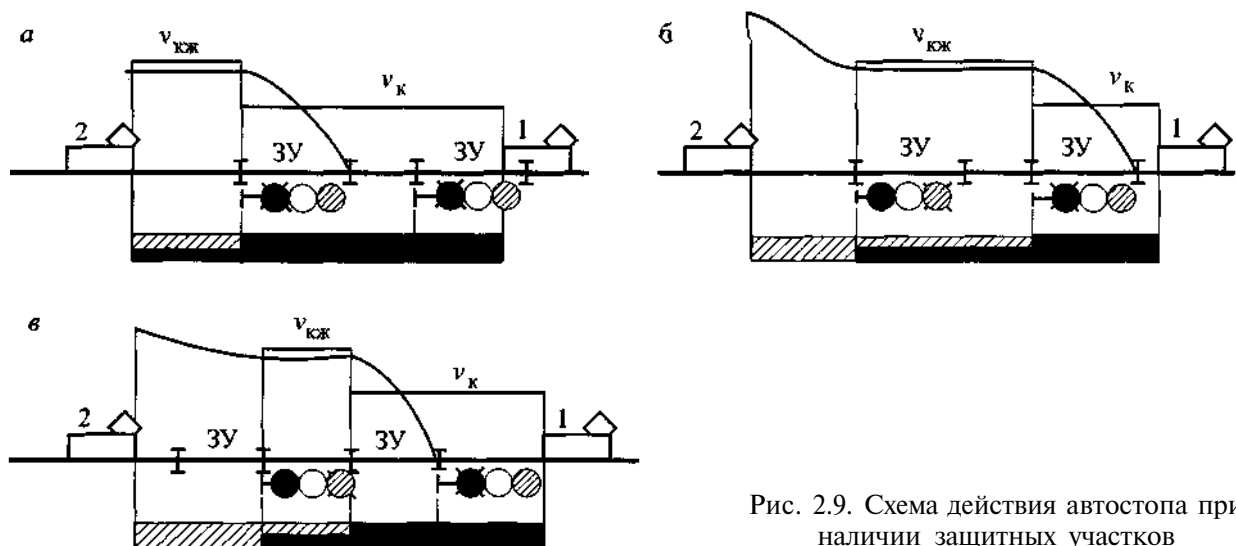


Рис. 2.9. Схема действия автостопа при наличии защитных участков

Необходимость удвоения числа светофоров АБ или установки указанных знаков является причиной отказа от применения ЗУ, расположенных перед светофорами.

ЗУ, расположенные за светофорами, используют в метро и их длины равны длинам блок-участков. В результате каждый поезд метро ограждается одним светофором с красным огнем и вторым светофором с одновременно горящими красным и желтым огнями. Автоостопное торможение идущего следом поезда начинается на блок-участке, расположенном за вторым светофором.

На железных дорогах России все участки, оборудованные АБ, дополняют четырехзначной АЛСН с контролем скорости, в которой реализованы следующие принципы. Превышение скорости $v_{ж} = 60$ км/ч для грузовых и пассажирских поездов (рис. 2.10) в момент вступления поезда на блок-участок перед светофором с желтым огнем (кривая 7) сопровождается предупредительным свистком. Если в течение 7 с машинист не нажмет рукоятку бдительности, то поезд остановится автоостопом. Дальнейшее движение поезда до светофора с желтым огнем возможно при условии периодического (через 15–20 с) нажатия машинистом рукоятки бдительности. Если к моменту появления на локомотивном светофоре желтого огня скорость поезда не превышает $v_{ж}$ (кривая 2), то для дальнейшего движения достаточно однократно нажать рукоятку бдительности.

Абсолютное воздействие автоостопа начинается, если скорость поезда на блок-участке перед светофором с красным огнем превышает $v_{кж}$ (кривая 3). Для повышения пропускной способности участков принимают $v_{кж} = v_{ж}$. Движение по этому блок-участку со скоростью меньшей $v_{кж}$ и большей $v_{10} = 10$ км/ч (кривая 4) возможно при условии периодического нажатия рукоятки бдительности, а если скорость менее 10 км/ч — даже однократного (кривая 5).

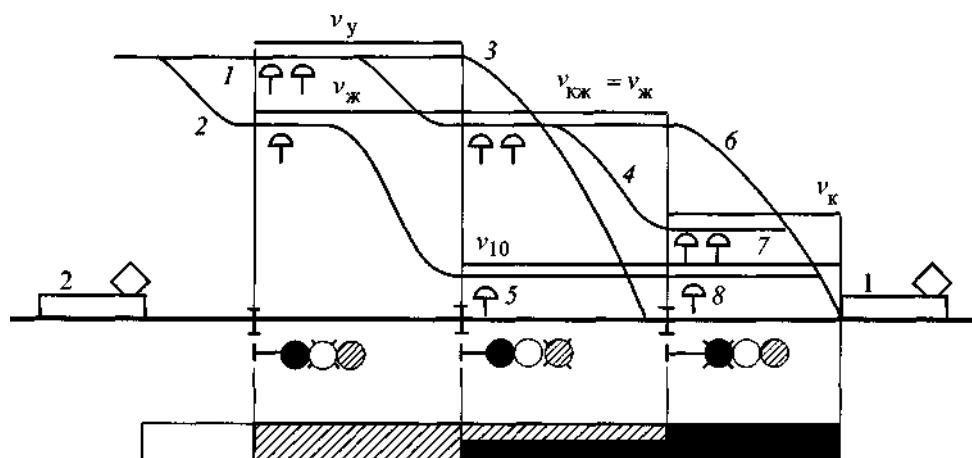


Рис. 2.10. Схема работы четырехзначной АЛСН с контролем скорости

При проезде светофора с красным огнем абсолютное воздействие автостопа происходит в случае превышения поездом скорости $v_k = 20$ км/ч (кривая 6). Для дальнейшего движения поезда необходимо периодическое нажатие рукоятки бдительности в диапазоне скоростей 10—20 км/ч (кривая 7) и однократное — при скоростях менее 10 км/ч (кривая 8). Периодическая проверка бдительности машиниста включается также при горении на локомотивном светофоре белого огня. Абсолютное воздействие автостопа машинист может предотвратить путем выключения АЛСН, что фиксируется скоростемером.

На пригородных электропоездах, где от машиниста требуются точные действия при частых остановках у пассажирских платформ, его бдительность проверяется однократным нажатием рукоятки в моменты изменения сигнальных показаний локомотивного светофора на более запрещающие, а скорость поезда контролируется только при красном огне.

В случае рефлекторных нажатий машинистом рукоятки бдительности поезд может проехать светофор с красным огнем со скоростью $v_{кк}$, а тормозной путь автостопного торможения — превысит расстояние до впереди идущего поезда. Автостоп вообще не сработает при скорости менее v_k или 10 км/ч, соответственно при рефлекторном периодическом или однократном нажатии рукоятки бдительности. Следовательно, АЛСН без ЗУ не способна предотвратить опасные последствия ошибок машиниста, связанных с потерей бдительности или неправильным применением тормозов.

В соответствии с требованием ПТЭ скорость проследования светофора с одним желтым (немигающим) огнем при любой системе АБ или без нее не должна превышать 60 км/ч для пассажирских и грузовых поездов. Блок-участок, ограждаемый светофором с одним желтым (немигающим) огнем, длиной менее тормозного пути может оказаться недостаточным для снижения скорости поезда с 60 км/ч до остановки перед следующим светофором. В этом случае скорость проследования светофора с желтым огнем снижается до такой, при которой обеспечивается остановка на коротком блок-участке. Эта скорость для конкретного светофора утверждается приказом начальника дороги. При этом длина блок-участка перед таким светофором должна быть достаточной для снижения скорости поезда с установленной в данном месте до пониженной скорости проследования светофора с желтым огнем.

Устройства АЛСН допускают настройку только на одно значение скорости проследования светофора с желтым огнем, равное 60 км/ч. Необходимость проезда светофора с меньшей скоростью устройства АЛСН проверить не могут. Эта скорость фиксируется только на ленте скоростемера, поэтому в случае неправильных действий машиниста создается опасность недостаточного снижения скорости проследования светофора с желтым огнем, при котором автостоп не сработает, и возможен проезд следующего светофора с красным огнем.

Наличие блок-участков длиной менее необходимого тормозного пути создает дополнительное напряжение в работе машинистов, снижает скорость поезда и пропускную способность, поэтому должны приниматься меры по ликвидации таких блок-участков.

Используемая на отечественных железных дорогах многозначная локомотивная сигнализация АЛС-ЕН совместно с четырехзначной АБ на участках, где обращаются поезда с максимальной скоростью 200 км/ч (рис. 2.11) обеспечивает на локомотивном индикаторе контроль свободности семи блок-участков и шести ступеней скорости. Блок-участок, на котором расположен поезд, ограждается светофором с красным огнем, предыдущий свободный блок-участок является ЗУ и ограждается таким же светофором.

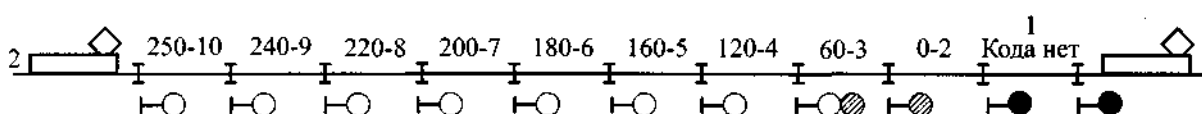


Рис. 2.11. Схема контроля скорости при АЛС-ЕН

Скорость поезда на блок-участке, огражденном светофором с желтым огнем, должна быть снижена до остановки (участок 0-2). Поэтому скорость проследования поездом светофора с одним желтым (немигающим) огнем по ПТЭ должна быть не более 60 км/ч, эта скорость указывается для блок-участка, огражденного одновременно горящими одним желтым и одним зеленым огнями (60-3). Следующие блок-участки ограждаются светофорами с зелеными огнями, которым на локомотивном индикаторе соответствуют следующие значения скоростей 120-4, 160-5, 180-6 и 200-7. Эти скорости должны быть достигнуты поездом в конце соответствующего блок-участка. При движении по железнодорожному участку высокоскоростных пассажирских поездов с максимальной скоростью 250 км/ч индикация скорости поезда дополняется тремя значениями: 220-8, 240-9 и 250-10.

Сложная зависимость тормозного пути от многих факторов, ограничение скорости $v_{ж} = v_{кж} v_y$, а также ответственность за проезд светофора с красным огнем приводит к тому, что машинисты снижают скорость слишком рано (рис. 2.12, кривая 1). Машинист идущего следом поезда, приближаясь к светофору с желтым огнем, начинает заблаговременно снижать скорость в надежде на смену сигнального показания более разрешающим. В результате сокращаются межпоездные интервалы и уменьшаются скорости. С другой стороны, задержка торможения при ожидании смены сигнального показания может привести к проезду светофора с красным огнем, поэтому совместно с АЛСН используют систему автоматического управления торможением поездов (САУТ), которая исключает проезды запрещающих сигналов и превышения допустимых скоростей, обеспечивая движение с максимальными по условиям безопасности скоростями (рис. 2.12, кривая 2). Система автоматизирует торможение поезда до установленной скорости или до остановки и передает машинисту информацию о расстоянии до ближайшего светофора, приеме поезда на главный или боковой путь и о разности фактической и допустимой скоростей в каждой точке пути.

Комплекс локомотивных устройств безопасности (КЛУБ-У) содержит требующую своевременного обновления информацию о плане и профиле пути, ограничениях скоростей и местах расположения светофоров АБ, что позволяет автоматически выдерживать установленную скорость поезда и останавливать его перед светофором с красным огнем. Эта система обеспечивает прием и индикацию сигналов АЛСН и АЛС-ЕН, измерение и индикацию скорости, контроль бдительности машиниста и контроль допустимой скорости, регистрацию параметров движения на съемной кассете с последующей автоматизированной дешифровкой, определение и передачу данных о координате и скорости поезда, а также времени с помощью устройств спутниковой навигации и связи.

Остановки поездов и связанные с этим потери пропускной способности можно уменьшить, если машинисты будут иметь возможность вести поезда при минимальных расстояниях между ними, позволяющих поддерживать одинаково изменяющуюся максимально возможную скорость. В таких условиях поезда образуют безостановочный поток, своевременно реагируя на изменения скорости. Для поддержания такого режима машинисты должны непрерывно получать информацию о расстоянии до впереди идущего поезда и его скорости. Поэтому информационные устройства должны измерять координаты поездов, их скорости, вычислять

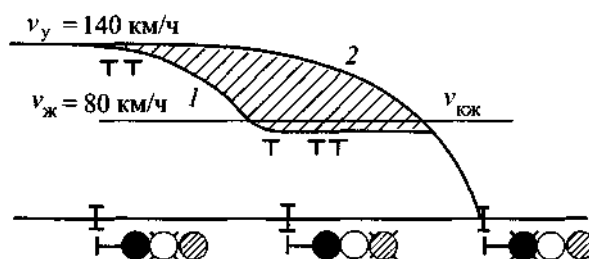


Рис. 2.12. Схема действия системы САУТ-У

расстояния между ними и передавать эти данные по радиоканалу на локомотивы. Такие устройства используют в Германии (LZB) и других странах.

Системы САУТ и КЛУБ-У обеспечивают автоматическое снижение скорости поезда до необходимой по условиям безопасности движения. При этом тормозной путь распределяется на ряд блок-участков, каждому из которых соответствует свое сигнальное показание и ступень снижения скорости. Экстренное торможение в случае превышения допустимой скорости здесь не используют, что исключает ненужные остановки поезда и облегчает труд машинистов.

ПТЭ определяют АБ и ПАБ как основные средства сигнализации и связи при движении поездов.

Движение поездов по неправильному пути двухпутных и многопутных перегонов, оборудованных АБ, может осуществляться по сигналам локомотивных светофоров. В этом случае границами блок-участков в неправильном направлении служат светофоры правильного направления. Скорость проследования границы блок-участка, когда на локомотивном светофоре загорается желтый огонь, должна быть не более 50 км/ч, а длина предыдущего блок-участка — достаточной для снижения служебным торможением установленной скорости до 50 км/ч. Нередко установленную скорость приходится уменьшить до значения, при котором это требование выполняется. Это является недостатком использования АЛС для движения по неправильному пути.

На отдельных участках может применяться АЛСО. Это позволяет не устанавливать проходные светофоры АБ, заменив их сигнальными знаками со светоотражателями и цифровыми табличками. Затраты на строительство и техническое обслуживание АБ сокращаются, но предъявляются повышенные требования к надежности локомотивной сигнализации. На каждом локомотиве необходимо иметь две независимо работающие системы АЛС (АЛСН и АЛС-ЕН) или системы КЛУБ-У, чтобы при отказе одной сохранялась возможность движения по сигналам другой. Это удорожает технические средства и является основным препятствием для широкого распространения этой системы.

На малоделятельных участках и подъездных путях в качестве средства связи при движении поездов ПТЭ разрешает применять электрожелезную систему и телефон. В исключительных случаях по указанию ОАО «РЖД» допускается отправлять поезда с разграничением временем (вслед) при резком увеличении размеров движения.

В соответствии с [12] отправление поездов с разграничением временем может применяться только на отдельных, лимитирующих пропускную способность перегонах с планом и профилем пути, обеспечивающим видимость на расстоянии не менее тормозного пути, не оборудованных АБ, а также на перегонах с АБ, в случае длительного повреждения устройств блокировки, после установления движения поездов по телефонным средствам связи.

Отправление поездов с разграничением временем на одно- и двухпутных перегонах производится только при наличии телефонных средств связи по правилам, установленным для однопутного движения, или с помощью электрожелезной системы. Железные аппараты перегонов, где допускается такое движение, должны иметь развинчивающиеся жезлы.

При отправлении с разграничением временем машинист первого поезда должен следовать с установленной скоростью, а второго — со скоростью, не более установленной для этих случаев приказом начальника железной дороги, соблюдая особую бдительность, чтобы немедленно остановиться, если встретится препятствие для дальнейшего движения.

На отдельных малоделятельных участках и железнодорожных подъездных путях ПТЭ допускают движение поездов: при посредстве одного локомотива, при посредстве одного жезла, по приказам поездного диспетчера, передаваемым непосредственно машинисту ведущего локомотива по радиосвязи. Перечень таких участков и путей и порядок организации движения поездов с использованием этих средств связи устанавливается приказом начальника железной дороги.

На любом пути межстанционного перегона в каждый момент времени может действовать только одно средство сигнализации и связи.

2.5. Интервалы между попутно следующими поездами

В соответствии с действующей методикой [37] расстановку светофоров трехзначной АБ выполняют по кривой скорости расчетного грузового груженого поезда, а светофоров четырехзначной АБ — расчетного пригородного поезда. Весовая норма и длина расчетного грузового поезда, а также серия локомотива устанавливаются заданием на проектирование. Для проверки длин блок-участков на соответствие тормозным путям строят кривые скорости пассажирского (весом 10 000 кН) и грузового ускоренного (весом 15 000 кН) поездов при условии их движения по участку с максимально возможными скоростями без остановок на промежуточных станциях. Максимальную скорость грузового поезда принимают равной 80 км/ч, а пассажирского — 120 км/ч. Кривую скорости расчетного поезда желательно строить с наиболее возможным учетом реальных условий проследования его по участку. Методика тяговых расчетов позволяет учесть изменения силы тяги локомотива и сопротивления движению, план и профиль участка.

Ограничение скорости на спусках принимают в соответствии с нормативами по тормозам к графику движения поездов [26]. Для исключения опрокидывания подвижного состава под действием центробежных сил наружный рельс кривой возвышают над внутренним (до 150 мм), а допустимую скорость движения определяют по формуле $v = 4,6 R$ км/ч, где R — радиус кривой, м. Нормы допустимых скоростей движения локомотивов и вагонов устанавливаются приказом МПС [35]. В соответствии с [17] и указанием ОАО «РЖД» скорость поезда не должна превышать 20 км/ч на расстоянии 400—500 м и быть не более 5—7 км/ч на расстоянии 100—150 м до запрещающего сигнала, чтобы исключить его проезд.

Сложнее установить необходимость остановок грузового поезда на промежуточных станциях, которая определяется принятой в графике схемой пропуска поездов и регулировочными мерами диспетчера в зависимости от ситуаций на участке. Наилучший вариант расстановки светофоров должен соответствовать наиболее частым условиям для пропуска поездов по участку.

На отдельных пунктах двухпутных линий остановки грузовых поездов для организации обгонов происходят реже, чем на однопутных, где необходимо выполнять обгоны и скрещения поездов. Поэтому на двухпутных линиях кривые скорости расчетного грузового поезда строят без остановок на отдельных пунктах, за исключением станций, где предусмотрена стоянка по техническим причинам, а на однопутных линиях — с остановками и без остановок на всех отдельных пунктах. На станциях с путевым развитием по продольной схеме и двухпутных вставках остановки поездов предусматривают перед выходом на однопутный участок. Кривые скорости пригородных поездов строят с остановками на всех отдельных пунктах и без остановок между зонными станциями.

Проверка длин блок-участков АБ с АЛСО на соблюдение условий обеспечения безопасности движения производится для заданных категорий поездов (грузовых, пассажирских, пригородных). При этом используются длины тормозных путей, рассчитанные для следующих режимов торможения: экстренное торможение — 100 % тормозного нажатия, полное служебное — 80 %, служебное — 65 % для грузовых поездов и 80 % для пассажирских.

При определении тормозного пути экстренного торможения с помощью устройств АЛС (автостопное торможение) должно учитываться расстояние, проходимое поездом за время смены показания локомотивного светофора АЛСН — 6 с (АЛСН-ЕН — 3 с) и время воздействия устройств АЛС на тормозную систему поезда 6 с. Время восприятия машинистом смены показания локомотивного светофора АЛСН (индикатора при АЛС-ЕН) должно приниматься равным 3 с.

По кривой скорости с засечками времени расчетного поезда определяют минимальный межпоездный интервал, который может быть реализован на заданном участке. Минимальное расстояние сближения поездов выбирают по условию их движения на зеленые огни светофоров. При трехзначной АБ оно выполняется при разграничении поездов тремя блок-участками, а четырехзначной — четырьмя. По существующим нормам минимальная длина блок-участка трехзначной АБ (l_{63}) или двух смежных блок-участков четырехзначной ($2l_{64}$) равна 1000 м и должна быть не менее тормозного пути полного служебного торможения при максимальной реализуемой скорости.

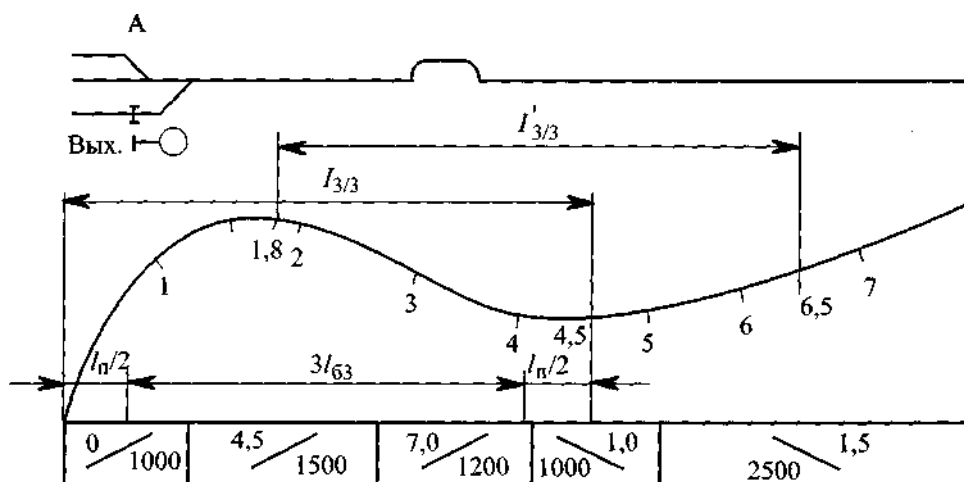


Рис. 2.13. Определение минимального интервала

Наибольшие межпоездные интервалы, определяющие пропускную способность участка, образуются на участках, проходимых с наименьшими скоростями (на затяжных подъемах и при отправлении поездов со станций после остановок). Поэтому при трехзначной АБ поезда на перегонах должны разделяться тремя блок-участками, а на выходах со станций и на перегонах с затяжными подъемами — двумя. Этот подход обеспечивает наибольшую пропускную способность участка, оборудованного АБ.

При трехзначной АБ и трехблочном разграничении поездов (рис. 2.13) для таких мест откладывают расстояние $L_3 = 3l_{63} + l_{п}$, где l_{63} принимается равной указанному тормозному пути, но не менее 1000 м. При $l_{63} = 1000$ м и $l_{п} = 1050$ м получают $L_3 = 3 \cdot 1000 + 1050 = 4500$ м. По засечкам времени определяют интервалы с округлением до 1 мин в большую сторону $l_{3/3}$, $l'_{3/3}$ и т.д. Из всех интервалов на участке выбирают наибольший, который используют как минимальный межпоездной. Если он не обеспечивает необходимую пропускную способность, то допускается двухблочное разграничение поездов на участках, проходимых с наименьшими скоростями. При этом к интервалу, определенному по засечкам времени, добавляется время $t = 0,3$ мин на восприятие машинистом смены сигнального показания и трогание поезда с места или для компенсации неравномерности хода попутных поездов.

При четырехзначной сигнализации минимальный интервал определяют при разграничении поездов четырьмя блок-участками наименьшей длины (см. рис. 2.2, в). Однако для пригородных поездов на участках приближения их к местам остановок разграничение может быть принято тремя или даже двумя блок-участками, при этом интервал увеличивается на время стоянки поезда $t_{ст} = 0,5$ мин. При трехблочном разграничении возможны два случая: первый поезд прошел сигнал, расположенный за платформой (рис. 2.14, а) или перед платформой (рис. 2.14, б). Из двух интервалов выбирают наибольший. При двухблочном разграничении поступают аналогично, только добавив $t_{ст} = 0,3$ мин (рис. 2.14, в или г, различающиеся расположением платформы).

В системах трехзначной (рис. 2.15) и четырехзначной (рис. 2.16, а) АБ с ЗУ при определении минимальных межпоездных интервалов в схемах разграничения попутно следующих поездов необходимо дополнительно учитывать длину. Эта длина должна быть не менее тормозного пути при экстренном торможении от устройств АЛС, а в случае подачи кода «Ж» в два смежных блок-участка (рис. 2.16, б) длина защитного участка принимается равной длине блок-участка.

В системе АЛСО при движении по сигналам АЛСН поезда должны разграничиваться на перегонах тремя (рис. 2.17, а) или четырьмя (рис. 2.17, б) блок-участками и ЗУ, а на выходе со станций и на перегонах с затяжными подъемами — двумя блок-участками и ЗУ.

В системе АЛСО при движении по сигналам АЛС-ЕН и минимальных скоростях пассажирских поездов 140 км/ч, а грузовых 90 км/ч, поезда должны разграничиваться на перегонах четырьмя блок-участками и ЗУ, а на выходе со станций и на перегонах с затяжными подъемами — тремя блок-участками и ЗУ.

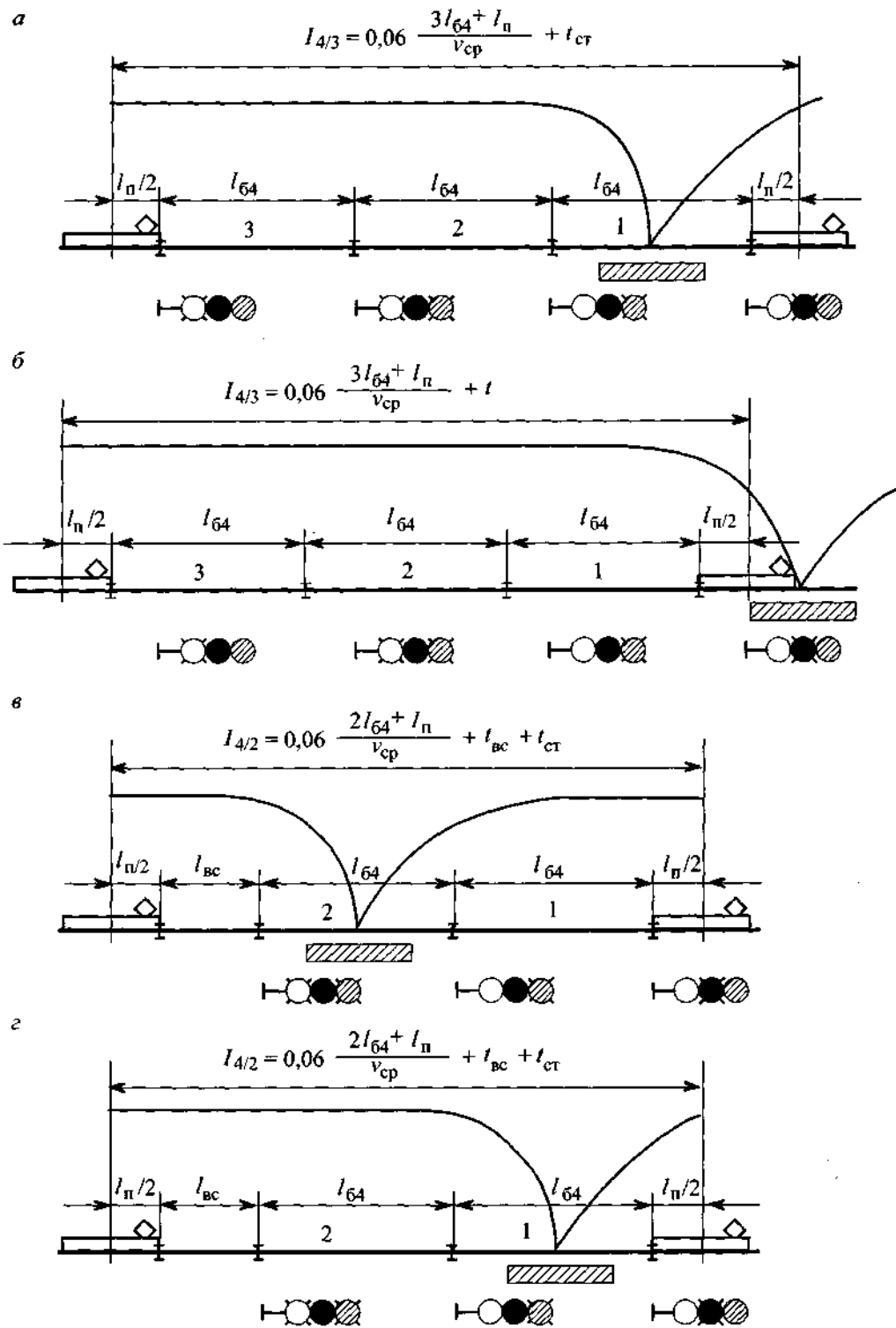


Рис. 2.14. Разграничение поездов при черырехзначной сигнализации

При скоростях таких поездов соответственно менее 140 и 90 км/ч разграничение следующих попутно может изменяться в зависимости от максимально допустимой скорости. Количество блок-участков разграничения поездов в этом случае должно обеспечивать возможность снижения скорости до установленной скорости вступления на блок-участок, предшествующий ЗУ.

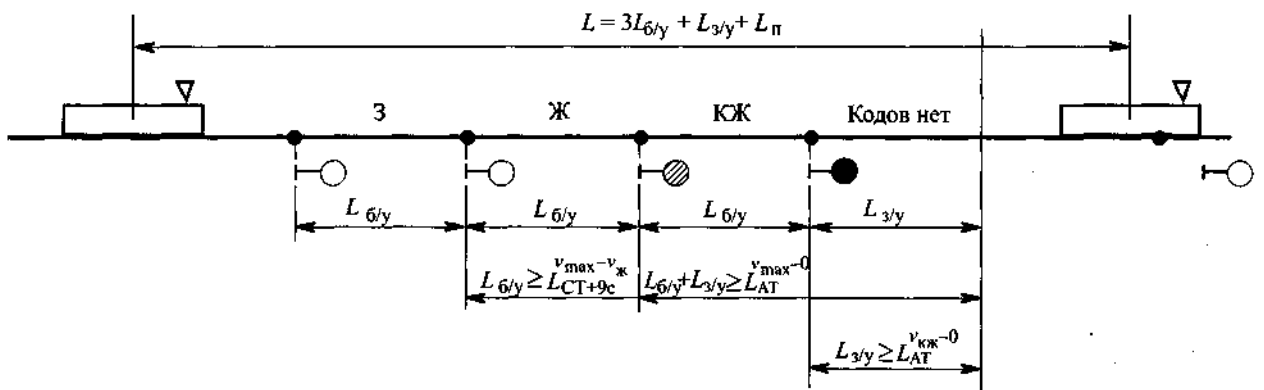


Рис. 2.15. Схема разграничения попутно следующих поездов по сигналам трехзначной АБ и АЛС: $L_{6/y}$ — длина блок-участка АБ; $L_{3/y}$ — длина защитного участка; L_{CT} , L_{AT} — длина тормозного пути при служебном (СТ) и экстренном торможении от устройств АЛС (АТ); v , $v_{ж}$ — допустимая скорость проследования светофора с одним желтым (немигающим) огнем, $v_{ж} = v \dots$

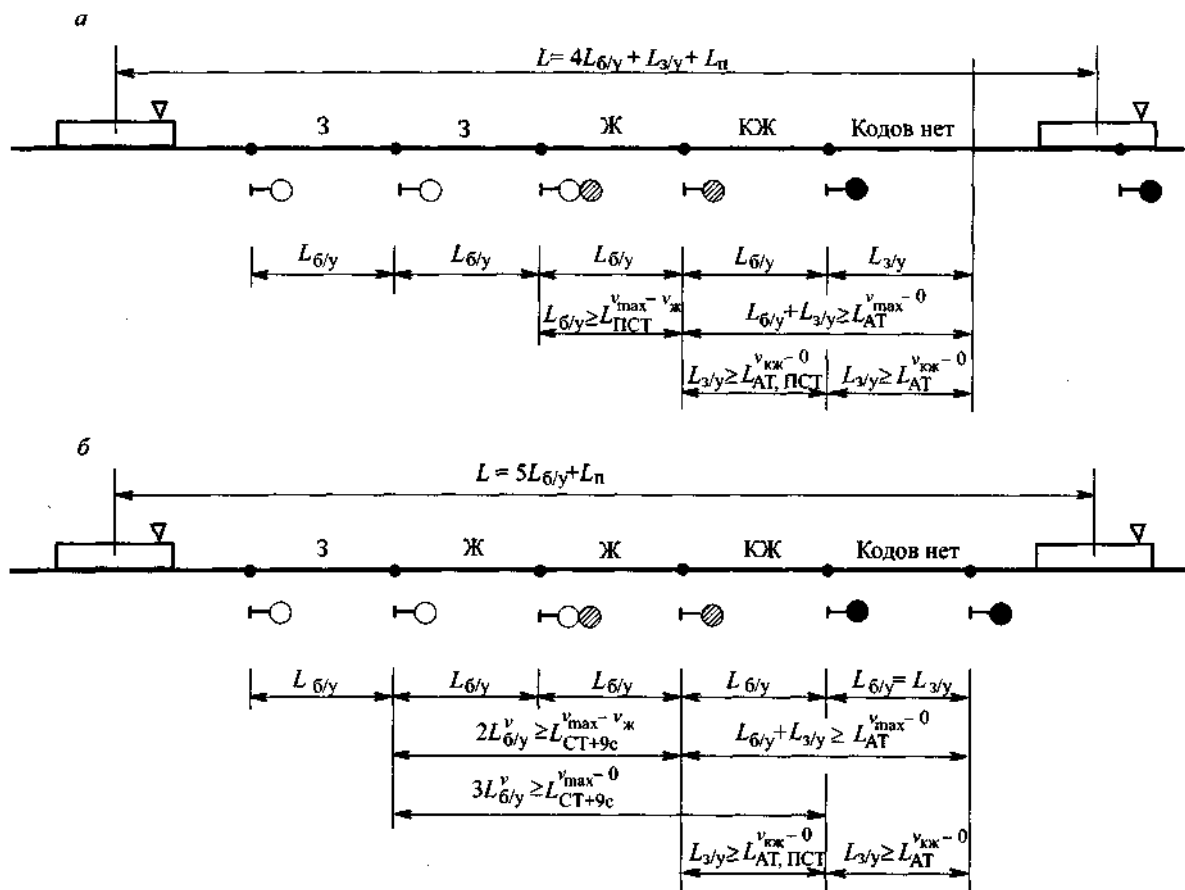


Рис. 2.16. Схема разграничения попутно следующих поездов по сигналам четырехзначной АБ и АЛС: *a* — подача кода Ж в один блок-участок; *б* — подача кода Ж в два блок-участка; $L_{6/y}$ — длина блок-участка АБ; $L_{3/y}$ — длина защитного участка; $L_{пст}$, L_{CT} , L_{AT} — длина тормозного пути при полном служебном (ПСТ), служебном (СТ) и экстренном торможении от устройств АЛС (АТ); v , $v_{ж}$ — допустимая скорость проследования светофора с одним желтым (немигающим) огнем, $v_{ж} = v_{кж}$.

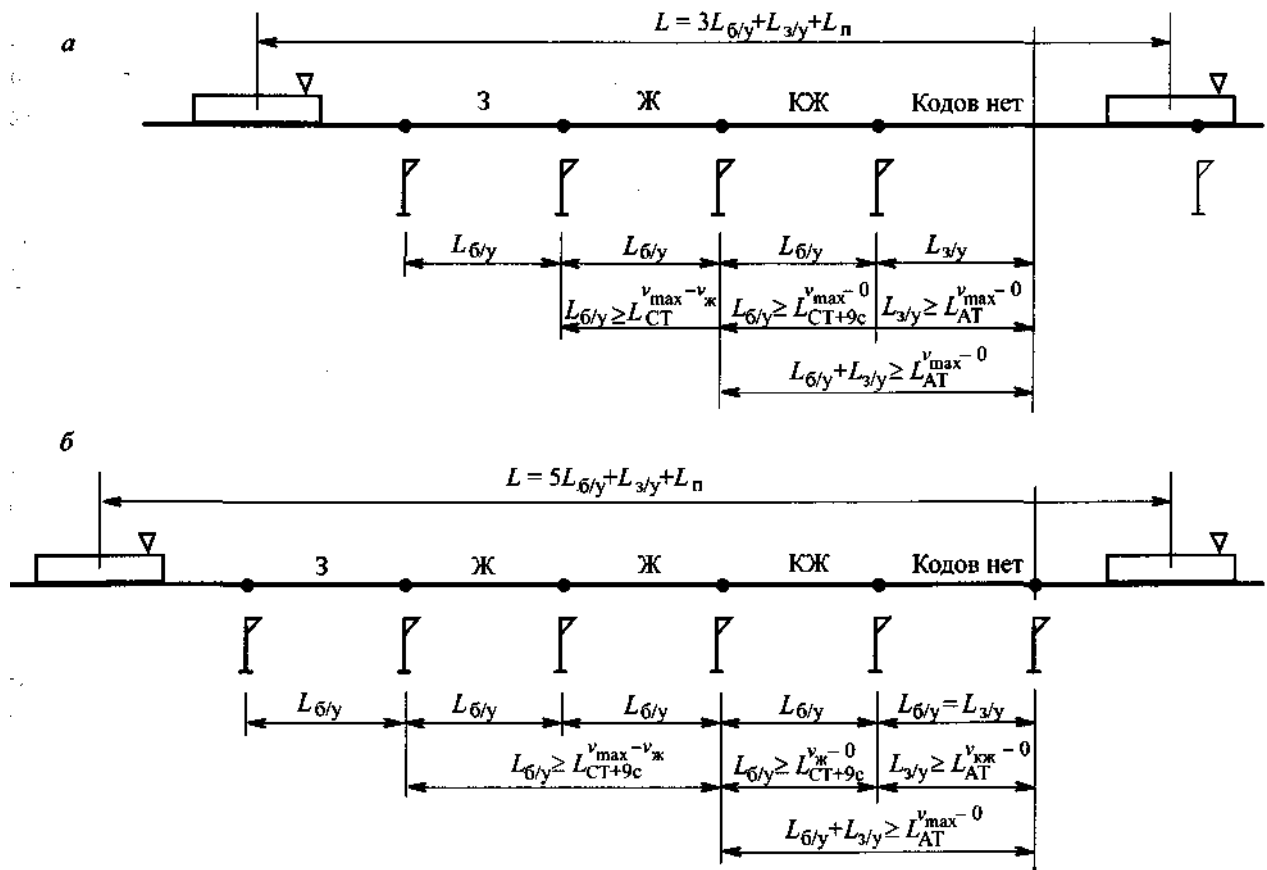


Рис. 2.17. Схема разграничения попутно следующих поездов по сигналам АЛСН при системе АЛСО: *a* — подача кода Ж в один блок-участок; *б* — подача кода Ж в два блок-участка; $L_{6/y}$ — длина блок-участка АБ; $L_{3/y}$ — длина защитного участка; L_{CT} , L_{AT} — длина тормозного пути при служебном (СТ) и экстренном торможении от устройств АЛС (АТ); $v_{ж}$, $v_{КЖ}$ — допустимая скорость проследования светофора с одним желтым (немигающим) огнем, $v_{ж} = v_{КЖ}$

Для исключения задержек поездов перед станциями нужно, чтобы минимальный перегонный межпоездный интервал I был не менее станционного интервала I_{CT} , необходимого для приема поезда на боковой путь станции (рис. 2.18). $I_{CT} = 0,06(l_{\Pi} + l_{BC} + l_{6} + l_{BX})/v_{BX} + t_M$, мин, где l_{6} — длина блок-участка между предвходным 2 и входным Ч светофорами, м; l_{BX} — расстояние между входным светофором и изолирующим стыком пути приема, м; v_{BX} — средняя скорость поезда, км/ч; t_M — длительность приготовления маршрута, мин.

Следовательно I_{CT} определяется так, чтобы к моменту приближения второго поезда на расстояние l_{BC} к предвходному светофору 2 первый поезд успел освободить стрелки, а маршрут приема второго поезда был приготовлен и входной светофор открыт. Принимая длительность восприятия сигнала машинистом $t_{BC} = 0,1$ мин, по засечкам времени на кривой скорости определяем первое слагаемое приведенной формулы ($19 - 11,6 = 7,4$ мин).

Затраты времени на приготовление маршрута t_M зависят от способа управления стрелками и светофорами. Наиболее точно их определяют путем хронометража, но для расчетов их можно принять равными 3—6 мин при ручном управлении стрелками; 0,2—0,6 мин при ЭЦ с отдельным управлением стрелками и светофорами; 0,1 мин при маршрутном управлении. Если в результате проверки окажется, что $I_{CT} \geq I$ (см. рис. 2.18; это имеет место при ручном управлении стрелками; $7,4 + 4 = 10$ мин), то принимают меры по сокращению I_{CT} , в основном за счет строительства ЭЦ. Кроме того, с целью сокращения I_{CT} максимальная длина блок-участка между предвходными и входными светофорами установлена равной 1500 м.

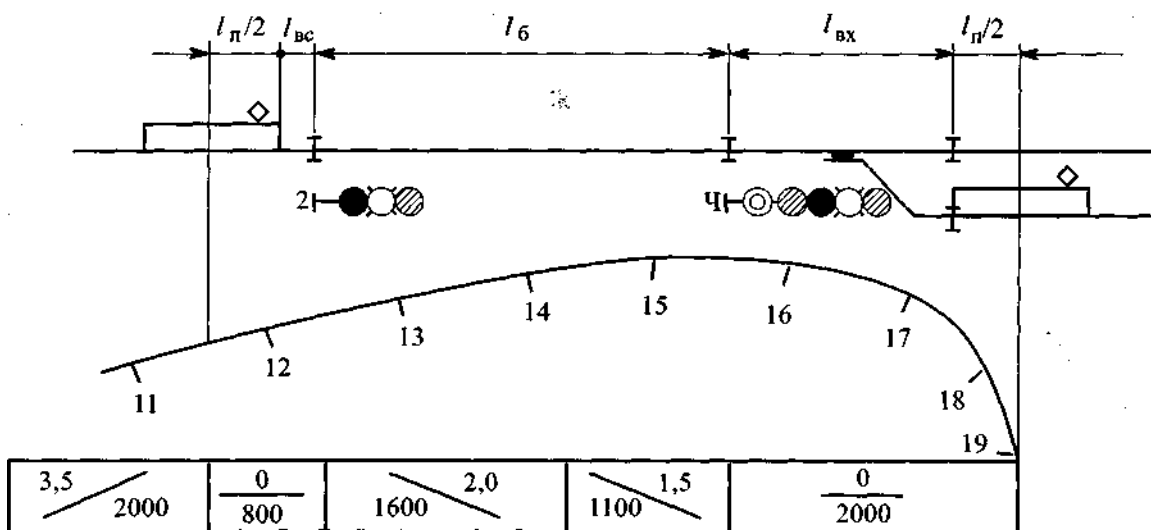


Рис. 2.18. Определение времени входа поезда на станцию

Определенный по рассмотренной методике межпоездной интервал используют при расчетах пропускной способности железнодорожного участка, построении графика движения поездов и расстановке светофоров АБ.

2.6. Расстановка светофоров автоблокировки и сигнальных знаков «Граница блок-участка»

Расстановка светофоров АБ и длины блок-участков при системе АЛСО должна обеспечивать пропуск поездов с наибольшими установленными ПТЭ скоростями пассажирских поездов 140 км/ч и грузовых — 90 км/ч.

Существуют следующие способы расстановки светофоров АБ: по максимальным тормозным путям обращающихся поездов; через одинаковые расстояния, не меньшие максимального тормозного пути для всех поездов на участке; по засечкам времени на кривой скорости расчетного поезда; с помощью кривых времени, построенных для хвоста первого и головы второго поездов.

При первом способе (рис. 2.19) строят кривую скорости поезда, имеющего наибольшие тормозные пути, и, начиная от выходного светофора (Ч2), откладывают длины блок-участков трехзначной АБ, равные тормозным путям полного служебного торможения при минимальном тормозном нажатии. В случае строительства четырехзначной АБ, указанные тормозные пути размещают в пределах двух блок-участков. Преимуществами этого способа являются его

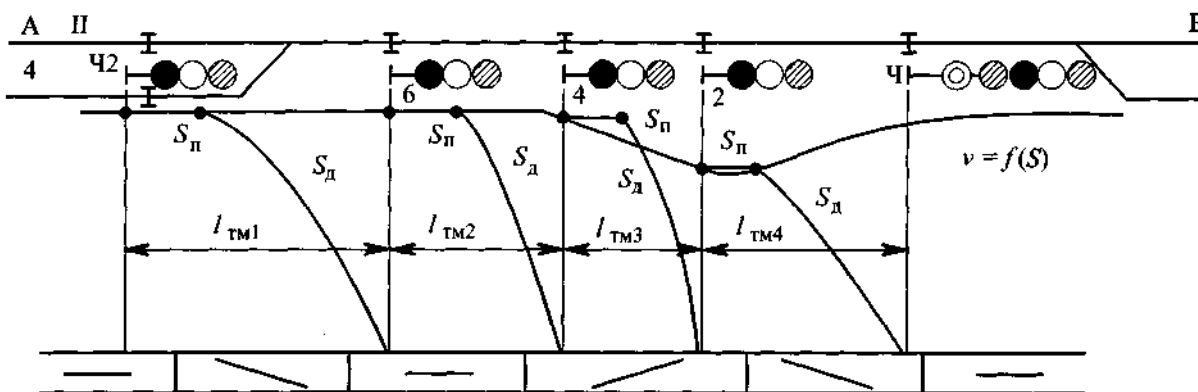


Рис. 2.19. Расстановка светофоров по тормозным путям

простота и возможность получения блок-участков минимальной длины, что позволяет ускорить пропуск поездов после задержек. Однако сокращение длин блок-участков влечет увеличение количества светофоров на 5—15 %. Поэтому указанный способ расстановки светофоров разрешается применять только на двухпутных грузонапряженных линиях.

Второй способ отличается от первого только тем, что длины всех блок-участков делают равными наибольшему тормозному пути, полученному на максимальном для данного участка спуске. На подъемах, площадках и меньших спусках блок-участки получаются излишне длинными, что увеличивает межпоездные интервалы, но создает резерв тормозных путей для повышения скоростей при введении более мощных локомотивов. В нашей стране этот способ не используют.

Третий способ применяют при проектировании трехзначной АБ.

Рассмотрим расстановку светофоров по засечкам времени на кривой скорости расчетного грузового поезда длиной $L_n = 1050$ м при минимальном межпоездном интервале $I = 10$ мин (рис. 2.20). Предположим, что места расположения выходного Н1 и входного Н светофоров определены в соответствии с правилами их установки на станциях.

На кривой скорости найдем засечку времени 10 мин, соответствующую минимальному интервалу, и, отложив от нее расстояние $l_n / 2$ в направлении, противоположном движению поезда, получим место установки светофора, который отнесем к I серии. В результате время движения поезда 1 от момента расположения головы перед выходным светофором Н1 станции А и до прохода хвоста за светофор I будет равно минимальному интервалу, по истечении которого со станции А можно отправить следующий поезд 2. Однако для того чтобы поезд 2 следовал за поездом 1 с трехблочным разграничением, необходимо разделить участок пути между светофорами Н1 и I на три блок-участка с установкой на их границах светофоров II и III серий. Поскольку предполагается, что поезда 1 и 2 поддерживают скорости в соответствии с кривой $v = f(S)$, то для сохранения между ними минимального интервала, гарантирующего движение поезда 2 на зеленые огни светофоров, время прохождения каждого блок-участка должно быть одинаковым. Поэтому по минутным засечкам вычисляют время хода поезда от светофора Н1 до светофора I и делят его на три. Расположению светофора Н1 соответствует отметка 1,3 мин на кривой скорости, а светофора I — 9,4 мин. Искомый промежуток времени $t_i = (9,4 - 1,3)/3 = 2,7$ мин. Вычитая из отметки времени светофора I, получим $(9,4 - 2,7 = 6,7$ мин) отметку времени, соответствующую месту установки светофора II серии. Прибавив к отметке времени 1,3 мин светофора Н1 $t_i = 2,7$ мин, получим $(1,3 + 2,7 = 4$ мин) отметку времени, которая определяет место установки светофора III серии.

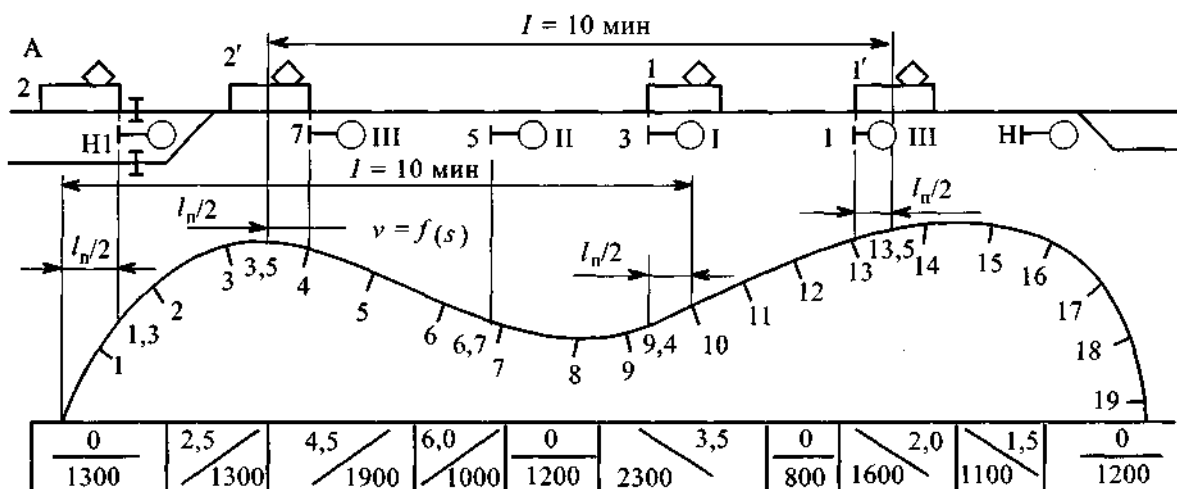


Рис. 2.20. Расстановка светофоров по кривой скорости с засечками времени

Теперь необходимо проверить длины блок-участков между светофорами Н1 и III; III и II; II и I на соответствие тормозным путям пассажирского и ускоренного грузового поездов. Длины блок-участков менее наибольшего тормозного пути увеличим, сдвигая светофоры II и III. Если между светофорами Н1 и I нельзя разместить три блок-участка нужных длин, то разграничим поезда двумя блок-участками, т.е. разделим время хода поезда между этими светофорами на два и установим только светофор II серии. Если и при двухблочном разграничении хотя бы один из блок-участков получится менее необходимого тормозного пути, то с шагом в 1 мин увеличим расчетный межпоездной интервал и повторим расстановку светофоров.

В момент приближения головы поезда 2 к светофору III серии хвост поезда 1, идущего впереди с интервалом $I=10$ мин, должен находиться за следующим светофором III серии, поэтому от найденной координаты светофора III серии отложим влево расстояние $l_n / 2$ и найдем отметку времени на кривой скорости (3,5 мин). Прибавляя к этой отметке минимальный интервал, получим отметку времени (13,5 мин), соответствующую расположению центра тяжести впереди идущего поезда 1. Далее, отложив влево от этой точки расстояние $l_n / 2$, получим координату второго светофора III серии. Аналогично определим места установки следующих светофоров III, а также I и II серий на всем перегоне. Светофоры для движения поездов в противоположном направлении расставляют по изложенной методике, используя соответствующую кривую скорости с засечками времени.

Четвертый, наиболее трудоемкий, но самый точный способ применяют при проектировании четырехзначной АБ и в метрополитене.

Рассмотрим расстановку светофоров по кривым времени, построенным для хвоста первого XI и головы второго Г2 поездов (рис. 2.21), применительно к трехзначной сигнализации. Для получения кривой XI кривую времени необходимо сдвинуть влево на расстояние $l_n / 2$, поскольку кривую времени $t = \varphi(S)$ строят для центра тяжести поезда. Для получения кривой Г2 поднимаем кривую времени в начальной точке на значение минимального интервала и сдвинем вправо на расстояние $l_n / 2$. На координате выходного светофора Ч2 между кривыми XI и Г2 проведем вертикальную линию и разделим ее на равные части, число которых равно принятому числу блок-участков разграничения поездов. Через точки деления 1, 2 и 3 проведем горизонтальные линии 1—1', 2—2', 3—3', точки пересечения которых 3', 2' и 1' с кривой XI определяют места установки первых светофоров I, II и III серий. Координату следующего светофора найдем,

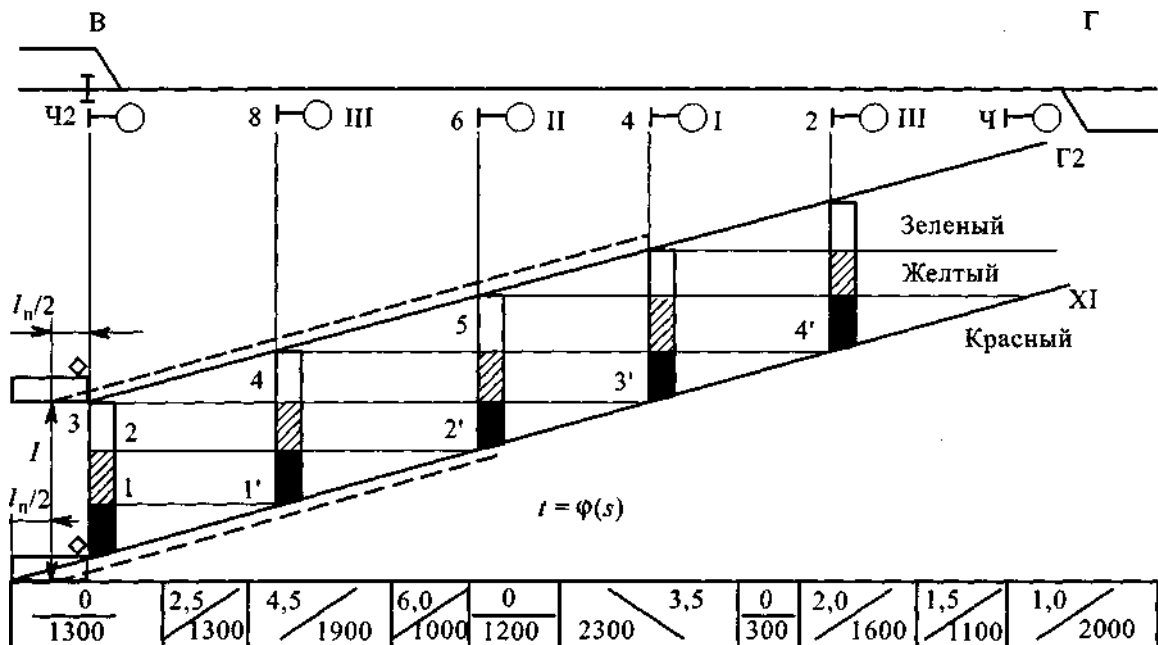


Рис. 2.21. Расстановка светофоров по кривым времени

проводя из точки 1' вертикальную линию до пересечения с кривой Г2 в точке 4, а из последней — горизонтальную линию до пересечения с кривой XI в точке 4у. Аналогично определим места установки остальных перегонных светофоров, учитывая требования к длинам блок-участков.

При двухблочном разграничении методика расстановки светофоров отличается тем, что из вертикального отрезка времени включения сигнальных показателей сверху вычитают время t_{BC} , а оставшуюся часть делят на два.

Расстановку светофоров при четырехзначной системе сигнализации выполняют аналогично. В случае четырехблочного разграничения отрезок между кривыми XI и Г2 делят на четыре, а в случае трехблочного вычитают время t_{bc} , а оставшуюся часть делят на три. При двухблочном разграничении поездов необходимо сверху из отрезка времени горения огней светофоров вычесть сумму $t_{BC} + t_{CT}$ и разделить оставшуюся часть на два.

Произведенная любым способом расстановка светофоров сопровождается корректировкой длин блок-участков. Прежде всего на их соответствие тормозным путям (см. рис. 2.15, 2.16 и 2.17).

Для обеспечения возможности остановки поезда перед светофором с красным огнем длина каждого блок-участка трехзначной АБ должна быть не менее тормозного пути полного служебного или автостопного торможения при максимальной реализуемой скорости, но не менее 1000 м. На затяжных подъемах и выходах со станций, на которых все поезда имеют остановки, указанный тормозной путь может быть менее 1000 м, однако увеличение длин блок-участков до 1000 м предусматривается для повышения реализуемой скорости при введении более мощных локомотивов.

При четырехзначной сигнализации указанное требование относится к сумме длин двух смежных блок-участков. Кроме того, для совместной работы четырехзначной АБ и АЛСН длина каждого блок-участка должна быть достаточной для снижения скорости поезда полным служебным торможением с максимальной реализуемой в данном месте пути v_{max} до скорости прохода светофора с желтым огнем ($V_{ж} = 60$ км/ч) и от последней до остановки. Если длина тормозного пути при автостопе превысит сумму длин двух смежных блок-участков, то длина каждого из них принимается равной половине этого тормозного пути.

На главных путях станций, являющихся прямым продолжением путей перегонов, расстояния между смежными светофорами должны отвечать требованиям, предъявляемым к блок-участкам АБ. В тех случаях, когда это расстояние менее требуемого тормозного пути, но не менее тормозного пути при полном служебном торможении со скорости $v_{кж}$, контролируемой устройствами АЛСН при красном с желтым огнем локомотивного светофора (рис. 2.22, а), то на светофоре, ограждающем этот участок пути (НМ1А), устанавливают световой указатель в виде двух стрел, а на предупредительном к нему светофоре (Н) — указатель в виде одной стрелы. Если установленная по станции скорость менее $v_{кж}$, то тормозной путь проверяют по этой скорости.

При длине станционного блок-участка меньшей тормозного пути со скорости $v_{кж}$ (рис. 2.22, б) на входном светофоре (Н) применяют четырехзначную сигнализацию.

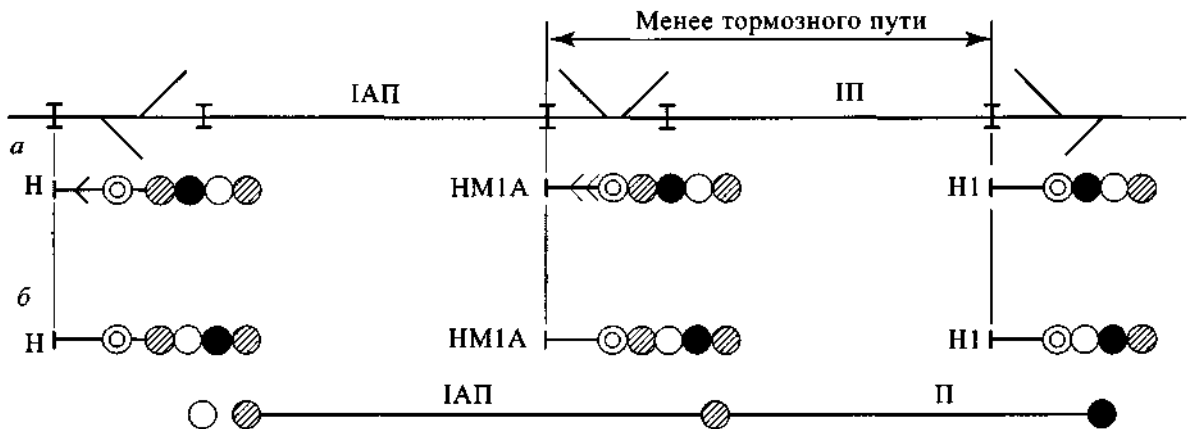


Рис. 2.22. Сигнализация при длине станционного блок-участка менее тормозного пути

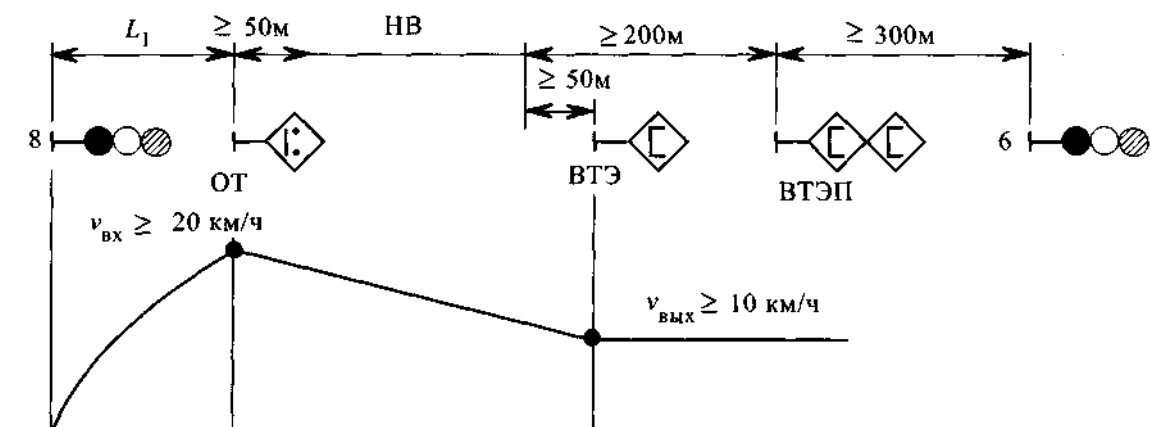


Рис. 2.23. Размещение светофоров автоблокировки у нейтральной вставки

На участках с электрической тягой каждый входной светофор должен устанавливаться на расстоянии не менее 15 м (в сложных условиях до 5 м) от указателя «Опустить токоприемник», а при его отсутствии — от первой опоры по ходу движения поезда, ограничивающей изолирующее сопряжение анкерного участка контактной сети.

Изолирующее сопряжение разделяет контактные сети перегона и станции, которые в его пределах заканчиваются на опорах с грузами (анкерных), создающих натяжение контактного провода. При ремонте контактная сеть станции с помощью разъединителя может отключаться от сети перегона и заземляться, поэтому входной светофор нужно размещать так, чтобы остановленный перед ним электровоз не мог соединить токоприемником контактные сети перегона и станции. При отсутствии проекта контактной сети на участках железных дорог, подлежащих в ближайшие пять лет переводу на электрическую тягу, входные светофоры устанавливаются на расстоянии не менее 300 м от первого стрелочного перевода.

На участках с электрической тягой переменного тока в местах стыков контактных проводов, питаемых от разных трансформаторов, устраивают нейтральные вставки НВ (рис. 2.23), которые поезда должны проходить с выключенными двигателями. На расстоянии 50 м перед НВ устанавливают знаки «Отключить ток» (ОТ), «Включить ток на электровозе» (ВТЭ) на расстоянии 50 м за НВ и «Включить ток на электропоезде» (ВТЭП) на расстоянии 200 м за НВ.

Расстояние L от знака ОТ до светофора 8 должно быть достаточным для разгона остановившегося поезда до скорости $v_{вх} \geq 20$ км/ч у знака ОТ и скорости $v_{вых} \geq 10$ км/ч у знака ВТЭ.

Первый светофор 6 за НВ устанавливают на расстоянии не менее 300 м от знака ВТЭП, чтобы пригородный электропоезд, остановленный перед светофором, имел возможность разместиться вне пределов НВ. Это позволяет исключить подачу напряжения на НВ через токоприемники электропоезда в момент трогания его с места. При затруднениях с размещением НВ и светофоров расстояние между знаком ВТЭП и светофором может быть уменьшено до 50 м, а между знаком ВТЭ и светофором — до 150 м.

Переездная сигнализация должна выключаться после освобождения переезда поездом и не вызывать задержек автотранспорта, поэтому изолирующие стыки и светофор АВ следует размещать на двухпутных линиях (рис. 2.24, а) за переездом на расстоянии от 15 до 100 м от его края, а на однопутных линиях (рис. 2.24, б) на расстоянии от 15 до 40 м. В случае расположения светофора от переезда на расстояниях, превышающих допустимые, для выключения переездной сигнализации устанавливают дополнительные изолирующие стыки. При этом длина рельсовой цепи между переездными стыками и стыками светофора должна быть не менее 200 м.

При расстановке следует стремиться к наибольшей спаренности светофоров противоположных направлений на одной ординате, что на однопутных линиях уменьшает число трансляцион-

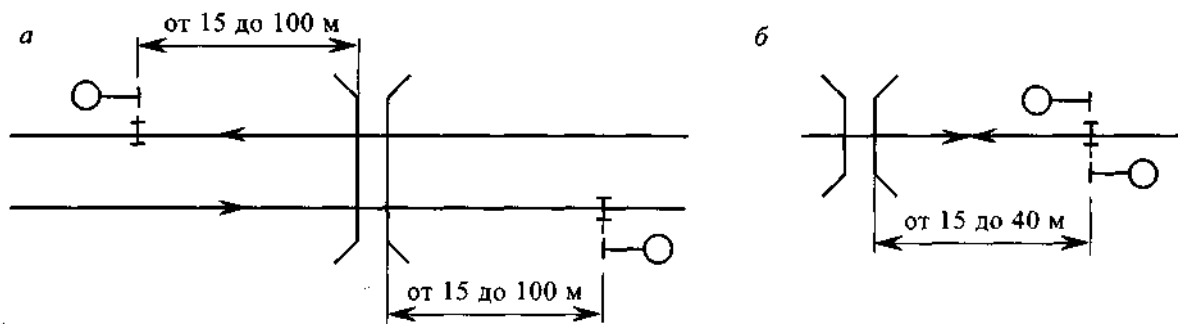


Рис. 2.24. Размещение светофоров автоблокировки у переездов

ных установок. Электроснабжение спаренной сигнальной установки осуществляется от одного линейного трансформатора, что снижает стоимость строительства АБ. Если на участке проектируется или уложен бесстыковой путь, расстановку светофоров нужно выполнять с учетом максимально возможного использования стыков длинносварных рельсов.

По ПТЭ видимость сигнальных показаний светофоров должна быть не менее 1000 м на прямых участках пути, 400 м в кривых и 200 м на сильно пересеченной местности (горы, глубокие выемки), поэтому следует стремиться размещать светофоры перед кривыми участками пути, выемками, мостами, тоннелями и т.д.

Рекомендуется избегать размещения светофоров на подъемах, преодолеваемых за счет разгона, а также в местах перелома профиля, где трогание с места вызывает значительные усилия в сцепных приборах тяжеловесного поезда и может привести к разрыву автосцепки. На пригородных участках следует устанавливать светофоры за платформами для обеспечения возможности посадки и высадки пассажиров в случае остановки поезда перед красным огнем.

При корректировке мест установки светофоров трехзначной АБ допускаются отклонения от расчетного интервала в пределах ± 1 мин, а в случае разграничения поездов двумя блок-участками — только в сторону уменьшения интервала.

По условиям устойчивой работы рельсовой цепи длина блок-участка не должна превышать 2200 м и быть не менее $l_{т\max}$, но и не менее 1000 м, а между входными и предвыходным — не более 1500 м.

Если после всех допустимых корректировок проходной светофор АБ все же приходится размещать на затяжном подъеме, то с помощью тяговых расчетов определяют вес поезда, при котором не обеспечивается трогание с места. При обращении по участку таких и более тяжеловесных поездов проходной светофор (кроме предвыходного) с разрешения начальника дороги дополняют условно-разрешающим сигналом-щитком с отражательным знаком прозрачно-белого цвета в виде буквы Т. Этот знак разрешает грузовому поезду проследовать светофор с красным огнем со скоростью не более 20 км/ч, соблюдая особую бдительность и готовность немедленно остановиться, если встретится препятствие для дальнейшего движения, что позволяет преодолеть подъем за счет разгона.

После расстановки и корректировки светофоры АБ нумеруют в пределах каждого перегона, начиная от входных: в четном направлении четными порядковыми номерами, а в нечетном — нечетными. Предложенную проектировщиками расстановку светофоров АБ проверяет комиссия во время поездки по участку. В состав комиссии входят представители служб движения, локомотивного хозяйства, сигнализации, централизации и блокировки, пути и сооружений, энергоснабжения, которые при необходимости корректируют места установки светофоров и оформляют совместное решение актом. По утвержденной комиссией расстановке светофоров проектировщики АБ составляют путевой план перегонов, на котором указывают координаты светофоров, линейные провода и размещение аппаратуры.

2.7. Автоматизация вождения поездов

При вождении поездов машинисту необходимо учитывать вес, длину, ходовые и тормозные свойства поезда, план и профиль пути, ограничения скоростей, погодные условия, а также движение впереди идущих поездов. Не все машинисты грузовых поездов успешно справляются со столь сложной задачей, что влечет превышение норм расхода топлива и электроэнергии. Облегчение труда машинистов и сокращение энергозатрат могут быть достигнуты с помощью автоматизации вождения поездов, опыт применения которой позволяет сделать ряд полезных выводов.

Известны устройства программного вождения грузовых поездов, при которых, на основе опыта лучших машинистов, для заданного участка составляют программу переключений позиций контроллера в зависимости от пройденного расстояния. Машинисту достаточно ввести в устройство информацию об ограничениях скоростей и весе поезда, разогнать последний до скорости более 15 км/ч и включить автоматическое управление. Экономия энергии при использовании такого устройства достигает 6 % за счет более точного соблюдения ограничений скоростей и выбора лучших режимов работы тяговых двигателей. Однако система становится неработоспособной при появлении на локомотивном светофоре желтого огня, когда скорость поезда определяется условиями его пропуска по участку, учитывать которые приходится машинисту.

В метро движение поездов отличается особой интенсивностью (до 48 поездов в час) и высокими требованиями к точности выполнения графика (± 5 с), а отклонения мест остановки поездов для станции с открытыми и закрытыми платформами не должны превышать соответственно $\pm 1,5$ и $\pm 0,45$ м. Даже сравнительно небольшое опоздание поезда в часы пик резко увеличивает его загрузку пассажирами. На следующих станциях такой поезд вынужден удлинять стоянки, что еще больше влияет на его опоздание и задерживает идущие за ним поезда.

От диспетчера и машинистов требуется выполнение сложной работы по сокращению задержек и равномерному распределению пассажиров по поездам, что обуславливает насущную необходимость автоматизации.

В России имеется многолетний опыт успешной эксплуатации различных систем автовождения поездов метро. Первые системы были разработаны в 1960-е гг. ГТСС для Ленинградского метро и МИИТ для Московского.

Основы алгоритма функционирования существующих систем рассмотрим на примере комплексной системы автоматического управления поездами метрополитена (КСАУПМ), применяемой в Санкт-Петербурге, в которой предусмотрено два режима работы — без регулирования и с регулированием отклонений от графика.

Время отправления поезда со станции в режиме без регулирования отклонений t_{po} определяется центральным вычислительным устройством по формуле:

$$t_{po} = t_{\text{фн}} + t_{\text{ст}} - t_y,$$

где $t_{\text{фн}}$ — время фактического прибытия поезда на станцию;

$t_{\text{ст}}$ — длительность заданной стоянки поезда на станции;

t_y — время упреждения выдачи сигнала отправления поезда со станции, необходимое для автоматического оповещения пассажиров, закрытия дверей и приведения поезда в движение.

При регулировании отклонений от графика время отправления поезда со станции определяют с учетом времени отправления впереди идущего поезда с данной станции, времени отправления сзади идущего поезда с предыдущей станции и возможностей регулирования скоростей поездов на прилегающих к данной станции перегонах.

Отправить данный поезд со станции можно лишь после минимальной стоянки и минимального интервала относительно времени отправления с этой станции впереди идущего поезда. Если задержано отправление сзади идущего поезда с предыдущей станции и ввод его в график невозможен путем сокращения перегонного времени хода, то в допустимых пределах увеличивают стоянку данного поезда с целью взять больше пассажиров.

В случае задержки прибытия поезда на станцию до минимума сокращают его стоянку и, если необходимо, время хода по перегону. Это время регулируют изменением момента отключения

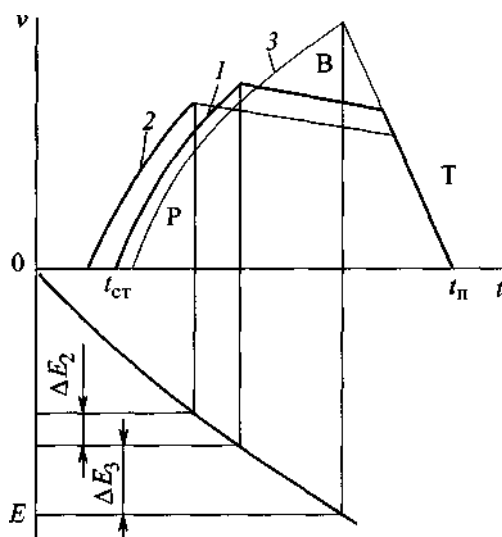


Рис. 2.25. Зависимость затрат энергии от длительности стоянки

тяговых двигателей поезда, а остановкой его на станциях управляют с помощью тормозных программ, управляемых с помощью индуктивных линий, питаемых от высокочастотных генераторов.

Испытания существующих систем автоведения поездов метро показали, что они соответствуют предъявляемым требованиям, но в часы пик уступают по качеству управления машинистам, которые могут прогнозировать взаимные задержки поездов.

В пригородном сообщении и метро движение поездов между остановочными пунктами (рис. 2.25) чаще всего состоит из разгона (P), выбега (B) и торможения (T). Если допустимо сокращение времени стоянки $t_{ст}$, то можно, сохраняя время прибытия поезда на соседний остановочный пункт неизменным, увеличить время движения на выбеге (кривая 2). Зависимость между скоростью v и расходом энергии E близка к квадратичной, поэтому небольшое сокращение стоянки дает существенную экономию энергии E_2 , а задержка отправления (кривая 3) сопровождается значительными ее потерями E_3 . Скорость перехода на выбег по времени начала движения может определяться аппаратурой поезда или центрального поста управления.

Отправляясь с остановочного пункта при зеленом огне светофора 8, машинист пригородного поезда не может знать сигнальное показание входного светофора Ч (рис. 2.26, а) следующей станции. Он разгоняет поезд до известной ему скорости, обеспечивающей заданное перегонное время хода t_1 (рис. 2.26, б). В момент приближения к светофору Ч на расстоянии тормозного пути станция может оказаться не в состоянии принять поезд. Он останавливается, ожидает открытия светофора Ч, вновь разгоняется до скорости движения по стрелкам и прибывает на станцию в момент t_2 .

Более рациональный режим ведения поезда может быть получен при увязке станционных и перегонных устройств в автоматизированный комплекс, в котором ЭВМ определяет скорость разгона v_2 , обеспечивающую подход поезда на расстояние тормозного пути к входному светофору в момент его открытия. Это позволяет сократить затраты энергии на величину $E_1 + E_2$ и гарантировать прибытие поезда на станцию в момент t_3 , меньший t_2 на время остановки и разгона.

Отсутствие у машинистов достаточной информации затрудняет выбор оптимального режима управления в условиях снижения скорости или остановки впереди идущего поезда. Это приводит к ненужным остановкам поездов, сопровождающимся потерями времени и энергии при замедлениях и разгонах. Наиболее часто такие ситуации возникают на подходах к крупным станциям из-за отсутствия свободных путей приема. Особенно важен прогноз времени освобождения впереди идущим поездом затяжного подъема для машиниста, ведущего тяжеловесный поезд, остановка которого по условиям трогания с места должна исключаться не только на перегонах, но и на станциях, где использование условно-разрешительных сигналов не допускается. Следовательно, необходима система, непрерывно передающая на локомотив информа-

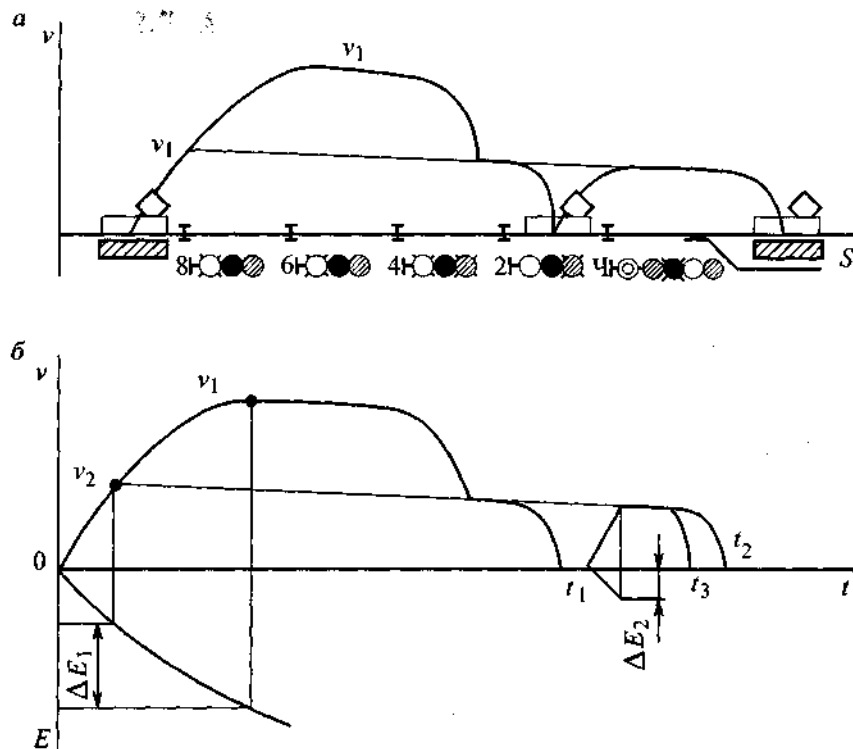


Рис. 2.26. Графики регулирования скоростей разгона поездов

цию о расстоянии до впереди идущего поезда и скорости его движения. На основе этих данных машинист сможет выбирать такой режим ведения поезда, при котором обеспечивается максимально возможная скорость и межпоездной интервал, исключая остановки при нагонах. Работа такой системы требует быстрой передачи значительного объема информации между поездами и центром управления и открывает широкие возможности для централизованного управления движением поездов, особенно оправданного на пригородных участках с большим объемом перевозок. На основе информации о местах расположения и скоростях движения поездов, а также продолжительности стоянок можно прогнозировать ситуации на участке и выдавать каждому поезду указания о требуемой скорости движения. Поддержание этой скорости, при условии контроля безопасности движения, может быть поручено машинисту, а в дальнейшем — устройствам автоматики.

При создании устройств автоведения поездов невозможно исключить аварийные ситуации, в которых наилучшим решением останется передача управления машинисту. Следовательно, автоведение имеет целью не ликвидацию профессии машиниста, а рациональное распределение функций управления между человеком и техникой в комплексной системе регулирования движением поездов.

Глава 3. СТАНЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

3.1. Раздельные пункты

3.1.1. Классификация раздельных пунктов

На железнодорожном транспорте движение поездов производится с разграничением их раздельными пунктами. Этим обеспечивается безопасность движения и необходимая пропускная способность железнодорожных линий. Все раздельные пункты подразделяются на два крупных класса: имеющие и не имеющие путевого развития (рис. 3.1). К раздельным пунктам без путевого развития относятся проходные светофоры АБ (см. п. 2.3), указатели «Граница блок-участка» (см. п. 1.3) при АЛС, применяемой как самостоятельное средство сигнализации и связи без напольных светофоров (АЛСО), а также путевые посты. К раздельным пунктам с путевым развитием относятся разъезды, обгонные пункты и станции.

При АЛСО на границах блок-участков устанавливаются сигнальные знаки со светоотражателями и цифровыми литерными таблицами на расстоянии не менее 3100 мм от оси пути. На однопутных участках указатели «Граница блок-участка» размещаются со стороны установки километровых знаков и имеют сигнальное значение для нечетных и четных поездов. В том случае, когда для одного из направлений движения указатель не является границей блок-участка, светоотражатель и литерные таблички для данного направления движения на нем не устанавливаются. Нумерация знаков аналогична применяемой для проходных светофоров АБ. Условно-разрешительный сигнал (при необходимости) устанавливается на отдельной мачте.

Путевые посты — это раздельные пункты без путевого развития, предназначенные для регулирования движением поездов. К ним относятся блокпосты при ПАБ (см. п. 2.2) и посты примыкания на однопутных участках. Устройство постов примыкания без путевого развития на двухпутных линиях нецелесообразно из-за резкого снижения пропускной способности участка.

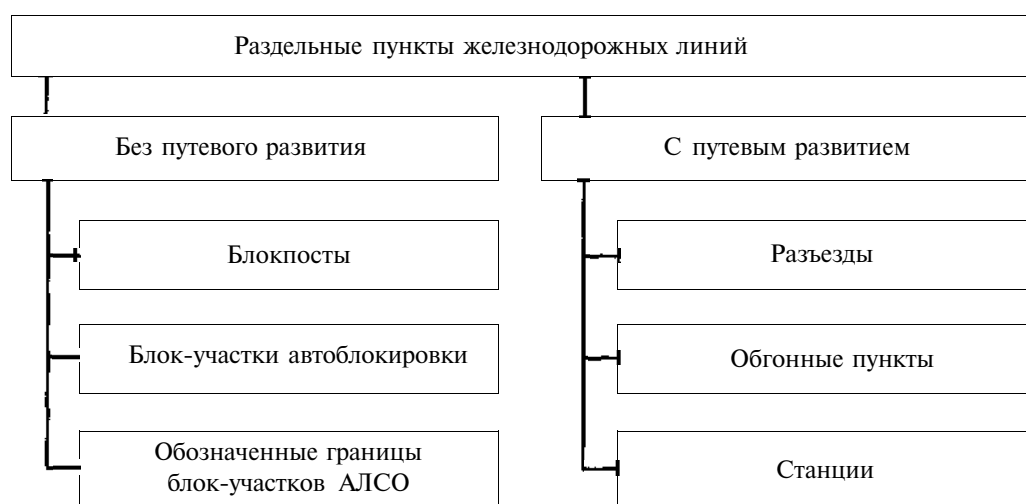


Рис. 3.1. Классификация раздельных пунктов железных дорог

3.1.2. Посты примыкания

Как правило, подъездные пути промышленных, сельскохозяйственных и оборонных предприятий, рудников, карьеров, а также малодетальные ответвления железнодорожных линий с пассажирским движением примыкают к путям станций (см. п. 3.1.4). В отдельных случаях строительство станций в местах примыкания экономически не оправдано, поэтому на перегонах устраивают посты примыкания.

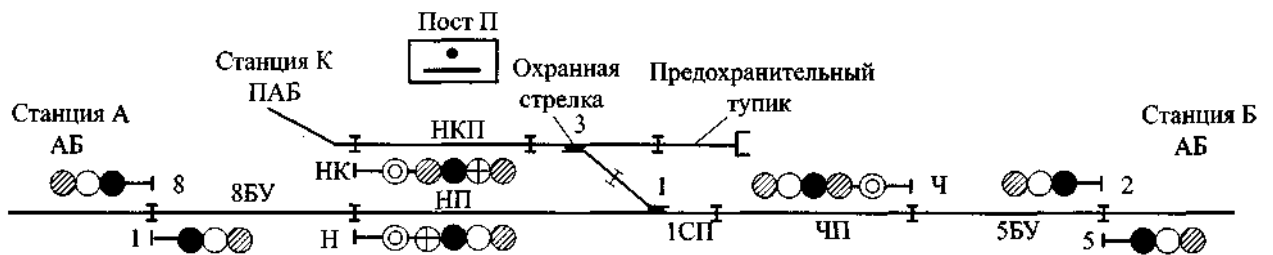


Рис. 3.2. Пост примыкания на перегоне, оборудованном автоблокировкой

Рассмотрим технологию работы поста П примыкания однопутной ветви П—К, расположенного на перегоне А—Б однопутного участка железной дороги, оборудованного АБ (рис. 3.2). Перегон П—К оборудован ПАБ. По условиям обеспечения безопасности движения поездов стрелки съезда 1/3 ограждены светофорами Н, Ч и НК, которые одновременно выполняют функции входных и выходных сигналов. При движении по направлению А—Б по сигналам АБ в четном или нечетном направлениях стрелки съезда 1/3 переведены в плюсовое положение и замкнуты. Стрелка 3 как охранная со стороны подхода П—К ведет в предохранительный тупик. В блок-участок, ограждаемый светофором Ч, входят бесстрелочные участки ЧП, НП, 8БУ и стрелочная секция 1СП, а в блок-участок, ограждаемый светофором Н — НП, 1СП, ЧП и 5БУ. Светофоры Ч или Н (в зависимости от установленного направления движения) действуют в автоматическом режиме как светофоры АБ.

Для задания маршрута приема и отправления по светофору Ч на ответвление П—К действие АБ на перегоне А—Б прекращается. На части перегона П—Б должно быть установлено четное направление движения. Дежурный по посту П прекращает автодействие светофора Ч, который перекрывается на красный огонь, а стрелки съезда 1/3 размыкаются с проверкой свободного состояния пяти секций: ЧП, 1СП, НП, 3СП, НКП. Далее дежурный по посту, получив согласие со станции К на отправление поезда, устанавливает маршрут по минусовому положению стрелок съезда 1/3. После замыкания стрелок светофор Ч открывается на два желтых огня (а если открыт входной светофор на станции К — на два желтых огня, из которых верхний мигающий). Размыкание стрелок 1/3 происходит после проследования поезда с проверкой последовательного занятия и освобождения секций ЧП, 1СП, 3СП, НКП. Далее может быть установлен маршрут приема и отправления по светофору Ч или Н по плюсовому положению стрелок съезда 1/3 и возобновлено движение по направлению А—Б по сигналам АБ в четном или нечетном направлении.

Для приема и отправления поезда с ответвления П—К действия дежурного по посту связаны с открытием светофора НК на часть перегона П—Б, на котором устанавливается нечетное направление. Размыкание стрелок съезда происходит после последовательного занятия и освобождения секций НКП, 3СП, 1СП и ЧП.

3.1.3. Разъезды и обгонные пункты

Разъездами называются отдельные пункты на однопутных линиях, имеющие пути для скрещения и обгона поездов. На них также производится посадка и высадка пассажиров, а в отдельных случаях — погрузка и выгрузка грузов. На разъездах главный путь используется для безостановочного пропуска поездов, а для скрещения и обгона поездов имеются дополнительно один или два боковых приемо-отправочных пути. По схеме расположения этих путей различают разъезды с поперечным, продольным и полупродольным размещением путей.

Схема поперечного типа (рис. 3.3) требует минимальной длины площадки и обеспечивает компактное расположение разъезда и, следовательно, минимальные затраты на строительство станционной площадки. Однако при этом отсутствует возможность скрещения поездов повышенной длины, не в полной мере обеспечивается безопасность движения при одновременном приеме поездов, особенно при наличии подходов с затяжными спусками. В последнем случае устраивают улавливающие тупики (см. рис. 3.3, путь 5), предназначенные для остановки потянувшегося способного к торможению поезда или части поезда при движении по затяжному спуску.

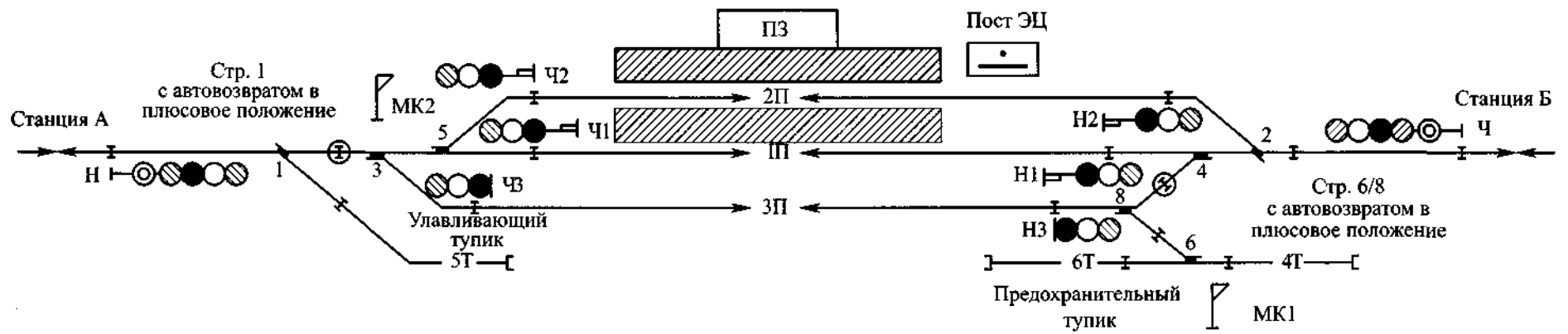


Рис. 3.3. Схематический план разьезда поперечного типа

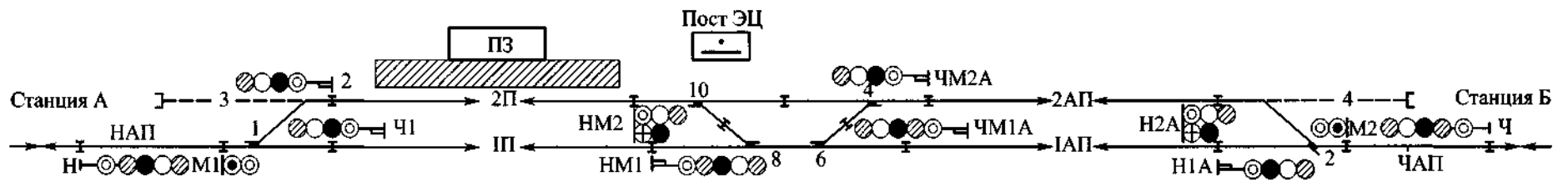


Рис. 3.4. Схематический план разьезда продольного типа

Погрузочно-выгрузочные пути (см. рис. 3.3 путь 4) отделяют от приемо-отправочных путей *предохранительными тупиками*, длиной не менее 50 м (см. рис. 3.3, путь 6), исключаящими выезд подвижного состава на маршруты следования поездов. Улавливающие тупики запрещается занимать любым подвижным составом, а предохранительные тупики — пассажирскими вагонами, грузовыми вагонами с людьми и вагонами с опасными грузами [33], [12]. Стрелки, ведущие в улавливающие и предохранительные тупики, должны иметь нормальное (плюсовое) положение по направлению в эти тупики. При ЭЦ такие стрелки (см. рис. 3.3, стрелки 1 и 6/8) оборудуются устройствами автовозврата в плюсовое положение после их использования в маршрутах по минусовому положению. Для исключения перевода таких стрелок под составом при потере шунта устройства *автовозврата* должны срабатывать с выдержкой времени не менее 15 с [27], поэтому маневровые светофоры из улавливающих тупиков не устанавливаются, а установка маневровых светофоров из предохранительных тупиков должна быть согласована со службой управления перевозок.

Разъезды с продольной схемой путевого развития (рис. 3.4) обеспечивают возможность пропуска удлиненных, в том числе сдвоенных поездов, что позволяет увеличить пропускную способность участка. Кроме того, эта схема создает предпосылки для организации безостановочного скрещения поездов (см. рис. 3.4, в нечетном направлении по путям ПП и 1АП, а в четном направлении — по путям 2АП и 2П) и сокращает бросовые работы при строительстве двухпутных вставок или второго главного пути. Для повышения безопасности движения поездов могут быть уложены предохранительные тупики (пути 3 и 4). В дальнейшем пути этих тупиков могут быть использованы при строительстве вторых путей [7]. При проектировании ЭЦ маршрутные и выходные светофоры с главных и боковых путей безостановочного пропуска следует устанавливать в мачтовом исполнении.

Обгонные пункты — это отдельные пункты на двухпутных линиях (рис. 3.5), имеющие путевое развитие для обгона поездов и перевода их в случаях организации двухстороннего движения с одного главного пути перегона на другой. По местным условиям на разъездах и обгонных пунктах может выполняться незначительный объем грузовой и пассажирской работы.

При наличии примыкающих подъездных путей (см. рис. 3.5, путь 5) предприятий, имеющих собственные локомотивы, маневровые светофоры с этих путей (М5) должны иметь красное запрещающее показание, а на входе в централизованную зону укладываются сбрасывающие стрелки, острия или башмаки (стрелка 9) с автовозвратом в нормальное положение. Маневровая работа, связанная с обслуживанием подъездного пути, должна быть изолирована от поездных передвижений по главным путям охранными стрелками и предохранительными тупиками (см. рис. 3.5, стрелка 14 и путь 6).

3.1.4. Станции

Станциями называются отдельные пункты, на которых помимо обгона и скрещения поездов производятся операции по их приему и отправлению, погрузка и выгрузка грузов, прием и выдача их клиентуре, обслуживание пассажиров, а при соответствующем путевом развитии — расформирование и формирование поездов, техническое обслуживание и ремонт локомотивов и вагонов.

По назначению и характеру работы станции подразделяются (рис. 3.6) на промежуточные, участковые, сортировочные, пассажирские, грузовые и технические, а в зависимости от объема работы — на внеклассные станции, имеющие большой объем работы и высокий уровень технического оснащения, и станции I, II, III, IV и V классов. Для определения класса станций разработана балльная оценка показателей их работы (табл. 3.1). Внеклассные станции имеют сумму баллов более 100, станции I класса — от 40 до 100 баллов, II класса — от 18 до 40 баллов, III класса — от 8 до 18 баллов, IV класса — от 1,5 до 8 баллов, V класса — до 1,5 баллов. Класс станции указывается в ее техническо-распорядительном акте.

С точки зрения организации движения поездов основными (системообразующими) элементами являются промежуточные, участковые и сортировочные станции. Подразделение станций на пассажирские, грузовые и технические указывает на преобладание определенных

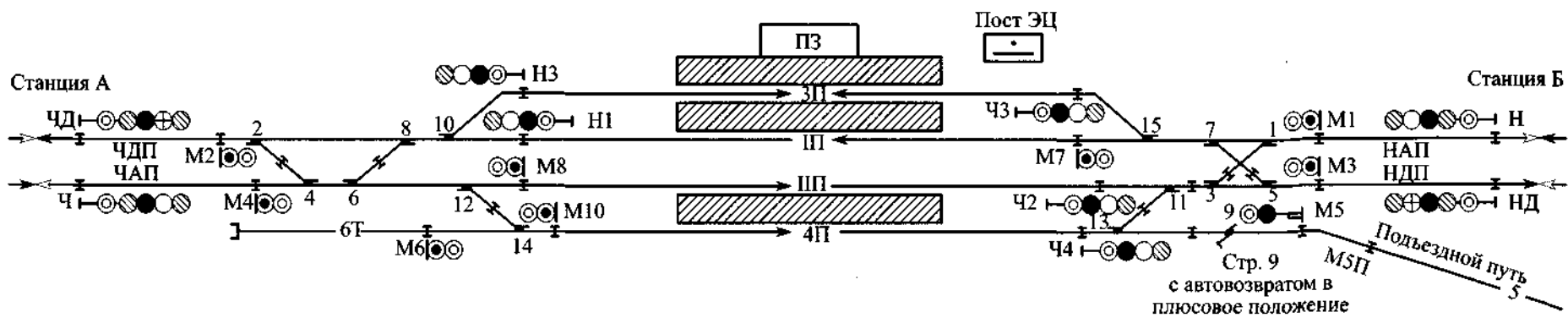


Рис. 3.5. Схематический план обгонного пункта



Рис. 3.6. Классификация станций железных дорог

видов работ на них: обслуживание пассажиров, массовые грузовые операции или технические виды работ по подготовке вагонов к перевозке.

На начало 2000 г. на железных дорогах России имелось 6223 отдельных пунктов с путевым развитием, в том числе станций пассажирских 53, грузовых и технических 741, сортировочных 133, участковых 381, промежуточных 3714, разъездов 934 и обгонных пунктов 267. По выполняемой работе среди этих отдельных пунктов было станций внеклассных 170, I класса 277, II класса 433, III класса 658, IV класса 1527 и V класса 3158 [2].

Станции, к которым примыкает не менее трех магистральных направлений называются *узловыми*. Совокупность нескольких станций или других отдельных пунктов, связанных между собой и перегонами соединительными линиями, называется *железнодорожным узлом*.

Путевое развитие разъездов, обгонных пунктов и станций в отличие от перегонных путей имеет в своем составе *стрелочные переводы*, предназначенные для перестановки подвижного состава с одного пути на другой, поэтому для обеспечения безопасности движения поездов необходимо четко обозначить границы указанных отдельных пунктов, а посредством систем железнодорожной автоматики обеспечить санкционированный въезд и выезд подвижного состава за эти границы. Учитывая это обстоятельство, все отдельные пункты, имеющие путевое развитие, принято [33] называть *станциями*. Таким образом, разъезды и обгонные пункты отнесены к станциям V класса.

Границами станции являются: на однопутных участках — входные светофоры, а на двухпутных участках по каждому главному пути с одной стороны — входной светофор, а с другой — сигнальный знак «Граница станции». Знак устанавливается за последним выходным стрелочным переводом на расстоянии не менее 50 м от стыка рамного рельса пошерстного стрелочного перевода (движение от крестовины к острьякам) или от предельного столбика противощерстного стрелочного перевода (движение от остряков к крестовине). В настоящее время при новом строительстве проектируется, как правило, двусторонняя АБ, допускающая

движение по перегонным путям в обоих направлениях, поэтому границами станции являются входные светофоры, установленные для приема поездов с правильного и неправильного путей. Для выезда со станции на перегон устанавливаются выходные светофоры.

Таблица 3.1

Балльная оценка показателей работы железнодорожных станций

№	Наименование показателя	Единица измерения	Количество баллов за единицу измерения
1	Отправление и пропуск поездов в среднем в сутки (в годовом исчислении):		
	со сменой локомотивов и локомотивных бригад	10 поездов	1,0
	без смены локомотивов и бригад	100 поездов	0,5
2	Грузовая работа (погрузка и выгрузка) в среднем в сутки (в годовом исчислении):		
	на железнодорожных путях общего пользования	5 вагонов	2,0
	на железнодорожных путях необщего пользования:		
	при погрузке и выгрузке на путях, обслуживаемых локомотивом железной дороги	10 вагонов	1,0
	при погрузке и выгрузке на путях, обслуживаемых локомотивом промышленного предприятия	50 вагонов	2,0
	сортировка вагонов:		
	с мелкими отправлениями	1 вагон	1,0
с контейнерами	5 вагонов	2,0	
3	Переработка транзитных и местных вагонов в среднем в сутки (в годовом исчислении):		
	на сортировочных горках	50 вагонов	2,0
	на вытяжных и прочих путях	35 вагонов	2,0
4	Формирование составов пассажирских поездов в среднем в сутки (в годовом исчислении)	1 состав	1,0
5	Прицепка и отцепка вагонов к пассажирским поездам предусмотренная схемой поезда и графиком движения поездов в среднем в сутки (в годовом исчислении)	10 вагонов	1,0
6	Отправление пассажиров в среднем в сутки (в годовом исчислении):		
	в прямом и местном сообщении, включая транзитных пассажиров	100 пассажиров	1,0
	в пригородном сообщении	То же	0,05
7	Маневровая работа на путях вагонных депо, вагоноремонтных пунктов, промывочно-пропарочных станций (пунктов) в среднем в сутки (в годовом исчислении)	20 вагонов	1,0
8	Взвешивание вагонов на вагонных весах при контрольных перевесках в среднем в сутки (в годовом исчислении)	10 вагонов	1,0
9	Подготовка вагонов к перевозке людей, а также к погрузке зерна, соли и пр.; санитарная обработка в среднем в сутки (в годовом исчислении)	10 вагонов	1,0
10	Перестановка вагонов с одной колеи на другую (1520, 1435, 1067 мм) в среднем в сутки (в годовом исчислении)	50 вагонов	1,0
11	Общая площадь вокзальных помещений (включая отдельно стоящие здания и тоннели)	100 м ²	0,2

3.1.5. Станционные пути

Железнодорожные пути на станциях подразделяются на две группы: станционные и специального назначения.

К *станционным путям* относятся пути в границах станции: главные, приемо-отправочные, сортировочные, вытяжные, погрузочно-выгрузочные, выставочные, деповские (локомотивного и вагонного хозяйств), соединительные, а также прочие. К путям *специального назначения* относятся предохранительные и улавливающие тупики, а также подъездные пути к предприятиям, карьерам и складам.

Главные станционные пути являются продолжением путей перегонов. *Приемо-отправочными* называются пути, предназначенные для приема и отправления поездов, а *сортировочными* — для сортировки, накопления и формирования поездов по назначениям плана формирования. *Вытяжные* пути служат для маневров по перестановке групп вагонов и целых составов. *Погрузочно-выгрузочные* пути предназначены для стоянки поездов в процессе погрузки или выгрузки, а *выставочные* — для отстоя вагонов в ожидании погрузки, выгрузки или уборки для включения в составы. На крупных станциях пути, предназначенные для выполнения однородных операций, объединяют в группы, называемые *парками*.

Предохранительные тупики предназначены для предупреждения выхода подвижного состава на маршруты следования поездов, а улавливающие тупики — для остановки перед станцией потерявшего управление поезда или части поезда при движении по затяжному спуску.

3.1.6. Габариты железных дорог. Расстояния между осями путей на станциях

Габариты, действующие на железнодорожных станциях и перегонах, утверждены Государственным стандартом ГОСТ 9238—83 [1], [2], [7].

Габаритом приближения строений (рис. 3.7) называется предельное поперечное (перпендикулярное к оси пути) очертание, внутрь которого не должны заходить никакие части сооружений и устройств. Исключение составляют лишь те устройства, которые предназначены для непосредственного взаимодействия с подвижным составом (вагонные замедлители в рабочем состоянии, контактные провода, гидравлические колонки).

Габаритом подвижного состава «Т» называется предельное поперечное (перпендикулярное к оси пути) очертание, в котором, не выходя наружу, должен помещаться как порожний, так и груженный подвижной состав, установленный на прямом горизонтальном пути (см. рис. 3.7).

Габаритом погрузки называется предельное поперечное (перпендикулярное к оси пути) очертание, в котором, не выходя наружу, должен размещаться груз (с учетом упаковки и крепления) на открытом подвижном составе при нахождении его на прямом горизонтальном пути.

В практике проектирования, строительства и эксплуатации систем железнодорожной автоматики чаще всего специалистам приходится пользоваться нормами, вытекающими из габарита приближения строений «С» (для новых и реконструированных железных дорог) или «С_п» (для путей, сооружений, депо и других объектов, находящихся в эксплуатации).

Совмещенные очертания габаритов приближения строений «С» и подвижного состава «Т» представлены на рис. 3.7. Ступенчатое очертание габарита «С» на станциях учитывает устройства низких и высоких пассажирских платформ, расположение стрелочных электроприводов, путевых ящиков, дроссель-трансформаторов, опор контактной сети, мачт светофоров и т.п.

Расстояния между осями путей на станциях должны обеспечивать движение поездов, личную безопасность обслуживающего персонала, выполняющего операции с подвижным составом, возможность установки в междупутьях платформ, напольного технологического оборудования устройств СЦБ, контактной сети и других устройств.

При отсутствии устройств в междупутьях расстояние между осями путей принимается в зависимости от их назначения по нормам, приведенным в табл. 3.2.

При размещении между путями сооружений и устройств расстояние между их осями принимается удовлетворяющим неравенству

$$l > 2g + b,$$

где b — ширина сооружения, мм;

g — габаритное расстояние от оси пути до сооружения, мм.

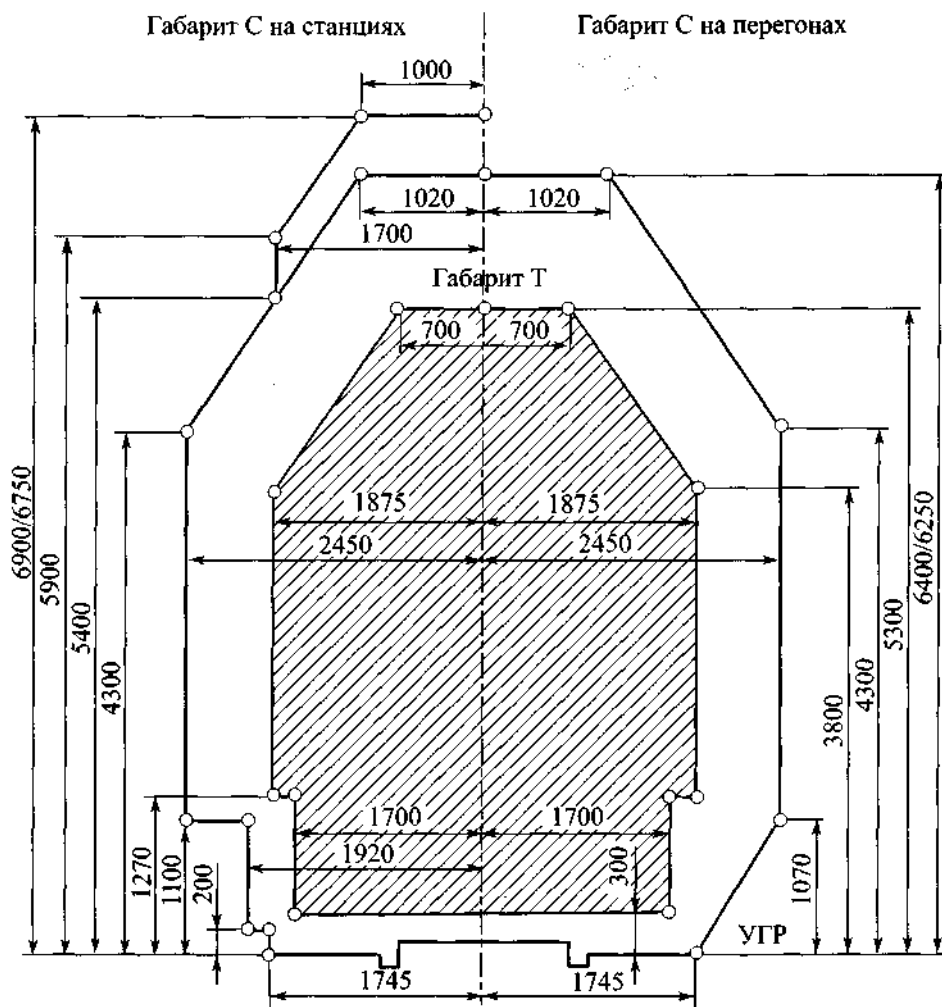


Рис. 3.7. Совмещенные очертания габаритов приближения строений С и подвижного состава Т

Таблица 3.2

Нормы расстояний между осями смежных путей на станциях

Назначение путей	Расстояние между осями смежных путей	
	Нормальное	Наименьшее
Главные пути	5300	4800
Главные и смежные с ними пути:		
на одно- и двухпутных линиях при скорости движения до 140 км/ч	5300	5300
на одно- и двухпутных линиях при скорости движения более 140 км/ч	7650	7400
Приемо-отправочные, сортировочные и сортировочно-отправочные пути	5300	4800
Тупиковые приемо-отправочные пути	4800	4800
Второстепенные станционные пути и пути грузовых дворов	4800	4500
Между осями путей стрелочной улицы	5300	5300
На перегонах двухпутных линий	4100	4100
На трех- и четырехпутных линиях между осями второго и третьего путей	5000	5000

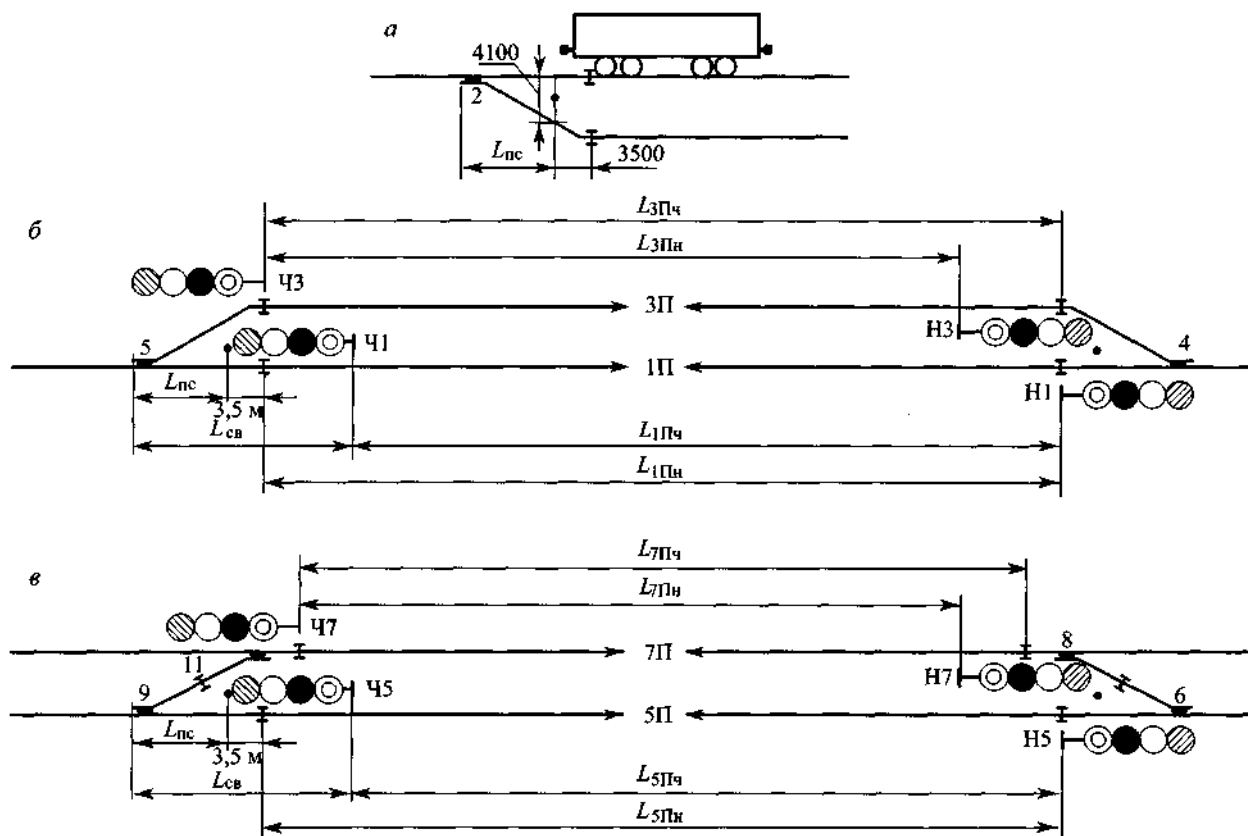


Рис. 3.8. Учет требований габарита приближения строения С

Различают полную, строительную и полезную длину станционных путей. *Полной длиной* станционного пути называется расстояние между острьями стрелочных переводов, ведущих на этот путь. *Строительная длина* пути — это часть полной длины за вычетом суммарной длины стрелочных переводов, уложенных на этом пути.

Полезной длиной станционного пути называется часть полной длины, в пределах которой может останавливаться подвижной состав, не нарушая безопасности движения по соседним путям, т.е., не нарушая требований габарита «С». При ЭЦ границами полезной длины являются изолирующие стыки и светофоры с данного пути. На магистральных железных дорогах для путей приема и отправления грузовых поездов установлены стандартные нормы полезной длины: 850, 1050, 1250, 1700, 2100 м.

Изолирующие стыки на границах стрелочных секций и приемо-отправочных путей, примыкающих к противошерстным стрелкам, устанавливаются у начала острьяков, а примыкающих к пошерстным стрелкам — на расстоянии 3,5 м от предельного столбика (рис. 3.8).

Предельный столбик — это сигнальный знак, устанавливаемый посередине междупутья в том месте, где расстояние между осями сходящихся путей составляет 4100 мм. По требованиям габарита «С» ни одна часть подвижного состава, находящегося на пути, не должна выходить за предельный столбик. Расстояние 3,5 м между предельным столбиком и изолирующим стыком предусматривается для того, чтобы свешивающаяся часть подвижной единицы, колеса которой находятся за изолирующими стыками, не выходила за пределы габарита и не препятствовала движению по стрелке на соседний путь (см. рис. 3.8, а). Изолирующие стыки, установка которых удовлетворяет указанному требованию, называются *габаритными*, а в противном случае — *негабаритными*. Примеры негабаритности стрелочных секций приведены на рис. 3.9.

Требования габарита не позволяют размещать светофоры с приемо-отправочных путей в междупутьях в створе с изолирующими стыками, их приходится относить (на расстояние до 40 м), уменьшая полезную длину этих путей. В результате полезная длина путей для поездов встречных

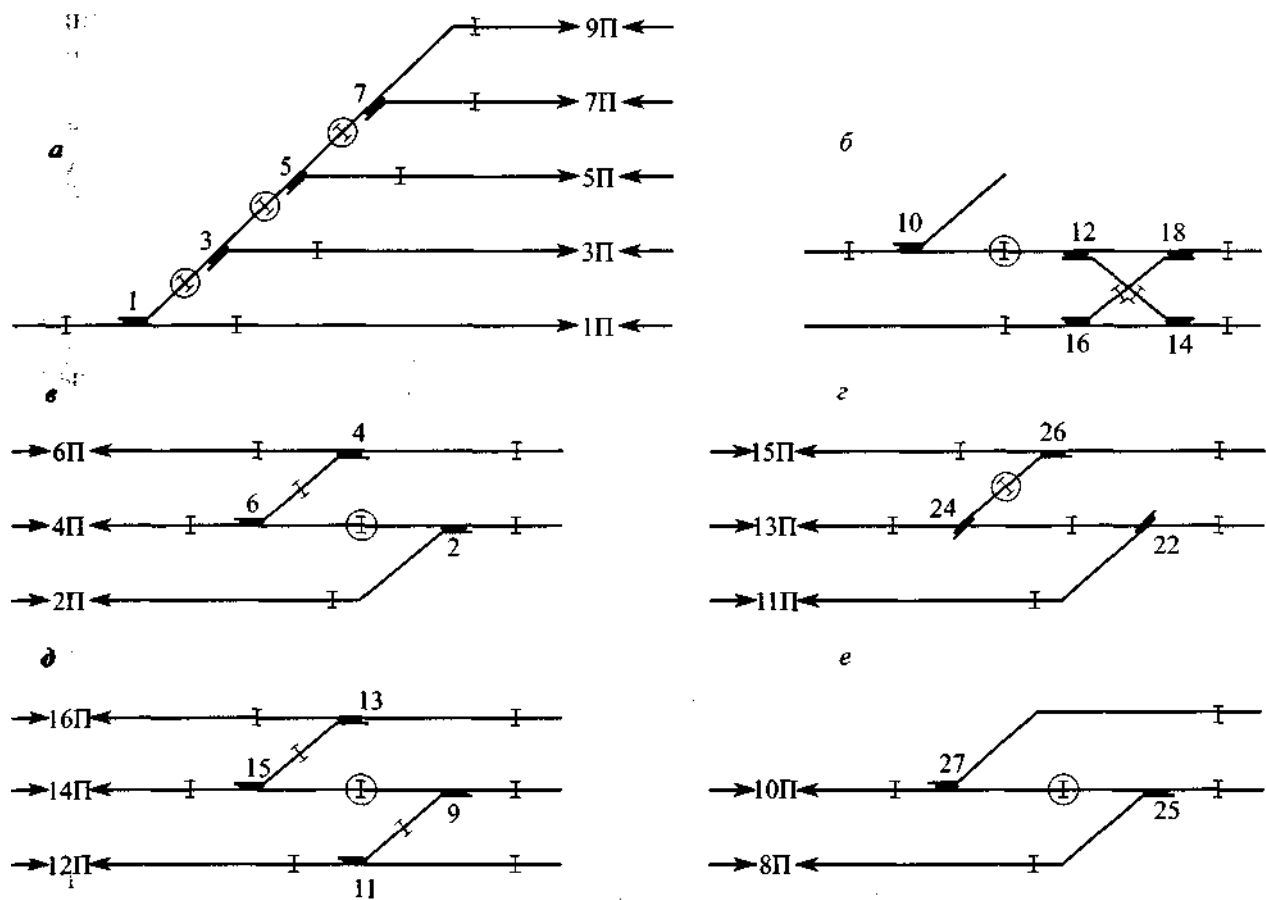


Схема	Направление движения по стрелке	Замыкание стрелок, не участвующих, но контролируемых в маршруте	Негабаритные участки	
			Наименование участка	Контроль снимается положением стрелки
а	+1		3СП	
а	-1,-3		5СП	
а	-1.+3.-5		7СП	
б	+10,-12/14	+16/18		
б	-10	+12/14	12-18СП	-16/18
б	-16/18	+12/14	10СП	-10
в	-4/6	-2		
в	-2		6СП	-4/6
г	+26		24СП	-22/24
г	+22/24		26СП	+26
д	-9/11		15СП	-13/15
д	-13/15		9СП	-9/11
е	-25	-27		
е	-27	-25		

Рис. 3.9. Примеры негабаритности стрелочных секций

направлений ($L_{пн}$ и $L_{пч}$) получается разной (см.рис. 3.8, б, в). При проектировании и строительстве ЭЦ необходимо принимать меры к тому, чтобы минимальная полезная длина путей была не менее заданной. Это достигается установкой светофоров на консолях или мостиках, применением карликовых светофоров и реконструкцией путевого развития станции.

Напольные устройства СЦБ у путей общей сети железных дорог и подъездных путей от станций примыкания до территорий промышленных предприятий сооружают в соответствии с требованиями габарита «С», а на территориях промышленных предприятий — габарита «Сп» [3].

Габаритные расстояния установки основных напольных устройств СЦБ, рассчитанные от оси ближайшего пути до наиболее выступающих частей устройств СЦБ (перемычки дроссель-трансформаторов и путевых ящиков, наклонные лестницы светофоров, хомуты складных лестниц и др.) на станциях и перегонах в зависимости от высоты оборудования над уровнем головки рельса (УГР) для прямых участков пути приведены в табл. 3.3.

В кривых участках пути эти габариты увеличиваются в зависимости от радиуса кривой и высоты возвышения наружного рельса. Габарит приближения строений проверяют, пропуская по участку платформу с установленной на ней габаритной рамкой, имеющей очертания габарита приближения строений.

На станциях в пределах полезной длины путей, а также в междупутьях перегонов для создания благоприятных условий для механизации работ по текущему содержанию и ремонту пути сооружения и устройства можно размещать так, чтобы их наиболее выступающие части были расположены ниже УГР не менее чем на 100 мм. Если это условие на станциях с большим путевым развитием из-за необходимости размещения в междупутьях опор, мачт, стеллажей, напольных устройств СЦБ выполнить невозможно, то перечисленные устройства стремятся размещать концентрированно в ограниченных по числу междупутьях.

На линиях метрополитена светофоры, релейные шкафы и другое оборудование СЦБ на перегонах и станциях в прямых участках устанавливают на расстоянии 2039 мм от оси пути, а педали автостопов, непосредственно взаимодействующие с подвижным составом — внутри очертания габарита приближения оборудования и строений.

Таблица 3.3

Габаритные расстояния установки основных напольных устройств СЦБ

Наименование оборудования	Расстояние по вертикали от УГР до верхней точки устройств СЦБ, мм		Минимальное расстояние по горизонтали от оси ближайшего пути, мм	
	на перегоне	на станции в междупутье	на перегоне	на станции в междупутье
Мачтовые светофоры	Более 4100	Более 4100	3100	2450
Карликовые светофоры	До 1100	До 1100	3100	1920
Маневровые колонки	—	Более 1100	—	2450
Релейные шкафы	Более 1100	Более 1100	3100	2450*
Батарейные шкафы	Более 1100	Более 1100	3100	2450*
Дроссель-трансформаторы	Ниже УГР на 200	До 200	1660	1745
Путевые ящики	Ниже УГР на 100	До 200	1760	1745
Муфты УКМ-12, УПМ-24	Ниже УГР на 100	До 200	1760	1745

*До двери шкафа, открытой на 90°.

3.1.7. Соединения и пересечения путей

Для соединения путей между собой применяют стрелочные переводы, конструкция которых создает непрерывность рельсовой колеи и позволяет подвижному составу переходить с одного пути на другой. Стрелочные переводы делятся на одиночные, двойные (из-за сложности конструкции в настоящее время вновь не проектируются) и перекрестные. Одиночные переводы бывают симметричные и несимметричные (криволинейные). Наибольшее распространение получили обыкновенные одиночные стрелочные переводы, которые изготавливаются несимметричными — правосторонними или левосторонними и различаются в зависимости от типа рельсов (Р75, Р65, Р50, Р43 и др.) и марки крестовины, характеризующей ее угол (1/9,1/11,1/18,1/22).

Конструкция обыкновенного стрелочного перевода (рис. 3.10) состоит из следующих частей:

- стрелки, включающей два подвижных жесткосвязанных между собой остряка 1 и 2, два рамных рельса 3 и переводной механизм;
- соединительных рельсовых линий: переводных кривых 4 и переводных прямых 5;
- крестовины, включающей два усовика 6 и сердечник 7;
- двух контррельсов 8, обеспечивающих направление гребней колес в соответствующие желоба крестовины.

Вид переводного механизма стрелки зависит от способа ее перевода. При ручном управлении — система рычагов с противовесом, при ЭЦ — стрелочный электропривод 12 (СЭП). Остряки, связанные между собой соединительной тягой 9, перемещаются из одного положения в другое рабочей тягой 10, которая крепится к рабочему шибберу СЭП. Для контроля положения стрелки используются две контрольные тяги 11, прикрепляемые к контрольным линейкам СЭП.

Различают три положения стрелки: два крайних и промежуточное. В одном из крайних положений (см. рис. 3.10, а) остряки стрелки ведут по направлению прямого пути (движение без отклонения по стрелке), а в другом (см. рис. 3.10, б) — по боковому пути (движение с отклонением по стрелке). Одно из крайних положений стрелки называется *нормальным (плюсовым)*, а другое *переведенным (минусовым)*. Заметим, что недопустимо плюсовое положение стрелки отождествлять с возможностью движения по прямому пути. Нормальным (плюсовым) положением является:

- для входных стрелок на главных путях станций однопутных линий — направление с каждого подхода на разные пути, а на двухпутных линиях — направление по соответствующим главным путям;
- для стрелок, ведущих в улавливающие и предохранительные тупики — направление в эти тупики;
- для охранных стрелок, выполненных в виде сбрасывающих стрелок, сбрасывающих остряков и башмаков — направление их охранного положения;
- для остальных стрелок, уложенных по главным путям — направление по соответствующим главным путям, а для уложенных по другим путям станции — направление, наиболее целесообразное по технологии ее работы и требующее наименьшее число переводов.

Если по стрелке, находящейся в одном из крайних положений, вследствие ошибочных действий работников службы перевозок или локомотивной бригады будет исполнено пошерстное движение с пути, не соответствующего положению стрелки (см. рис. 3.10, а, б), то произойдет принудительное перемещение стрелочных остряков ребрами колес подвижного состава, т.е. *взрез стрелки*. Это чревато опасными последствиями: сходом подвижного состава и изломом элементов конструкции стрелки и СЭП.

Для безопасности движения по стрелке СЭП должен обеспечивать плотное прилегание прижатого остряка к рамному рельсу с зазором менее 4 мм и отводить отжатый остряк на расстояние более 125 мм. Если указанные нормы не выполняются, то такое положение стрелки называется *промежуточным*. Движение по стрелке, занимающей такое положение, запрещено (см. рис. 3.10, в), так как может вызвать сход подвижного состава.

Каждый стрелочный перевод имеет *предельный столбик* 13 (см. рис. 3.10) — сигнальный знак, обеспечивающий габарит «С» (габарит приближения строений), необходимый для движения подвижного состава с габаритом «Т» (габарит подвижного состава) по стрелочному переводу.

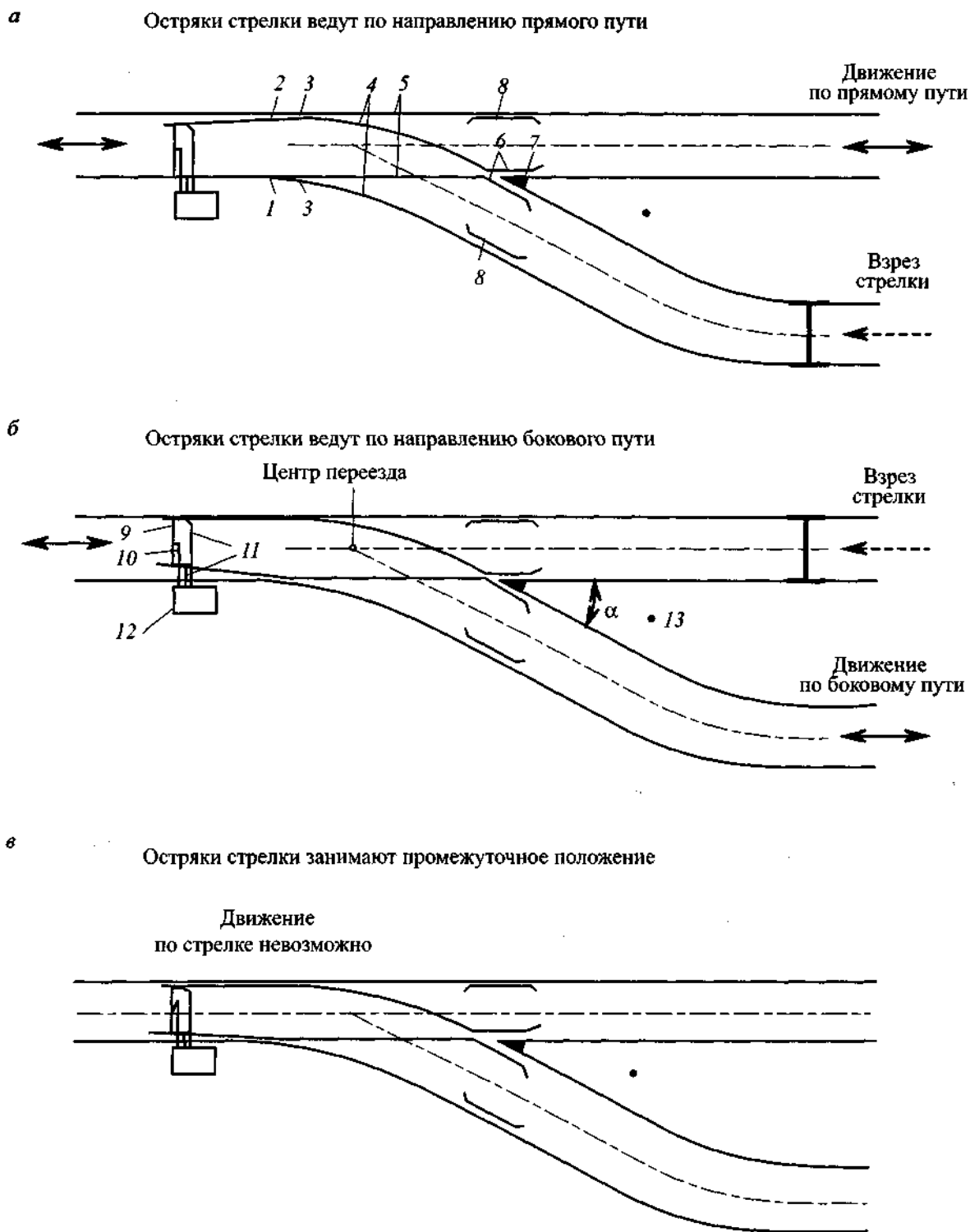
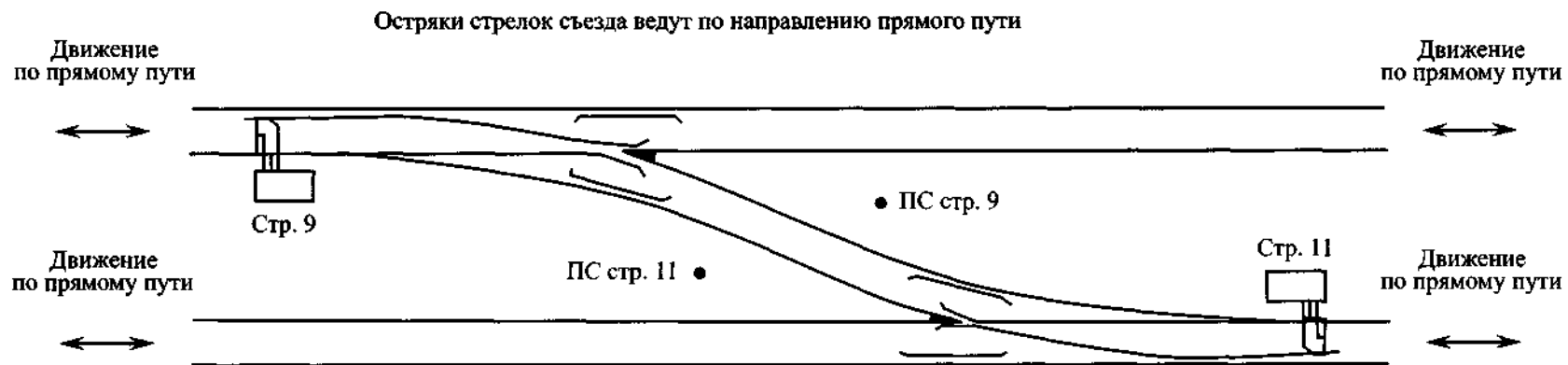


Рис. 3.10. Эскизы положения остряков обыкновенного стрелочного перевода:

1 — прижатый остряк; 2 — отжатый остряк; 3 — рамные рельсы; 4 — переводные кривые; 5 — переводные прямые; 6 — усовики крестовины; 7 — сердечник крестовины; 8 — контррельсы; 9 — соединительная тяга; 10 — рабочая тяга; 11 — контрольные тяги; 12 — электропривод; 13 — предельный столбик



б

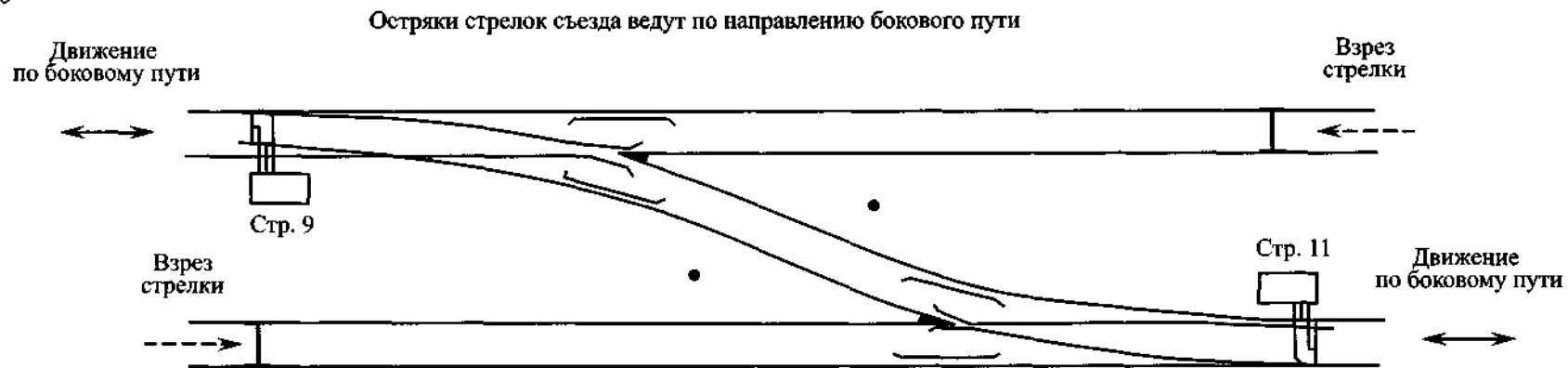


Рис. 3.11. Эскизы положения остряков стрелок съезда, образованного обыкновенными стрелочными переводами

Предельные столбики устанавливаются посередине междупутья в том месте, где расстояние между осями сходящихся путей составляет 4100 мм.

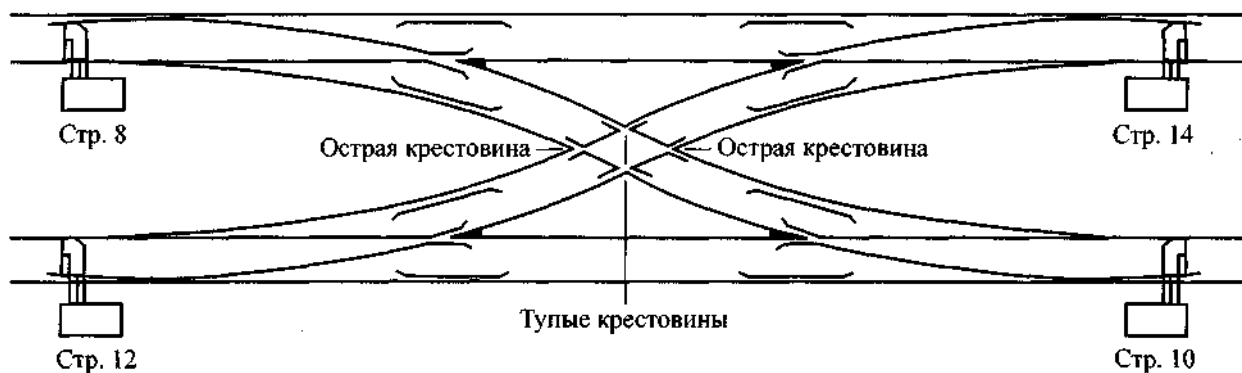
Совокупность стрелок, уложенных на входах станции, а также между парками станционных путей называется *стрелочной горловиной*. Для компактного ее расположения, т.е. с минимальным по длине использованием земляного полотна станционной площадки, применяют стрелочные съезды, перекрестные съезды с глухим пересечением и перекрестные стрелки.

Стрелочные съезды представляют собой встречную укладку двух обыкновенных стрелочных переводов (рис. 3.11). Положение стрелок съезда в маршрутах взаимосвязано, поэтому электроприводы этих двух стрелок в целях безопасности движения поездов и экономии аппаратуры и кабеля управляются и контролируются одним комплектом аппаратуры. Такие стрелки называются спаренными. Например, если стрелка 9 в маршруте ведет по направлению прямого пути, то стрелка 11 должна быть переведена как охранная по направлению прямого пути. Допустим, что это плюсовое положение стрелок съезда 9/11. Если стрелка 9 в маршруте установлена по направлению бокового пути, т.е. в минусовое положение, то стрелка 11 должна быть переведена в такое же положение — минусовое положение съезда 9/11. Взаимосвязь переводов стрелок съезда позволяет изолировать одни передвижения от других, отделять, например, район маневровой работы от поездных передвижений. В соответствии с нормами технологического проектирования [27] допускается спаривание стрелок, если расстояние между началами их острияков не превышает 130 м.

Перекрестные стрелочные съезды с глухим пересечением образуются при встречной укладке двух стрелочных съездов с совмещением по ординате рамных рельсов (рис. 3.12). Глухое пересечение представляет собой конструкцию, состоящую из двух острых и двух тупых крестовин. Заметим, что для организации нормальной работы рельсовых цепей на глухом пересечении необходима установка четырех изолирующих стыков. Эти съезды позволяют независимо выполнять передвижения по прямым путям и компактно организовать передвижения с каждого из путей на два других противоположных пути.

Еще более компактную взаимосвязь станционных путей позволяют осуществить *перекрестные стрелки* (рис. 3.13). Перекрестная стрелка имеет восемь острияков, две острых и две тупых крестовины и четыре контррельса. Каждые четыре острияка с разных сторон стрелки переводятся одним электроприводом. В изображенном на рис. 3.13 положении может быть выполнено передвижение с пути Б на путь Г или наоборот. При переводе острияков стрелки электроприводом 1 возможно движение с пути Б (В) на путь В (Б). Аналогично переводом острияков электроприводом 2 путь А связывается с путями В и Г. Перекрестные стрелки сложны по конструкции, требуют квалифицированного обслуживания, поэтому применяются сравнительно редко, например, на станциях, площадка которых стеснена рельефом местности или городскими застройками.

Центром стрелочного перевода называется условная точка пересечения осей сходящихся путей (см. рис. 3.10, б). Это понятие используется для построения в осях *масштабных планов станций*, которые применяются при проектировании и строительстве станций. Угол наклона оси бокового пути относительно прямого пути подобен *углу крестовины ос*, являющемуся важнейшим



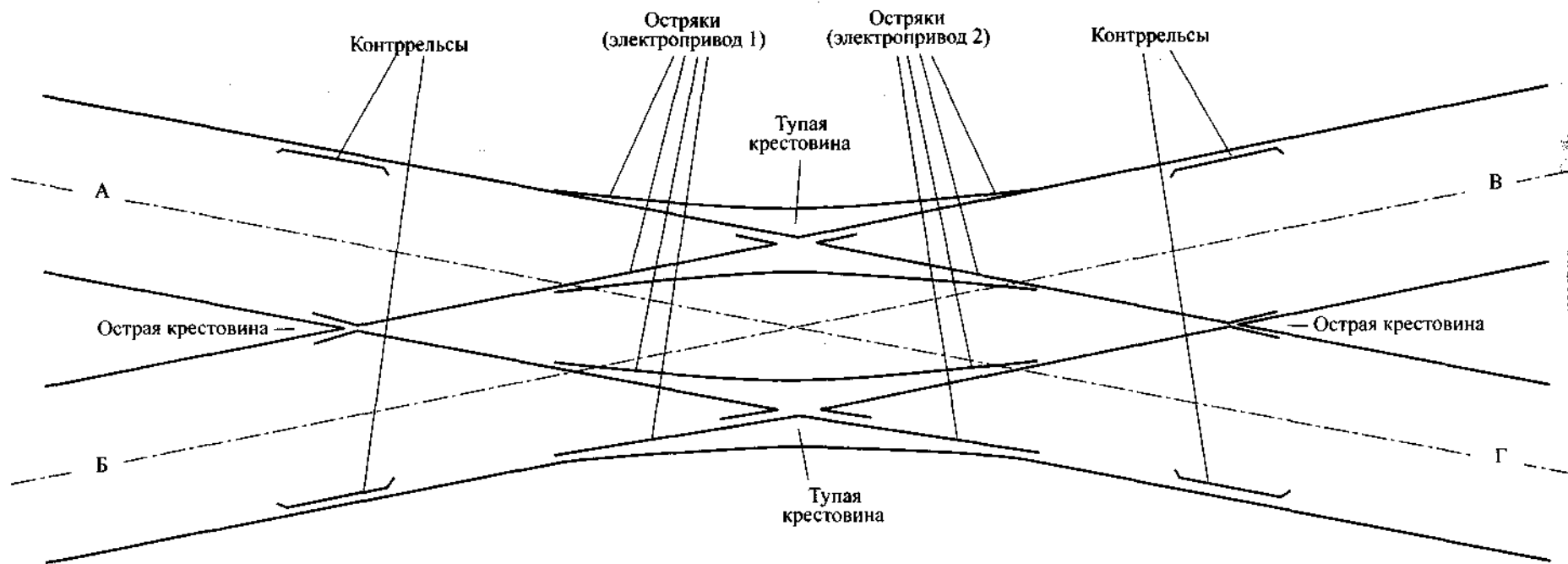


Рис. 3.13. Эскизы перекрестного стрелочного перевода

параметром стрелочного перевода, так как именно он определяет допустимую скорость передвижений с отклонением по стрелке. Этот параметр отображается *маркой крестовины* $1/N$ (N — целое число), численно равной $\operatorname{tg} \alpha$, т.е. отношению ширины сердечника в корне к его длине.

Симметричные стрелочные переводы характеризуются симметричным отклонением осей путей от центра перевода с углом равным $\alpha/2$. Такие переводы обычно используют в сортировочных парках в целях сокращения длины их горловин и, следовательно, для ускорения сортировочной работы.

В соответствии с ПТЭ [33] стрелочные переводы должны иметь крестовины следующих марок:

- на главных и приемо-отправочных пассажирских путях не круче $1/11$, а перекрестные переводы и одиночные, являющиеся продолжением перекрестных, не круче $1/9$; стрелочные переводы, по которым пассажирские поезда проходят только по прямому пути перевода, могут иметь крестовины марки $1/9$. Допускается отклонение пассажирских поездов на боковой путь по стрелочным переводам марки $1/9$, если замена их на марку $1/11$ вызывает переустройство стрелочных горловин, осуществить которое в данное время не представляется возможным;

- на приемо-отправочных путях грузового движения не круче $1/9$, а симметричные не круче $1/6$;

- на прочих путях не круче $1/8$, а симметричных — не круче $1/4,5$.

Допустимая скорость передвижений с отклонением по стрелочному переводу с маркой крестовины $1/9$ не должна превышать 40 км/ч, а с маркой крестовины $1/11$ — 50 км/ч. При применении более пологих марок крестовин $1/18$ и $1/22$ допустимая скорость движения на боковой путь составляет соответственно 80 и 120 км/ч.

Для движения пассажирских поездов по прямому пути со скоростью 200 км/ч разработаны стрелочные переводы типа Р65 марки $1/11$. Конструктивной особенностью таких переводов является наличие крестовины, имеющей гибкий подвижный сердечник. В рабочих положениях он плотно прилегает к соответствующей боковой грани усовика крестовины, благодаря чему образуется непрерывная поверхность катания для колес подвижного состава.

3.1.8. Промежуточные станции

Промежуточные станции сооружаются на однопутных, двухпутных и многопутных линиях. В отличие от разъездов и обгонных пунктов на них, кроме скрещения, обгона, пропуска поездов и пассажирской работы выполняются технические, грузовые и коммерческие операции [1], [2], [7], [28].

К *техническим операциям* на промежуточных станциях относятся: прием, отправление, пропуск поездов; маневры со сборными или вывозными поездами; маневры по подаче и уборке вагонов от грузовых фронтов. К *грузовым и коммерческим операциям* относятся: выгрузка, погрузка и хранение грузов, оформление грузовых документов и платежей. Для выполнения перечисленных операций промежуточные станции оснащены соответствующими техническими устройствами и средствами:

- путевым развитием (главные пути, приемо-отправочные и вытяжные, а также подъездные пути);
- погрузочно-выгрузочными устройствами (пакгаузы, повышенные платформы, открытые площадки);
- зданиями (пассажирское здание, служебные помещения, багажное отделение);
- устройствами СЦБ и связи;
- маневровыми локомотивами.

Основными документами, регламентирующими работу промежуточных станций, являются техническо-распорядительный акт (ТРА) станции и технологические карты. ТРА определяет порядок приема, отправления, пропуска поездов, обслуживания технических устройств. Технологические карты содержат: нормы времени на отдельные операции, графики обработки сборных поездов, нормы на грузовые операции и графики обработки вагонов на подъездных путях. На промежуточных станциях, к которым примыкают крупные промышленные предприятия, разрабатывают единый технологический процесс (ЕТП) работы станции и подъездного пути.

На линиях с пригородным движением промежуточные станции, на которых выполняется оборот пригородных составов, называют *зонными*. На них укладывают дополнительные пути для отстоя пригородных составов.

Типовые вокзалы промежуточных станций имеют площадь 150—400 м². Грузовые устройства общего пользования включают в себя грузовой склад (пакгауз), платформу или площадку для навалочных грузов, контейнеров.

В зависимости от взаимного расположения приемо-отправочных путей на однопутных и двухпутных линиях различают промежуточные станции трех типов: поперечные, продольные и полупродольные (рис. 3.14, 3.15). По расположению пассажирского здания и грузовых устройств станции бывают двух видов: с расположением грузовых устройств со стороны пассажирского здания либо с противоположной стороны.

Станции поперечного типа (см. рис. 3.14, а; 3.15, а) располагаются на относительно небольшой площадке, длина которой определяется длиной приемо-отправочных путей с учетом стрелочных горловин. Грузовые устройства могут располагаться как со стороны пассажирского здания, так и с противоположной стороны. Предпочтительным является второй вариант, который позволяет в перспективе при увеличении грузовой работы осуществлять развитие устройств в противоположную от населенного пункта сторону.

Станции продольного типа (см. рис. 3.14, б; 3.15, б) требуют более протяженной площадки и дополнительной территории для размещения стрелочных горловин. На них пути для пропуска пассажирских и приема сборных или вывозных поездов, а также грузовые устройства располагаются на основной площадке напротив пассажирского здания. На этих путях осуществляется основная маневровая работа.

Станции полупродольного типа (см. рис. 3.14, в; 3.15, в) располагаются на меньшей площадке по сравнению со станциями продольного типа. При этом нет прямого выхода с путей парка четного направления на пути парка нечетного направления.

Несмотря на то что станции продольного и полупродольного типов требуют более протяженной площадки, чем станции поперечного типа, они обладают существенными преимуществами. На них создаются более безопасные условия для одновременного приема поездов противоположных направлений при скрещении, пропуска длинносоставных и сдвоенных поездов, более благоприятные условия для высадки и посадки пассажиров, размещения грузовых устройств с любой стороны путей с возможностью их дальнейшего развития. Такие станции позволяют организовывать безостановочное скрещение поездов, что значительно поднимает участковую скорость.

Двухпутные линии, как правило, появляются в результате прокладки второго главного пути на существующей однопутной линии, поэтому схемы путевого развития промежуточных станций двухпутных линий аналогичны схемам станций однопутных линий.

Схемы путевого развития существующих промежуточных станций изменяются при их реконструкции, связанной с внедрением новых видов тяги, строительством второго главного пути, развитием грузовых устройств, подъездных путей. При этом изменяется конструкция стрелочных горловин, длина приемо-отправочных путей, устройств связи, автоматики и телемеханики.

3.1.9. Участковые станции

Участковые станции выполняют системообразующую функцию, так как они предназначены в первую очередь для обработки транзитных грузовых и пассажирских поездов. Кроме того, на них выполняются следующие основные операции:

- смена локомотивов и локомотивных бригад;
- расформирование и формирование сборных и участковых поездов, а иногда сквозных поездов и отправительских маршрутов;
- отцепка и прицепка групп вагонов к транзитным поездам с частичной переработкой;
- обслуживание подъездных путей предприятий и организаций;
- контроль за состоянием вагонов и локомотивов и перевозимых грузов с устранением обнаруженных неисправностей.

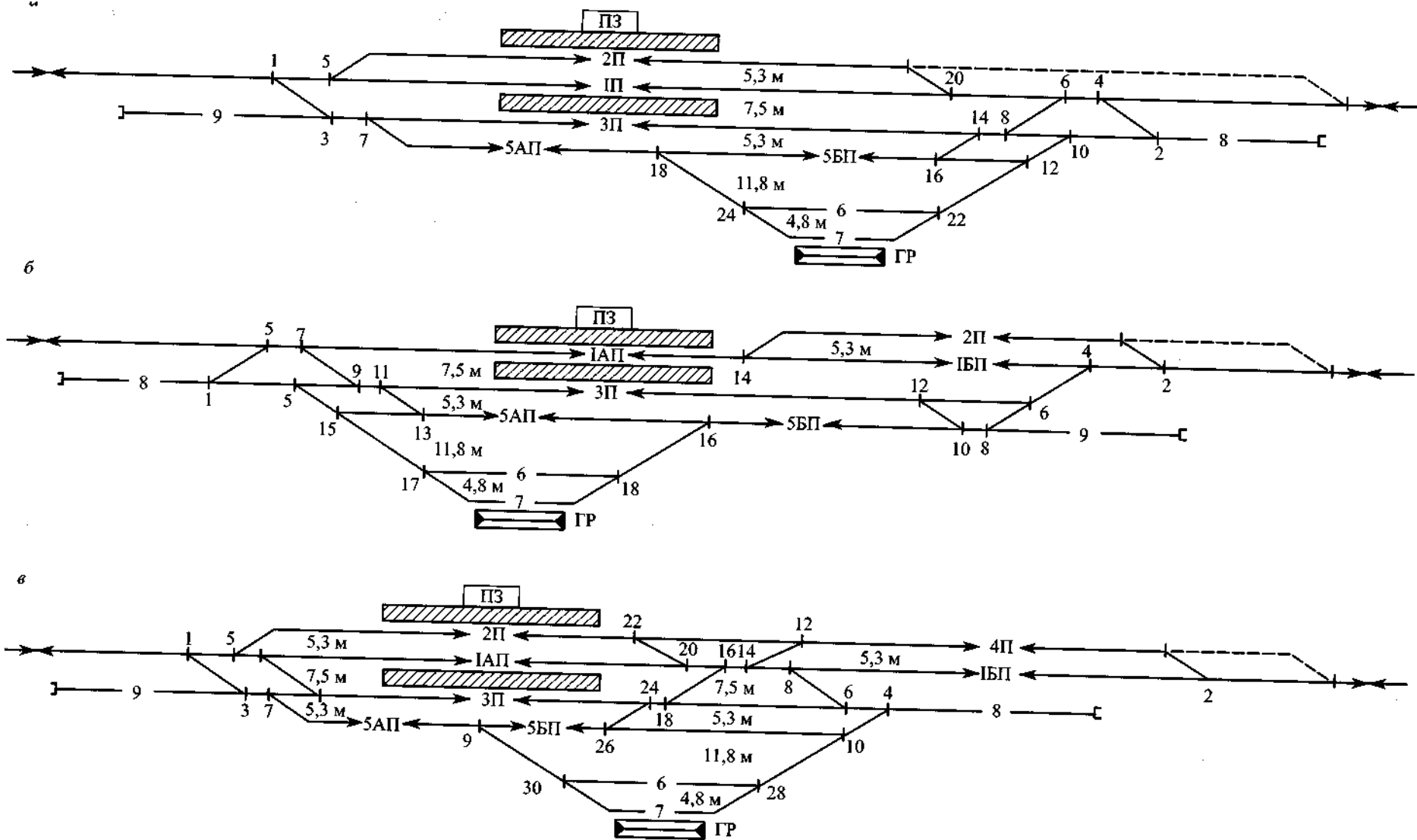


Рис. 3.14. Схемы промежуточных станций однопутных линий

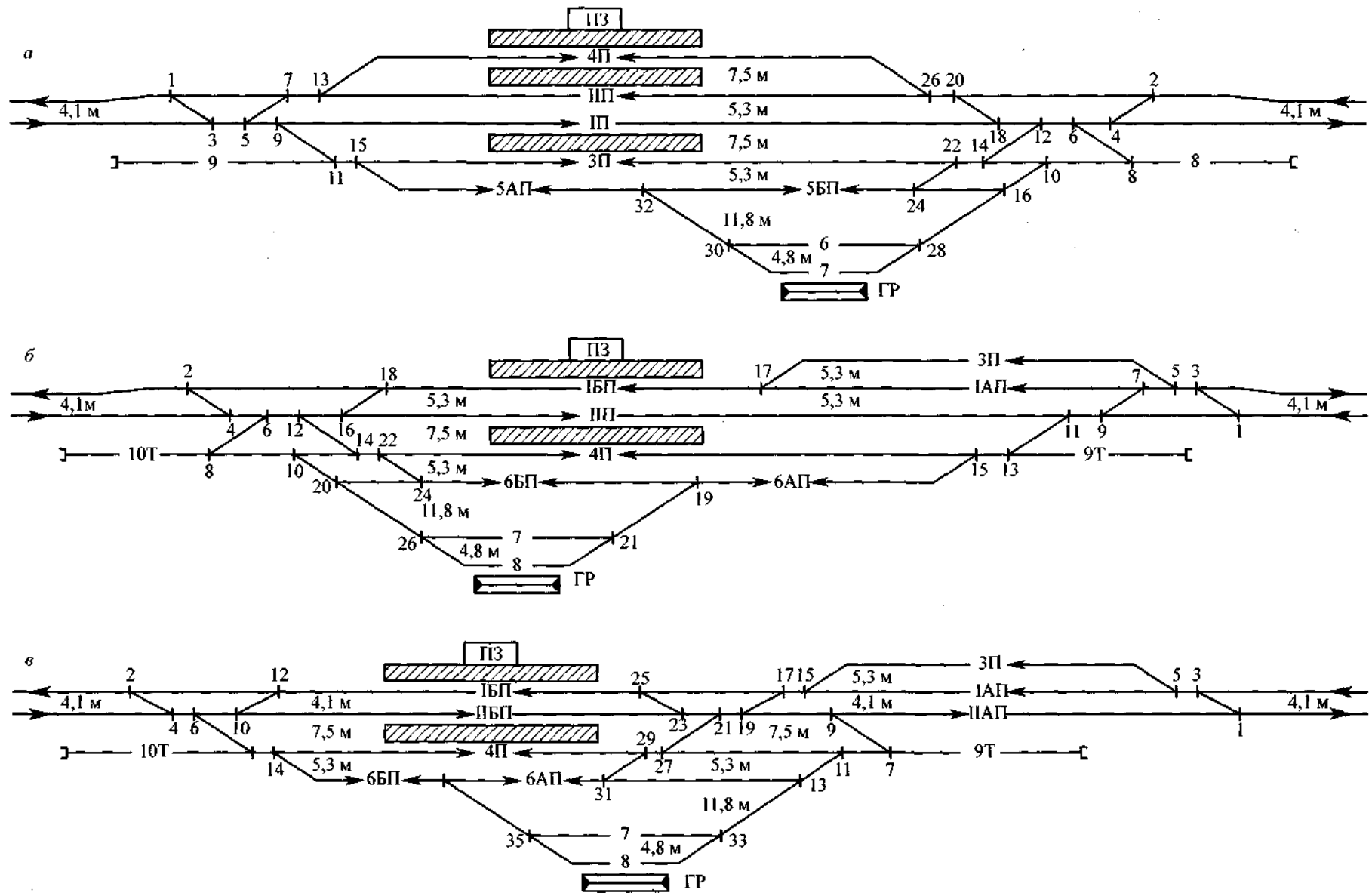


Рис. 3.15. Схемы промежуточных станций двухпутных линий

На участковых станциях обрабатывают транзитные поезда без переработки, транзитные с частичной переработкой (замена групп вагонов, увеличение или уменьшение состава), поступающие в переработку (расформирование) и на формирование. Участковые станции классифицируют по следующим основным признакам:

- по роли в тяговом обслуживании поездов — станции с основным депо (где производят смену локомотива и бригад, экипировку, техническое обслуживание и плановые ремонты локомотивов), с оборотным депо или пунктом оборота локомотивов (где выполняют все операции, как и на станциях с основным депо, кроме плановых ремонтов), с пунктом смены локомотивных бригад;
- по количеству главных путей — на одно-, двух- и многопутных линиях;
- по количеству примыкающих подходов — на неузловые и узловые (три и более подхода);
- по схеме расположения приемо-отправочных парков — на поперечные, полупродольные и продольные и с последовательным расположением пассажирских устройств и парков для грузового движения.

В соответствии с назначением участковых станций на них проектируют соответствующее путевое развитие и устройства (рис. 3.16). *Пассажирское здание* (ПЗ) располагают с внешней стороны путей станции, как правило, со стороны основной части населенного пункта. Для пассажирского движения, кроме главных путей, на участковых станциях однопутных линий имеется один приемо-отправочный пассажирский путь, на двухпутных линиях — два. Полезная длина этих путей при наибольшей длине пассажирских поездов 20 вагонов должна составлять 550 м, 24 вагонов — 650 м, 30 вагонов — 800 м и на новых станциях при технико-экономическом обосновании до 1000 м. На некоторых участковых станциях сооружают *пути отстоя составов местных и пригородных поездов* (ПОМС).

Приемо-отправочные парки ПО1 и ПО2 служат для приема и отправления грузовых транзитных поездов без переработки, а также приема расформируемых поездов и выполнения с ними технических и коммерческих операций. Минимальная полезная длина приемо-отправочных путей для грузовых поездов должна составлять 850 и 1050 м, а путей для соединенных поездов — 1700 и 2100 м. При реконструкции и усилении существующих линий допускается сохранять на них минимальную длину равную 1250 м.

В приемо-отправочном парке для грузовых поездов число путей устанавливается в зависимости от размеров и характера движения, количества подходов и наличия смены локомотивов.

Приемо-отправочные парки оборудуются необходимыми техническими средствами для обслуживания грузовых поездов работниками пункта технического обслуживания (ПТО): кран-балками, воздухопроводами и смазкопроводами с раздаточными колонками; стеллажами с запасными деталями для безотцепочного ремонта вагонов; транспортными дорожками и тоннелями, радиопереговорными колонками и др. Пути ПТО примыкают к сортировочному парку.

Для смены локомотивов всех поездов и направления их в локомотивное хозяйство (ЛХ) используются локомотивный тупик (ЛТ) и ходовой путь (ХП). Локомотивное хозяйство предназначено для ремонта, технического обслуживания и экипировки поездных и маневровых локомотивов.

Сортировочный парк (С) с вытяжными путями М1 и М2 предназначен для расформирования и формирования участковых (обращающихся между участковыми станциями), сборных (обслуживающих промежуточные станции) и передаточных (передаваемых на подъездные пути предприятий) поездов. В обоснованных случаях на вытяжных путях строят горки малой мощности или профилированные вытяжки. На вытяжных путях расформируют составы поездов и направляют вагоны на пути сортировочных парков в соответствии с их назначением по плану формирования поездов. После накопления вагонов на состав осуществляют формирование состава поезда и его отправление обычно с сортировочно-отправочных путей сортировочного парка. Полезная длина вытяжного пути должна быть равна длине грузового поезда, а в трудных условиях — не менее половины его длины.

Грузовые устройства (ГР) содержат склады различных типов, погрузочно-разгрузочные механизмы, контейнерные площадки, автомобильные проезды, служебно-технические здания и необходимое путевое развитие. При необходимости ГР снабжаются *вагонными весами* ВВ и специальными *пунктами промывки вагонов* (ППВ).

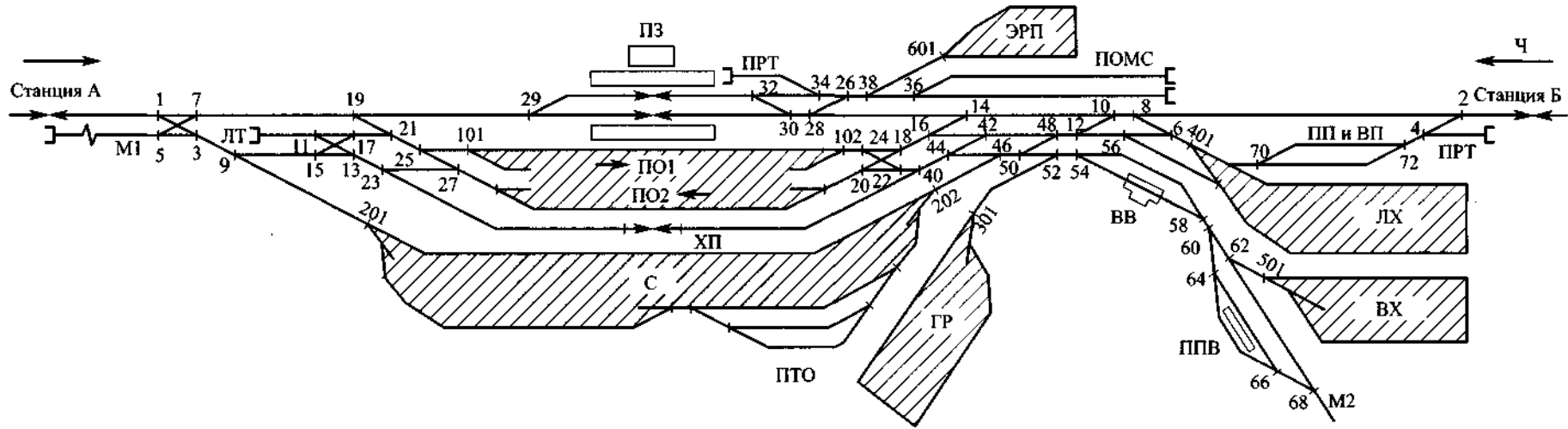


Рис. 3.16. Схема участковой станции поперечного типа однопутной линии

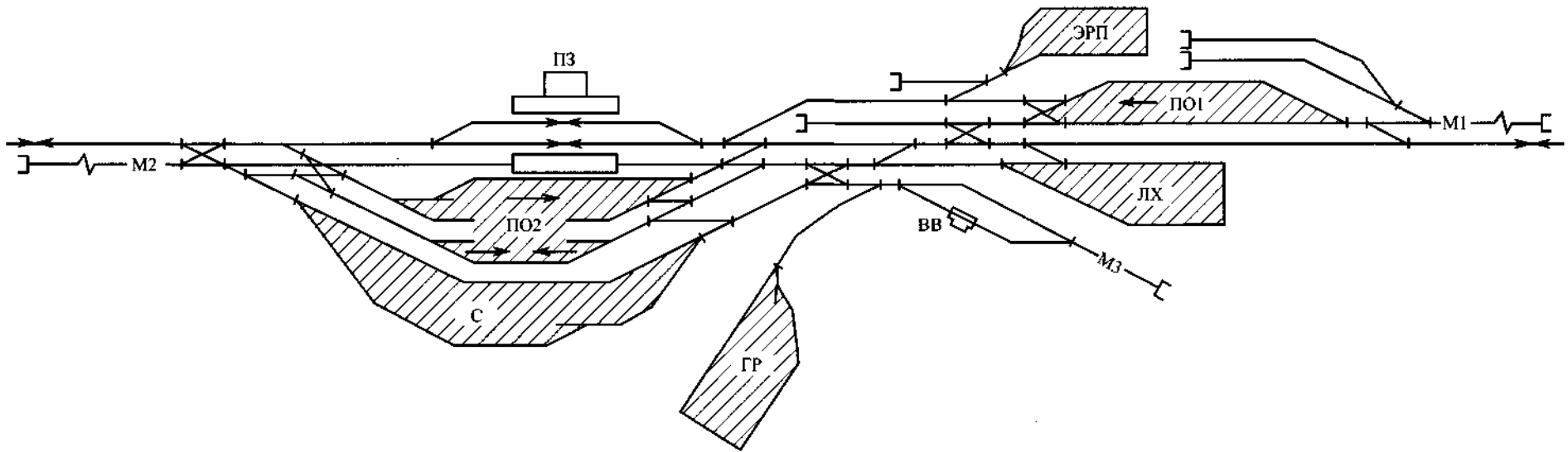


Рис. 3.17. Схема участковой станции продольного типа однопутной линии

Вагонное хозяйство (ВХ) включает в себя вагоноремонтные пункты (ВРП) или вагоно-ремонтное депо (ВРД), ПТО или, как указано выше, устройства для безотцепочного ремонта составов в приемо-отправочных парках.

Для технического обслуживания путевого хозяйства, устройств энергоснабжения и контактной сети, устройств сигнализации, централизации и блокировки на участковых станциях сооружают *эксплуатационно-ремонтные пункты* (ЭРП), имеющие собственное путевое развитие, склады, крановую технику.

Как правило, на участковых станциях строятся специальные пути для отстоя *противопожарных и восстановительных поездов* (ПП и ВП). Для безопасности движения пути ПОМС, ЭРП, ПП и ВП изолируются от главных и приемо-отправочных путей посредством предохранительных тупиков (ПРТ).

Наибольшее распространение на железных дорогах получили три основных типа принципиальной схемы участковой станции: с поперечным (параллельным), продольным (последовательным) и полупродольным (смещенным) расположением приемо-отправочных парков для грузовых поездов противоположных направлений.

Станции поперечного типа (см. рис. 3.16) требуют наименьшей длины площадки для своего размещения, равной $l_0 + 1350$ м, где l_0 нормативная полезная длина приемо-отправочных путей: 850, 1050, 1250 м и др. [7]. На таких станциях ни один грузовой поезд не проходит мимо пассажирских платформ, а путевое развитие весьма компактно, что упрощает его обслуживание. Кроме того, здесь обеспечивается наименьший расход маневровых средств, так как все приемо-отправочные пути имеют кратчайшую связь с вытяжными путями М1 и М2, а также требуется минимальный штат работников ПТО.

Однако поперечное расположение парков имеет ряд существенных недостатков. Во-первых, в обеих горловинах на станции имеются пересечения маршрутов следования пассажирских и грузовых поездов противоположных направлений (см. рис. 3.16 стрелки 14 и 19), что снижает пропускную способность и безопасность движения. Во-вторых, сменяемые локомотивы четных грузовых поездов имеют значительный пробег в пределах станции и для их пропуска при размерах движения более 18 пар грузовых поездов необходимо сооружать в приемо-отправочном парке специальный ходовой путь. В-третьих, сложность горловин, длинные стрелочные улицы и дополнительный ходовой путь приводят к большой дополнительной укладке путей и стрелочных переводов.

Маршруты приема и отправления поездов весьма сложны, имеют много искривлений на стрелочных переводах, связь с подъездными путями, примыкающими со стороны пассажирского здания неудобна. Кроме того, развитие станции осложняется, так как возможно только в одну сторону.

Участковые станции поперечного типа обычно строятся на однопутных линиях, на двухпутных направлениях и в узловых пунктах они могут применяться при сравнительно небольших размерах пассажирского движения и медленном росте грузооборота, а при больших размерах движения — в трудных топографических, геологических и других местных условиях при технико-экономическом обосновании. Несмотря на это на существующей сети железных дорог поперечный тип участковых станций является преобладающим.

Станции продольного типа (рис. 3.17) не имеют недостатков, присущих станциям поперечного типа, однако для своего размещения они требуют площадки значительной длины, равной $2l_0 + 1900$ м [7]. Кроме того, на них происходит пересечение главных путей сменяемыми поездными локомотивами грузовых поездов одного из направлений. Вследствие рассредоточения путевого развития требуются большие штат вагонников и количество зданий и сооружений в приемо-отправочных парках.

Продольный тип участковой станции применяется, как правило, на двухпутных линиях в благоприятных топографических условиях; в обоснованных случаях допускается его применение и на однопутных линиях, особенно при примыкании со стороны пассажирского здания подъездных путей с большим грузооборотом.

Станции полупродольного типа (рис. 3.18) отличаются от станций продольного типа смещением приемо-отправочных грузовых парков, из-за чего на них невозможен прямой выход из одного

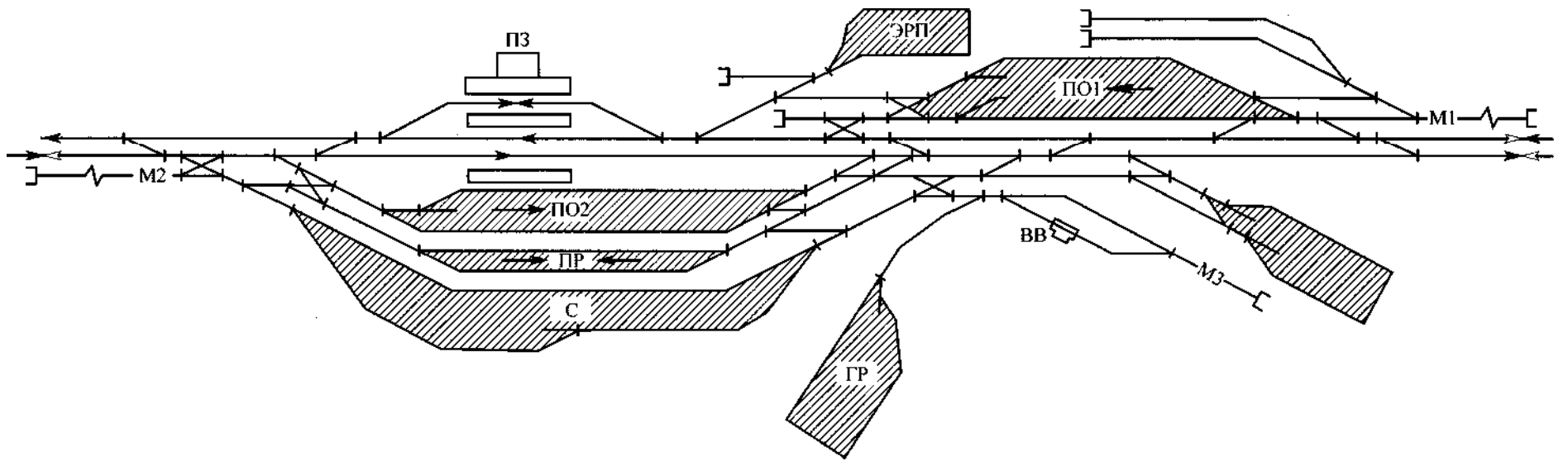


Рис. 3.18. Схема участковой станции полупродольного типа двухпутной линии

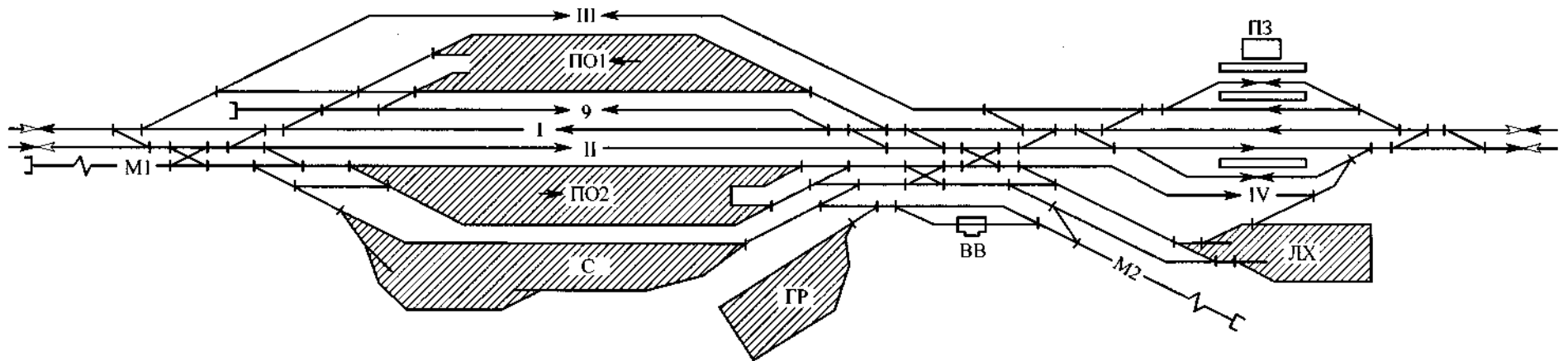


Рис. 3.19. Схема участковой станции с последовательным расположением пассажирских устройств и парков для грузового движения

парка в другой. В остальном станции этого и продольного типа одинаковы и применяются в тех же случаях, но при недостаточной длине станционной площадки для размещения станции с продольным расположением парков.

Продольный и полупродольный типы станций часто являются конечным этапом развития участковых станций поперечного типа [7].

На участках с интенсивным пригородным пассажирским движением может применяться схема участковой станции с поперечным расположением грузовых приемо-отправочных путей и последовательно им размещаемыми пассажирскими устройствами на самостоятельной станционной площадке (рис. 3.19). Такое решение иногда вызывается необходимостью удобного относительно города расположения вокзала и отсутствия в этом районе достаточной станционной площадки для размещения грузовых парков. Особенностью этой схемы является необычное расположение ходового пути 9 для прохода сменяемых поездных локомотивов — рядом с главным путем.

При больших размерах пассажирского и грузового движения для разгрузки центральной горловины может быть построен обходной главный путь III для отправления нечетных пассажирских поездов. В этом случае функции ходового пути могут быть перенесены на участок нечетного главного пути в пределах грузовых парков, а путь 9 использоваться как приемо-отправочный.

3.2. Маршрутизация передвижений на станциях

Основным понятием с точки зрения управления движением поездов и маневрирующих составов в пределах железнодорожной станции является маршрут, его установка, замыкание и размыкание.

Маршрутом называется часть путевого развития станции, подготовленная для следования подвижного состава от начала этого путевого развития до его конца.

Началом маршрута является разрешающее (открытое) показание соответствующего светофора (входного, выходного, маршрутного или маневрового), а *концом* — элемент путевого развития станции или перегона в зависимости от категории маршрута.

Различают поездные и маневровые маршруты, причем из первых выделяют маршруты приема, передачи и отправления.

Маршрутом приема называется часть путевого развития станции, обеспечивающая передвижение поезда с перегона на главный или приемо-отправочный путь станции. Началом маршрута приема является открытый входной светофор, а концом — приемо-отправочный путь станции.

Маршрутом передачи называется часть путевого развития станции, подготовленная для передвижения поезда с приемо-отправочного пути одного парка станции на приемо-отправочный путь другого парка этой же станции. Началом маршрута передачи является разрешающее показание маршрутного светофора, а концом — приемо-отправочный путь парка назначения.

Маршрутом отправления называется часть путевого развития станции, подготовленная для передвижения поезда с приемо-отправочного пути станции на перегонный путь. Началом маршрута отправления является разрешающее показание выходного светофора, а концом — первый блок-участок при АБ, или весь перегон до следующей станции или до блокпоста при ПАБ.

Маневровым маршрутом называется часть путевого развития станции, подготовленная для маневровых передвижений. Началом маршрута является разрешающее показание маневрового светофора, а концом шесть случаев: следующий попутный маневровый светофор; приемо-отправочный путь; бесстрелочная секция в горловине станции; знак «Граница станции»; нецентрализованная зона станции (грузовые дворы, подъездные пути, депо, тупики и др.); первый блок-участок удаления или приближения, если на данной станции в соответствии с ТРА разрешены маневры с выездом на перегон.

Два маршрута называются *взаимно враждебными*, если их одновременная реализация вызывает нарушение безопасности движения поездов.

Процесс подготовки путевого развития станции для следования поезда или маневрирующего состава называют *заданием* или *установкой маршрута*. Задать (установить) маршрут — это значит, перевести ходовые и охранные стрелки в требуемое положение и замкнуть их; проверить условия безопасности движения по всем его элементам; включить на соответствующем светофоре разрешающее сигнальное показание.

При задании маршрута до открытия светофора, разрешающего движение по задаваемому маршруту, в устройствах ЭЦ необходимо: во-первых, исключить возможность перевода ходовых и охранных стрелок, принадлежащих данному маршруту, т.е. замкнуть стрелки, и во-вторых, исключить возможность задания маршрутов, враждебных задаваемому, т.е. необходимо выполнить *замыкание маршрута*. Далее с проверкой фактического выполнения требований замыкания маршрута включить на светофоре разрешающее сигнальное показание.

Такой алгоритм функционирования систем ЭЦ гарантирует безопасность движения поездов, при котором сначала замыкаются стрелки и исключаются враждебные маршруты, а затем открывается светофор.

Процесс, обратный замыканию маршрута, называется *размыканием маршрута*.

Различают два вида замыкания маршрута — *предварительное* и *окончательное*. В общем случае предварительное замыкание наступает при открытии светофора, если на изолированном участке перед светофором (на участке приближения) отсутствует подвижной состав. При вступлении поезда на участок приближения наступает окончательное замыкание.

Вид замыкания маршрута определяет выдержку времени при отмене маршрута. В современных системах ЭЦ отмена предварительно замкнутого маршрута (его размыкание) производится, как правило, с выдержкой 4 с. Величина этой выдержки принята с учетом максимально возможного времени потери шунта на участке приближения. Отмена окончательно замкнутого поездного маршрута выполняется с выдержкой 3 мин, а окончательно замкнутого маневрового маршрута — 1 мин. Величина этой выдержки учитывает необходимость остановки поезда, движущегося с максимальной скоростью, на замкнутых стрелках.

При движении подвижного состава по трассе маршрута системы ЭЦ обеспечивают *автоматическое размыкание маршрута*. Для защиты от преждевременного размыкания при наложении и снятии шунта на рельсовые цепи, а также при переключении фидеров питания фактическое движение поезда по трассе маршрута устанавливается проверкой последовательного занятия и освобождения секций, входящих в маршрут. Кроме того, в цепях размыкания маршрута используются медленнодействующие на срабатывание повторители путевых реле, имеющие выдержку около 6 с, что примерно в два раза больше максимального времени потери шунта.

В системах ЭЦ нашли применение два вида автоматического размыкания маршрутов при движении подвижного состава — *маршрутное* и *секционное*. При маршрутном размыкании снятие замыкания со стрелок и враждебных маршрутов происходит при использовании всего маршрута, т.е. при занятии и освобождении всех секций, входящих в маршрут. Секционное размыкание предусматривает постепенное, по мере освобождения секций подвижным составом, снятие замыкания стрелок и враждебных маршрутов.

Если после прохода поезда возникла неисправность рельсовой цепи или произошла потеря контроля положения стрелок, то для размыкания маршрута в этих случаях используется *режим искусственной разделки (искусственного размыкания)*, который выполняется с выдержкой не менее 3 мин после нажатия специальных пломбируемых кнопок или кнопок, имеющих счетчики числа нажатий. В этом случае ответственность за безопасность движения берет на себя дежурный по станции.

3.3. Техническо-распорядительный акт станции

В соответствии с ПТЭ для каждой станции, разъезда, обгонного пункта составляется ТРА. На крупных станциях, в отдельных парках и сортировочных системах, где прием, отправление поездов и маневры выполняются независимо от других парков и систем, могут разрабатываться отдельные ТРА для каждого такого парка или системы.

ТРА устанавливает порядок использования технических средств станции, обеспечивающий безопасный и беспрепятственный прием, отправление и проследование поездов по станции, а также безопасность внутростанционной маневровой работы и соблюдение техники безопасности. Это порядок обязателен для работников всех служб. ТРА разрабатывается начальником

станции на основе ПТЭ, согласовывается с руководителями локомотивных и вагонных депо, дистанции пути, сигнализации и связи, энергоснабжения и проверяется ревизором движения. Для сортировочных, пассажирских, крупных грузовых и участковых станций ТРА утверждается начальником службы перевозок дороги, а для остальных — начальником отдела перевозок отделения дороги.

Для сортировочных, участковых, пассажирских и грузовых станций ТРА составляется по форме ДУ-41 в четырех экземплярах, которые хранятся у начальника станции, в отделе перевозок отделения, в службе перевозок дороги и Департаменте управления перевозками ОАО «РЖД».

Для промежуточных станций и других отдельных пунктов ТРА составляется по форме ДУ-41 а в трех экземплярах и хранится у начальника станции, в отделе перевозок отделения, в службе перевозок дороги, а в Департамент управления перевозками представляются только схематические планы станций.

Если путевое развитие, устройства СЦБ и связи, контактная сеть переустраиваются, меняется порядок приема и отправления поездов или производства маневровой работы, то ТРА станции пересоставляется и в него вносятся необходимые изменения. Согласование и утверждение изменений производится теми же руководителями, что и при разработке.

Для обеспечения безопасности движения поездов имеет большое значение своевременность внесения исправлений в ТРА и схему станции.

ТРА содержит четыре раздела и восемь приложений [15].

В разделе 1 «Общие сведения» указываются:

1.1. Характеристика станции и ее классность (например, «Станция по характеру работы является участковой и отнесена ко II классу»).

1.2. Характеристика прилегающих к станции перегонов и основных средств сигнализации и связи при движении поездов в четном и нечетном направлениях.

1.3. Перечень подъездных путей, их ведомственная принадлежность места примыкания и наличие предохранительных средств для предупреждения выезда подвижного состава.

1.4. Примыкания станционных путей, переданных в ведение других служб и организаций, с указанием границ между ними. Например, «Граница с путями локомотивного депо—стрелки 42,46».

1.5. Ведомость парков и путей с указанием: назначения парков и путей; номеров стрелок, ограничивающих пути; полной и полезной длины путей в метрах; вместимости путей в условных вагонах; наличия на путях электрической изоляции, контактной сети и устройств АЛС.

1.6. Пути (из перечисленных в п. 1.5), выделенные для приема, отправления и пропуска поездов с разрядными и негабаритными грузами, а также для отстоя вагонов с разрядными грузами.

1.7. Стрелочное хозяйство.

1.7.1. Централизованные стрелки с указанием: номеров стрелок, входящих в пост централизации; должностных лиц, переводящих стрелки; порядка проверки свободности стрелок от подвижного состава при нормальном действии и при неисправности устройств СЦБ.

1.7.2. Централизованные стрелки, передаваемые на местное управление с маневровых постов, вышек, колонок.

1.7.3. Нецентрализованные стрелки, обслуживаемые дежурными стрелочных постов с указанием: номеров стрелок, входящих в стрелочный пост; нормального положения стрелок; способов запираения стрелок; должностных лиц, у которых хранятся ключи от запертых стрелок; порядка освещения стрелок.

1.7.4. Нецентрализованные стрелки, не обслуживаемые дежурными стрелочных постов с указанием: номеров стрелок, входящих в район станции; нормального положения стрелок; должностных лиц, переводящих стрелки; способов запираения стрелок; должностных лиц, у которых хранятся ключи от запертых стрелок; порядка освещения стрелок.

1.8. Указатели путевого заграждения и порядок их обслуживания.

1.9. Места хранения инвентаря, применяемого при нарушении нормальной работы устройств СЦБ (курбелей с указанием их номеров, навесных замков, красных колпачков).

1.10. Сортировочные горки, вытяжные пути и их оборудование с указанием: наименования устройств и районов (парков) сортировочной (маневровой) работы; количества путей надвига и сортировочных путей; числа и типа вагонных замедлителей по тормозным позициям; наличия средств автоматизации сортировочной работы.

1.11. Пути с наличием пассажирских, грузовых и экипировочных устройств (высоких и низких платформ, гидроколонок и др.).

1.12. Освещение станционных путей.

1.13. Связь распорядительных пунктов по приему, отправлению поездов и производству маневровой работы с указанием: перечня командных пунктов (посты электрической, горочной и маневровой централизации, депо и др.); видов связи и должностных лиц, с которыми устанавливается связь; средств доставки поездных документов.

1.14. Места нахождения восстановительных и пожарных поездов, вагонов-лабораторий СЦБ и связи; дрезин ремонта контактной сети; медицинских и ветеринарных пунктов, отделов милиции с указанием порядка вызова необходимых должностных лиц.

В разделе 2 «Прием и отправление поездов» приводятся:

2.1. Разграничение районов управления и круг обязанностей каждого дежурного по станции, посту или парку.

2.2. Наличие переездов на станции и прилегающих перегонах с указанием: наименования переезда; типа переездной сигнализации; порядка действий ДСП при неисправности переездной сигнализации.

2.3. Порядок прекращения маневров перед заданием маршрутов приема или отправления, если указанные маршруты имеют общую трассу и, следовательно, общую враждебность.

2.4. Порядок проверки свободности путей при наличии и отсутствии рельсовых цепей, а также при неисправности устройств СЦБ.

2.5. Порядок проверки правильности маршрутов приема и отправления поездов при нормальном действии и неисправности устройств СЦБ. Порядок действий ДСП при приеме или отправлении поездов по пригласительному сигналу или соответствующим разрешениям при запрещающем показании светофоров.

2.6. Время, необходимое для приготовления маршрутов приема и отправления поездов при нарушении нормального действия устройств СЦБ.

2.7. Нецентрализованные стрелки, положение и исправность которых разрешается проверять не для каждого поезда.

2.8. Порядок пропуска поездов и маневровых составов по путям, расположенным между пассажирским зданием и стоящим на станции пассажирским поездом (при отсутствии переходного моста или тоннеля).

2.9. Порядок встречи прибывающих поездов дежурным по станции (постам, паркам), дежурными стрелочных постов, сигнальщиками и операторами постов централизации ([33], п. 16.12).

2.10. Порядок контроля прибытия поездов в полном составе.

2.11. Порядок приема поездов на станцию при запрещающем показании входного светофора и с неправильного пути при отсутствии на этом пути входного светофора. Порядок приема поездов на станцию по письменному разрешению дежурного по станции.

2.12. Дополнительные меры по обеспечению безопасности приема на станцию и стоянки пассажирских, людских, грузопассажирских и почтово-багажных поездов.

2.13. Условия приема поездов с перегона, имеющего затяжной спуск или подъем ([33], п. 6.10, 6.20).

2.14. Порядок приема на определенные участки станционных путей подталкивающих локомотивов, а также одиночных локомотивов, прибывающих на станцию ([12], 9.36,9.37).

2.15. Порядок прохода отправляющихся поездов дежурным по станции (постам, паркам), дежурными стрелочных постов, сигнальщиками и операторами постов централизации ([33], п. 16.21).

2.16. Порядок контроля отправления поездов в полном составе.

2.17. Порядок отправления со станции поездов при запрещающем показании выходных светофоров, а также с путей, не имеющих выходных светофоров.

2.18. Порядок выдачи предупреждений об особых условиях следования отдельных поездов.

2.19. Дополнительные указания по приему и отправлению поездов.

В разделе 3 «Организация маневровой работы» указываются:

3.1. Должностные лица, руководящие маневровой работой ([33], п.15.13; [12], п.11.13—11.16).

3.2. Специализация районов работы локомотивов, с указанием: районов работы, вытяжных путей, характера маневровой работы, серии маневровых локомотивов, наличие в районе технических средств, применяемых при маневрах.

3.3. Использование при маневрах устройств радиосвязи и парковой связи с указанием: районов работы; работников, которым предоставляется право пользоваться устройствами связи, и характера передаваемых ими указаний и сообщений; порядка действия должностных лиц в случае внезапного отказа средств радиосвязи.

3.4. Основные особенности производства маневров в каждом районе с указанием: районов работы; числа работников составительской бригады; порядка передачи указаний на перевод стрелок; порядка передачи сигналов машинисту, разрешающих выезд на стрелки; способа торможения отцепов при маневрах толчками.

3.5. Меры безопасности при работе в одном маневровом районе двух и более маневровых локомотивов.

3.6. Порядок проверки свободности стрелочной изолированной секции от подвижного состава при его неисправности или временном выключении из зависимости при переводе централизованных стрелок с маневровой колонки ([12], 11.20).

3.7. Меры безопасности по предупреждению случаев выхода подвижного состава за предельный столбик противоположного конца путей, ухода вагонов на маршруты следования поездов и в другие районы, столкновений отцепленных вагонов с маневрирующим составом на путях с неблагоприятным профилем ([12], 11.21).

3.8. Порядок заезда маневровых локомотивов в отдельные районы и пути, переданные на обслуживание другим службам и организациям ([12], 11.61—11.63).

3.9. Порядок перестановки маневровых составов из одного парка станции в другой.

3.10. Порядок закрепления составов и групп вагонов в пределах полезной длины станционных путей и групп вагонов на отдельных участках путей станции. Контроль за закреплением составов и групп вагонов, а также за уборкой тормозных башмаков со станционных путей ([12], 11.30—11.41).

3.11. Места хранения тормозных башмаков ([12], 11.51).

3.12. Регламент и последовательность операций за закреплением составов (групп вагонов) на станционных путях ([12], 11.41).

3.13. Места экипировки маневровых локомотивов.

3.14. Наличие вагонных весов, их подъемная сила и место расположения, скорость передвижения подвижного состава по вагонным весам.

3.15. Дополнительные указания по маневровой работе.

В разделе 4 «Техника безопасности» указываются:

4.1. Перечень негабаритных участков на путевом развитии станции, на которых запрещается находиться работникам станции при одновременном нахождении подвижного состава на обоих путях негабаритного места и движении подвижного состава хотя бы по одному из них.

4.2. Маршруты прохода работников по территории станции.

Перечень приложений к ТРА станции:

- масштабная схема путевого развития станции и продольные профили по осям станции, парков и районов;

- инструкция о порядке пользования устройствами СЦБ;

- таблица взаимозависимости маршрутов, стрелок и сигналов;
- инструкция о порядке пользования радиосвязью;
- ведомость условных звуковых сигналов, применяемых при маневровой работе;
- инструктивные указания «О мерах по предупреждению потери шунтовой чувствительности рельсовых цепей»;
- регламент переговоров по закреплению составов и групп вагонов на станционных путях;
- инструкция о порядке производства маневровой работы с вагонами, груженными взрывчатыми материалами.

Еще к ТРА прилагаются: схематический план станции; ведомость занятия приемо-отправочных путей поездами различных видов (пассажирскими, грузовыми, грузопассажирскими и почтово-багажными); ведомость подъездных путей, Инструкция о порядке пользования устройствами СЦБ, Инструкция о работе сортировочной горки, ведомость подачи звуковых сигналов при маневрах, Инструкция по технике безопасности, Инструкция о порядке работы подталкивающих локомотивов и другие документы, подготовленные исходя из местных условий работы станции.

Инструкция о порядке пользования устройствами СЦБ составляется начальником дистанции сигнализации и связи совместно с начальником станции. Согласовывает ее начальник отдела перевозок и утверждает начальник отделения дороги. Для крупных станций (по перечню, утвержденному начальником дороги) инструкцию предварительно согласовывают начальники служб сигнализации и связи и перевозок. Для промежуточных станций с однотипными устройствами СЦБ может разрабатываться единая инструкция с указанием в ней особенностей применения на отдельных станциях. В этой инструкции содержатся:

- общие сведения об устройствах СЦБ, которыми оборудована станция (аппараты управления, рельсовые цепи, стрелочные электроприводы, светофоры и их назначение);
- порядок и последовательность действий работников при приеме и отправлении поездов и производстве маневровой работы;
- порядок действий работников службы перевозок при неисправности станционных и перегонных устройств СЦБ.

3.4. Принцип действия маршрутно-контрольных устройств

Маршрутно-контрольные устройства (МКУ) получили широкое распространение на станциях сети железных дорог в 1950-е гг. Использовались системы Е.Е. Наталевича и В. А. Григорова, каждая из них обеспечивала контроль выполнения основных условий безопасности движения поездов:

- правильность перевода стрелок дежурными стрелочных постов по трассе задаваемого маршрута;
- невозможность открытия семафора (позднее и светофора) при неправильном положении стрелок;
- невозможность перевода стрелок, участвующих в маршруте, при открытом состоянии сигнала;
- невозможность одновременного задания враждебных маршрутов.

МКУ представляют собой систему электромеханических зависимостей между положением стрелок и состоянием сигналов на станции. При МКУ стрелки переводятся по маршруту дежурными стрелочных постов вручную, их положение фиксируется стрелочными контрольными замками, а сигналы (семафоры или светофоры) могут быть открыты только при правильном положении стрелок.

В начале 1960-х гг. XX в. (по предложению А.И. Брейдо) маршрутно-контрольные устройства стали дополняться специальными устройствами контроля свободности приемо-отправочных путей.

В настоящее время основные идеи МКУ используются при проектировании ключевой зависимости стрелок и сигналов со светофорной сигнализацией (КЗСС) на станциях с незначительным объемом поездной и маневровой работы [27]. При этом КЗСС может проектироваться при обращении пассажирских поездов со скоростями движения, не превышающими 120 км/ч, и грузо-

вых — 80 км/ч, на малодейственных линиях железных дорог, если в ближайшие 5 лет предусматривается переустройство путевого развития станции, в противном случае более эффективно применение ЭЦ.

При КЗСС стрелки переводятся вручную стрелочниками стрелочных постов СП1 и СП2 (рис. 3.20), а семафоры могут быть открыты только при определенном положении стрелок, запертых контрольными замками конструкции В.С. Мелентьева. Вынуть ключ из стрелочного контрольного замка можно только в том случае, если стрелка заперта в таком положении, которое указано на изъятom из замка ключе при условии плотного прилегания остряка к рамному рельсу. Запереть стрелку при зазоре между прижатым остряком и рамным рельсом 4 мм и более нельзя.

Ключевая зависимость устраивается с маршрутным контролем и без него, так называемая простейшая ключевая зависимость.

Системы ключевой зависимости с маршрутным контролем дают дежурному по станции возможность проверить правильность положения стрелок и соответствие их заданному маршруту, устраняя опасность ошибок стрелочников при установке стрелок.

Рассмотрим основные эксплуатационные требования и условия их выполнения, являющиеся общими для систем ключевой зависимости с маршрутным контролем.

На стрелочных постах устанавливаются стрелочные централизаторы (рис. 3.21) — аппараты механической зависимости, в которые вкладываются ключи от стрелочных контрольных замков и запираются рукоятками этих аппаратов. У дежурного по станции устанавливается управляющий аппарат (распорядительный аппарат, пульт управления, сигнальный централизатор), обеспечивающий ему контроль за правильностью приготовления маршрута и возможность разрешить управление сигналами или (в зависимости от системы) самому управлять ими. Управляющий аппарат увязывается со стрелочными централизаторами при помощи устройств станционной блокировки, которая может быть релейного (с применением реле) или электромеханического (с применением блок-механизмов или электрозашелок) типа.

Контрольными замками оборудуются все стрелки, входящие в маршруты приема и отправления, и охранные к ним. Стрелки съездов спариваются, т.е. имеют одно общее место (замок) в стрелочном централизаторе. При спаренных стрелках ключевой зависимости на четыре замка двух стрелок имеются три ключа разных серий, в том числе один плюсовой ключ, один минусовой и один переключной. Если стрелки съезда, запертые в нормальном (плюсовом) положении, требуется перевести, то стрелочник плюсовым ключом, вынутым из централизатора, отпирает первую стрелку, переводит ее, запирает в переведенном положении переключным (минусовым для замков этой стрелки) ключом, идет на вторую стрелку, отпирает ее переключным (плюсовым для замков этой стрелки) ключом, переводит и запирает минусовым ключом, вынимает его из стрелочного замка и вставляет в замок централизатора.

Стрелки съездов с интенсивной маневровой работой обычно не спаривают, так как переключка ключей вызывает неудобства при маневровой работе, которая производится по незапертым стрелкам.

Распределение стрелок по стрелочным постам, как правило, сохраняется существовавшее ранее при отсутствии ключевой зависимости. Наличие ключевой зависимости несколько увеличивает время задания маршрута, особенно при централизаторах с запирающимися рукоятками, что должно учитываться при расчете пропускной способности горловин станции.

Для того чтобы нельзя было отпереть замок одной стрелки ключом от другой стрелки или вложить в замок стрелочного централизатора вместо одного ключа другой, ключи стрелочных контрольных замков всей станции или ее части должны иметь различные серии, т.е. отличаться друг от друга формой бородок.

Всего существует 24 основных серии ключей и 48 дополнительных. Применение стрелочных контрольных замков одной и той же серии в пределах одной станции, а на большой станции в пределах одного стрелочного района и смежных с ним стрелочных постов других районов не допускается.

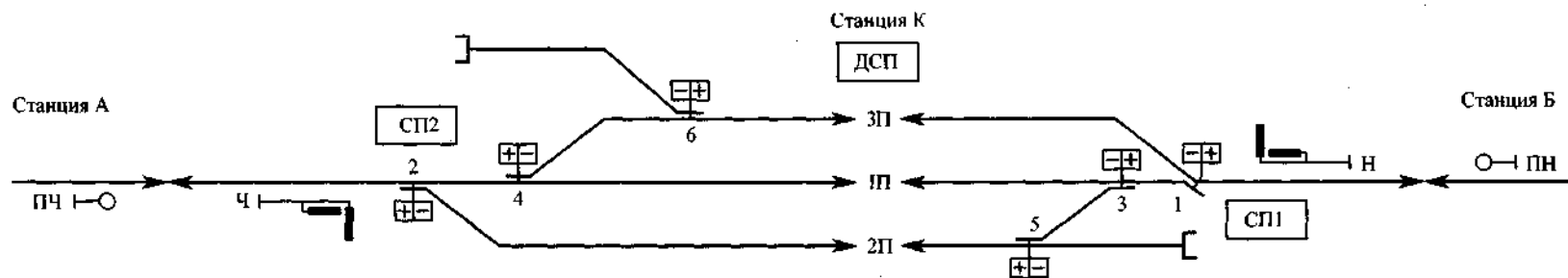


Рис. 3.20. Схематический план станции, оборудованной МКУ системы Е.Е. Наталевича

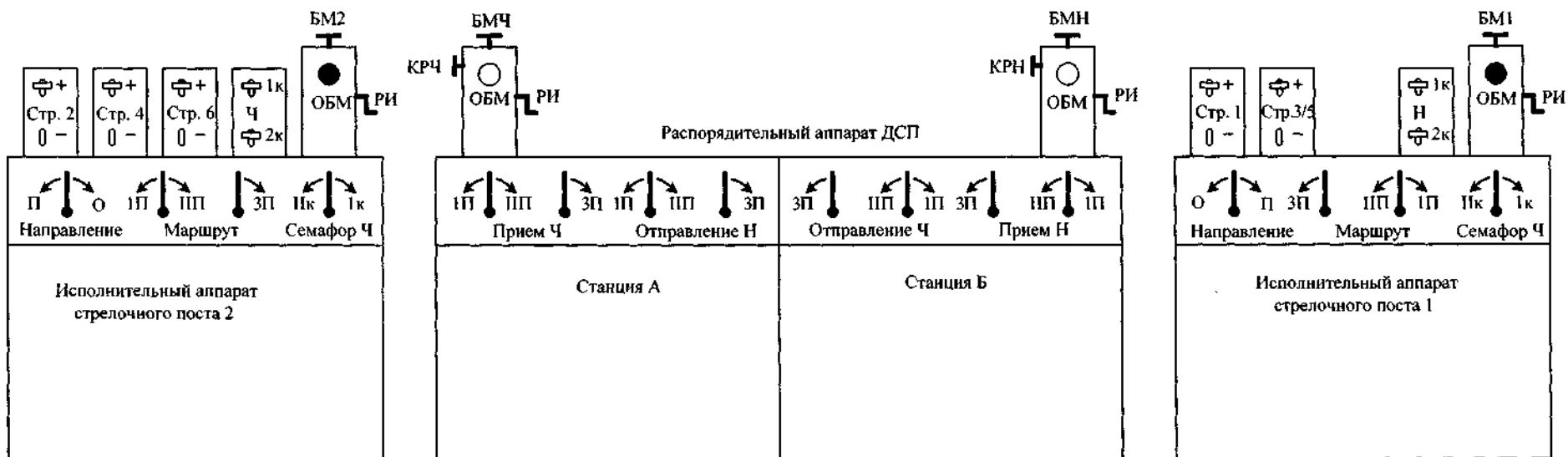


Рис. 3.21. Схемы аппаратов управления МКУ системы Е.Е. Наталевича

Основными системами ключевой зависимости, применяемыми на дорогах сети и имеющими маршрутный контроль являются:

- система ключевой зависимости со станционной блокировкой релейного типа, применяемая при оборудовании примыкающих к станции перегонов АБ;
- система ключевой зависимости со станционной блокировкой электромеханического типа (МКУ).

Каждая из указанных систем имеет свои разновидности, определяемые в основном конструкцией аппаратов и последовательностью действий при задании маршрутов и управлении сигналами.

МКУ и устройства ключевой зависимости отличаются простотой и невысокой стоимостью, они сыграли большую роль в обеспечении безопасности движения поездов на станциях и в дальнейшем развитии средств СЦБ.

3.5. Структурная схема электрической централизации

Структурная схема ЭЦ (рис. 3.22) включает в себя аппаратуру центрального поста ЭЦ, а также напольное технологическое оборудование. К аппаратуре центрального поста относится пульт управления ЭЦ, совмещенный с табло на промежуточных станциях. На крупных станциях отдельно устанавливается выносное табло.

Традиционно аппаратуру поста ЭЦ делят на наборную и исполнительную группы. Отдельно может быть выделена аппаратура управления и контроля, которая посредством кабельных жил связана с напольным оборудованием, основным из которого являются стрелочные электроприводы постоянного или переменного тока, рельсовые цепи и станционные светофоры. К другим объектам управления и контроля следует отнести релейные шкафы, батарейные колодцы, маневровые колонки и вышки, устройства ограждения путей, устройства пневмообдувки стрелок, электрообогрев контактов автопереключателей и другие устройства.

3.6. Классификация систем электрической централизации

На рис. 3.23 приведены традиционные классификационные признаки систем ЭЦ.

По методу обеспечения зависимостей между стрелками, светофорами и враждебными маршрутами системы ЭЦ подразделяются на системы с центральными (ЦЗ) и местными (МЗ) зависимостями, а по способу электропитания напольных объектов — с центральным и местным питанием. С середины 1950-х гг. релейные системы ЭЦ проектируют только с центральными зависимостями и с центральным питанием. Концентрация оборудования и устройств электропитания позволяет улучшить техническое обслуживание систем и ускорение поиска отказов.

По способу управления напольными объектами используют телемеханическое (ТМУ) и дистанционное (ДУ) управление объектами ЭЦ, а также отдельное (РУ) и маршрутное (МУ) управление.

По способу замыкания и размыкания секций маршрутов применяют групповое (ГРЗ) и секционное (СЗ) замыкание и размыкание. Используют стативную (СТА) и блочную (БЛА) компоновку аппаратуры поста ЭЦ, выполненную постоянным (ПМ) или шланговым (ШМ) монтажом электрических схем.

По виду применяемой элементной базы электрических схем системы ЭЦ подразделяются на релейные (РЦ), гибридные (ГЦ) или релейно-процессорные (РПЦ) и микропроцессорные (МПЦ).

Широко применяемые релейные системы управления движением поездов на станциях (БМРЦ, ЭЦ-12-00, ЭЦИ) по своим функциональным возможностям и обеспечению безопасности перевозок находятся на достаточно высоком уровне. Однако они обладают большой материалоемкостью, особенно по затратам серебра и меди; большой энергоемкостью, в частности по затратам при создании аккумуляторного резерва; требуют дорогостоящего технического обслуживания. Кроме того, примерно 50 % устройств ЭЦ релейного типа уже выработали свой физический ресурс.

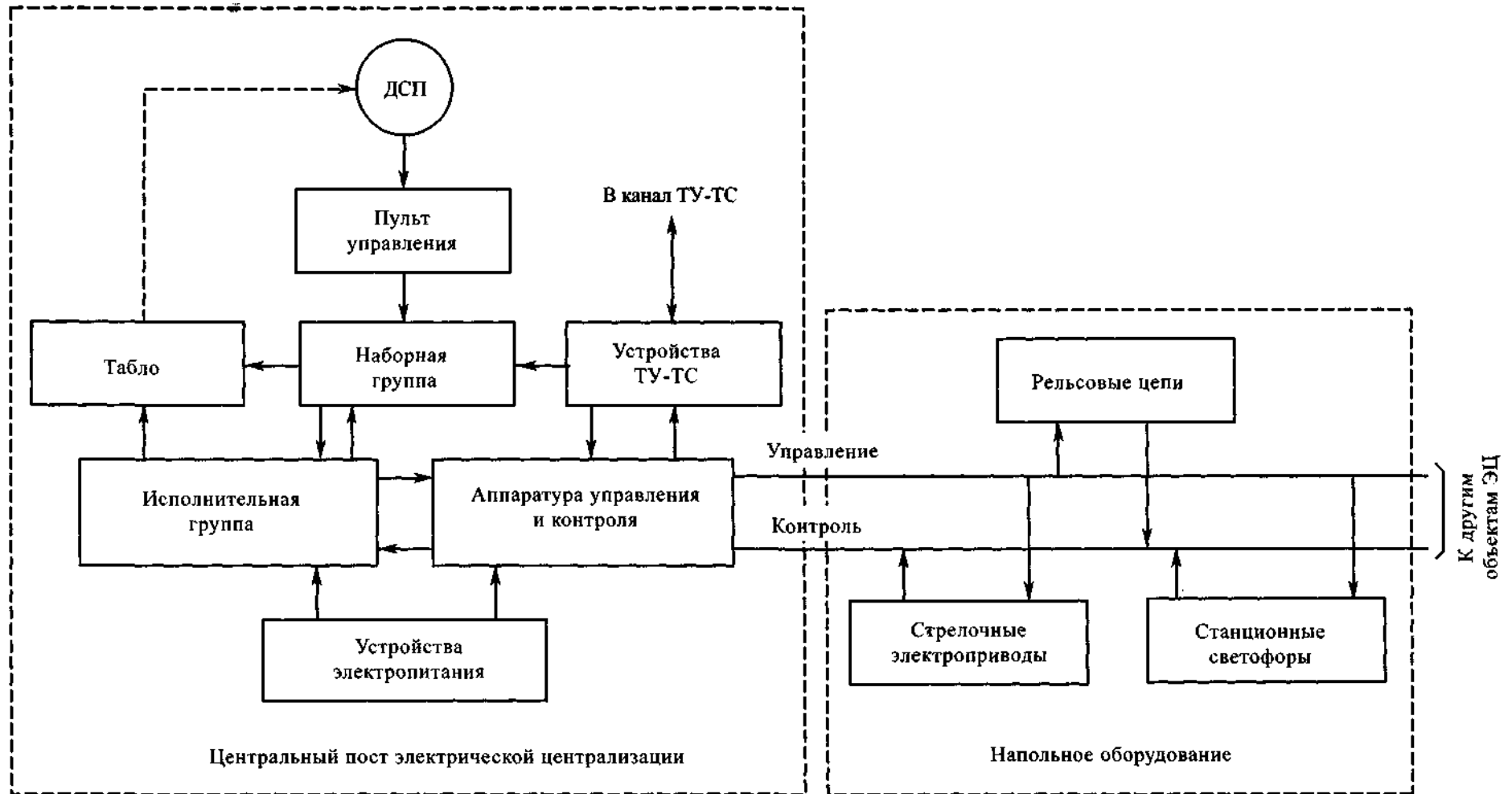


Рис. 3.22. Структурная схема электрической централизации

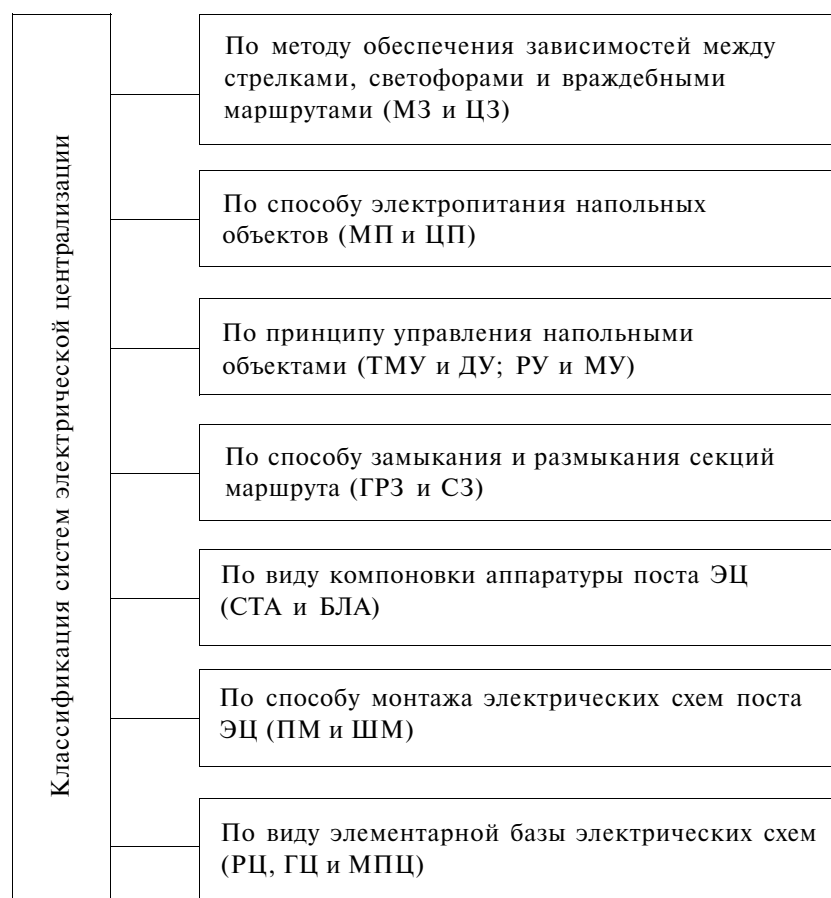


Рис. 3.23. Классификация систем электрической централизации

Руководство ОАО «РЖД» видит выход из создавшегося положения во внедрении новой техники на микропроцессорной основе. Эти системы должны обладать новыми качествами. В Программе технического и технологического перевооружения хозяйства сигнализации, централизации и блокировки железных дорог приняты основные направления научно-технической политики в хозяйстве автоматики и телемеханики ОАО «РЖД»:

- комплексное применение средств автоматики на базе микропроцессорной техники с встроенными средствами диагностики и контроля;
- создание микропроцессорной интегрированной системы управления маршрутами, адаптированной к участкам железных дорог с различной конфигурацией и степенью интенсивности движения с функциями диагностики и удаленного мониторинга;
- структурное изменение технологии обслуживания устройств переходом к обслуживанию устройств по состоянию на основе внедрения средств технической диагностики, корпоративных информационных систем с применением фирменного и сервисного обслуживания;
- развитие производственной базы электротехнических заводов — АО Объединенные электротехнические заводы ЭЛТЕЗА — с ориентацией на выпуск современной электронной продукции, необслуживаемого оборудования;
- изменение кадровой политики, создание условий для подготовки высококвалифицированных специалистов в вузах и средних специальных учебных заведениях и повышения квалификации работников хозяйства в производственных условиях.

Этим принципам отвечают ряд систем, разработанных в последние годы, к которым прежде всего следует отнести микропроцессорные централизации типа ЭЦ-ЕМ, МПЦ-2 и EbiLock-950, а также релейно-процессорную централизацию ЭЦ-МПК [20].

3.7. Технология работы промежуточной станции

3.7.1. Выполнение основных операций на промежуточных станциях

Основными техническими операциями на промежуточных станциях являются прием и отправление поездов, а при необходимости их пропуск без остановки. Пассажирские местные и пригородные поезда принимают на крайний перронный путь (рис. 3.24 путь 2П, рис. 3.25 путь 3П) к пассажирскому зданию (ПЗ). Дальние пассажирские поезда, имеющие остановку на этой станции, останавливаются у платформ главных путей. Пассажирские и грузовые поезда, следующие по данной станции без остановки, пропускаются по главным путям ИП и ИП.

Если один поезд останавливается для пропуска встречного, такая операция называется *скрещением*, она характерна для станций однопутных линий (см. рис. 3.24). Например, если на станцию первым прибывает поезд нечетного направления, то его принимают на свободный боковой путь: грузовой поезд — на пути 3П или 5П (путь 5П состоит из двух бесстрелочных участков 5АП, 5БП и стрелочного участка 24СП), а пассажирский — на путь 2П. Далее четный поезд (грузовой или пассажирский) пропускают по главному пути ИП, а затем отправляют нечетный поезд на освободившийся перегон.

Скрещение поездов на станциях двухпутных линий происходит без остановки поездов (рис. 3.25). Если же поезд останавливается для пропуска следом идущего, то такая операция называется *обгоном*. В этом случае медленно идущий первый поезд (пригородный пассажирский, сборный или участковый) принимается на боковой путь, а более быстрый поезд того же направления пропускается по главному пути. Обгон возможен на станциях как однопутных, так и двухпутных линий.

Организация пропуска поездов и маневровой работы строго регламентируется ПТЭ, [12], ТРА. Единоличным распорядителем технических операций по движению поездов на промежуточной станции является дежурный по станции (ДСП).

На станциях, оборудованных ЭЦ стрелок и сигналов с изоляцией приемо-отправочных путей, все операции по приготовлению маршрутов для приема и отправления поездов выполняет дежурный по станции. Для этого в помещении ДСП имеется пульт-табло с изображением путевого развития станции, на котором размещены повторители светофоров, кнопки управления стрелками и сигналами, а также другие вспомогательные приборы и устройства.

На станциях, не оборудованных ЭЦ, маршруты приема и отправления готовят дежурные стрелочных постов по распоряжению ДСП. При этом соблюдается регламент переговоров, установленный [12]. Маршрут приема должен быть приготовлен заблаговременно, чтобы не допустить снижения скорости принимаемого поезда или его остановки у входного светофора.

Одновременный прием двух встречных поездов разрешается в том случае, если продолжения их маршрутов не пересекаются. Если одновременный прием запрещен, то первым принимается поезд с менее благоприятными условиями остановки у закрытого входного сигнала или трогания с места.

Для обеспечения безопасности движения заблаговременно прекращаются маневры с выходом на маршрут приема, отправления поездов. Правильность приготовления маршрутов и свобода путей контролируется по пульту-табло. В случае неисправности устройств СЦБ свобода путей и правильность установки стрелок проверяет лично ДСП или сигналист.

3.7.2. Организация работы со сборными поездами

Сборные поезда для обслуживания промежуточных станций формируются на ограничивающих данный участок сортировочных или участковых станциях. Вагоны в составе сборного поезда размещаются группами в порядке географического расположения промежуточных станций участка. Сборные поезда обращаются по установленному графику с таким расчетом, чтобы грузовые операции закончились к моменту их прибытия на станцию. В случае значительной и устойчивой грузовой работы на промежуточной станции для ее обслуживания в графике движения предусматривают вывозные поезда, которые обращаются между данной станцией и ближайшей сортировочной или участковой [7], [28].

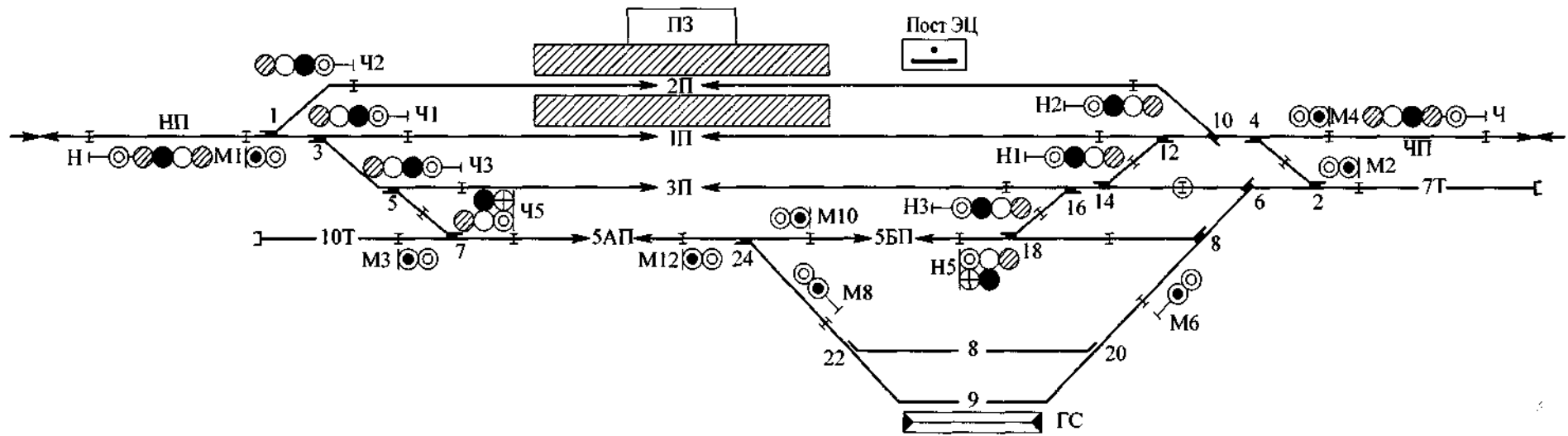


Рис. 3.24. Схематический план промежуточной станции поперечного типа однопутной линии

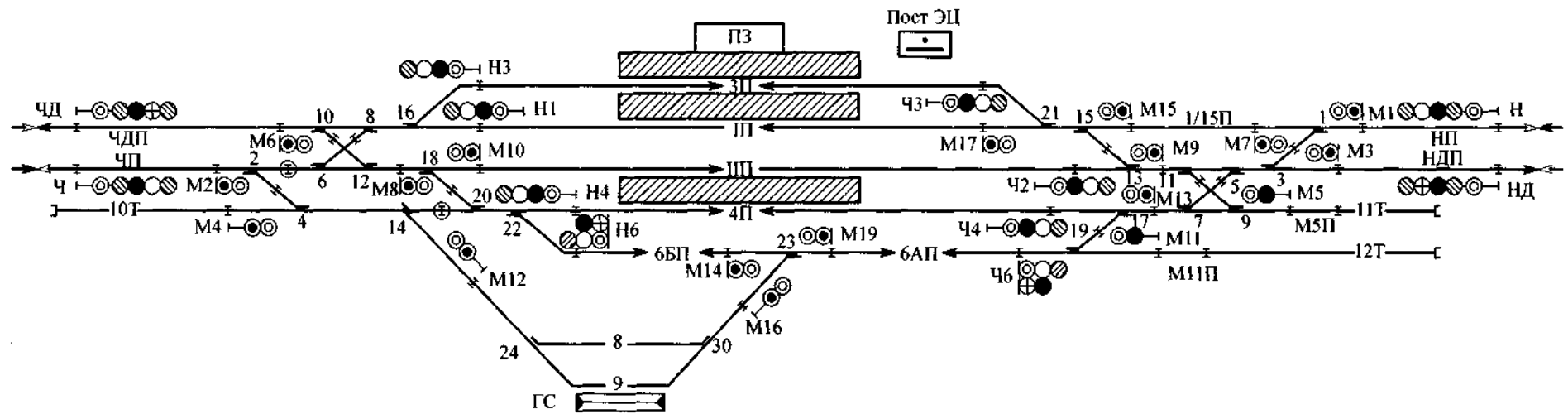


Рис. 3.25. Схематический план промежуточной станции двухпутной линии

Со сборными поездами на промежуточной станции выполняют следующие операции: прием поезда, отцепку группы вагонов и подачу их к месту выгрузки, прицепку отправляемой группы вагонов, обмен грузовыми документами, опробование тормозов и отправление. При наличии в составе поезда сборно-раздаточного вагона выполняют погрузку и выгрузку мелких отправок без отцепки вагона.

Маневровая работа на промежуточной станции может выполняться поездным локомотивом сборного поезда, маневровым локомотивом, прикрепленным к данной станции или к нескольким соседним станциям, вывозным локомотивом. Порядок выполнения маневров в значительной степени зависит от схемы путевого развития станции и расположения отцепляемых вагонов в составе, а также прицепляемых на погрузочно-выгрузочных путях.

На промежуточной станции поперечного типа однопутной линии (см. рис. 3.24) маневровая работа выполняется следующим образом. Отцепляемые вагоны расположены в голове состава четного сборного поезда, прицепляемые вагоны стоят на выставочном пути 8. Сборный поезд принимается на участок пути 5БП или путь 5П. После согласования порядка работы с ДСП и обмена документами главный кондуктор (составитель) или помощник машиниста отцепляет группу вагонов и следует с ними по светофору М10 на участок пути 5АП или по светофору Ч5 на вытяжной путь 10, затем осаживает их по светофору М12 на выгрузочный путь 9. Расставив вагоны на пути 9 под выгрузку, машинист заезжает на путь 8, где находятся вагоны, предназначенные для прицепки, и переставляет последние на путь 5 к составу сборного поезда. Закончив маневры, машинист с составителем опробуют тормоза и ждут сигнала к отправлению.

При наличии на станции подъездных путей (см. рис. 3.25, пути 11 и 12) работа сборного поезда осложняется подачей и уборкой вагонов на несколько фронтов погрузки и выгрузки. В этом случае сборный поезд принимают на путь 4П, а для подборки групп вагонов по назначению используется путь 6П со стрелкой примыкания 23 и участками пути 6АП, 6БП, вытяжной путь 10, выгрузочный путь 9 и выставочный путь 8. Для сокращения времени маневровой работы сборных поездов на промежуточных станциях необходима правильная расстановка вагонов сборного поезда на участковых станциях.

Общее время нахождения сборного поезда на промежуточной станции заложено в графике движения и практически составляет от 30 до 40 мин.

На участках, где сборные поезда не сопровождает главный кондуктор или составитель, перевозочные документы находятся у машиниста локомотива. Маневры выполняют под руководством начальника станции. Отцепку, подачу, прицепку вагонов осуществляет помощник машиниста.

3.7.3. Опорные промежуточные станции

На линиях с интенсивным движением поездов обращение сборных поездов оказывает отрицательное влияние на участковую скорость и пропускную способность участков. Каждая остановка сборного поезда увеличивает продолжительность нахождения его на участке и приводит к съему с графика не менее одного поезда другой категории. Кроме того, выполнение грузовых операций на каждой промежуточной станции ведет к распылению средств механизации и малоэффективному их использованию, поэтому уменьшение числа остановок сборного поезда способствует увеличению участковой скорости и лучшему использованию пропускной способности участка [28].

В целях интенсификации перевозочного процесса на участках с большими размерами движения организуют так называемые опорные промежуточные станции. Сборный поезд останавливается только на этих станциях, где вагоны отцепляются в адрес получателей, расположенных как на этой станции, так и на близлежащих промежуточных станциях, на которых он не останавливается. Отцепленные на опорной станции вагоны развозятся на близлежащие станции маневровым локомотивом. После выполнения грузовых операций маневровый локомотив собирает вагоны на опорную станцию, где их прицепляют к сборному поезду. Таким образом, сокращается число остановок сборного поезда, а объем грузовой работы на промежуточных станциях сохраняется.

В дальнейшем ряд малодейственных станций с незначительной погрузкой и выгрузкой закрывают для выполнения грузовых операций, которые переносятся на опорную станцию. Грузы малодейственных станций доставляют на опорную станцию автомобильным транспортом. При этом достигается не только сокращение числа остановок сборного поезда, но и сосредоточение грузовой работы на меньшем числе станций.

Опорные станции имеют соответствующее развитие путевого и складского хозяйств, средства механизации. На опорной станции должен быть грузовой район с крытыми складами и платформами для переработки тарных грузов. Место расположения такого района выбирают с учетом наличия автомобильных дорог и их пересечения с железнодорожными путями. Опорные станции с грузовыми устройствами располагаются на расстоянии 30—40 км друг от друга в зависимости от наличия и состояния автомобильных дорог.

3.8. Технология работы участковой станции

3.8.1. Размещение основных устройств на участковых станциях

Участковые станции предназначаются для выполнения следующих основных операций: формирование и расформирование участковых и сборных поездов; смена локомотивов, локомотивных бригад; техническое обслуживание и ремонт подвижного состава; организация погрузочно-выгрузочных работ; обслуживание пассажиров и промышленных предприятий [1], [2], [7].

Большое число разнородных технологических операций на участковых станциях требует сооружения многих сложных взаимодействующих между собой технических комплексов.

Устройства для организации пассажирского движения включают в себя приемо-отправочные пути (в том числе главные) с пассажирскими платформами (рис. 3.26 и 3.27, 1П, 3П, 3П), пешеходные мосты и тоннели, пассажирское здание (ПЗ), почтовое и багажное помещения, а также пути отстоя местных пассажирских поездов (см. рис. 3.16, пути ПОМС), имеющих оборот на данной станции. Число приемо-отправочных пассажирских путей и путей отстоя зависит от размеров пассажирского движения, но должно быть не менее числа примыкающих к станции направлений. На участковых станциях, расположенных в крупных городах с большим объемом пассажирских перевозок, устраиваются специальные пассажирские парки, размещаемые последовательно с грузовыми.

Устройства для грузового движения—приемо-отправочные и сортировочные парки, вытяжные и ходовые пути, горловины, оборудование приемо-отправочных парков для технического обслуживания грузовых поездов (воздухо- и смазкопроводы с раздаточными колонками, стеллажи для запасных деталей, транспортные дорожки и тоннели, радиопереговорные колонки и др.).

Грузовые устройства — склады различных типов, погрузочно-разгрузочные механизмы, автомобильные проезды, путевое развитие и служебно-технические здания.

Локомотивное хозяйство — экипировочные устройства (ЭУ) и ремонтная база локомотивов (РБ_{лок}).

Вагонное хозяйство — вагоноремонтные пункты (ВРП) или депо (ВРД), ПТО, устройства для безотцепочного ремонта вагонов в приемо-отправочных парках.

Базы технического обслуживания пути, энергоснабжения и контактной сети, устройств сигнализации, централизации и блокировки.

Служебно-технические здания общего назначения — контора начальника станции, пост ЭЦ стрелок и сигналов и др. Устройства материально-технического обеспечения всех подразделений железнодорожного участка (материальный склад);

Взаимное расположение основных устройств на станции должно в максимальной степени отвечать общим требованиям проектирования станций, изложенным ранее. Кроме того, они должны обеспечивать:

- наибольшее удобство для населения;
- максимальную независимость работы каждой группы основных устройств, разделение пассажирских и грузовых операций, отделение, маневровой работы от поездных передвижений, расположение ЛХ, ВХ, ГР и др. за пределами приемо-отправочных парков;

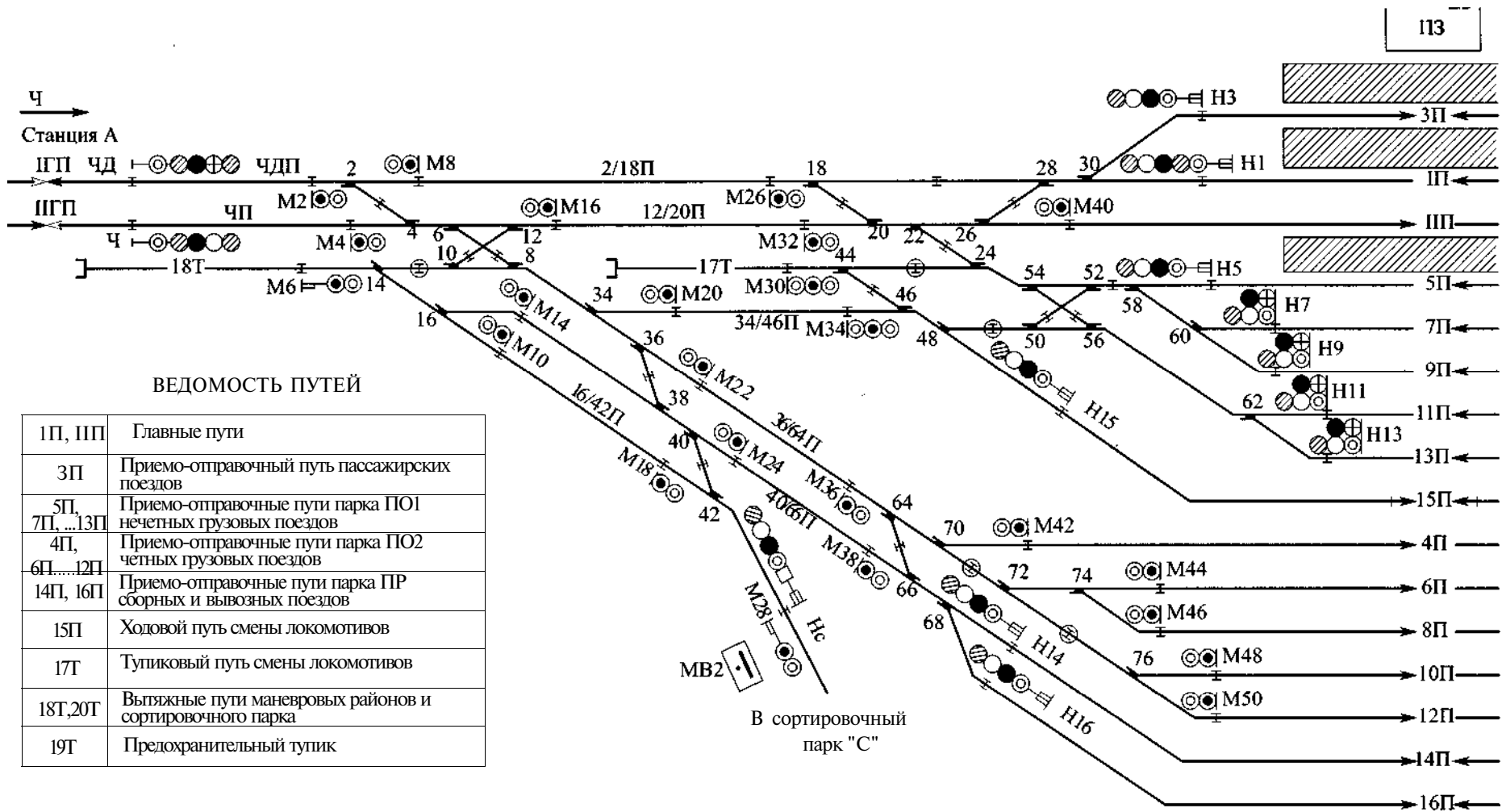


Рис. 3.26. Расстановка светофоров во входной горловине участковой станции поперечного типа

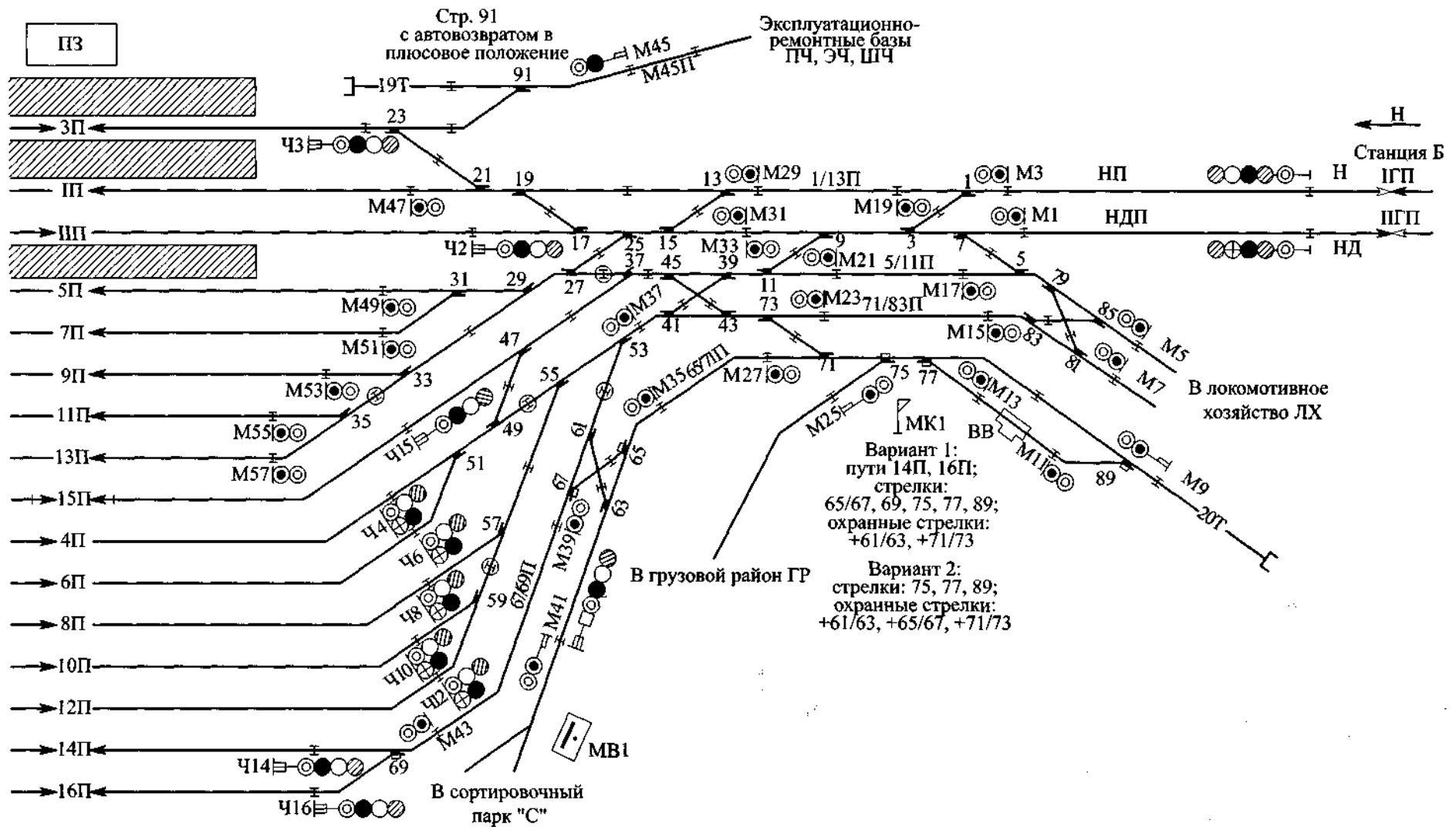


Рис. 3.27. Расстановка светофоров в центральной горловине участковой станции поперечного типа

- удобную и кратчайшую связь взаимодействующих элементов без помех в работе других укладкой соответствующих соединений для параллельных передвижений;
- минимум взаимных пересечений маршрутов массовых передвижений (особенно маршрутов приема поездов);
- благоприятные условия для кооперирования однородных устройств и сооружений;
- внедрение оптимального технологического процесса, основанного на максимальной поточности передвижений и использовании современных средств автоматизации и механизации производственных процессов;
- минимальное отрицательное воздействие на окружающую среду.

3.8.2. Горловины приемо-отправочных парков

Стрелочные зоны — горловины приемо-отправочных парков являются наиболее ответственными элементами путевого развития. Они во многом определяют капитальные и эксплуатационные расходы по станции, ее пропускную способность, величины задержек подвижного состава на пересекающихся маршрутах, условия безопасности при движении поездов и маневровой работе на станции.

В результате длительного опыта проектирования, строительства и эксплуатационных и научных исследований установлены следующие основные требования к схемам горловин участковых станций [1], [2], [7], [28].

1. Горловины должны быть компактными, т.е. иметь наименьшую длину, способствующую снижению капитальных затрат и эксплуатационных расходов по путевому развитию станции, по поездным и маневровым передвижениям.

2. Схемы горловин станций должны позволять выполнение нескольких операций одновременно, для чего необходимо:

- маневровую работу по формированию и расформированию поездов отделить от поездных маршрутов;
- парковые пути, на которых в горловине осуществляются несколько разнородных массовых операций, секционировать, т.е. разделить на группы (секции) по два-три пути в каждой с укладкой соответствующих соединений для параллельных передвижений;
- обеспечить одновременный прием поездов на станцию со всех примыкающих направлений (на узловых станциях);
- не допускать (по возможности) пересечение маршрутов приема поездов сменяемыми локомотивами;
- при больших размерах движения (более 24 пар поездов) обеспечить независимую смену локомотивов в приемо-отправочных парках разных направлений, для чего следует проектировать два выхода со станции на экипировочные устройства локомотивов;
- на станциях поперечного типа двухпутных линий в каждой горловине создать возможность одновременного приема и отправления транзитных грузовых поездов противоположных направлений;
- на станциях продольного типа однопутных линий обеспечить одновременное отправление транзитных грузовых поездов противоположных направлений.

3. Конструкция горловин должна иметь следующие обязательные маршруты:

- выход с длинных путей сортировочного парка на все примыкающие к станции направления;
- прием поездов с неправильного пути в специализированный приемо-отправочный парк и отправление их со станции по неправильному пути;
- выход со всех приемо-отправочных путей для грузовых поездов на основные вытяжные пути, при этом на станциях поперечного типа — без использования главных путей.

4. Схемы горловин должны обеспечивать максимальную поточность основных передвижений на станции.

5. Конструкция стрелочных зон парков должна позволять нормальные размещения устройств электрической централизации (светофоров, изолирующих стыков) и электрификации (опор контактной сети).

6. Взаимное расположение стрелочных переводов в горловинах при соблюдении требований 1—5 должно быть таким, при котором обеспечиваются:

- наименьшая сумма углов поворота поездов (искривлений на маршрутах их приема и отправления);
- максимальная идентичность полезных длин приемо-отправочных путей;
- наименьшее число стрелочных переводов на главных путях;
- минимальная длина основных маневровых районов.

Как конкретно обеспечиваются перечисленные основные требования, рассмотрим на примере схем горловин участковой станции поперечного типа с 12 приемо-отправочными путями для грузовых поездов.

Входная (четная) горловина (см. рис. 3.26). Компактность горловины обеспечивается рациональной схемой, применением перекрестных съездов 6/8, 10/12, 50/52, 54/56. Схема горловины позволяет выполнять одновременно пять передвижений:

- отправление нечетных пассажирских поездов с главного пути ПП по светофору Н1 или с пути ЗП по светофору Н3;
- уход локомотива от поезда с путей 5П, 7П, 9П в локомотивный тупик 17 по светофорам Н5, Н7, Н9 или наоборот, с тупика 17 на пути 5П, 7П, 9П по светофору М30;
- проход поездного локомотива с ходового пути 15П по светофору Н15 на участок пути 34/46П или обратно, с участка пути 34/46П на ходовой путь 15П по светофору М34;
- прием четного грузового поезда со станции А по входному светофору Ч на один из путей 4П, 6П, 8П, 10П или 12П;
- вытягивание сборного или участкового поезда для расформирования с путей 14П, 16П по светофорам Н14, Н16 на вытяжной путь 18 или перестановка составов из парка С на эти пути, или расформирование составов в сортировочном парке.

Нечетные приемо-отправочные пути разделены с помощью соединений между стрелками 48—50—56 на две секции (два и три пути), что позволяет выполнять одновременно два передвижения, например, отправление с путей 5П, 7П или 9П и смену локомотива на путях 11П или 13П.

Пять путей для четных поездов (4П, 6П, 8П, 10П и 12П) здесь могут быть в одной секции, так как кроме приема поездов со станции А в этой горловине на них нет других массовых передвижений. Пути 14П и 16П для расформировываемых и формируемых на этой станции поездов выделены в самостоятельную секцию, что позволяет отделить маневровую работу от приема транзитных грузовых поездов. Отдельные секции представляет здесь также ходовой путь 15П, локомотивный тупик 17, вытяжной путь 18.

Двухстороннее движение по главным путям в горловине обеспечивается съездами 18/20 и 22/24, что позволяет одновременно принимать и отправлять грузовые поезда. Маршруты подачи поездных локомотивов по ходовому пути 15 в тупик 17 и обратно располагаются между маршрутами приема и отправления грузовых поездов противоположных направлений, не пересекая их.

Выход из парка С обеспечивается съездами 36/38 и 40/42, а прием с неправильного пути I (со станции А) грузового поезда на пути 4П—14П — съездом 2/4. Соединение между стрелками 52—50—48—46—34 позволяет проследовать маневровому составу с любого грузового пути на вытяжной путь 18, минуя главный путь ПП.

Для уменьшения износа стрелочные переводы 10, 12, 26, 28 размещены таким образом, что грузовые поезда по ним не проходят, а маршрут приема четных транзитных грузовых поездов от стрелки 6 до стрелки 62 не имеет изломов на кривых и стрелочных переводах.

Центральная (нечетная) горловина (см. рис. 3.27). Для компактности горловины применены перекрестные съезды 39/41, 43/45, 61/63, 65/67. Схема позволяет выполнить одновременно пять операций:

- прием пассажирских поездов со станции Б по входному светофору Н по пути ПП и ЗП;
- отправление пассажирского четного на станцию Б с пути ПП по светофору Ч2;
- пропуск поездного локомотива по светофорам М5 или М7 на ходовой путь 15П по стрелкам 5, 11, 39, 45, 37, 47 из локомотивного хозяйства (ЛХ) или в обратном направлении;

- проход поездного локомотива по маршруту: пути 4П, 6П, 8П, 10П, 12П — стрелки 55, 53, 43, 73 — ЛХ или обратно;
- маневровая работа на вытяжном пути 20 или взвешивание грузов на вагонных весах (ВВ) на участке пути 77/89П.

Приемо-отправочные пути для грузовых поездов секционированы по два-три в каждой секции с помощью соединений и съездов: 47—49, 65—67. Как и в четной горловине отдельными секциями являются ходовой путь 15П, вытяжной путь 20, ходовые пути в пределах стрелочной зоны и ЛХ. Одновременный прием и отправление грузовых поездов обеспечивается съездом 13/15 и соединением 25—27.

Два сквозных ходовых пути в горловине позволяют выполнить независимую смену локомотивов в обоих приемо-отправочных парках грузовых поездов. Съезд 1/3 обеспечивает прием со станции Б перерабатываемых поездов на пути 14П и 16П, а также отправление со станции четных грузовых поездов на станцию Б по неправильному пути I; ГП съезд 61/63 позволяет отправить поезд из сортировочного парка.

Маневровая колонка МК1 позволяет передать на местное управление пути и стрелки по двум вариантам:

- маневровая работа со сборными и участковыми поездами; на местное управление передаются пути 14П, 16П и стрелки 65/67, 69, 75, 77, 89.
- маневровая работа по взвешиванию погруженных вагонов; на местное управление передаются стрелки 75, 77, 89.

Задачами ЭЦ является обеспечение безопасности указанных передвижений и необходимой пропускной способности горловин станции.

3.9. Аппараты управления и контроля

3.9.1. Виды аппаратов управления

Для управления и контроля устройствами ЭЦ релейного типа на российских железных дорогах в эксплуатации находятся пульты-табло, пульты-манипуляторы и выносные табло трех поколений [40]:

- желобкового типа с применением коммутаторных ламп напряжением 24 В типа КМ-24;
- из блочных элементов (мозаичных типа «Домино») с применением коммутаторных ламп КМ-24;
- из блочных элементов (мозаичных субблоков) с применением светодиодов зеленого, желтого и красного свечения.

Мозаичные субблоки со светодиодной индикацией проектируются с 1999 г., причем на станциях, имеющих до 30 стрелок, используются пульты-табло типа ППНБМ, а на более крупных станциях пульты-манипуляторы и выносные табло типа ТВБУ.

На станциях с устройствами ЭЦ релейно-процессорного и микропроцессорного типа в качестве аппаратов управления и контроля используются персональные компьютеры с мониторами размером 17—21 дюймов. На крупных станциях дополнительно могут применяться видеопроjectionные, жидкокристаллические или плазменные табло, управляемые компьютером [18].

Функционально пульты-табло и пульты-манипуляторы на светодиодах различаются незначительно, поэтому ниже будет рассмотрен принцип действия пульта-табло типа ППНБМ. Конструктивные особенности пульта-манипулятора и выносного табло типа ТВБУ приведены в [40].

3.9.2. Пульты-табло с субблоками на светодиодах

Пример пульта-табло (рис. 3.28 и 3.29) рассматривается для станции К, оборудованной устройствами ЭЦ по альбому ЭЦ-12-00. Прилегающие перегоны К—А и К—Б оборудованы двухпутной, трехзначной автоблокировкой: АБТ без изолирующих стыков с тональными рельсовыми цепями, а также с возможностью организации движения поездов в неправильном направлении по сигналам АЛС.

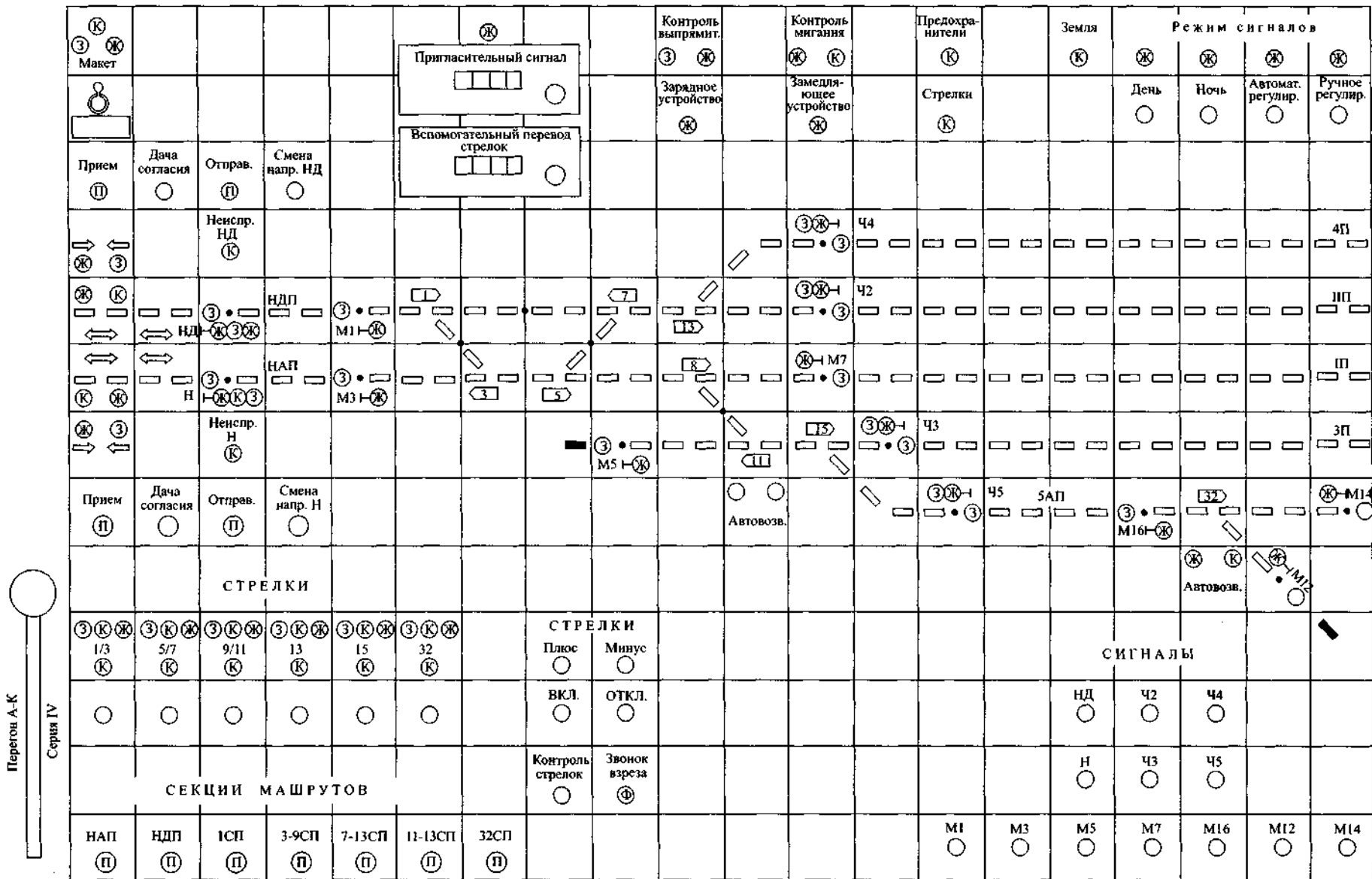


Рис. 3.28. Секция пульт-табло нечетной горловины промежуточной станции

Для светосхемы пульта-табло типа ППНБМ используются световые ячейки — индикаторы состояния объектов ЭЦ (ИСОЕЦ), имеющие размер 40x40 мм. Всего изготавливается 38 типов субблоков ИСОЕЦ, отличающихся друг от друга внешним видом, принципиальной схемой и маской. Кроме того, в пультах типа ППНБМ применяются блоки кнопок, тумблеров, коммутаторов и ключи-жезлы [40].

Светосхема станции. Для контроля установки маршрута, состояния стрелочных и бесстрелочных участков пути и приемо-отправочных путей, горения ламп светофоров, положения стрелок и занятости перегонов, искусственного размыкания на пульте-табло предусмотрены следующие световые ячейки:

- по схеме путей и стрелок световые ячейки с красными и желтыми светодиодами (на рис. 3.28 и 3.29 показаны прямоугольниками). Красным цветом отображается занятость путей и стрелочных участков, желтым — установка маршрута.

Нормально при неустановленных маршрутах ячейки стрелочных и бесстрелочных участков не горят, на пути горит одна ячейка желтым цветом, если путь свободен, или три ячейки красным цветом, если путь занят. После установки маршрута по его трассе на светосхеме загораются ячейки желтым цветом (желтая полоса). При занятии участков эти ячейки загораются красным цветом, а с освобождением — желтым цветом (в секционном режиме размыкания, примерно на 6 с, до срабатывания медленнодействующего повторителя путевого реле; в маршрутном режиме размыкания — до прибытия поезда на путь или отправления на перегон), а затем гаснут;

- для контроля состояния светофоров по плану станции устанавливаются ячейки с повторителями светофоров со следующей индикацией:

- входные светофоры: зеленый светодиод — светофор открыт; красный светодиод горит ровным светом — светофор закрыт; красный светодиод горит мигающим светом — перегорела красная лампа; желтый светодиод — открыт пригласительный; красный светодиод в ячейке «Неиспр.», расположенной у повторителя входного светофора загорается при неисправности в релейном шкафу;

- выходные светофоры: зеленый светодиод — светофор открыт на поездное показание; желтый светодиод — светофор открыт на маневровое показание; желтый мигающий — перегорела одна из ламп светофора; все погашены — светофор закрыт;

- маневровые светофоры: желтый светодиод — светофор открыт, светодиод погашен — светофор закрыт;

- ячейка со стрелами направления и категории маршрута — со светодиодами зеленого и желтого свечения четного и нечетного направлений. При установке поездного маршрута загораются светодиоды зеленого свечения ровным светом. При установке маневрового маршрута загораются светодиоды желтого свечения ровным светом.

Светодиоды соответствующей категории и направления маршрута загораются на весь период задания маршрута: при нажатии кнопки категории маршрута — загораются оба светодиода, а после нажатия начальной кнопки остается гореть светодиод соответствующего направления.

Красный светодиод, расположенный между стрелами категории и направления маршрута, загорается ровным светом при нажатии кнопки «Вспомог. управл.», в нормальном состоянии не горит;

- красный светодиод в ячейке «Отмена», в нормальном состоянии не горит, загорается мигающим светом при нажатии кнопки «Отмена» совместно с кнопкой начала маршрута. После отпускания кнопок загорается ровным светом и продолжает гореть до полной отмены маршрута;

- светодиоды красного свечения, контролирующие включение в работу блоков выдержки времени:

- «Свободн.» — отмена поездного или маневрового маршрута со свободного пути (выдержка времени 6—8 с);

- «Маневр.» — отмена маневрового маршрута с занятого пути, тупика или изолированного участка (1—1,5 мин);

- «Поезда.» — отмена поездного маршрута при занятом участке приближения (3—4 мин).

Эти светодиоды нормально не горят, загораются ровным светом после нажатия и отпускания кнопок: «Отмена» и начальной кнопки отменяемого маршрута. После отмены маршрута гаснут.

Кнопки задания и отмены маршрутов. Для каждого светофора устанавливается только одна кнопка двухпозиционная без фиксации, которая при нажатии определяет направление движения. Для выбора категории маршрута (поездного, маневрового) устанавливаются две кнопки — «Поездной» и «Маневровый». Задание любого основного маршрута осуществляется последовательным нажатием кнопок: категории, начала маршрута и конца маршрута. Начальной кнопкой маршрута является кнопка светофора, по которому устанавливается маршрут. Конечной кнопкой являются:

- при задании маршрута отправления — кнопка входного светофора встречного направления;
- при задании маршрута приема — кнопка выходного светофора встречного направления;
- при задании маршрута до светофора в горловине, а также на путь с примыкающими к нему стрелками — кнопка попутного светофора, до которого устанавливается маршрут;
- при задании маневрового маршрута на участок пути за входным светофором — кнопка входного светофора;
- при задании маневрового маршрута, когда он задается на бесстрелочный участок в горловине или до маневрового светофора, стоящего в створе, используется кнопка попутного светофора.

Повторное открытие светофора в замкнутом маршруте производится последовательным нажатием кнопок категории маршрута и начальной.

Отмена установленного маршрута осуществляется одновременным нажатием двух кнопок: «Отмена» и начальной кнопки отменяемого маршрута.

Для индикации нажатых кнопок начала, конца и трассы набираемого маршрута предусмотрены световые ячейки маршрутного набора, расположенные у светофоров пульты-табло. Световые ячейки начала маршрута загораются зеленым мигающим светом, ячейки конца маршрута и промежуточные встречных светофоров по маршруту горят ровным зеленым светом. Ячейки гаснут после открытия светофора.

Предусматриваются следующие режимы использования маршрутного набора:

- нормальный режим при исправности устройств маршрутного набора;
- режим вспомогательного управления при повреждении устройств (потеря контроля охранной стрелки, занятость негабаритного стрелочного участка).

Отмену накопленных маршрутов можно осуществить нажатием одной кнопки «Нормализация» или одновременным нажатием кнопки «Отмена» и начальной кнопки.

Стрелки. Кнопки индивидуального вызова стрелок (двухпозиционные, непломбируемые, без фиксации) обозначены номером стрелки, служат для индивидуального перевода стрелок совместно с кнопками «Плюс», «Минус».

Кнопки «Стрелки» — «Плюс», «Минус» (перевод) — двухпозиционные, непломбируемые, без фиксации. При необходимости перевода стрелок ДСП одновременно нажимает кнопку вызова и кнопку управления переводом «Плюс» или «Минус».

Кнопки «Вкл» и «Откл», расположенные под трафаретом «Стрелки», — двухпозиционные, непломбируемые, без фиксации, служат для включения и отключения стрелок от управления, совместно с кнопками вызова стрелок, при одновременном их нажатии.

Групповая кнопка «Вспомогательный перевод стрелок» со счетчиком числа нажатий служит для вспомогательного перевода стрелок (при ложной занятости рельсовой цепи) путем одновременного нажатия групповой кнопки и индивидуальной стрелочной кнопки вызова, последующего отпускания групповой кнопки (при этом кнопка вызова не отпускается) и нажатия кнопок «Плюс» или «Минус».

Кнопка «Контроль стрелок» — двухпозиционная, без фиксации, служит для включения подсветки табло для уточнения положения стрелок.

Кнопка «Звонок взреза» — двухпозиционная, с фиксацией, служит для выключения звонка взреза при потере контроля стрелки. При восстановлении контроля звонок зазвонит вновь, кнопку необходимо вернуть в исходное состояние (вытянуть).

Пригласительные сигналы. Групповая кнопка «Пригласительный сигнал» со счетчиком числа нажатий предназначена для включения пригласительных мигающих огней на входных, выходных и маршрутных светофорах. Открытие пригласительного сигнала осуществляется путем нажатия групповой кнопки «Пригласительный сигнал» и кнопки начала маршрута. После открытия пригласительного сигнала групповую кнопку можно отпустить, а начальная кнопка удерживается в нажатом положении до проследования поездом светофора с пригласительным огнем.

Светодиод желтого свечения над счетчиком нормально не горит, загорается мигающим светом при нажатии кнопки «Пригласительный сигнал». Загорается ровным светом при нажатии начальной кнопки и включении пригласительного огня на светофоре. После использования маршрута и отпускания начальной кнопки светодиод гаснет.

Искусственное размыкание. Кнопки «Секции маршрутов» — двухпозиционные, пломбируемые, без фиксации, служат для искусственного размыкания секций маршрутов, которые не разомкнулись автоматически после прохода поезда или отмены маршрутов.

Групповая кнопка «Искусственное размыкание» со счетчиком числа нажатий. Применяется для искусственного размыкания секций совместно с кнопками «Секции маршрутов» путем нажатия кнопки искусственного размыкания той секции, которая не разомкнулась обычным порядком и последующего нажатия групповой кнопки.

Макет стрелки. Над рукояткой управления макетом стрелок расположены светодиоды, контролируемые включение макета, а также искусственный контроль выключенной стрелки.

Искусственное плюсовое положение стрелки контролируется горением светодиода зеленого свечения, минусового положения горением светодиода желтого свечения. Светодиод красного свечения загорается в мигающем режиме при включении макета. При выключенном макете данные светодиоды погашены.

Автовозврат стрелок. Для стрелок с автовозвратом устанавливаются светодиоды «Автовозв.» красного и желтого свечения. Нормально, при плюсовом положении стрелок № 6, 11, 32 горят светодиоды желтого свечения ровным светом. При переводе стрелки или потере контроля плюсового положения загорается красный светодиод в мигающем режиме. Нормально светодиод красного свечения не горит. При установке маршрута по переведенным стрелкам данные светодиоды гаснут.

Ключи жезлы. Кнопки «Эл. защелка» — для изъятия ключей жезлов, соответственно для каждого подхода к станции, двухпозиционные, непломбируемые, без фиксации, служат для отпирания защелок ключей жезлов.

Режим светофоров. Светодиоды контроля режима горения станционных светофоров размещаются под трафаретом «Режим сигналов».

«Понижение напряжения» — красного свечения, в нормальном состоянии не горит, загорается и ровно светится при переводе светофоров в режим двойного снижения напряжения, и мигает при обрыве или неисправности линии ДСН—ОДСН. Соответствующая кнопка двухпозиционная, пломбируемая, с фиксацией, служит для понижения напряжения на светофорных лампах по приказу поездного диспетчера с предварительной записью о срыве пломбы.

«День», «Ночь» — желтого свечения, в нормальном состоянии горит светодиод, указывающий на режим питания светофоров. При переводе светофоров на режим понижения напряжения данные светодиоды гаснут. Переключение светофоров на режим «День» или «Ночь» может производиться вручную при помощи кнопок «Ручное регулир.» — горит светодиод желтого свечения над ней — и соответствующей кнопкой «День» или «Ночь», либо автоматически — при нажатии кнопки «Автомат, регулир.», над которой загорается светодиод желтого свечения.

Режим табло. Кнопка «Режим табло» двухпозиционная, непломбируемая, без фиксации, служит для переключения яркости светодиодов в режим «День» или «Ночь», нажимается соответствующая кнопка.

Тумблер и потенциометр «Рег. яркости». Потенциометр служит для плавной регулировки яркости красных светодиодов, при этом тумблер находится в положении «включено». Регулировка производится путем вращения ручки потенциометра: по часовой стрелке добиваются большего свечения светодиодов; против часовой стрелки — меньшего. В случае выхода из строя

потенциометра (красные светодиоды находятся в погасшем состоянии) тумблер переводится в положение «Откл».

Фидеры питания и щит выключения питания. Светодиоды «Фидер 1» и «Фидер 2» красного и желтого свечения для каждого фидера питания. Светодиоды красного свечения контролируют наличие напряжения в соответствующем фидере питания — нормально не горят, загораются ровным светом при отсутствии питания в соответствующем фидере. Светодиоды желтого свечения контролируют включение нагрузки питания устройств ЭЦ от соответствующего фидера. Нормально горит один светодиод, указывающий, от какого фидера питаются устройства ЭЦ.

Светодиод красного свечения «Выкл. фидеров» — контроль отсутствия напряжения на обоих фидерах более 1,3 с, в нормальном состоянии не горит. Кнопка «Выкл. фидеров» со счетчиком числа нажатий служит для выключения светодиода красного свечения «Выкл. фидеров», который загорается при перерыве питания более 1,3 с.

В случае возникновения пожара на посту ЭЦ, ДСП имеет возможность дистанционно обесточить нагрузку на щите выключения питания (ЩВП), расположенном, как правило, на первом этаже здания поста ЭЦ в коридоре.

На табло расположены светодиоды красного и желтого свечения «Контроль ЩВП», в нормальном состоянии горит светодиод желтого свечения, свидетельствуя об исправности линии управления ЩВП, при нажатии кнопки «Выкл. ЩВП» загорается светодиод красного свечения, а светодиод желтого свечения гаснет.

Увязка с перегонном. У каждого входного светофора Ч, ЧД, Н, НД, установлена группа светодиодов:

- зеленого и желтого свечения для контроля направления движения; зеленый светодиод — станция установлена на отправление, желтый — на прием;
- красного и желтого свечения для контроля занятости перегона; красный светодиод — перегон занят, желтый — свободен.

Кнопки основной смены направления движения двусторонней АБ (двухпозиционные, непломбируемые, без фиксации) устанавливаются для каждого из путей примыкающих перегонов — четыре комплекта кнопок на каждый подход к станции:

- «Дача согласия», «Смена напр. Н» — для 1-го пути и «Дача согласия», «Смена напр. НД» — для 2-го пути перегона К—А;
- «Дача согласия», «Смена напр. Ч» — для 2-го пути и «Дача согласия», «Смена напр. ЧД» — для 1-го пути перегона К—Б.

Кнопки вспомогательной (аварийной) смены направления «Прием», «Отправ.» (двухпозиционные, пломбируемые, без фиксации) служат для вспомогательной (аварийной) смены направления при ложной занятости перегонов и когда нормальная смена направления не проходит.

Диагностическая индикация. Светодиод красного свечения «Земля» нормально горит ровным светом. При понижении изоляции источников питания или выключении из работы любого из сигнализаторов заземления он переходит в мигающий режим свечения.

Светодиод красного свечения «Предохранители» нормально не горит, загорается ровным светом при перегорании предохранителей в релейном помещении, отключении автоматического выключателя 1-го фидера или выхода из строя блока питания в силовой панели. При неисправности схемы контроля перегорания предохранителей светодиод горит в мигающем режиме.

Светодиоды красного и желтого свечения «Контроль мигания» осуществляют контроль мигающей сигнализации пригласительных сигналов. При исправной мигающей сигнализации горит светодиод желтого свечения, при неисправности загорается красный, желтый гаснет.

Зеленый и желтый светодиоды «Контроль выпрямит.» сигнализируют о работе основного и резервного выпрямителей на панели питания. Светодиод красного свечения «Зарядное устройство» загорается при неисправности выпрямителя.

Светодиод желтого свечения «Замедляющее устройство» контролирует работу блоков выдержки времени медленнодействующих повторителей путевых реле — нормально не горит, загорается мигающим свечением при неисправности комплектов выдержки времени. При работе блоков выдержки времени горит ровным светом.

Глава 4. СХЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН СТАНЦИИ

4.1. Эксплуатационно-технические требования к проектированию схематических планов станций

Схематический план станции является основным документом для проектирования ЭЦ. Исходными данными для разработки схематического плана станции являются материалы изысканий проектной организации, масштабный план и профиль станции, а также существующий схематический план.

Проектирование схематического плана производится в соответствии с основными документами, регламентирующими работу станции — технологическим процессом станции ТРА. При этом руководствуются требованиями действующих нормативных документов: Государственными стандартами на устройства железных дорог магистрального транспорта, [33], [14], [12], [16], [27], [50] с дополнениями [51]. Чертеж схематического плана станции должен выполняться в соответствии с [23]. В [49] предложены формализованные методы и алгоритмы автоматизированного проектирования схематических планов станций и синтеза таблицы взаимозависимости стрелок, светофоров и маршрутов, включая графовое и элементное описание топологии путевого развития станций, классификацию элементов и правила построения.

В процессе проектирования со службой перевозок согласовывают: назначение (специализацию) путей при введении централизации; перечень основных поездных маршрутов; пути безостановочного пропуска поездов; пути приема длинносоставных поездов; особые случаи враждебности маршрутов и другие технологические вопросы.

На основании схематического плана определяют эксплуатационно-технические требования к электрической централизации, а также объем работ и требуемое финансирование по ее строительству.

Схематический план представляет собой немасштабное однолинейное изображение путей, стрелок, светофоров, изолирующих стыков и других объектов станции с соблюдением их взаимного расположения и пропорции в длинах путей. Таким образом, элементы на плане находятся в местах, соответствующих их удалению по ординатам от оси станции. В отдельных случаях для сокращения проектных работ может быть использован план станции, выполненный в масштабе 1:1000. При выполнении схематического плана принимают междупутье 5,3 м равным 10—12 мм (другие междупутья — пропорциональными), а угол наклона стрелочного перевода — примерно равным 30 °.

На схематическом плане посредством условных обозначений (рис. 4.1) изображают следующие элементы:

- путевого развития станции (изолированные и неизолированные станционные пути, стрелочные и бесстрелочные путевые участки, централизованные и нецентрализованные стрелки с указанием типа рельсов и марки крестовины, подходы к станции, примыкания подъездных путей и др.);
- мосты, путепроводы, переезды, пассажирские и грузовые платформы, места прокладки подземных коммуникаций других ведомств (кабелей, трубопроводов и т.п.), а также другие объекты и данные, необходимые для проектирования устройств электрической централизации;
- устройства СЦБ (изолирующие стыки, светофоры, стрелочные электроприводы, контрольные замки, релейные и батарейные шкафы, маневровые колонки с вариантами местного управления, магистральную трассу прокладки кабелей СЦБ, разъединители высоковольтных линий электроснабжения и др.);
- места размещения служебно-технических зданий (пассажирского здания, постов электрической, горочной и маневровой централизации, транспортабельных модулей, пунктов технического обслуживания, а также других строений);
- на электрифицированных участках на схематическом плане дополнительно указывают электрифицированные пути, тяговые подстанции, места подключения питающих линий с указанием максимального тока, воздушные сопряжения и нейтральные вставки.

Стрелка, не оборудованная устройствами СЦБ		Светофор проходной при трехзначной сигнализации	
Стрелка, оборудованная стрелочным электроприводом		Светофор проходной при четырехзначной сигнализации	
Стрелка, оборудованная электроприводом с двойным управлением		Светофор входной	
Стрелка, оборудованная двумя контрольными стрелочными замками		Светофор входной с одной зеленой полосой	
Сбрасывающая стрелка		Светофор входной с двумя зелеными полосами	
Габаритный и негабаритный изолирующие стыки		Светофор входной с тремя желтыми полосами	
Однопутный подход к станции		Светофор выходной (маршрутный) с трансформаторным ящиком (ТЯ)	
Двухпутный подход с односторонним движением		Светофор выходной (маршрутный) пятизначный с маршрутным указателем положения и двумя ТЯ	
Двухпутный подход с двухсторонним движением		Светофор выходной (маршрутный) с одной зеленой полосой	
Изолированный станционный путь со специализированным движением		Светофор выходной (маршрутный) с двумя зелеными полосами	
Изолированный станционный путь с обозначенным движением		Светофор выходной с двумя зелеными огнями	
Неизолированный станционный путь		Групповой маршрутный указатель с зелеными линзами у острия выходной стрелки	
Тупиковый путь с упором		Светофор выходной (маршрутный) карликовый	
Служебно-техническое здание		Светофор маршрутный карликовый с двумя желтыми огнями	
Пост электрической централизации		Светофор маршрутный карликовый с двумя лунно-белыми огнями	
Релейный и батарейный шкафы (7 — число аккумуляторов)		Светофоры маневровые: мачтовый и карликовый с двумя лунно-белыми огнями	

Рис. 4.1. Обозначение элементов схематического плана станции

В верхней части схематического плана приводится таблица ординат (расстояний от оси пассажирского здания) острьков стрелочных переводов и светофоров, в правой части — две таблицы — ведомость стрелочных переводов и таблица основных показателей централизации. На свободном месте показывают: наименование системы (альбома) централизации; наименования светофоров с пригласительными сигналами и двухнитевыми лампами; наличие или отсутствие враждебности по пунктам 16.10, 16.20 ПТЭ в четном и нечетном направлениях.

Ординаты всех устройств на схематическом плане отсчитывают от оси станции, как правило, совмещенной с осью пассажирского здания. Ординаты стрелок и светофоров выносят в таблицу над планом, ординаты остальных объектов указывают в скобках непосредственно рядом с ними.

Номенклатуру светофоров на схематическом плане показывают у их основания, номера стрелок указывают со стороны установки стрелочного электропривода. В случае размещения на станции устройств для слива и хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей их наносят на схематический план с указанием подъездных путей и охранной зоны.

4.2. Классификация и нумерация станционных путей и стрелок

Железнодорожные пути на станциях подразделяются на две группы: станционные пути и пути специального назначения.

К станционным путям относятся пути в границах станции: главные, приемо-отправочные, сортировочные, вытяжные, ходовые, погрузочно-выгрузочные, выставочные, деповские (локомотивного и вагонного хозяйств), соединительные, а также прочие пути. К путям специального назначения относятся предохранительные и улавливающие тупики, а также подъездные пути к различным предприятиям и организациям.

Главные станционные пути являются продолжением путей перегонов. Приемо-отправочные пути предназначены для приема и отправления поездов, сортировочные — для сортировки, накопления вагонов и формирования поездов по назначениям в соответствии с планом формирования. Вытяжные пути служат для маневровой работы по перестановке групп вагонов и целых составов, погрузочно-выгрузочные пути — для стоянки вагонов в процессе погрузки или выгрузки, а выставочные — для отстоя вагонов в ожидании погрузки, выгрузки или уборки для включения в составы. На крупных станциях пути, предназначенные для выполнения однородных операций, объединяют в группы, называемые *парками*.

Предохранительные тупики предназначены для предупреждения выхода подвижного состава на маршруты следования поездов, а улавливающие тупики — для остановки перед станцией потерявшего управление поезда или его части.

Для перехода подвижного состава с одного пути станции на другой служат устройства по соединению и пересечению путей. Соединение путей между собой осуществляется *стрелочными переводами*, а пересечение путей — *глухими пересечениями*. Стрелочные переводы подразделяют на одиночные, двойные и перекрестные (см. п. 1.3.7).

Каждый путь на станциях, а на перегонах каждый главный путь, должен иметь номер. Запрещается устанавливать одинаковые номера путям в пределах одной станции. На станциях, имеющих отдельные парки, не допускается устанавливать одинаковые номера путей в пределах одного парка.

Главные пути на перегонах и станциях нумеруются римскими цифрами (I, II, III, IV) или арабскими цифрами [27]: по нечетному направлению — нечетными, по четному направлению — четными. При подходе к станции с одной стороны двухпутной линии, а с другой — двух однопутных линий главные пути в пределах станции нумеруются по двухпутному подходу. Если двухпутную линию пересекает или к ней примыкает одна или две однопутные линии, то главным путям однопутных линий присваивают соответственно номера III и IV. В случае примыкания или пересечения на станции двух двухпутных линий номера I и II присваиваются главным путям основного направления. При разветвлении главного пути (в связи с путепроводной развязкой или в обход депо, вытяжки и т.п.) соответствующие ответвления главного пути нумеруются римскими

цифрами в зависимости от направления движения поездов: по нечетному направлению нечетными, по четному — четными.

Приемо-отправочные пути нумеруются арабскими цифрами, начиная со следующего номера за номером главного пути. При этом пути, предназначенные для приема четных поездов, нумеруются четными цифрами (4,6,8,10), а для приема нечетных поездов — нечетными цифрами (3, 5, 7,9) с увеличением номера по мере удаления от главных путей. На промежуточных станциях, а также на станциях, имеющих малое число приемо-отправочных путей с использованием их для приема как четных, так и нечетных поездов, эти пути нумеруются порядковыми номерами вслед за номерами главных путей от пассажирского здания в полевую сторону (3,4, 5,6,7).

Пути отдельных парков, выделенные для приема и отправления поездов нумеруются порядковыми (четными или нечетными в зависимости от приема на них четных или нечетных поездов) арабскими цифрами. При этом каждый приемо-отправочный парк должен иметь буквенное обозначение.

Пути сортировочных парков нумеруются двумя арабскими цифрами, первая из которых — номер пучка, а вторая — номер пути в пучке.

Остальные станционные пути, не входящие в состав парков, нумеруются также арабскими цифрами последовательно, начиная со следующего номера за последним номером парковых путей.

На сортировочных и грузовых станциях, не имеющих пассажирского здания, нумерация путей в поперечном направлении производится слева направо (считая по ходу километров) или начиная от главных путей.

Каждый стрелочный перевод должен иметь определенный номер. Стрелочные переводы нумеруются со стороны прибытия четных поездов порядковыми четными номерами, а со стороны прибытия нечетных поездов — порядковыми нечетными номерами с увеличением номера в направлении оси станции. На станциях, где с одной и той же стороны (при смыкании нескольких направлений) прибывают четные и нечетные поезда, стрелки нумеруются в соответствии с нумерацией поездов основного направления.

Стрелки на станциях, имеющих большое путевое развитие, нумеруются по отдельным паркам или группам путей, однородных по характеру работы.

При нумерации стрелок по отдельным паркам каждому из них присваивается сотня номеров стрелок, указывающих номер парка (например, парку А присваиваются номера стрелок от 100 до 199, парку Б — 200—299 и т.д.).

Стрелки, лежащие по стрелочной улице, а также спаренные стрелки и стрелки съездов должны иметь непрерывную нумерацию (например, 6, 8, 10, 12 и т.п.).

Нецентрализованные стрелки нумеруются оставшимися свободными четными и нечетными цифрами в соответствующих горловинах.

За *границу*, отделяющую четную сторону станции от нечетной, принимаются:

- на отдельных пунктах с небольшим путевым развитием — ось пассажирского здания;
- на станциях с большим путевым развитием в случае примерно центрального расположения пассажирского здания — его ось; при нецентральной расположении здания — поперечная ось станции, устанавливаемая центрально по отношению к путевому развитию;
- при нумерации по отдельным паркам или однородным группам путей — середина этих парков или групп путей.

Указанная нумерация путей и стрелок обязательна для применения при сооружении новых станций, разъездов и обгонных пунктов и капитальном переустройстве существующих. Для эксплуатируемых и частично переустраиваемых отдельных пунктов существующая нумерация путей и стрелок может быть сохранена без изменения.

4.3. Правила расстановки изолирующих стыков станционных рельсовых цепей

Разбивку станции на изолированные участки целесообразно выполнять в следующей последовательности:

- изолирующими стыками станция отделяется от перегона;
- выделяются рельсовые цепи главных и приемо-отправочных путей станции;
- устанавливаются изолирующие стыки, выделяющие бесстрелочные участки пути за входными светофорами, а также участки пути, удобные для производства маневровой работы;
- отделяется изолирующими стыками нецентрализованная зона (грузовые дворы, депо, тупиковые и подъездные пути); при этом следует отметить, что путевое развитие тяговых подстанций, путей отстоя пожарных и восстановительных поездов, а также классных вагонов являются объектами централизации;
- на входе в зону централизации с подъездных путей выделяется короткая рельсовая цепь (не менее 25 м) для контроля подхода составов с подъездных путей;
- стрелки, примыкающие к приемо-отправочным путям, выделяются в отдельную рельсовую цепь;
- в отдельные рельсовые цепи выделяются каждая из стрелок стрелочной улицы;
- устанавливаются изолирующие стыки, обеспечивающие одновременные параллельные передвижения (стыки между стрелками съездов, параллельно расположенными съездами и т.п.);
- далее должен быть выполнен анализ полученных разветвленных рельсовых цепей: во-первых, все ли рельсовые цепи имеют центр секции и, во-вторых, не входит ли в одну рельсовую цепь более трех одиночных или двух перекрестных стрелок; при необходимости устанавливаются дополнительные изолирующие стыки, причем желательно, чтобы число изолирующих стыков по главным путям было минимальным.

4.4. Расстановка светофоров

Станционные светофоры по назначению подразделяются на входные, выходные, маршрутные, маневровые, заградительные и повторительные.

Входные светофоры при автономной тяге устанавливаются для каждого из примыкающих к станции направлений на расстоянии не менее 50 м от первого входного стрелочного перевода, считая от остяков противоположной стрелки (движение навстречу остякам) или предельного столбика пошерстной стрелки. На электрифицированных участках входные светофоры устанавливаются на расстоянии 300 м от входной стрелки перед воздушным промежутком, отделяющим контактные сети перегона и станции. При необходимости производства маневров с вытягиванием состава на главный путь (при отсутствии вытяжного тупика) входной светофор относится на расстояние до 400 м от входной стрелки. На место установки входного светофора также влияет его видимость со стороны перегона, а также условия трогания тяжеловесного поезда с места.

Входные светофоры обозначаются литерами Н или Ч соответственно для приема на станцию нечетных и четных поездов. При наличии нескольких подходов на станции к литеру светофора добавляется первая буква названия ближайшей участковой станции. На двухпутных линиях для приема поездов, движущихся по неправильному пути, в створе с основными устанавливаются дополнительные входные сигналы. При невозможности обеспечения габарита они размещаются с левой стороны. При новом строительстве по конструкции такие сигналы должны быть мачтовыми (ранее применялись карликовые).

Выходные светофоры устанавливаются с каждого пути с учетом специализации по направлениям движения. Допускается установка группового выходного светофора для нескольких путей, кроме главных. При числе отправляющихся поездов по групповому выходному сигналу более 10 поездов в сутки, светофор дополняется маршрутным указателем номера пути, с которого разрешается отправление.

На станциях полупродольного и продольного типа перед стрелочной зоной, разделяющей последовательно располагающиеся парки или пути, устанавливаются маршрутные светофоры.

Поездные светофоры (входные, маршрутные и выходные) могут применяться с *маршрутными указателями*, дополняющими разрешающее показание основного сигнала:

- при наличии группового выходного или маршрутного светофора; маршрутный указатель в этом случае имеет зеленые лампы и служит для индикации машинисту номера пути, с которого разрешается отправление;
- при наличии двух и более направлений, примыкающих к станции и на которые возможно отправление поездов с одних и тех же путей, а также при двусторонней АБ на двухпутных линиях; применяется индикация белым цветом номера главного пути, условной буквы направления следования поезда или указателя положения;
- для указания машинисту прибывающего поезда номера пути или парка приема поезда; в этом случае маршрутный указатель устанавливается на входном светофоре, а используемая индикация имеет белый цвет.

Нумерация выходных светофоров выполняется добавлением номера приемо-отправочного пути к литеру соответствующего направления, например, Н2, Ч3. При нумерации маршрутных светофоров, кроме того, добавляется литер М: НМ2, ЧМ5.

Маневровые светофоры устанавливаются в соответствии с маршрутизацией маневровых передвижений станции. Обычно применяются карликовые светофоры. Мачтовые сигналы устанавливаются на выходе из нецентрализованной зоны.

В соответствии с заданным направлением движения четных и нечетных поездов входным светофорам присваиваются литеры Ч и Н, а горловины станции называют четной или нечетной.

Маневровые светофоры нумеруются четными или нечетными арабскими цифрами для соответствующих горловин с увеличением номера по мере приближения к оси станции (М4, М7).

Рекомендуется расстановку светофоров вести в следующей последовательности:

- на границе станции в створе с изолирующими стыками устанавливаются входные светофоры Ч и Н; при наличии нескольких подходов к станции к литеру входного светофора добавляется первая буква ближайшей участковой станции;
- на двухпутных линиях для приема поездов с неправильного пути устанавливаются дополнительные входные светофоры ЧД и НД; по условиям габарита они могут быть установлены с левой стороны;
- с приемо-отправочных путей с учетом их специализации устанавливаются выходные светофоры;
- при наличии на станции нескольких парков с приемо-отправочных путей устанавливаются маршрутные светофоры;
- при нарушении условий видимости выходных и маршрутных светофоров устанавливаются повторительные светофоры;
- со специализированных приемо-отправочных путей устанавливаются маневровые светофоры;
- для въезда на станцию из нецентрализованных зон устанавливаются маневровые светофоры;
- стрелки, примыкающие к приемо-отправочным путям, ограждаются маневровыми светофорами;
- для производства маневровой работы со всех бесстрелочных участков пути в горловинах станции устанавливаются маневровые светофоры;
- в горловине станции устанавливаются маневровые светофоры, исключаящие перепробег при маневровой работе.

Сигнальные показания всех светофоров должны строго соответствовать действующей Инструкции по сигнализации на железных дорогах России [14].

4.5. Определение ординат на схематическом плане

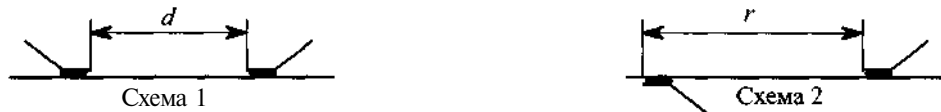
Расстояние от оси пассажирского здания до определенного объекта или сооружения на станции представляет собой ординату. В отдельной таблице на схематическом плане необходимо указать ординаты начала острьяков стрелочных переводов, поскольку они определяют место установки электроприводов, а также ординаты светофоров.

Расчет ординат для вновь проектируемой станции следует начинать с приемо-отправочного пассажирского пути, расположенного рядом с пассажирским зданием. Для участковых станций полупродольного типа начальное расстояние от оси пассажирского здания до одного из выходных светофоров с приемо-отправочного пассажирского пути можно принять равным 280—300 м (при длине пассажирской платформы 400 м). Для станций поперечного и продольного типа это расстояние принимается равным половине полезной длины приемо-отправочного пути. Далее в соответствии с рис. 4.2—4.4 определяются ординаты стрелок и светофоров в зависимости от их взаимного расположения. Переход в следующую горловину осуществляется через самый короткий приемо-отправочный путь для грузовых поездов, полезная длина которого должна быть строго равна установленной норме — 850, 1050, 1250, 1700, 2100 м.

Для промежуточных станций может быть рекомендована та же методика, однако иногда целесообразнее сразу вести расчет исходя из полезной длины наиболее короткого приемо-отправочного пути.

При выборе типов стрелочных переводов следует руководствоваться требованиями ПТЭ [33]:

- на путях с пассажирским движением стрелки должны иметь марку крестовины не круче 1/11. Стрелочные переводы, по которым поезда проходят только по прямому пути могут иметь крестовины 1/9. Допускается отклонение пассажирских поездов на боковой путь по стрелочным переводам марки 1/9, если замена таких переводов на марку 1/11 вызывает переустройство стрелочных горловин, осуществлять которое в данное время не представляется возможным;
- перекрестные переводы и одиночные, являющиеся продолжением перекрестных, применяются для грузового и пассажирского движения с маркой крестовины не круче 1/9;
- переводы, по которым отклоняются только грузовые поезда при движении на приемо-отправочные пути, должны иметь марку крестовины не круче 1/9, а симметричные — не круче 1/6;



Тип рельсов	Марка крестовины стрелки		Расстояние, м			
			d (схема 1)		r (схема 2)	
	№ 1	№ 2	без вставки	вставка—1 звено	без вставки	вставка — 1 звено
Р65	1/9	1/9(1/11)	6	18	31	44
	1/11	1/11 (1/9)	6	18	33	46
	1/18	1/18	8	20	58	
	1/22	1/22	8	20	71	85
Р50	1/9	1/9(1/11)	9	21	31	44
	1/11	1/11 (1/9)	9	21	34	46
	1/18	1/18	8	20	58	70
	1/18	1/11		21		80

Рис. 4.2. Расстояние между началами острьяков при встречной и попутной укладке стрелочных переводов

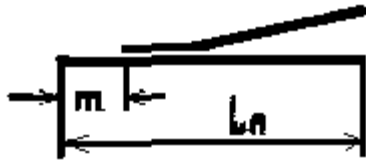
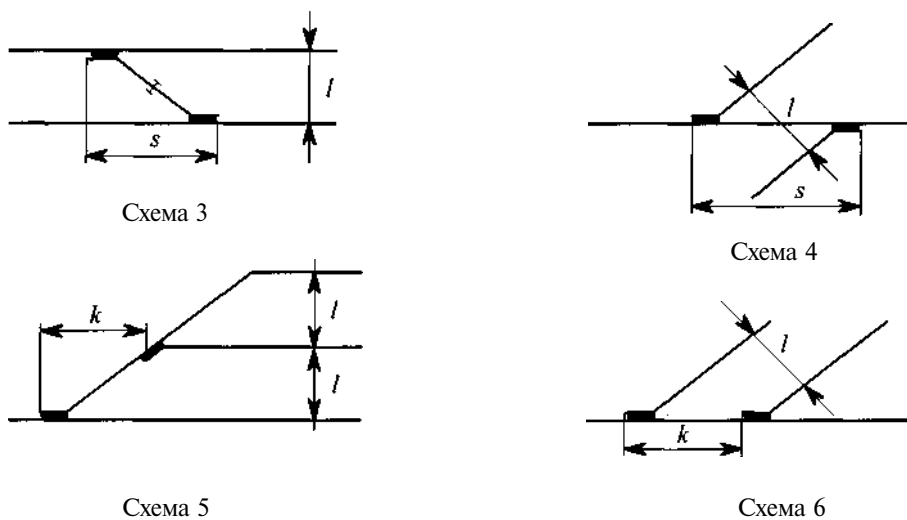


РИС. 2.3. Основные размеры стрелочного перевода

Основные размеры стрелочного перевода, м

ТИП рельсов	Марка крестовины	m	L_n
P50	1/9	4,33	31,06
	1/11	4,33	33,53
	1/18	3,84	-
P65	1/9	2,77	31,04
	1 11	2,77	33,37
	1/18	3,84	57,52
	1 22	5,03	71,12



Тип рельсов	Марка крестовины стрелки	Расстояние между осями путей l , м						
		4,8	5,0	5,3	5,5	6,0	6,5	7,5
Р65		Расстояние s по схемам 3 и 4						
	1/9	68	70	73	75	79	84	93
	1/11	76	78	81	83	89	94	105
	1/22	160	164	171	175	186	194	218
Р50		Расстояние k по схемам 5 и 6						
	1/9	66	67	70	72	76	81	90
	1/11	73	75	79	81	86	92	103
	1/18	180	130	139	142	151	161	178
	1/9	43	45	48	59	54	59	68
	1/11	53	55	58	61	66	72	83

Рис. 4.3. Расстояние между началами остяков стрелок съезда при параллельной укладке стрелок, на стрелочной улице и при последовательной укладке стрелочных переводов

- на участках скоростного движения и для отклонения поездов по боковым путям при безостановочном пропуске должны применяться более пологие стрелочные переводы, чем 1/11, в частности 1/18 и 1/22;

Вычисленные ординаты стрелок и сигналов указываются в соответствующих графах таблицы ординат напротив элемента. При этом на оси станции указывается нулевая ордината, а все последующие записи ординат влево или вправо от нее должны последовательно возрастать с учетом соответствия действительному взаимному расположению объектов.

В качестве примера на рис. 4.5 приведена четная горловина, а на рис. 4.6 — нечетная горловина одной из промежуточных станций с примерной расстановкой светофоров и изолирующих стыков, а также с ординатами стрелок и светофоров. На рис. 4.7 показан пример оформления ведомости стрелочных переводов и основных показателей проекта. В правом нижнем углу схематического плана вычерчивается типовой штамп проектной организации, а выше него утверждающая и согласующие подписи.

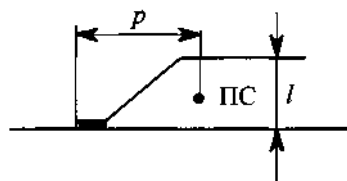


Схема 7

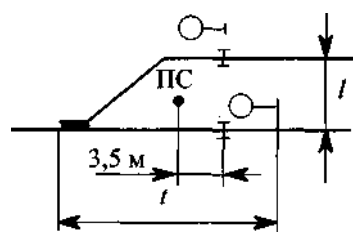


Схема 8

Марка крестовины стрелки	Расстояние между осями путей l , м						
	4,8	5,04	5,3	5,5	6,0	6,5	7,5
	Расстояние p по схеме 7						
1/9	54	54	54	54	54	48	48
1/11	63	63	57	57	57	57	57
1/18	100	100	100	100	100	100	100
1/22	125	125	119	119	119	119	119
	Расстояние t до мачтового светофора без лестницы или со складной лестницей по схеме 8						
1/9	—	72	65	62	59	58	57
1/11	—	81	73	70	68	67	66
1/18	—	136	125	120	116	114	113
1/22	—	163	151	146	141	139	139
	Расстояние t до одиночного карликового светофора						
1/9	58	58	58	58	58	52	52
1/11	67	67	61	61	61	61	61
	Расстояние t до двойного карликового светофора						
1/9	59	58	58	58	58	53	53
1/11	67	67	62	62	61	61	61

Рис. 4.4. Расстояния между началами остряков, предельными столбиками и светофорами

«УТВЕРЖДАЮ»:

НЗ — первый заместитель начальника железной дороги.

«СОГЛАСОВАНО»:

РБ — главный ревизор дороги по безопасности движения;

Д — начальник службы организации перевозок дороги;

Ш — начальник службы сигнализации и связи;

П — начальник службы путевого хозяйства;

НОДГ — главный инженер отделения железной дороги;

УРБ — ревизор отделения дороги по безопасности движения;

НОДН — начальник отдела организации перевозок отделения дороги;

НОДП — начальник отдела пути отделения дороги;

ШЧ — начальник дистанции сигнализации и связи;

ПЧ — начальник дистанции пути;

ДС — начальник станции.

Стрелки	Ордината	843	767	761	728	700	647	641	613	560	547	486	381					
	Номер	2	4	6	8	12	10	14	18	22	24	26	28					
Светофоры	Ордината	1146	846	834	782	764	708	692	667	644	627	589	580	557	552	485	425	0,0
	Литер	Ч ³ , ЧД	М2	М4	М6	М8	М12	М10	Н1	М14	Н4	М16	Н2	Н3	Н5	Н6	Н7	

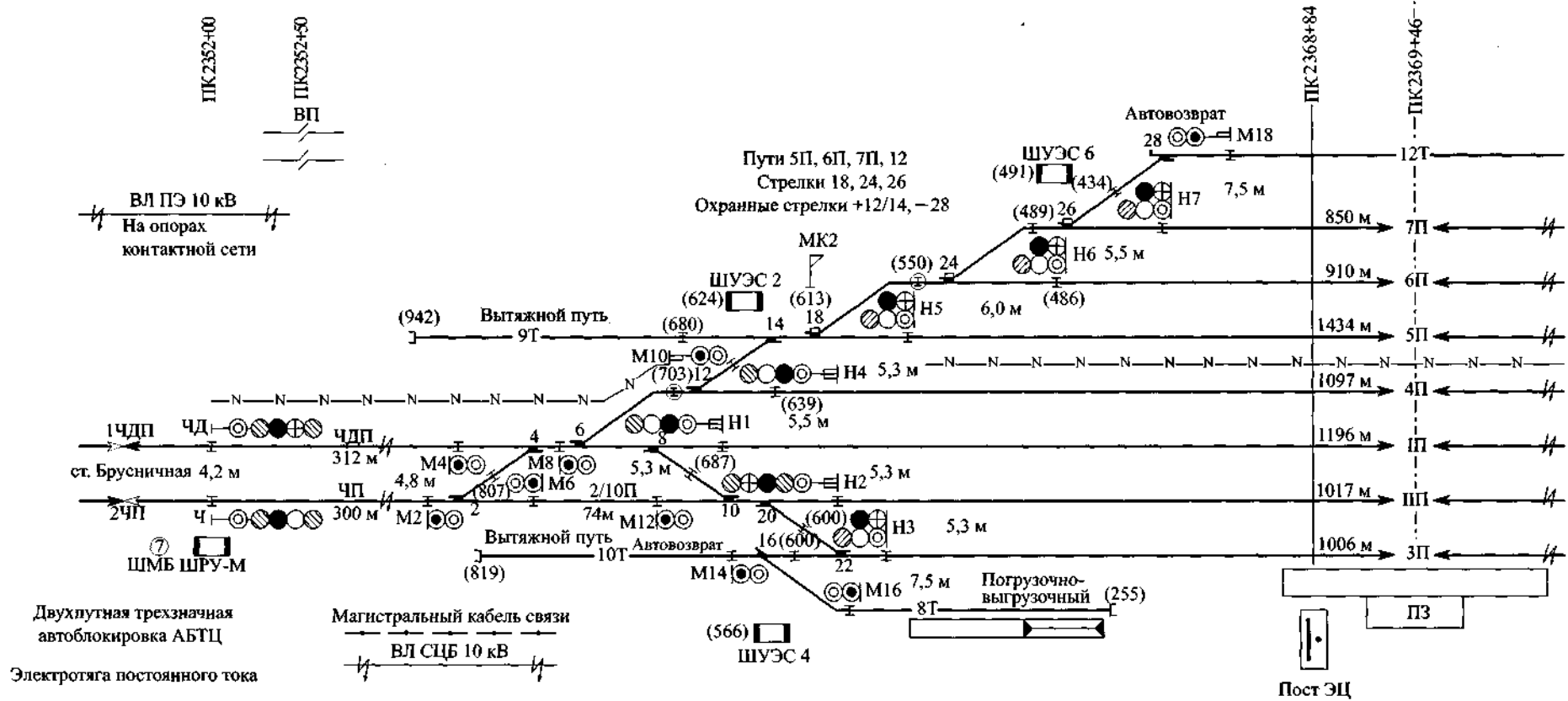


Рис. 4.5. Схематический план четной горловины промежуточной станции

Стрелки	Ордината											
	Номер											
Светофоры	Ордината	0,0	424	449	529	577	602	622	680	736	750	1050
	Литер		Ч7 Ч6 Ч2	Ч3 Ч5 Ч4	Ч1	М11	М9	М7	М5	М3	М1	Н, НД

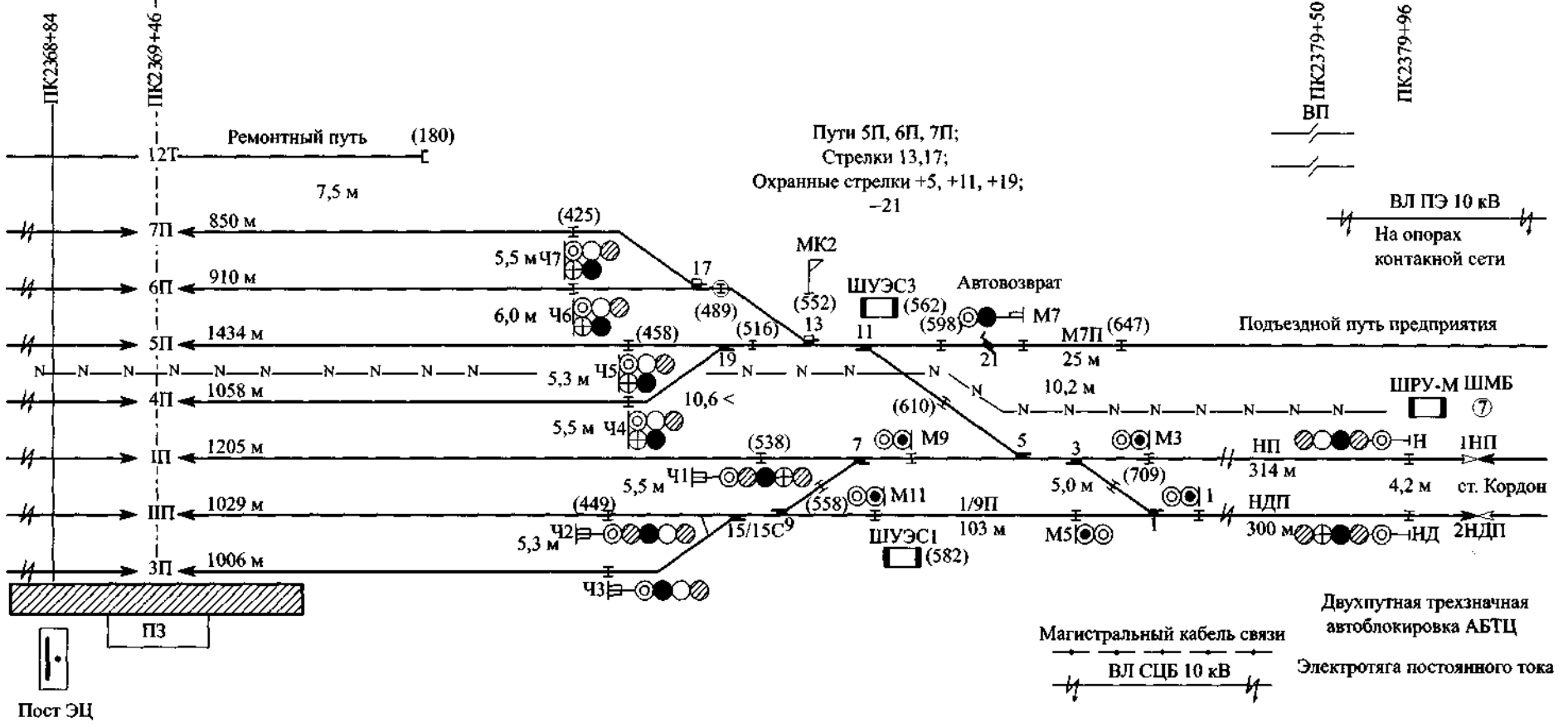


Рис. 4.6. Схематический план нечетной горловины промежуточной станции

Ведомость стрелочных переводов

Тип рельсов и марка крестовины		Сторонность стрелочного перевода	Номера стрелок	Количество
Р65	1/11	Левая	2,4, 6,24, 7, 9, 15/15С, 19	17
		Правая	8, 10, 12, 18, 1, 3, 5, 11, 13	
	1/9	Левая	—	1
		Правая	16	
Р50	1/11	Левая	24, 26, 19	5
		Правая	17,21	
	1/9	Левая	28	1
		Правая	—	
		И Т О Г О	Всего стрелок ЭЦ	25
			Подвижных крестовин	1
В том числе спаренные стрелки		2/4; 8/10;12/14; 20/22		12
		1/3;7/9		

Показатели проекта

1	План составлен на основании чертежа Проектной организации №... и чертежа ШЧ №...
2	Сигнализация безостановочного пропуска предусматривается: в нечетном направлении по I и 4 путям; в нечетном направлении по II и 3 путям
3	Кодирование устройств автоматической локомотивной сигнализации: маршруты приема и отправления по I и II путям; приемо-отправочные пути 3П, 4П, 5П, 6П и 7П кодируются в обоих направлениях
4	Двухнитевые лампы устанавливаются на светофорах: Н, Ч, Ч2, (Ж1, 3, К, Ж2); Н1, Н4, Ч3 (Ж, 3, К); НД, ЧД, Н2, Ч1 (Ж1, К, Ж2); Н3, Н5, Н6, Н7, Ч4, Ч5, Ч6, Ч7 (К)
5	Пятипроводная схема управления стрелками с электроприводами переменного тока
6	Рельсовые цепи по нормам РЦ25-ДСШ15-ЭТОО-С-93
7	Система оповещения монтеров в пути — «Сирена-СР»
8	Тестовая проверка свободности путей
9	Стрелки 16, 21, 28 оборудуются устройствами автовозврата в плюсовое положение
10	Стрелочные переводы оборудуются устройствами электрообогрева (на перспективу)
11	Устройства электрической централизации по типовым проектным решениям МРЦ-13
12	Включено в централизацию: стрелок — 25, из них на двойном управлении — 5; светофоров — 35, из них поездных — 18, маневровых — 17

Рис. 4.7. Пример оформления ведомости стрелочных переводов и показателей проекта на схематическом плане станции

4.6. Взаимозависимость маршрутов, стрелок и светофоров

По схематическому плану станции должны быть составлены следующие основные таблицы, определяющие взаимозависимости маршрутов, стрелок и светофоров:

- основных поездных маршрутов;
- вариантных поездных маршрутов;
- маневровых маршрутов;
- исключаемых маршрутов;
- негабаритных стрелочных участков и стрелок, не участвующих, но контролируемых в маршруте;
 - стрелок, имеющих замедление на размыкание или автовозврат в исходное положение;
 - взаимозависимости сигнальных показаний светофоров.

Кроме того, при наличии местного управления стрелками составляется таблица вариантов двойного управления стрелками, а при наличии станционных переездов — таблица условий работы переездной сигнализации. В необходимых случаях предусматривается таблица дополнительного замыкания стрелок для предотвращения их взреза при угловых заездах.

В таблицах поездных и маневровых маршрутов указываются все основные и вариантные маршруты, допускаемые путевым развитием станции, причем в перечне маневровых маршрутов основные маршруты указываются первыми. Основным маршрутом называют кратчайший путь следования подвижного состава по станции, имеющий наименьшее число враждебных маршрутов и допускающий наибольшую скорость передвижения. Вариантный маршрут имеет начало и конец, совпадающий с основным, но отличается от основного маршрута положением стрелок.

Поездные и маневровые маршруты, исключаемые из централизованного управления, приводятся в отдельном перечне.

Таблица основных поездных маршрутов (рис. 4.8) составляется для всей станции по принципу: «прием — отправление» одной горловины, а затем «отправление — прием» другой горловины. В таблице поездных маршрутов приводится направление передвижения, номер маршрута по порядку, наименование маршрута и литер светофора. Каждому маршруту указывается положение всех ходовых и охранных стрелок, подлежащих замыканию при установке данного маршрута. Положение охранных стрелок указывается в скобках. Стрелки, примыкающие к приемо-отправочным путям, контролируются и замыкаются в маршрутах приема и отправления.

В таблице вариантных поездных маршрутов (рис. 4.9) указываются стрелки, определяющие направление маршрута, а также вводится графа «Примечания» с необходимыми пояснениями.

Таблицы маневровых маршрутов целесообразно составлять для горловин станции (рис. 4.10). В них допустимо указывать только те стрелки, которые определяют направление маршрута. Необходимость согласия на въезд в депо, нецентрализованную зону станции и т.п. отмечается в графе «Примечание».

Для строгого решения схемных вопросов контроля свободности негабаритных стрелочных секций и положения охранных стрелок составляется таблица негабаритных изолированных участков и стрелок, не участвующих, но контролируемых в маршруте (рис. 4.11). Такие таблицы для крупных станций составляются отдельно для каждой ее горловины. Для промежуточных станций, как правило, составляется одна таблица.

Стрелки с непрерывной поверхностью катания, а также вторые и третьи стрелки противощерстные в маршрутах приема, находящиеся в рельсовых цепях, примыкающих к приемо-отправочным путям, должны иметь замедление на размыкание 15—20 с, что отмечается в специальной таблице (рис. 4.12). В ней же указываются стрелки, имеющие автовозврат в плюсовое положение после их использования в минусовом.

При двойном и местном управлении стрелками минимально допустимая длина предстрелочного участка определяется расчетом. Расчетная скорость движения при маневрах принята равной 16 км/ч (4 м/с). Использование предстрелочных участков длиной менее 6 м не допускается. Длины предстрелочных участков и время перевода стрелки указываются в специальной таблице.

Нап рав-ление	Номер маршрута	Наименование маршрута	Литер светофора	СТРЕЛКИ																														
				2/4	6	8/10	12/14	16	18	20/22	24	26	28																					
Ст. Брусничная	Прием с 2ЧП	1	На путь ИП	Ч	-	+	+	(+)																										
		2	На путь ИП	Ч	+		+					+																						
		3	На путь 3П	Ч	+		+			(+)		-																						
		4	На путь 4П	Ч	-	-	(+)	+																										
		5	На путь 5П	Ч	-	-	(+)	-																							(+)			
		6	На путь 6П	Ч	-	-	(+)	-				-																			(+)			
		7	На путь 7П	Ч	-	-	(+)	-				-																			(+)			
	Прием с 1ЧДП	8	На путь 1П	ЧД	+	+	+	(+)																										
		9	На путь ИП	ЧД	+	+	-	(+)																										
		10	На путь 3П	ЧД	+	+	-	(+)	(+)			-																						
		11	На путь 4П	ЧД	+	-	(+)	+																										
		12	На путь 5П	ЧД	+	-	(+)	-																								(+)		
		13	На путь 6П	ЧД	+	-	(+)	-																								(+)		
		14	На путь 7П	ЧД	+	-	(+)	-																								(+)		
	Отправление на 1ЧДП	15	С пути ИП	Н1	+	+	+	(+)																										
		16	С пути ИП	Н2	+	+	-	(+)																										
		17	С пути 3П	Н3	+	+	-	(+)	(+)			-																						
		18	С пути 4П	Н4	+	-	(+)	+																									(+)	
		19	С пути 5П	Н5	+	-	(+)	-																									(+)	
		20	С пути 6П	Н6	+	-	(+)	-																									(+)	
		21	С пути 7П	Н7	+	-	(+)	-																									(+)	
	Отправление на 2ЧП	22	С пути ИП	Н1	-	+	+																											
		23	С пути ИП	Н2	+		+																											
		24	С пути 3П	Н3	+		+																											
		25	С пути 4П	Н4	+	-	(+)	+																										
		26	С пути 5П	Н5	-	-	(+)	-																										(+)
		27	С пути 6П	Н6	-	-	(+)	-																										(+)
		28	С пути 7П	Н7	-	-	(+)	-																										(+)

Рис. 4.8. Основные поездные маршруты четной горловины (см. рис. 4.5)

Стрелки негабаритных участков, расположенные перед маневровыми светофорами, по которым осуществляются угловые заезды, замыкаются замыкающим реле смежного по ходу участка. При наличии таких стрелок и участков составляется отдельная таблица.

Для правильного проектирования сигнальных показаний поездных светофоров составляются таблицы взаимозависимости сигнальных показаний светофоров (см. также п. 1.3) отдельно для нечетных и четных передвижений. На рис. 4.13 в качестве примера приведена таблица взаимозависимости сигнальных показаний светофоров применительно к четному направлению передвижений для станции, приведенной на рис. 4.5 и 4.6. В ней указаны сигнальные показания светофоров в маршрутах приема, отправления и сквозного (безостановочного) пропуска, причем сигнализация выходных светофоров учитывает отправление поездов как на правильный, так и неправильный перегонный путь.

Литер светофора	Номер маршрута	Наименование маршрута	Стрелки, определяющие направление маршрута	Примечание
Ч	57	Прием на путь ИП	-2/4, +6, -8/10, +20/22	
Ч	58	Прием на путь ЗП	-2/4,+6, -8/10,-20/22, (+16)	
Н2	59	Отправление со ИП на 2ЧП	-2/4,+6, -8/10,+20/22	По неправильному пути
Н3	60	Отправление с ЗП на 2ЧП	-2/4,+6, -8/10,-20/22, (+16)	По неправильному пути
Ч2	61	Отправление со ИП	-1/3,+5, -5/7,+15/15С, (+11)	
Ч3	62	Отправление с ЗП	-1/3,+5, -5/7,-15/15С, (+11)	
НД	63	Прием на путь ИП с 2НДП	-1/3,+5, -5/7,+15/15С,(+11)	С неправильного пути
НД	64	Прием на путь ЗП с 2НДП	-1/3,+5, -5/7,-15/15С, (+11)	С неправильного пути

Рис. 4.9. Вариантные поездные маршруты четной и нечетной горловин (см. рис. 4.5 и 4.6)

От светофора	Номер маршрута	Наименование маршрута	Стрелки, определяющие направление маршрута	Примечание
М2	66	До светофора М8	-2/4	
	67	До светофора М12	+2/4	
М4	65	До светофора М8	+2/4	
М6	68	За светофор М2	+2/4	
М8	69	На путь ИП	+6, +8/10	
	70	На путь ИП	+6, -8/10, +20/22	
	71	На путь ЗП	+6,-8/10,-20/22, (+16)	
	72	На путь 4П	-6,+12/14	
	70	На путь 5П	-6,-12/14,+18, (+28)	
	71	На путь 6П	-6,-12/14,-18,+24, (+28)	
	72	На путь 7П	-6, -12/14, -18, -24, +26 (+28)	
М10	73	На путь 5П	+12/14,+18, (+28)	
	74	На путь 6П	+ 12/14,-18,+24, (+28)	
	75	На путь 7П	+12/14,-18,-24,+26, (+28)	
	76	За светофор М18	+ 12/14,-18,-24,-26,-28	
М12	77	На путь ИП	+8/10, +20/22	
	78	На путь ЗП	+8/10,-20/22,+16	
М14	79	На путь ЗП	-16,+20/22	
	80	За светофор М16	+ 16	
М16	81	За светофор М14	+ 16	
М18	82	За светофор М2	-2/4, -6, -12/14, -18, -24, -26, -28	
	83	За светофор М4	+2/4, -6, -12/14, -18, -24, -26, -28	
	84	За светофор М10	+12/14,-18,-24,-26,-28	

Рис. 4.10. Маневровые маршруты четной горловины (см. рис. 4.5)

Направление движения по стрелке	Замыкание стрелок, не участвующих, но контролируемых в маршруте	Негабаритность	
		Наименование участка	Снимается контроль по стрелке
+6	+12/14		
-6	+8/10	8СП	
+18	+28	24СП	
-20/22	+16		
+24	+28		
+26	+28		

Рис. 4.11. Контроль охранных стрелок и негабаритных участков четной горловины

Номер стрелки	Медленнодействующий повторитель путевого реле или автовозврат
8	6-8МСПД, 10-20МСПД
15/15С	9-15МСПД
16	Автовозврат
21	Автовозврат
28	Автовозврат

Рис. 4.12. Стрелки, имеющие замедление на размыкание или автовозврат (см. рис. 4.5 и 4.6)

4.7. Враждебные маршруты

В пояснительной записке к таблицам взаимозависимости маршрутов, стрелок и светофоров особое внимание уделяется враждебным маршрутам, причем рассматриваются общие и особые случаи враждебности. Этот вопрос особенно важен при проектировании принципиальных схем.

Общие случаи:

1. Маршруты, не совместимые по положению контролируемых стрелок.
2. Встречные маршруты приема на один и тот же путь.
3. Встречные маршруты приема и маневров на один и тот же путь.
4. Встречные маневровые маршруты на один и тот же бесстрелочный участок пути в горловине станции, независимо от длины этого участка.

5. Маршруты в горловине станции, совместимые по положению общих контролируемых стрелок:

- встречные — поездные с поездными, поездные с маневровыми, маневровые с маневровыми маршрутами;
- попутные — поездные с маневровыми маршрутами.

Особые случаи:

6. Местное управление и маршруты (поездные и маневровые), совместимые по положению стрелок.

7. Маршрут приема на путь с местным управлением стрелками в противоположной горловине, допускающим выход на этот путь.

8. Поездные и маневровые передвижения (в том числе местное управление), осуществляемое с контролем свободности негабаритного участка, враждебны с такими же передвижениями, осуществляемыми по этому участку до светофора, установленного у негабаритного стыка.

№ п/п	Маршруты	Направление движения — четное					
		Сигнальные показания светофоров					
		Ч	ЧД	Ч1	Ч2	Ч3	Ч4, Ч5, Ч6, Ч7
1	Безостановочный пропуск по пути ИП на ст. Кордон на 2НДП (основной маршрут)	○			○ или ●		
2	Безостановочный пропуск по пути ИП на ст. Кордон на 2НДП (вариантный маршрут)	●			○ или ●		
3	Безостановочный пропуск по пути ЗП на ст. Кордон на 2НДП (основной и вариантный маршруты)	●				○ или ●	
4	Прием на путь ИП	●			● или ○		
5	Прием на пути ИП, ЗП, 4П, 5П, 6П, 7П	●		Любое		● или ○	Любое
6	Прием на путь ИП с неправильного пути ГЧДП со ст. Брусничная		● *	Любое			
7	Прием на пути ИП, ЗП, 4П, 5П, 6П, 7П с неправильного пути ГЧДП со ст. Брусничная		●		● или ○	● или ○	Любое
8	Отправление с пути ИП на ст. Кордон по пути 2НДП (основной маршрут)				○ или ●		
9	Отправление с пути ИП на ст. Кордон по пути 2НДП (вариантный маршрут)				● или ○		
10	Отправление с пути ИП на ст. Кордон по пути 2НДП			● или ○			
11	Отправление с пути ЗП на ст. Кордон на 2НДП (основной и вариантный маршруты)					○ или ●	
12	Отправление с пути 4П, 5П, 6П, 7П на ст. Кордон на 2НДП						○ или ●
13	Отправление с пути ИП, ИП, ЗП, 4П, 5П, 6П, 7П на ст. Кордон на неправильный путь 1НП			●	●	●	●

* В соответствии с [14], до утверждения [51] (см. рис. 1.19).

Рис. 4.13. Взаимозависимость сигнальных показаний станционных светофоров в четном направлении

9. Маневровые маршруты на свободный путь по двум белым огням с любыми встречными маршрутами на этот же путь и местным управлением, допускающим выход на этот же путь.

10. Маршруты приема в парк с попутными маршрутами отправления по групповому выходному светофору при отсутствии на нем маршрутного указателя пути отправления.

11. Дистанционное ограждение состава на пути враждебно маршрутам отправления и маневров с пути приема и маневров на этот путь, а также с местным управлением, допускающим выход на этот путь.

12. Маршрут приема на путь и маршрут надвига на горку с этого пути при возможности осаживания надвигаемого состава.

Схематический план станции и таблица зависимостей маршрутов, стрелок и светофоров являются основополагающими документами, которые служат базой для проектирования и эксплуатации релейных и микропроцессорных систем ЭЦ.

Глава 5. ДВУХНИТОЧНЫЙ ПЛАН СТАНЦИИ

5.1. Общие сведения

Для расстановки напольного оборудования ЭЦ составляется двухниточный план станции (план изоляции путей). Этот план строится на основании утвержденного схематического плана станции с осигнализированием (однониточного плана). На нем условно обозначены все объекты ЭЦ, их местоположение, сторонность установки относительно путей, расстояние от поста централизации (ординаты), типы применяемых устройств и т. д.

Двухниточный план станции является основным документом, на основании которого производится строительство или реконструкция устройств СЦБ, и составляется ряд документов:

- номенклатура устройств СЦБ, применяемых при строительстве или реконструкции ЭЦ на станции (светофоров, стрелочных электроприводов и гарнитуры, релейных и батарейных шкафов, путевых и трансформаторных ящиков, стрелочных и дроссельных соединителей, аппаратуры рельсовых цепей и др.), на основании которой производится экономический расчет и приобретение необходимых устройств;
- план кабельных сетей станции, подразумевающий составление трассы кабеля, расстановку разветвительных и конечных муфт, расчет длин и числа жил кабеля для управления напольными объектами.

При составлении такого плана проектировщики учитывают требования нормативных документов [6], [14], [27], [32], [33], [48] и используют различную справочную литературу.

5.2. Принцип действия рельсовых цепей

Для работы систем железнодорожной автоматики и телемеханики необходимо непрерывное получение информации о местоположении подвижных единиц. Датчиком такой информации служат рельсовые цепи (РЦ), организуемые в пределах всех изолированных участков, на которые разделены железнодорожные перегоны и станции.

Принцип действия РЦ поясняется на рис. 5.1. Основными элементами РЦ являются источник питания (ИП) и путевой приемник — путевое реле (П). Электрическая связь между ними осуществляется по рельсам. На магистральных линиях в России применяются нормально-замкнутые РЦ. В них при свободности участка от подвижного состава сигнальный ток I_c от ИП по рельсам поступает на обмотку реле П (см. рис. 5.1, а), вызывая его включение. При занятии участка колесные пары подвижного состава шунтируют реле П, поэтому оно выключается (см. рис. 5.1, б). Для электрической изоляции смежных рельсовых цепей используются изолирующие стыки (ИС).

Как это часто бывает в технике, такая простая схема зачастую не может быть применена в реальных условиях. Так, при электрической тяге рельсы используются как обратный провод для тягового тока, удобный канал передачи информации АЛС на движущийся поезд. Отсюда возникает сразу несколько проблем.

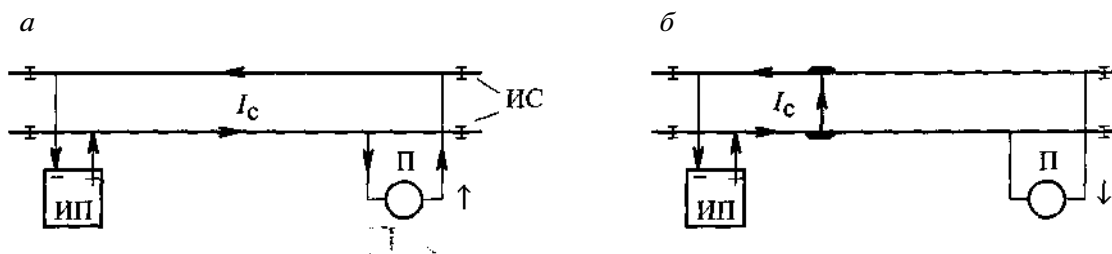


Рис. 5.1. Принцип действия рельсовой цепи

По одному и тому же каналу — рельсовой линии — протекает несколько токов: обратный тяговый I_r , сигнальный I_c и ток АЛС. Это допустимо, однако требуется сделать так, чтобы их можно было различать. На практике, например, применяются разные по частоте сигнальный и тяговый токи.

Для работы большинства типов РЦ необходимы ИС, препятствующие протеканию обратного тягового тока. Существует два пути решения этой проблемы. На железных дорогах России применяются *однониточные* (рис. 5.2, а) и *двухниточные* (см. рис. 5.2, б) рельсовые цепи. Более экономичным, но менее надежным является пропуск тягового тока по одной рельсовой нити, называемой тяговой. У изолирующих стыков эти нити соединяются с помощью электротягового соединителя (ЭТС), который еще называют «косым», поскольку тяговые нити смежных РЦ располагаются по диагонали. Аппаратура питающего конца (АПК) и аппаратура релейного конца (АРК) рельсовой цепи при этом подключается к рельсам через изолирующий трансформатор ИТ (см. рис. 5.2, а).

Для пропуска обратного тягового тока по двум рельсовым нитям применяют дроссель-трансформаторы (ДТ). ДТ имеет две обмотки на общем сердечнике. Одна, служащая для пропуска обратного тягового тока, разделена на две полуобмотки и называется *основной* (тяговой). Концы таких обмоток присоединяются к рельсам, а средний вывод — к такому же выводу ДТ смежной РЦ. Вторая обмотка служит для подключения аппаратуры РЦ и называется *сигнальной* (см. рис. 5.2, б).

Разберем принцип действия дроссель-трансформатора (рис. 5.3). Протекая по половинам основной обмотки, обратный тяговый ток вызывает в ДТ1 два встречных взаимокомпенсирующихся магнитных потока, в результате чего обратный тяговый ток I_r в сигнальной обмотке не трансформируется. Через дроссельную перемычку он поступает в ДТ2 смежной РЦ, а затем по полуобмоткам в рельсы. Таким образом, в ДТ2 обратный тяговый ток также не трансформируется в сигнальной обмотке.

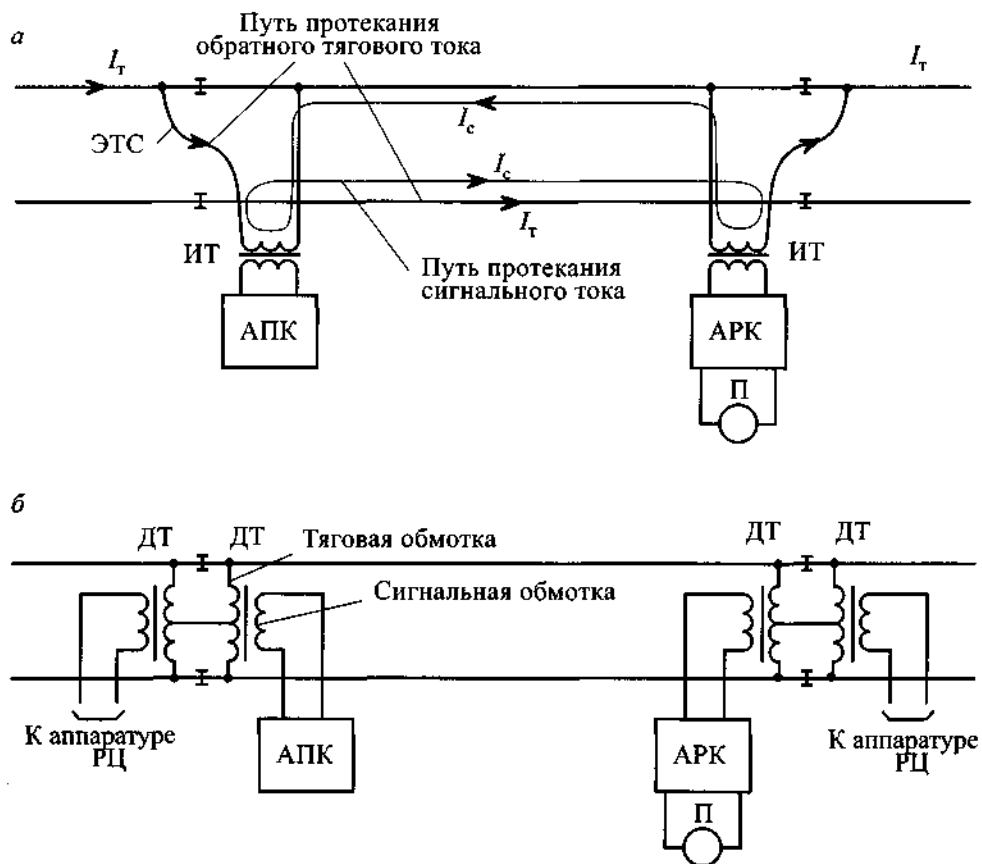


Рис. 5.2. Рельсовые цепи при электротяге

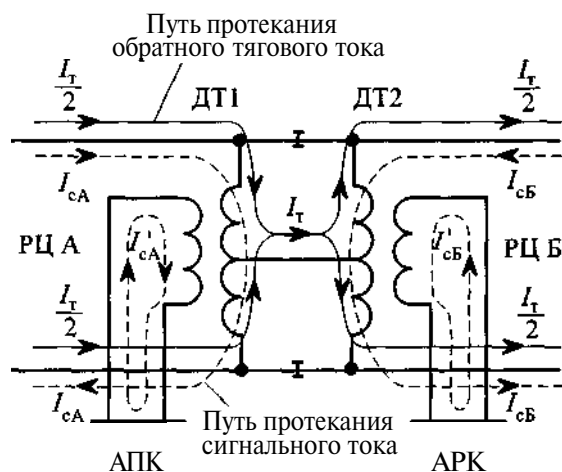


Рис. 5.3. Принципиальная схема дроссель-трансформатора и пути протекания сигнального и тягового токов

Сигнальный ток $I'_{сА}$, поступающий от аппаратуры питающего конца РЦ А, вызывает в ДТ1 магнитный поток, приводящий к возникновению в тяговой обмотке ДТ1 тока $I_{сА}$. Этот ток протекает по рельсам, обеспечивая контроль свободности РЦ А. Аналогичная ситуация складывается на релейном конце: сигнальный ток $I_{сБ}$ протекает по полуобмоткам ДТ2 в одном направлении, в результате чего трансформируется в сигнальной обмотке в ток $I'_{сБ}$, поступающий к аппаратуре релейного конца РЦ Б.

5.3. Элементы двухниточного плана и их условное изображение

Условные обозначения, используемые при составлении двухниточного плана, соответствуют ГОСТ 2.749-84 и приведены на рис. 5.4.

На двухниточном плане изображаются:

- железнодорожные пути в двухниточном изображении;
- стрелочные переводы, сбрасывающие остряки, тормозные упоры;
- стрелочные электроприводы (СЭП), контрольные стрелочные замки;
- изолирующие стыки: основные (габаритные и негабаритные) и дополнительные (стрелочные);
- аппаратура рельсовых цепей с учетом направления посылки кодов АЛС, стрелочные, дроссельные и электротяговые соединители, путевые дроссель-трансформаторы;
- светофоры с указанием конструкции (карликовые, мачтовые, консольные) и расцветки огней;
- релейные и батарейные шкафы;
- переезды и пешеходные переходы в пределах станции, а также перегонные, требующие увязки со станционными устройствами;
- маневровые колонки, будки, посты и вышки;
- пассажирское здание, посты централизации, прочие станционные здания, куда осуществляется ввод кабеля СЦБ;
- пассажирские и грузовые платформы и искусственные сооружения (мосты, путепроводы и т. д.), влияющие на производство кабельных работ и монтаж СЦБ;
- высоковольтные линии АБ и линии продольного электроснабжения в местах установки разъединителей и питающих трансформаторов;
- воздушные промежутки и нейтральные вставки контактной сети;
- отсасывающие линии тяговых подстанций;
- основные трассы кабелей СЦБ и разветвительные муфты;

- ординаты напольных объектов от оси поста ЭЦ (для остряков стрелок и светофоров они указываются в таблице, расположенной в верхней части чертежа; ординаты негабаритных ИС, ИС не расположенных в створе со светофорами, границ платформ, упоров тупиков — в скобках рядом с объектом).

Для привязки напольных устройств ЭЦ к существующему километражу железнодорожного участка на плане также указывается пикетаж осей постов ЭЦ, входных и выходных светофоров с главных путей, осей переездов и пешеходных переходов, а также крупных искусственных сооружений (мостов, путепроводов и т. д.).

5.4. Построение двухниточного плана станции

Построение двухниточного плана заключается в последовательном нанесении на путевое развитие станции, вычерченное в двухниточном изображении, проектируемых устройств СЦБ.

На стрелочные переводы устанавливаются электроприводы. На чертеже указываются наименования стрелок (для одиночных стрелок — ее номер; для сердечников крестовин стрелок с непрерывной поверхностью катания (НПК) — ее номер с добавлением литеры «С»; для сбрасывающего остряка — с добавлением «СБ») и ординаты (в специальных графах в верхней части чертежа). Как правило, СЭП располагают с полевой стороны или со стороны широкого междупутья, исходя из соображений габарита, удобства монтажа, обслуживания, подвода кабелей и пневмообдувки.

На двухниточный план со схематического переносятся изолирующие стыки, обеспечивающие деление станционных путей на изолированные секции, оснащаемые рельсовыми цепями.

В настоящее время при новом проектировании, как правило, используются тональные рельсовые цепи (ТРЦ), однако, допускается применение и РЦ с фазочувствительными приемниками и непрерывным питанием частотой 25 и 50 Гц.

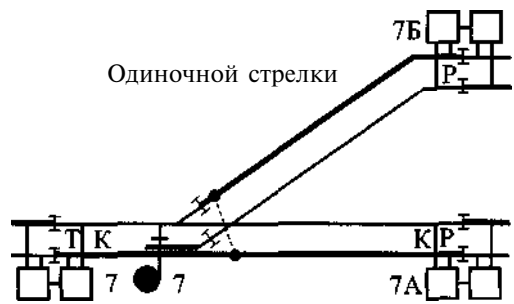
В разветвленных РЦ для исключения короткого замыкания сигнального тока через крестовины стрелок устанавливаются дополнительные (стрелочные) изолирующие стыки. Для обтекания сигнальным током ответвлений на стрелках устанавливаются стрелочные соединители (рис. 5.5).

Для контроля ответвлений РЦ на них устанавливаются путевые приемники. Их наименование образуется из названия РЦ с добавлением литер «А», «Б», «В», причем «А» присваивается релейному концу, к которому ведут нормальные (плюсовые) положения входящих в изолированную секцию стрелок.

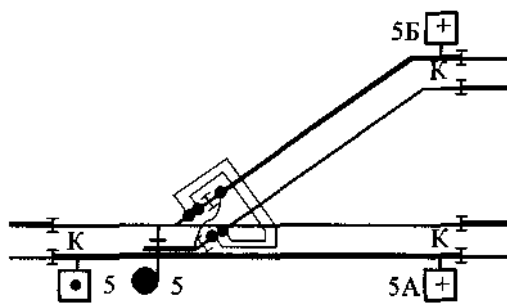
Подходы к построению двухниточных планов станций при применении РЦ с фазочувствительными путевыми приемниками и ТРЦ несколько различаются. Рассмотрим каждый их этих вариантов отдельно. На рис. 5.6 изображен схематический план, а на рис. 5.7—5.8 двухниточный план станции однопутного участка железной дороги с электрической тягой постоянного тока и применением РЦ с фазочувствительными путевыми приемниками частотой 50 Гц. На рис. 5.9—5.11 приведены схематический и двухниточный планы станции двухпутного участка с электрической тягой переменного тока и применением ТРЦ.

Питающие и релейные концы неразветвленных РЦ с фазочувствительными путевыми приемниками располагаются таким образом, чтобы на станциях однопутных участков посылка кодов АЛС (кодирование) осуществлялась с питающего конца РЦ, на станциях двухпутных участков в маршрутах приема — с релейного конца, в маршрутах отправления — с питающего конца.

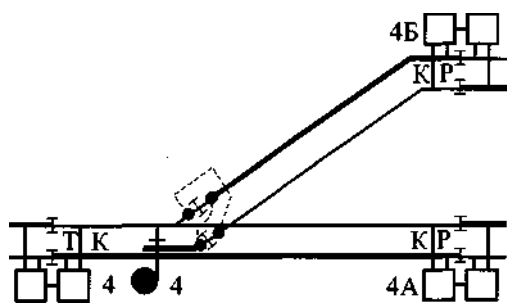
Питающие и релейные концы, а также дополнительные изолирующие стыки и стрелочные соединители разветвленных РЦ располагаются с учетом необходимости обтекания сигнальным током: рамных рельсов всех входящих в изолированную секцию стрелок; стрелочных соединителей; всех ответвлений РЦ. Допускается не устанавливать аппаратуру релейных концов на ответвлениях съездов, а также на ответвлениях длиной менее 60 м при применении РЦ с фазочувствительными приемниками и менее 40 м при применении ТРЦ, если они не входят в маршруты приема, передачи и отправления поездов.



С кодированием по прямому пути и ответвлению при автономной тяге

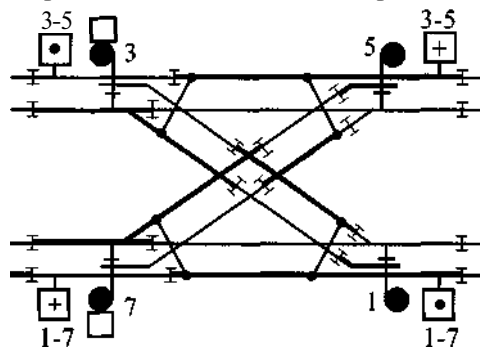


при электротяге

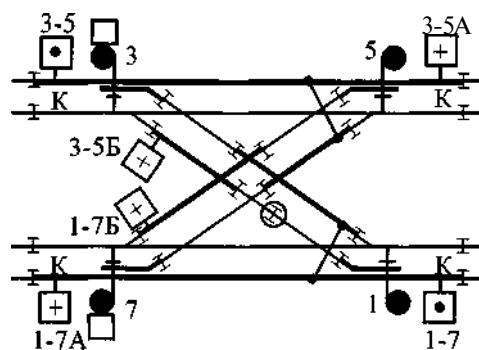


б

При автономной тяге без кодирования



При автономной тяге с кодированием главных путей



При электротяге с кодированием главных путей

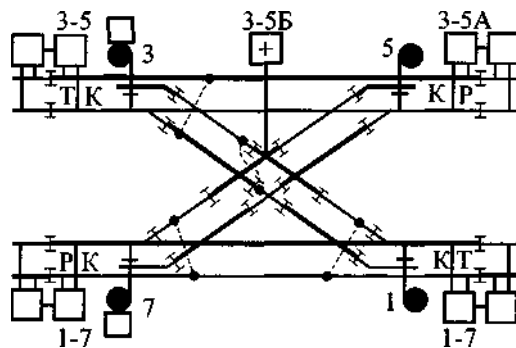


Рис. 5.5. Схемы изоляции:
а — стрелок; б — перекрестных съездов

Наряду с перегонными станционные пути оборудуются устройствами посылки в рельсы кодов АЛС. На станциях кодируются приемо-отправочные пути, по которым предусматривается сквозной (безостановочный) пропуск поездов, прием, передача и отправление пассажирских поездов, отправление поездов на неправильный перегонный путь двухпутного участка, оборудованного АБ, а также стрелочные и бесстрелочные секции, являющиеся продолжением главных путей.

Для создания оптимальных условий приема кодов АЛС дополнительные ИС в стрелочных переводах устанавливают на не кодируемых ответвлениях. При необходимости кодирования ответвлений или вынужденной установке дополнительных ИС по направлению главного (прямого) пути, а также в других особых случаях применяются схемы изоляции стрелочных переводов, приведенные на рис. 5.5.

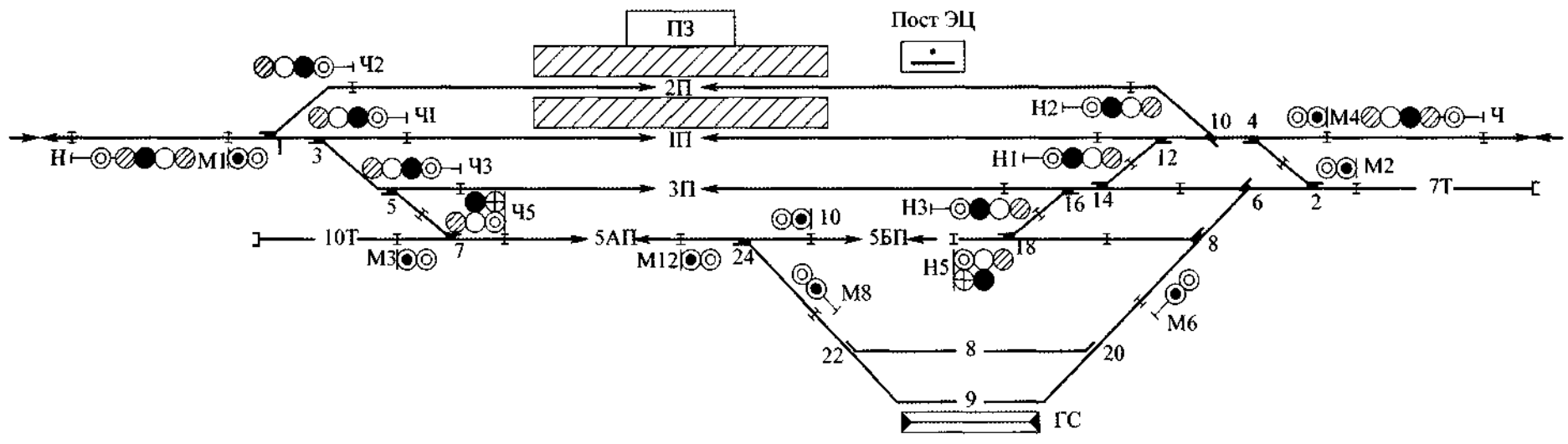
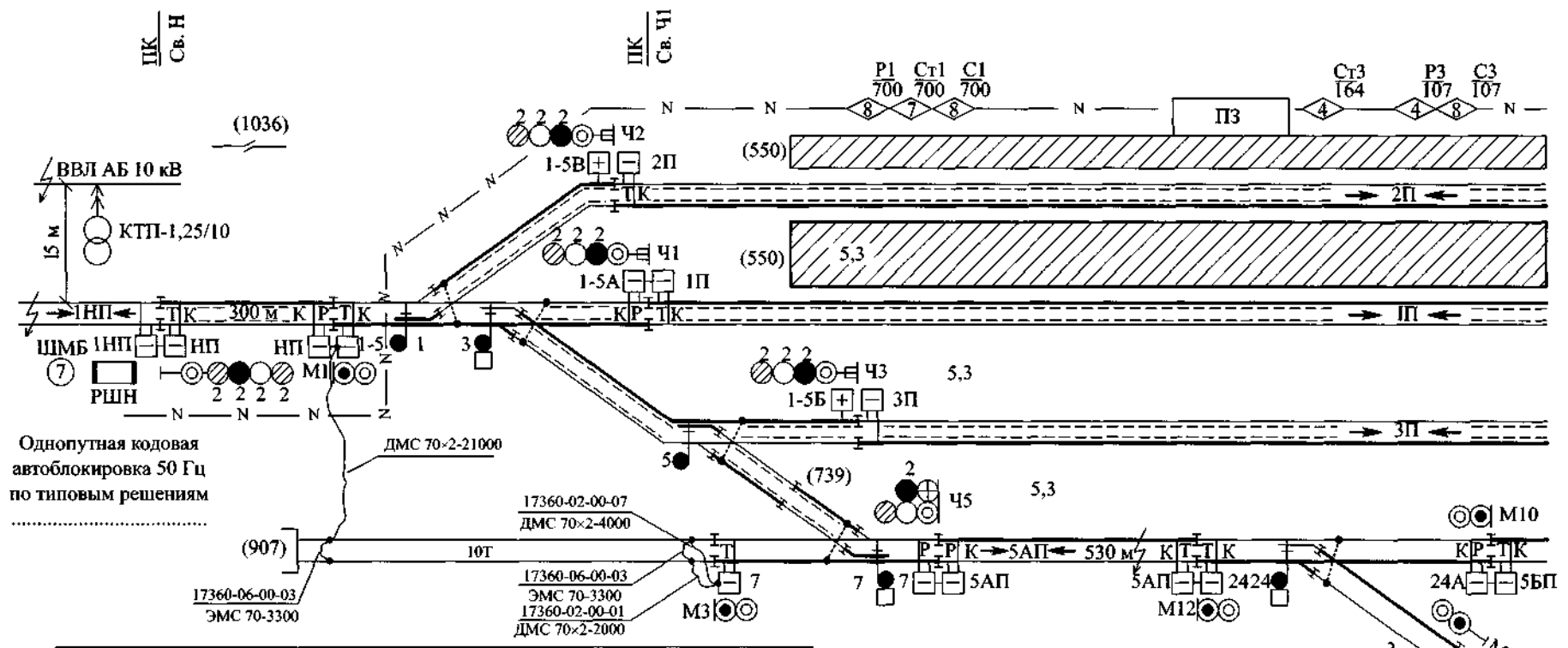


Рис. 5.6. Схематический план промежуточной станции

Литература светофора	Н	М1			Ч2	Ч1	М3		Ч3	Ч5		М12			М8, М10
Ордината	1186	886	883	837	822	776	779 761		718 700	697		167	164		103
Номер стрелки			1	3			5		7				24		

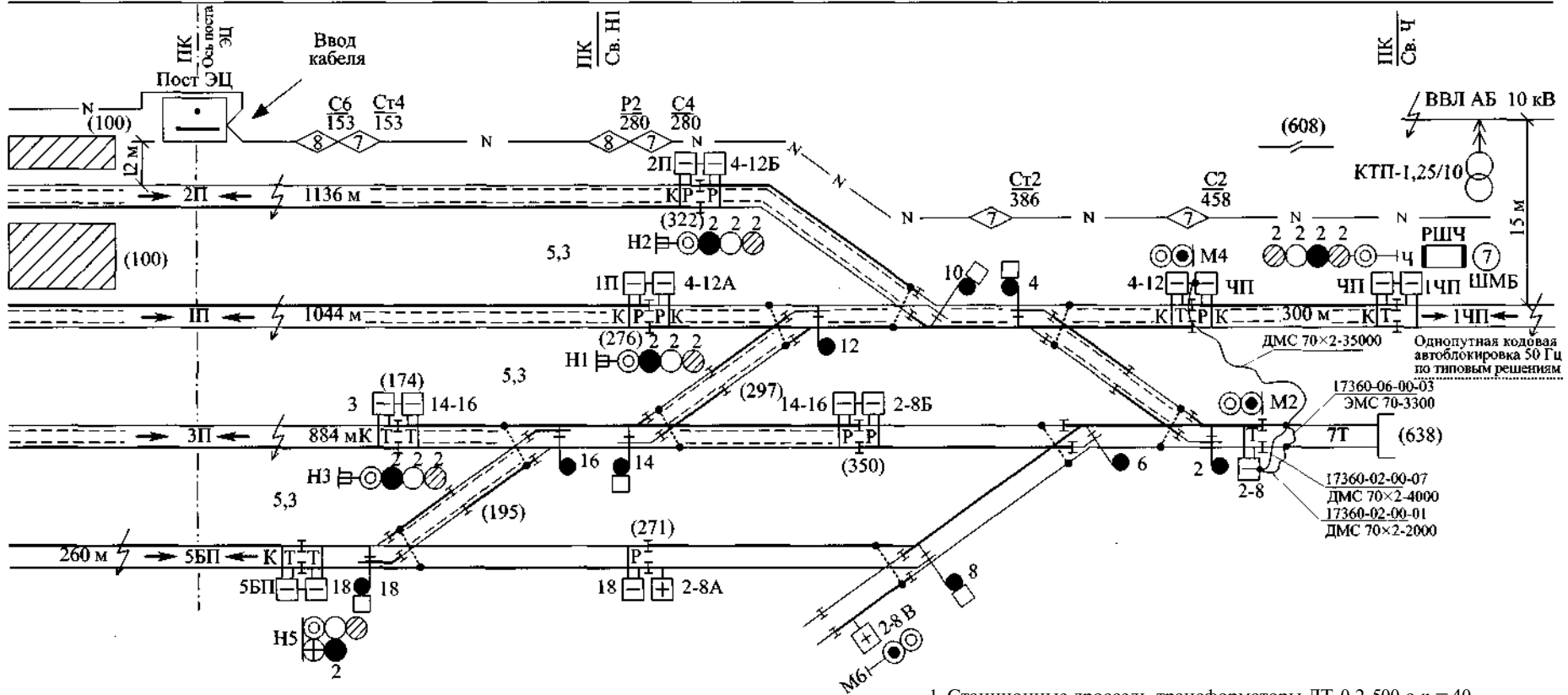


Однопутная кодовая автоблокировка 50 Гц по типовым решениям

Тип рельсов и марка крестовины	Обозначение гарнитуры	Тип стрелок, привода, мотора, напряжения	Выход шибера	Нормальное положение шибера	Номера стрелок	Кол-во
Р65-1/11	16737-00-00	СП-6М МСТ-0,3-190В	справа	вдвинут	3	1
				выдвинут	1, 10	2
			слева	вдвинут	12	1
				выдвинут	4	1
Р50-1/11	16738-00-00		справа	вдвинут	5, 24	2
				выдвинут	14, 18	2
			слева	вдвинут	16	1
				выдвинут	7, 2, 6, 8	4
В том числе спаренные стрелки			5/7, 2/4, 12/14, 16/18		8	

Рис. 5.7. Двухниточный план промежуточной станции, оборудованной рельсовыми цепями с фазочувствительными путевыми приемниками (начало)

	H5	H3		H1 H2	M6		M4	M2	Ч
00	153	156 162		235 256 264 310	325 337	383 386	401 444	462 482 485	762
	18		16	14	12	10	8 4	6 2	



1. Станционные дроссель-трансформаторы ДТ-0,2-500 с $n = 40$.
2. Дроссельные перемычки и электротяговые соединители — сталебедные.

Рис. 5.8. Двухниточный план промежуточной станции, оборудованной рельсовыми цепями с фазочувствительными путевыми приемниками (окончание)

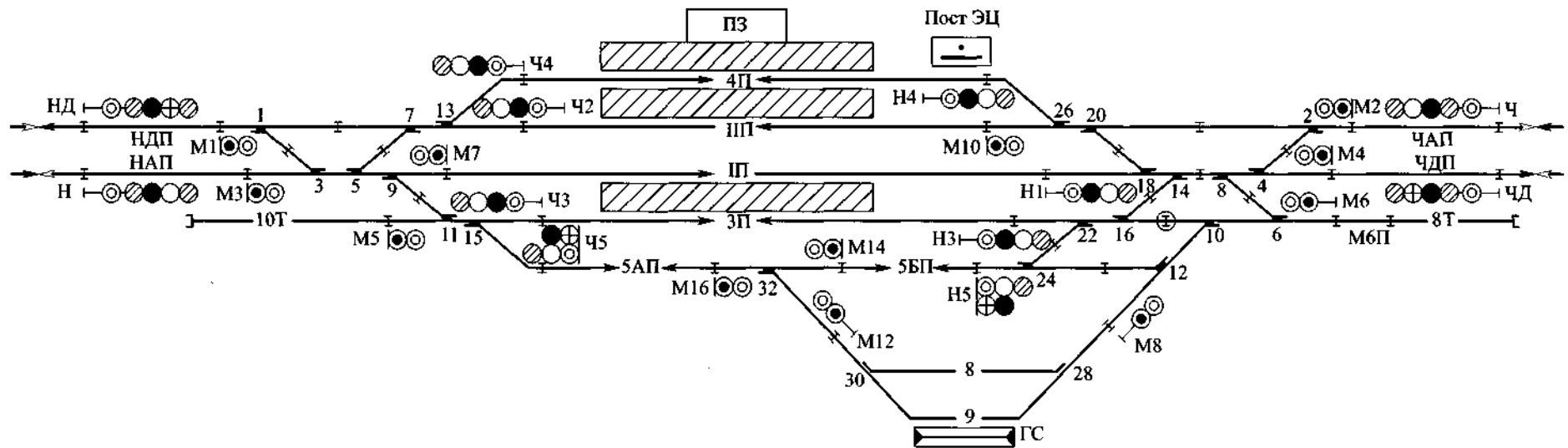


Рис. 5.9. Схематический план промежуточной станции

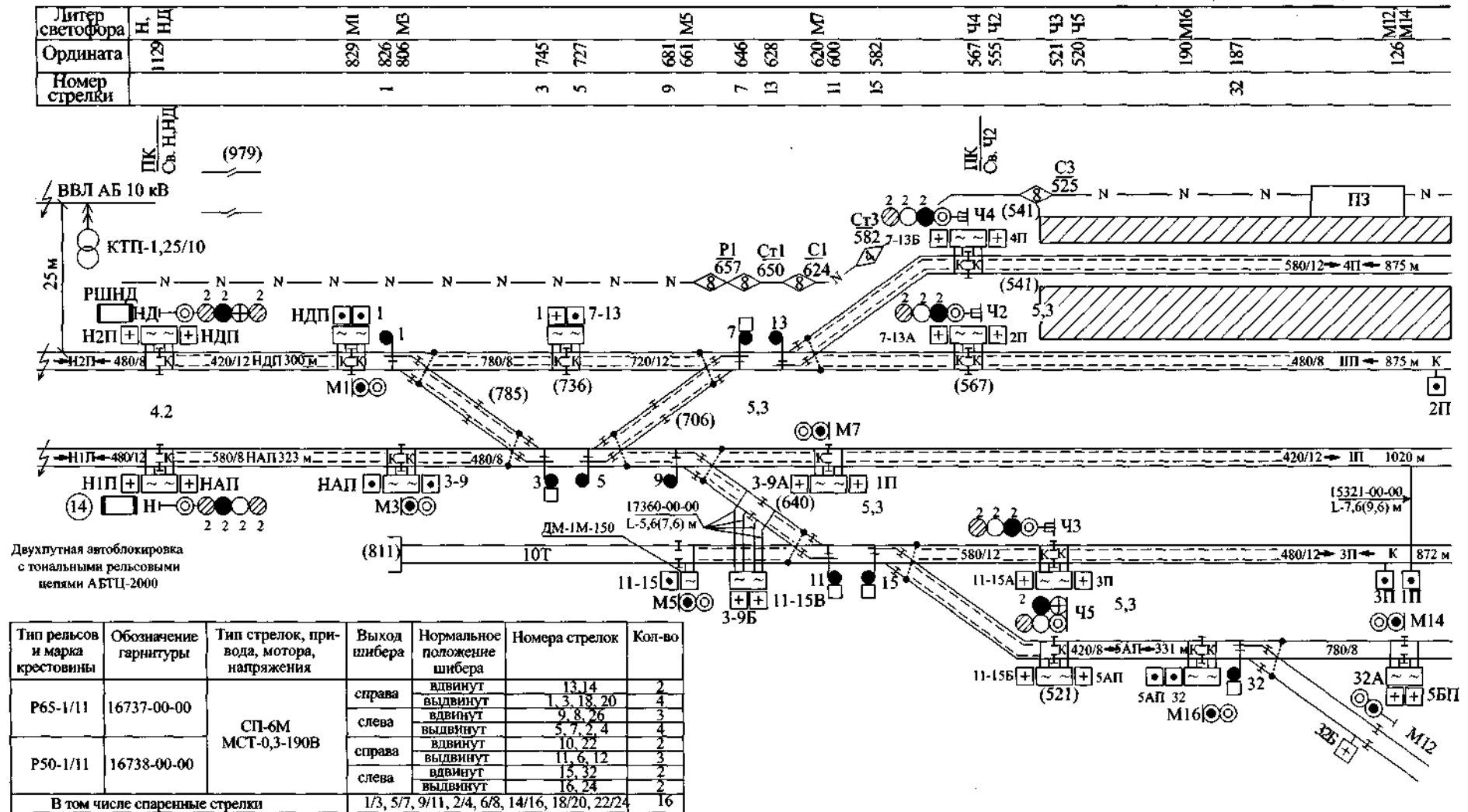


Рис. 5.10. Двухниточный план промежуточной станции, оборудованной тональными рельсовыми цепями (начало)

Чтобы повысить надежность фиксации занятия изолированных участков, необтекаемые сигнальным током ответвления РЦ оборудуются двойными стыковыми соединителями. Ими также оборудуются приемо-отправочные пути, бесстрелочные и стрелочные секции (включая все ответвления РЦ), по которым предусматривается сквозной (безостановочный) пропуск поездов.

При проектировании РЦ стараются по возможности располагать по обе стороны изолирующего стыка одноименные концы РЦ, что позволяет существенно снизить затраты на прокладку кабельной сети.

РЦ должны быть защищены от взаимного влияния при замыкании ИС между ними. При применении РЦ с фазочувствительными путевыми приемниками этого добиваются «разгонкой» полярностей, т.е. подключают аппаратуру смежных РЦ таким образом, чтобы по обе стороны ИС были разные мгновенные полярности сигнального тока. На двухниточном плане одну из рельсовых нитей условно показывают утолщенной и добиваются чередования утолщенных и тонких линий на каждом ИС. Для соблюдения чередования полярностей в замкнутом контуре, образуемом параллельными путями, необходимо подсчитать число ИС, включая дополнительные, на внутренней нити двухниточного плана: если оно четное, то чередование полярностей обеспечивается; в противном случае необходимо произвести перестановку ИС. Например, в контуре, образованном приемо-отправочным путем ПП, стрелками 12, 14, 16, приемо-отправочным путем ЗП, стрелками 5, 3 (см. рис. 5.7, 5.8), количество ИС на внутренней нити равно шести и чередование полярностей соблюдается. В контуре, образованном стрелками 14, 12, 10, 4, 2, 6 при установке дополнительных ИС в стрелке 6 на ответвление количество ИС на внутренней нитке двухниточного плана равно пяти. Перестановка дополнительных ИС стрелки 6 по прямому пути делает число ИС в рассматриваемом контуре равным шести и таким образом позволяет обеспечить чередование полярностей в смежных РЦ.

В ТРЦ защита от взаимного влияния при замыкании ИС обеспечивается чередованием в смежных РЦ несущих f_n и модулирующих f_m частот. ТРЦ, работающие на одной несущей и одной модулирующей частоте, по возможности разделяют не менее чем тремя парами ИС. Однако в крайних случаях допускаются и другие варианты подключения аппаратуры ТРЦ [43]. При расстановке частот удобно пользоваться табл. 5.1, где приняты следующие условные обозначения: п/п — допускается совмещать питающие концы при любой длине смежных ТРЦ; п/п* — допускается совмещать питающие концы, если разница в длинах смежных ТРЦ не превышает 150 м. Пустые клетки в рассматриваемой таблице означают, что в этих случаях допускается любое расположение концов смежных ТРЦ произвольной длины.

Защита ТРЦ параллельных путей от взаимного влияния достигается применением различных несущих или модулирующих частот.

Поскольку с ростом частоты затухание сигнала возрастает, при составлении двухниточного плана стремятся в более длинных ТРЦ применять меньшие несущие частоты. При необходимости создания рельсовой цепи большой длины, например на приемо-отправочных путях, в середине ТРЦ устанавливается путевой генератор, а по краям пути путевые приемники.

Главные и все кодируемые пути станции, стрелочные и бесстрелочные секции, являющиеся продолжением главных путей, а также стрелочные секции, имеющие более одного путевого приемника, должны проектироваться двухниточными. Кроме того, на станциях с числом приемо-отправочных путей до шести все изолированные секции делаются двухниточными. В остальных случаях допускается применение однопутевых РЦ.

Аппаратура питающих и релейных концов подключается к двухниточной РЦ через сигнальную обмотку ДТ. Количество ДТ в РЦ определяется типом РЦ и специально проектируемой схемой канализации тягового тока. В отличие от ТРЦ, где количество ДТ может быть любым, в РЦ с фазочувствительными путевыми приемниками оно не должно превышать трех, причем такие РЦ, называемые *трехдроссельными*, могут иметь только два путевых реле и из-за сложности регулировки проектируются лишь в порядке исключения.

Допустимые варианты подключения аппаратуры смежных ТРЦ

		Несущая частота f_n генератора ТРЦ, Гц									
		420		480		580		720		780	
		Частота модуляции f_m , генератора ТРЦ, Гц									
		8	12	8	12	8	12	8	12	8	12
Несущая частота f_n генератора ТРЦ, Гц	420	п/п *	п/п	п/п							
	480	п/п	п/п *		п/п						
Частота модуляции f_m генератора ТРЦ, Гц	8	п/п		п/п	п/п						
	12		п/п	п/п	п/п *						
Несущая частота f_n генератора ТРЦ, Гц	580					п/п *	п/п				
	720					п/п	п/п *				
Частота модуляции f_m генератора ТРЦ, Гц	8						п/п *	п/п	п/п		
	12						п/п	п/п *		п/п	
Несущая частота f_n генератора ТРЦ, Гц	780						п/п		п/п *	п/п	
	12							п/п	п/п		п/п *

В горловинах станций и между приемо-отправочными путями могут образовываться замкнутые контуры из РЦ. По условиям выполнения контрольного режима работы РЦ для исключения обходных цепей сигнального тока по междроссельным и междупутным перемычкам и другим РЦ такой замкнутый контур не должен включать в себя для РЦ с фазочувствительными путевыми приемниками и частотой 50 Гц менее 6 РЦ, частотой 25 Гц менее 10 РЦ. Для ТРЦ длина контура должна быть не менее четырехкратной максимальной длины РЦ, входящей в контур.

Для обеспечения этих требований в необходимых случаях применяются РЦ с одним ДТ (однодрессельные РЦ). Тем не менее при электрической тяге каждая РЦ должна иметь не менее двух выходов обратного тягового тока, что реализуется следующим образом. В однодрессельной РЦ за два выхода обратного тягового тока принимается подключение среднего вывода ДТ:

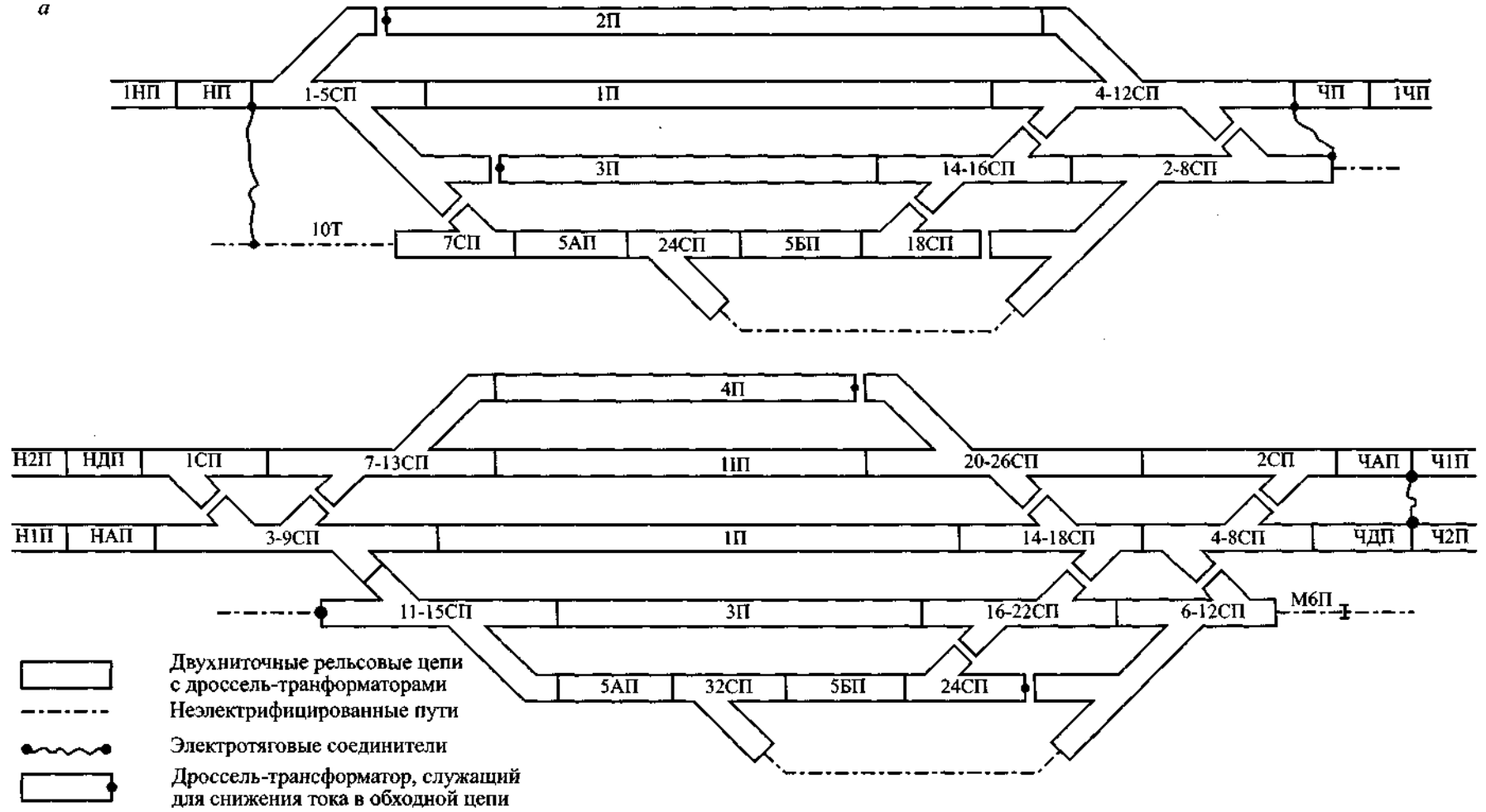
- к среднему выводу ДТ смежной РЦ;
- к среднему выводу ближайшего ДТ соседней РЦ двумя электротяговыми соединителями, проложенными в разных шпальных ящиках;
- к средним выводам двух разных ДТ двумя отдельными электротяговыми соединителями, проложенными в разных шпальных ящиках.

В необходимых случаях допускается пропускать обратный тяговый ток по неэлектрифицированным путям, для чего на них должна предусматриваться установка стыковых, электротяговых, дроссельных и стрелочных соединителей.

Для правильной канализации обратного тягового тока на станции составляется отдельная схема, на которую условными обозначениями наносят все РЦ, ДТ и электротяговые соединители. Места, где на стыках смежных РЦ пропуск тягового тока отсутствует, изображаются разрывами.

На рис. 5.12, а изображена такая схема для станции, представленной на рис. 5.7—5.8. Рельсовые цепи изолированных секций 1-5СП и 4-12СП, а также приемо-отправочных путей 2П и 1П образуют контур, состоящий из четырех РЦ, а минимально допустимо шесть. Поэтому

a



цепь 2П проектируется однодрессельной, в результате чего замкнутый контур не образуется. Соединение среднего вывода ДТ этой РЦ со средним выводом дроссель-трансформатора рельсовой цепи 4-12СП обеспечивает два выхода обратного тягового тока.

В рельсовой цепи 1-5СП необходимо контролировать все три ответвления, что делает невозможным применение трехдрессельной РЦ. Поэтому РЦ 1-5СП проектируется двухдрессельной с тремя путевыми приемниками, а на приемо-отправочном пути 3П применяется однодрессельная РЦ. Аналогичное решение принято для секции 2-8СП.

Для канализации обратного тягового тока из изолированных секций 3П, 14-16СП, 2-8СП между дроссель-трансформаторами рельсовых цепей 2-8СП и 4-12СП устанавливается междроссельный соединитель. Аналогично средние выводы ДТ питающих концов рельсовых цепей 7СП и 1-5СП соединены через неэлектрифицированный путь 10 для канализации обратного тягового тока из секций 7СП, 5АП, 24СП, 5БП, 18СП.

На рис. 5.12, б приведена схема канализации обратного тягового тока для станции, представленной на рис. 5.10—5.11. Рельсовые цепи 11-15СП, 3П, 16-22СП, 6-12СП, 24СП, 5БП, 32СП, 5АП образуют контур. Замкнутым такой контур можно сделать лишь при выполнении условия

$$4L_{\max \text{РЦ}} \leq L_{\text{к}}, \quad (5.1)$$

где $L_{\max \text{РЦ}}$ — длина самой протяженной РЦ контура;

$L_{\text{к}}$ — суммарная длина всех РЦ контура.

Значение $L_{\text{к}}$ может быть определено как

$$L_{\text{к}} = \sum_{i=1}^n L_{i\text{РЦ}}, \quad (5.2)$$

где $L_{i\text{РЦ}}$ — длины рельсовых цепей, входящих в контур;

n — количество РЦ в контуре.

Длина рельсовой цепи

$$L_{\text{РЦ}} = \sum_{i=1}^m L_{i\text{о}}, \quad (5.3)$$

где $L_{i\text{о}}$ — длины ответвлений рельсовых цепей;

m — количество ответвлений РЦ.

Расчет длин РЦ удобно производить по ординатам. Например, рельсовая цепь 11-15СП рассматриваемого контура имеет три ответвления. Длина РЦ от питающего конца до путевого приемника 11-15АСП составляет $L_{11-15\text{АСП}} = 657 - 525 = 132$ м, длина ответвления от прямой части РЦ до путевого приемника 11-15БСП — $L_{11-15\text{БСП}} = 582 - 525 = 57$ м, длина ответвления 11-15ВСП — $L_{11-15\text{ВСП}} = 641 - 600 = 41$ м, отсюда по формуле (5.3) имеем

$$L_{11-15\text{СП}} = L_{11-15\text{АСП}} + L_{11-15\text{БСП}} + L_{11-15\text{ВСП}} = 132 + 57 + 41 = 230 \text{ м.}$$

Произведя аналогичные вычисления, определим длины остальных РЦ контура:

$$L_{3\text{П}} = 864 \text{ м}; \quad L_{6-12\text{СП}} = 328 \text{ м}; \quad L_{5\text{БП}} = 460 \text{ м}; \quad L_{5\text{АП}} = 330 \text{ м};$$

$$L_{16-22\text{СП}} = 225 \text{ м}; \quad L_{24\text{СП}} = 97 \text{ м}; \quad L_{32\text{СП}} = 114 \text{ м.}$$

Подставив эти значения в формулу (5.2), получим $L_{\text{к}} = 2648$ м.

Максимальную длину в контуре имеет РЦ 3П, поэтому проверим выполнение для нее условия (5.1):

$$4L_{\max \text{РЦ}} = 4 \cdot 864 = 3456 \text{ м,}$$

т.е. оно не выполняется и контур замкнутым делать нельзя.

После составления плана канализации обратного тягового тока вносятся коррективы в двухниточный план.

Все напольные объекты ЭЦ: стрелочные электроприводы, светофоры, рельсовые цепи и т.д. соединяются с управляющей и контролирующей аппаратурой кабельной сетью [18]. Кабельный план станции строится на основании однониточного и двухниточного ее планов. С подготовленного кабельного плана на двухниточный план переносят основные трассы кабелей СЦБ и разветвительные муфты.

В последние годы в России широкое распространение получают системы автоматического проектирования (САПР) систем и устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, позволяющие автоматизировать процесс проектирования, повысить производительность труда проектировщика, сократить время и расходы на составление проектной документации.

В частности активно создаются и внедряются в проектных организациях САПР, автоматизирующие построение двухниточных планов станции. В качестве исходной информации, как и при «ручном» проектировании, используются однониточный план станции, тип используемых РЦ, род тяги, системы интервального регулирования движения поездов, применяемые на прилегающих перегонах, справочные таблицы с данными различных устройств: рельсовых цепей, стрелочных электроприводов и гарнитур, стрелочных, дроссельных, электротяговых соединителей, трансформаторных и путевых ящиков и т.д.

Глава 6. УСТРОЙСТВА ОГРАЖДЕНИЯ

6.1. Общие сведения

Для обеспечения безопасности движения поездов и автотранспорта, оповещения обслуживающего персонала на железнодорожных станциях, переездах, крупных искусственных сооружениях (мостах, тоннелях), в местах, где возможны обвалы и оползни, применяются устройства ограждения и оповещения.

На железнодорожных переездах применяются системы автоматической переездной сигнализации, подающие при приближении поезда команду на прекращение движения автотранспорта через переезд.

На станциях при задании маршрута через секции, где производятся путевые работы, включаются специальные устройства оповещения монтеров пути. Кроме того, при наличии на станции пешеходных дорожек аналогичные системы применяются и для оповещения пешеходов о приближающемся поезде.

Разводные мосты оснащаются устройствами, контролирующими совпадение рельсовых нитей разводной и неподвижной частей моста, проверяющими запорные устройства разводных пролетов, ограждающими специальными сигналами мост в разведенном положении.

У въездов в тоннели и на крупные мосты, являющиеся стратегическими объектами, размещаются посты охраны. На мостах и в тоннелях, где могут производиться ремонтные работы, для предупреждения часовых и ремонтных рабочих о приближении поезда применяются специальные устройства оповещения. В случае возникновения препятствий движению поездов или опасности для жизни людей предусматривается возможность ограждения крупных искусственных сооружений специальными сигналами.

Участки железных дорог, проходящие в горной местности в выемках и у склонов гор, где происходят обвалы, оползни и скатывание крупных камней, оборудуются устройствами обвальной сигнализации, предназначенной для автоматического ограждения места завала пути заградительными сигналами.

К ремонту и обслуживанию железнодорожного пути и искусственных сооружений допускаются подготовленные специалисты железнодорожного транспорта. В то же время на переездах могут оказаться водители транспортных средств или пешеходы, пренебрегающие правилами пересечения железнодорожных путей, поэтому переезды представляют наибольшую опасность с точки зрения возможности возникновения аварийной ситуации. Обустройство переездов, оборудование их устройствами переездной сигнализации, и меры обеспечения безопасности движения на них будут рассмотрены подробнее.

6.2. Классификация переездов

Переездом называется пересечение железнодорожных путей автомобильной дорогой в одном уровне.

Железнодорожные переезды подразделяются по месту расположения, способу управления движением автотранспорта и интенсивности движения транспортных средств через него [33]. Классификация переездов приведена на рис. 6.1.

По месту расположения они подразделяются на переезды *общего пользования*, расположенные на пересечениях железнодорожных путей общего пользования с автомобильными дорогами общего пользования, и *необщего пользования*, расположенные на пересечениях железнодорожных путей с автомобильными дорогами отдельных предприятий или организаций.

Пересечения железнодорожных путей в границах территории предприятий (складов, депо, элеваторов и т.п.) автомобильными дорогами, предназначенными для обеспечения технологического процесса работы данного предприятия, относятся к технологическим проездам и учету как переезды не подлежат. Безопасность движения подвижного состава и транспортных средств на них обеспечивается администрацией предприятия.

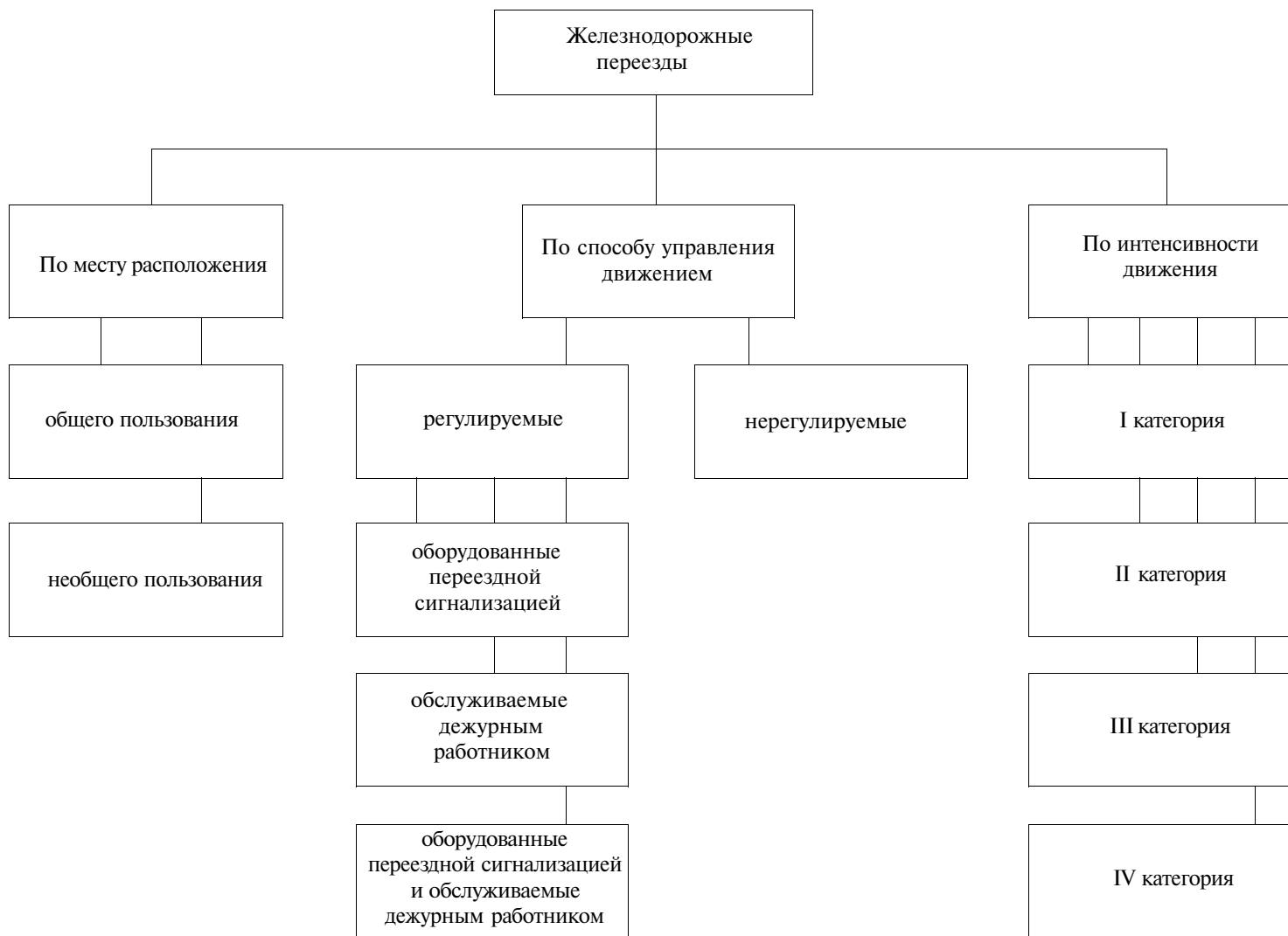


Рис. 6.1. Классификация железнодорожных переездов

По интенсивности движения поездов и автотранспорта переезды делятся на четыре категории. Категории переездов определяются в [16] и приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Категории переездов

Интенсивность движения поездов по главному пути (суммарно в двух направлениях), поездов/сут	Интенсивность движения транспортных средств (суммарная в двух направлениях), авт/сут				
	До 200 (включительно)	201 — 1000	1001 — 3000	3001 — 7000	Более 7000
До 16 включительно, а также по всем станционным и подъездным путям	IV	IV	IV	III	II
17—100	IV	IV	III	II	I
101—200	IV	III	II	I	I
Более 200	III	II	II	I	I

Примечания: 1. К I категории относятся также переезды, расположенные на пересечениях железных дорог, где осуществляется движение поездов со скоростью более 140 км/ч независимо от интенсивности движения транспортных средств на автомобильной дороге.

2. Все остальные переезды (не охваченные таблицей) относятся к IV категории.

Для обеспечения безопасности движения поездов и автотранспорта переезды могут оборудоваться устройствами автоматической переездной сигнализации. При этом в зависимости от интенсивности движения поездов и автотранспорта и ряда других условий, они могут оснащаться автоматическими и полуавтоматическими шлагбаумами, а также устройствами ограждения переездов (УЗП).

По способу управления движением переезды подразделяются на регулируемые и нерегулируемые. К регулируемым относятся переезды, оборудованные устройствами переездной сигнализации, извещающей водителей транспортных средств о подходе к переезду поезда, или обслуживаемые дежурными работниками, которым поручено осуществлять регулирование движением поездов и транспортных средств на переезде.

К нерегулируемым относятся переезды, не оборудованные устройствами переездной сигнализации и не обслуживаемые дежурными по переездам. Возможность безопасного проезда через них определяется водителем транспортного средства в соответствии с Правилами дорожного движения Российской Федерации.

Дежурными работниками обслуживаются как оборудованные, так и не оборудованные переездной сигнализацией переезды:

- расположенные на участках с движением поездов со скоростью более 140 км/ч;
- расположенные на пересечениях главных путей с автомобильными дорогами, по которым осуществляется трамвайное или троллейбусное движение;
- I категории;
- II категории, расположенные на участках с интенсивностью движения более 16 поездов/сут и не оборудованных автоматической светофорной сигнализацией с бело-лунным мигающим сигналом и автоматическим контролем исправности устройств переездной сигнализации у дежурного по станции (поездного диспетчера).

На переездах, не оборудованных переездной сигнализацией, обслуживание дежурным устанавливается только в следующих случаях:

- при пересечении автомобильной дорогой трех и более главных железнодорожных путей;
- если переезд II категории имеет неудовлетворительные условия видимости (см. табл. 6.2), а на участках с интенсивностью движения более 16 поездов/сут независимо от них;

- если переезд III категории имеет неудовлетворительные условия видимости и расположен на участке с интенсивностью движения более 16 поездов/сут, а при расположении на участках с интенсивностью движения более 200 поездов/сут независимо от них.

Таблица 6.2

Нормы обеспечения видимости поезда, приближающегося к переезду

Максимальная скорость движения поезда, км/ч, установленная на подходах к переезду	121—140	81—110	41—80	26—40	25 и менее
Расстояние видимости, м, не менее	500	400	250	150	100

Обслуживание дежурными работниками остальных переездов не обязательно.

Проблема железнодорожных переездов — источников повышенной опасности для поездов и автомобильного транспорта—является актуальной не только для России, но и для всех промышленно развитых стран. Государственная политика РФ направлена на сокращение их количества путем строительства транспортных развязок в разных уровнях и ликвидации малодеятельных переездов и тех, на которых в должной мере не обеспечивается безопасность движения [29].

Ограничивается и строительство новых переездов. Так, на сети железных дорог общего пользования не допускается открывать вновь переезды I, II и III категорий, переезды на участках со скоростями движения поездов более 120 км/ч, переезды IV категории при пересечении трех и более главных железнодорожных путей, при пересечениях путей в выемках и других местах, где не обеспечены условия видимости (см. табл. 6.2), а также в случаях, когда требуется обслуживание переездов дежурным работником.

На эксплуатируемых переездах не допускается открытие трамвайного и троллейбусного движения, а открытие автобусного движения возможно лишь с разрешения начальника железной дороги при условии оборудования переезда переездной сигнализацией [33].

6.3. Обеспечение безопасности движения на переездах

Поскольку скорости движения, массы и, как следствие, длины тормозных путей поездов больше, чем автотранспортных средств, преимущество на переездах отдается железнодорожному транспорту. При отсутствии поездов вблизи переездов по ним разрешается движение автотранспорта.

При приближении поезда регулируемые переезды закрываются для автотранспорта. Закрытие переездов может производиться как дежурным работником, так и автоматически. Со стороны автодороги переезды оснащаются автоматической светофорной сигнализацией или автоматической светофорной сигнализацией с автоматическими или полуавтоматическими шлагбаумами.

Автоматическая светофорная сигнализация представляет собой систему регулирования движения на переездах, при которой проезд транспортных средств через них регулируется специальными переездными светофорами с двумя красными попеременно мигающими сигналами, дополняемыми акустическими сигналами, включаемыми автоматически при приближении поезда на расстояние, обеспечивающее заблаговременное освобождение переезда транспортными средствами, и также выключаемыми после проследования поезда.

Переездные светофоры могут дополняться бело-лунным мигающим огнем, сигнализирующим об исправности устройств переездной сигнализации [27]. При мигающем бело-лунном огне и выключенных красных переезд открыт для автотранспорта, попеременно мигающие красные огни запрещают автотранспорту проезд переезда. При возникновении неисправности переездной сигнализации, мигающий бело-лунный огонь на переездном светофоре выключается и переезд становится нерегулируемым, поэтому при выключенных бело-лунном и красных сигналах движение автотранспорта разрешается только при отсутствии в пределах видимости приближающегося к переезду поезда.

На переездах, обслуживаемых дежурным работником, применяется автоматическая светофорная сигнализация с автоматическими или полуавтоматическими шлагбаумами, при которой

перевод брусьев шлагбаумов в закрытое (горизонтальное) положение осуществляется автоматически через расчетное время после вступления поезда на участок приближения и включения звуковой и светофорной сигнализации [47]. Брусья шлагбаумов переводятся в открытое (вертикальное) положение после освобождения переезда поездом автоматически (автоматические шлагбаумы) либо дежурным работником (полуавтоматические шлагбаумы).

Схемы обустройства переездов со шлагбаумами и без них [29] приведены на рис. 6.2 и 6.3 соответственно, где используются следующие обозначения:

- 1 — кромка проезжей части автомобильной дороги;
- 2 — горизонтальная разметка 1.1 [30] (нумерация разметки по ГОСТ Р 51256-99);
- 3 — направляющие столбики;
- 4 — перила (ограда);
- 5 — заградительный светофор;
- 6 — сигнальный знак «С»;
- 7 — светофор переездной сигнализации;
- 8 — автоматический или полуавтоматический шлагбаум;
- 9 — водоотводные лотки;
- 10 — деревянные брусья;
- 11 — контррельсы;
- 12 — запасные горизонтально-поворотные шлагбаумы;
- 13 — путевые рельсы;
- 14 — железобетонные плиты или асфальтобетонное покрытие;
- 15 — трубка или стойка для установки красного щита или сигнального фонаря;
- 16 — здание переездного поста;
- 17 — релейный шкаф;
- 18 — дорожный знак 3.13 «Ограничение высоты» (нумерация дорожных знаков по ГОСТ 10807-78);
- 19 — дорожный знак 1.1 «Железнодорожный переезд со шлагбаумом»;
- 20,21,22 — дорожные знаки 1.4.1 — 1.4.6 «Приближение к железнодорожному переезду»;
- 23 — дорожный знак 1.3.1 «Однопутная железная дорога»;
- 24 — дорожный знак 1.2 «Железнодорожный переезд без шлагбаума».

Переезды, как правило, располагаются на прямых участках железных и автомобильных дорог вне пределов выемок и мест, где не обеспечиваются удовлетворительные условия видимости. Пересечения этих дорог осуществляются преимущественно под прямым углом. Автомобильная дорога на переезде в продольном профиле должна иметь горизонтальную площадку, а ее подходы к нему на протяжении не менее 50 м должны иметь продольный уклон не более 30 ‰. Ширина проезжей части переезда должна быть равной ширине проезжей части автомобильной дороги, но не менее 6 м.

Внутри и снаружи рельсовой колеи укладывается настил (см. рис. 6.2 и 6.3, 10 и 14), причем с наружной стороны колеи настил должен быть в одном уровне с верхом головок рельсов, а с внутренней — на 1–3 см выше него.

В настоящее время активно ведутся работы по оснащению переездов настилами из современных материалов, в частности, резинотехнических, которые позволяют значительно повысить скорость проезда транспортных средств через переезд.

На переездах, обслуживаемых дежурными работниками, внутри колеи каждого пути (на однопутных участках с обеих сторон) на расстоянии 0,75–1,0 м от настила закрепляют приспособления в виде металлических трубок для установки переносных сигналов остановки поезда (красного щита, фонаря), а также приспособления для определения нижней негабаритности подвижного состава (см. рис. 6.2, 15).

Стойки шлагбаумов (см. рис. 6.2, 8), мачты светофоров переездной сигнализации (см. рис. 6.2 и 6.3, 7), перила (см. рис. 6.2 и 6.3, 4) и направляющие столбики (3), располагаются на расстоянии не менее 0,75 м от кромки проезжей части дороги (1). Направляющие столбики устанавливаются с обеих сторон переезда на расстоянии от 2,5 до 16 м от крайних рельсов через каждые 1,5 м.

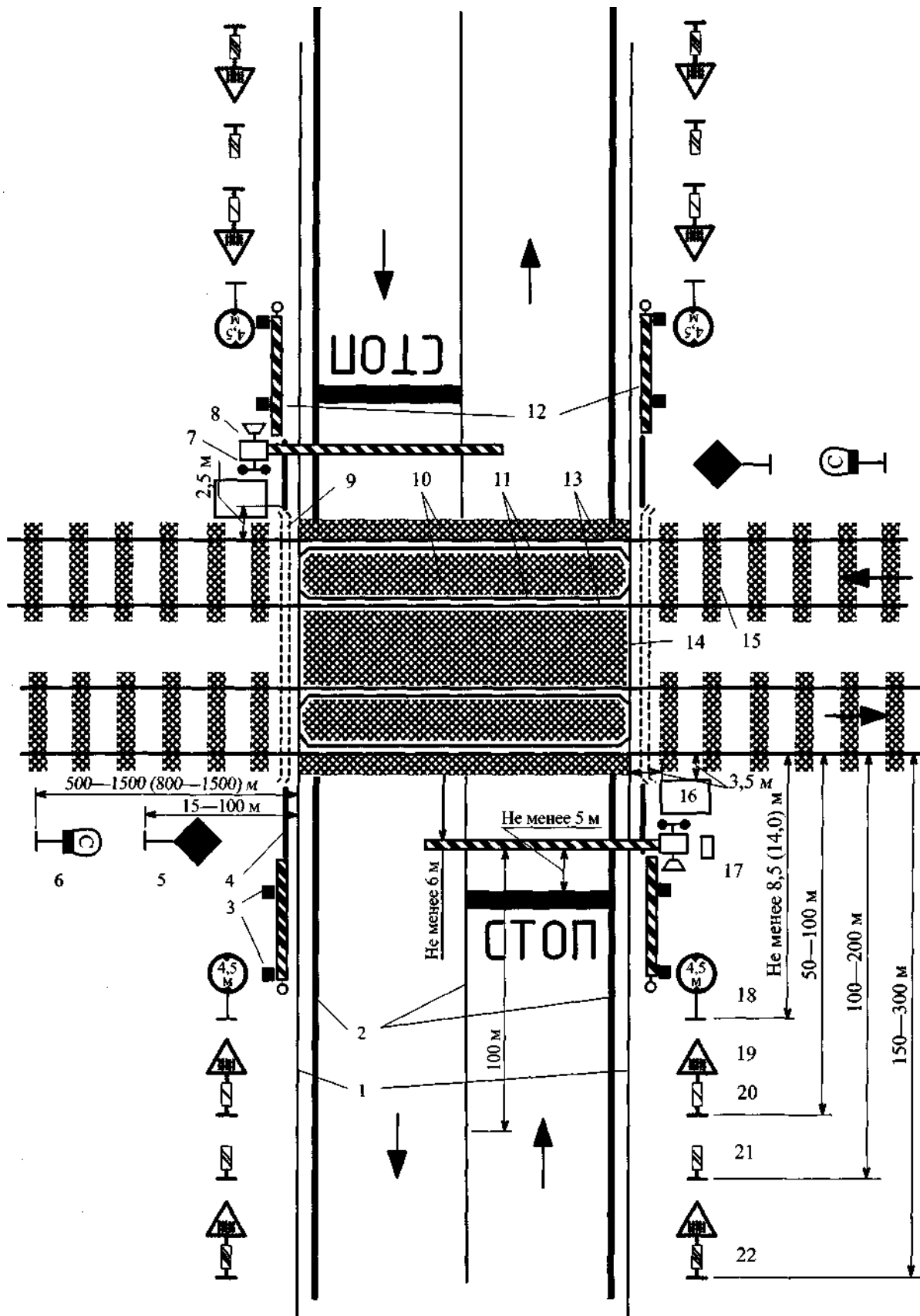


Рис. 6.2. Схема переезда со шлагбаумами

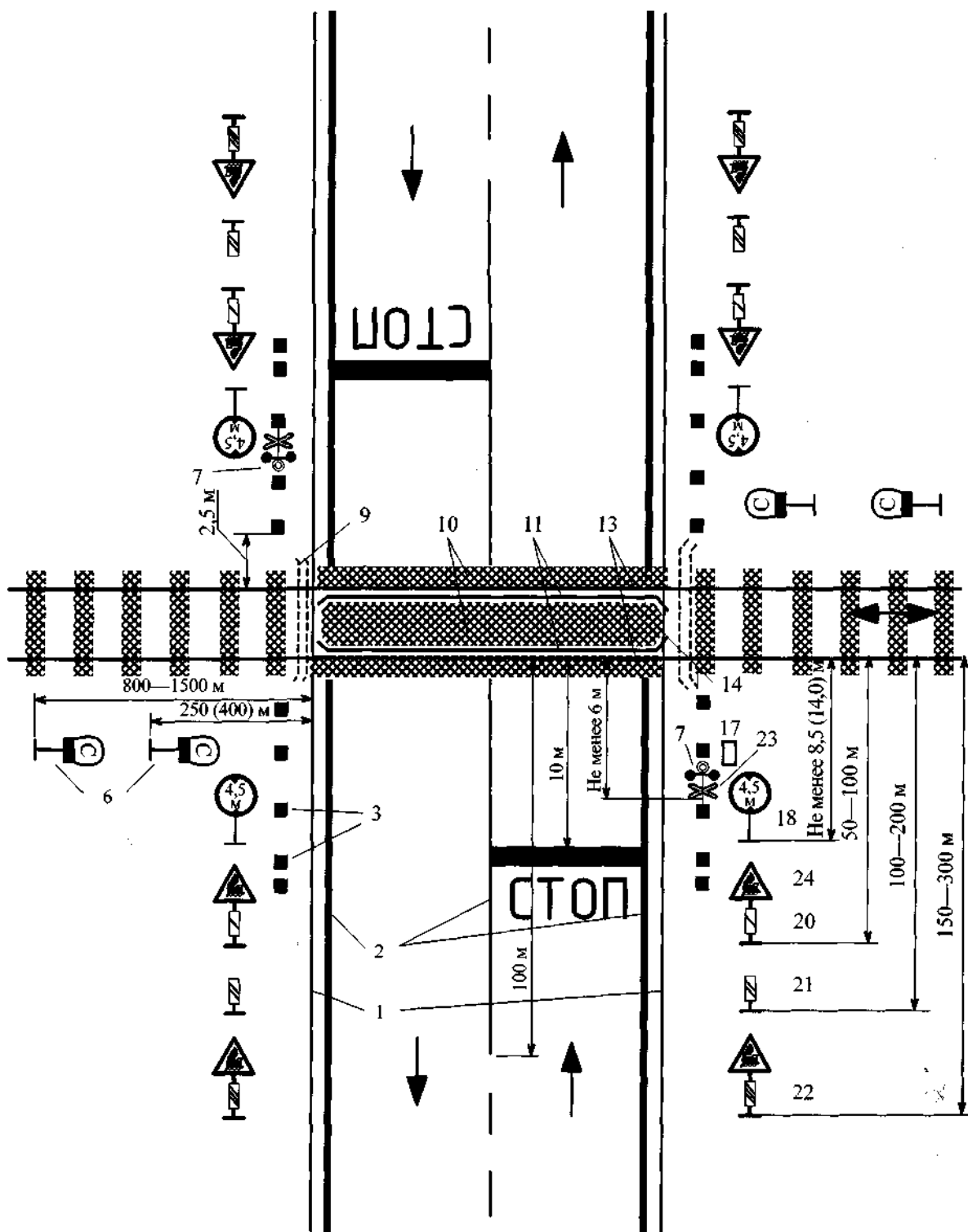


Рис. 6.3. Схема переезда без шлагбаумов

На подходах к переездам устанавливаются знаки: со стороны автодороги дорожные знаки 1.1 «Железнодорожный переезд со шлагбаумом», 1.2 «Железнодорожный переезд без шлагбаума», 1.3.1 «Однопутная железная дорога», 1.3.2 «Многопутная железная дорога», 1.4.1—1.4.6 «Приближение к железнодорожному переезду» (19)—(24), а со стороны железной дороги постоянные предупредительные знаки «С» (6), которые располагаются с правой стороны по ходу движения поездов на расстоянии 500—1500 м от переездов, а на перегонах, где обращаются поезда со скоростями более 120 км/ч, — на расстоянии 800—1500 м.

Переезды с дежурным работником со стороны железнодорожного транспорта ограждаются с двух сторон заградительными светофорами (см. рис. 6.2, 5), устанавливаемыми на расстоянии 15 — 100 м от кромки переезда. В нормальном состоянии такие светофоры погашены; при возникновении на переезде препятствий для движения поезда подают сигнал «Один красный огонь». В качестве заградительных светофоров допускается использовать станционные светофоры, расположенные на расстоянии не более 800 и не менее 15 м от переезда, при условии видимости переезда локомотивной бригадой с места установки светофора. Установка заградительных светофоров для движения по неправильному пути допускается с левой стороны. Если видимость заградительного светофора не обеспечивается, устанавливается предупредительный светофор. В нормальном состоянии такой светофор погашен и подает сигнал «Один желтый огонь» при горящем красном огне на заградительном светофоре [14].

На участках с АБ одновременно с включением красных огней заградительных светофоров предусматривается включение красных огней на ближайших к переезду проходных светофорах и выключение кодирования РЦ перед заградительными светофорами. В случаях, когда расстояние от ближайшего проходного светофора АБ до переезда менее длины тормозного пути со скорости $v_{\text{жк}}$, красные огни включаются на двух ближайших проходных светофорах.

Шлагбаумы (см. рис. 6.2, 8) устанавливаются с правой стороны на обочине автомобильной дороги. Брус автоматического и полуавтоматического шлагбаума в закрытом (горизонтальном) положении располагается на высоте 1—1,25 м от поверхности проезжей части дороги и должен перекрывать от 1/2 до 2/3 ширины проезжей части с правой стороны по ходу движения транспортных средств. При этом с левой стороны должна оставаться непокрытой проезжая часть шириной не менее 3 м.

Переезды могут также оснащаться четырьмя шлагбаумами (по два с каждой стороны), полностью перекрывающими проезжую часть.

Для ограждения переезда при производстве ремонта пути, сооружений и устройств используются запасные горизонтально-поворотные шлагбаумы ручного действия (см. рис. 6.2, 12), установленные на расстоянии не менее 1 м от основных и перекрывающие проезжую часть дороги не менее, чем основные.

На электрифицированных линиях верхний габарит автотранспорта ограничен контактной подвеской, поэтому с обеих сторон переезда устанавливаются дорожные запрещающие знаки 3.13 «Ограничение высоты» (см. рис. 6.2 и 6.3, 18) с величиной на знаке «4,5 м». Кроме того, в ряде случаев на подходах к переезду могут устанавливаться габаритные ворота.

У переездов, обслуживаемых дежурными, строятся здания переездных постов (см. рис. 6.2, 16), обеспеченных радиосвязью с машинистами поездных локомотивов, прямой телефонной связью с ближайшей станцией или постом, а на участках с диспетчерской централизацией — с поездным диспетчером. Вызов по телефонной связи дополняется наружным звонком (ревуном).

В случае отключения переездной сигнализации или ее неисправности дежурный ближайшей станции или поездной диспетчер на участках с диспетчерской централизацией автоматически извещаются об этом.

При отсутствии приближающихся к переездам со шлагбаумами поездов переездные светофоры погашены, шлагбаумы подняты — автотранспорту разрешается движение через переезды. На переездах без шлагбаумов красные лампы светофоров погашены, а бело-лунная (при ее наличии) горит в мигающем режиме, сообщая водителям об исправности устройств переездной сигнализации.

При приближении поездов к переездам со шлагбаумами, т.е. вступлении их на определяемые расчетами участки приближения включается светофорная сигнализация в виде поочередно мигающих красных ламп светофора, прерывистая звуковая сигнализация, а затем происходит закрытие автошлагбаума. Такой порядок работы устройств (т.е. опускание шлагбаума с замедлением) обеспечивает возможность ухода из-под шлагбаума автотранспортного средства, оказавшегося там до включения переездного светофора.

Расчетное время замедления опускания шлагбаума составляет

$$t_{\text{зш}}^{\text{р}} = \frac{l_{\text{м}} + l_{\text{о}}}{v_{\text{м}} \cdot 0,28}, \quad (6.1)$$

где $l_{\text{м}}$ — максимальная разрешенная длина автотранспортного средства (24 м);

$l_{\text{о}}$ — расстояние от шлагбаума до места остановки автотранспортных средств составляет 5 м (см. рис. 6.2);

$v_{\text{м}}$ — скорость движения автотранспорта через переезд (8 км/ч);

0,28 — коэффициент, учитывающий перевод размерности скорости из км/ч в м/с.

Подставив значения в (6.1) получим $t_{\text{зш}}^{\text{р}} = \frac{24 + 5}{8 \cdot 0,28} \approx 13 \text{ с.}$

Фактическое время замедления опускания шлагбаума $t_{\text{зш}}^{\text{ф}}$ выбирается из условия $t_{\text{зш}}^{\text{ф}} \geq t_{\text{зш}}^{\text{р}}$

На переездах без шлагбаумов при приближении поездов красные лампы светофоров начинают поочередно мигать, а бело-лунная гаснет, и до освобождения переезда подвижным составом движение автотранспорта через него запрещается.

После проследования поезда и освобождения переезда хвостом состава на переездах с автоматическими шлагбаумами происходит открытие шлагбаумов, после полного подъема брусьев которых выключаются красные мигающие огни на переездных светофорах. Открытие полуавтоматических шлагбаумов и выключение красных мигающих ламп на светофорах производится дежурным по переезду. На переездах без шлагбаумов после удаления хвоста поезда на расстояние не менее 150 м гаснут красные и включаются бело-лунные мигающие лампы на переездных светофорах.

Анализ дорожно-транспортных происшествий на железнодорожных переездах показывает, что в подавляющем большинстве случаев они происходят по вине водителей автотранспортных средств [29], [38]. Поэтому особую значимость приобретают вопросы обеспечения безопасности движения через переезды, повышения их пропускной способности и сокращения непроизводительных простоев автотранспорта на них. С этой целью на эксплуатируемых переездах широко внедряются новые технические решения, направленные на повышение безопасности движения поездов и автомобильного транспорта. Одним из таких решений является оборудование переездов УЗП, предназначенными для создания механического препятствия въезду транспортных средств на закрытый переезд [52].

УЗП применяются на переездах I и II категории, обслуживаемых дежурным работником и представляют собой барьеры-автоматы, устанавливаемые в полотно автодороги (рис. 6.4). УЗП состоит из четырех барьеров (1), установленных в полотно автодороги, крышки которых перемещаются специальным электроприводом (4). Для балансировки крышки барьера служит противовес (6), а для ограничения подъема — цепи (2).

При опущенных крышках устройства не создают помех для движения автотранспортных средств. При приближении к переезду поезда по сигналу АПС после включения переездных светофоров крышки УЗП поднимаются и препятствуют въезду на него автотранспорта, не препятствуя при этом выезду транспортных средств, оказавшихся на нем в момент подъема крышек УЗП, поскольку при воздействии на крышку передними колесами автомобиля она опускается. Для улучшения видимости крышки оснащаются катафотами (3).

Подъем крышек УЗП под автомобилем мог бы привести к опасной ситуации — его остановке на переезде и возможному крушению. С целью предотвращения таких опасных последствий УЗП оснащаются ультразвуковыми локаторами (5), фиксирующими наличие транспортных средств в зоне барьеров. При нахождении над крышкой какой-либо части транспортного средства соответствующий электропривод отключается, а при освобождении снова включается.

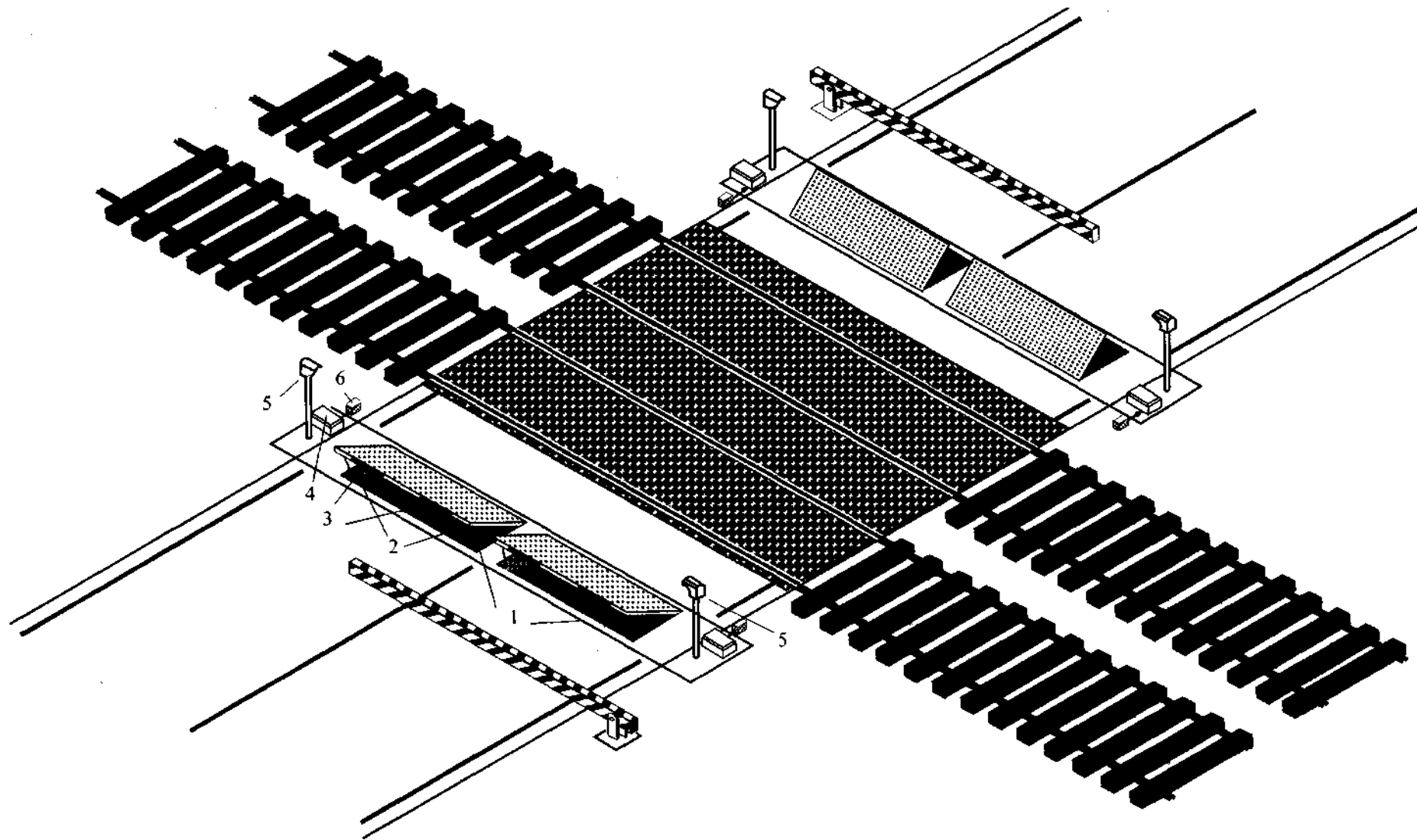


Рис. 6.4. Схема переезда, оборудованного УЗП

6.4. Особенности управления переездами на станциях

Переезды, находящиеся в пределах станций, или перегонные переезды, в участки приближения к которым входят станционные пути, имеют ряд особенностей применения систем переездной сигнализации.

Переезды, расположенные в горловинах станций, как правило, пересекают несколько железнодорожных путей, что приводит к усложнению конструкции дорожного покрытия в зоне переезда. Это, в свою очередь, приводит к снижению скорости пересечения переезда автотранспортом и, следовательно, увеличению длины переезда и времени извещения, а значит, к непроизводительным простоям автомобильного транспорта.

Занятость участка приближения к станционному переезду не всегда означает необходимость его закрытия, например, занятость приемо-отправочного пути, являющегося участком приближения к переезду, стоящим составом. Поскольку поездные и маневровые передвижения по станциям, как правило, маршрутизируются, извещение на закрытие переезда можно подавать с открытием соответствующего светофора, разрешающего движение поезда через переезд. Однако в этом случае тронувшийся поезд может оказаться в зоне переезда слишком рано, т.е. до его освобождения автотранспортом. Кроме того, иногда передвижения по станции производятся без открытия сигналов, например, при неисправностях устройств СЦБ.

Участками приближения к переезду могут быть как главные, так и боковые приемо-отправочные пути, скорости движения по которым неодинаковы, поэтому и их длины для разных станционных путей могут существенно отличаться. Для исключения дополнительного простоя автотранспорта на таких переездах это необходимо учитывать.

Чтобы учесть все вышесказанное при проектировании и эксплуатации переездов, расположенных в горловинах станций, или переездов, в чьи участки приближения входят станционные пути, поступают следующим образом.

Извещение на закрытие подобных переездов подается при заданном поездном маршруте и наличии поезда на участке приближения. В случае, когда время от момента трогания поезда с места (например, с приемо-отправочного пути в маршруте отправления) до вступления его на переезд меньше времени извещения (т.е. поезд может оказаться на переезде до освобождения его автотранспортом), предусматривается задержка открытия выходных, маршрутных и маневровых светофоров, определяемая расчетом.

Для повышения безопасности движения открытие маневровых светофоров, разрешающих движение через переезд (кроме маневровых светофоров с приемо-отправочных путей), производится с выдержкой времени независимо от наличия состава на предмаршрутном участке.

Применение задержки открытия входных светофоров приводило бы к простоям поездов у закрытых входных сигналов, поэтому при расположении переезда в горловине станции, включение переездной сигнализации происходит с занятием участка приближения независимо от состояния входного светофора.

При отправлении и приеме поездов, а также производстве маневровых передвижений при запрещающих показаниях светофоров (в том числе при приеме или отправлении поезда по пригласительному сигналу) закрытие переезда производится дежурным по станции нажатием специальной кнопки «Закрытие переезда». При центральном управлении станцией это действие выполняет поездной диспетчер.

Переезды, пересекающие приемо-отправочные пути, обслуживаются дежурными работниками, оборудуются автоматической светофорной сигнализацией с полуавтоматическими шлагбаумами и ограждаются со стороны железнодорожных путей нормально-горящими заградительными светофорами, которые устанавливаются с правой стороны по ходу движения для каждого пересекаемого пути. Закрытие таких переездов осуществляется с заданием маршрута и вступлением поезда на участок приближения, а выключение огней заградительных светофоров — после выдержки времени, необходимой для заблаговременного освобождения переезда автотранспортом.

Открытие этих переездов осуществляется нажатием кнопки «Открытие» дежурными работниками после размыкания маршрута. При этом порядок работы устройств АПС следующий: сначала включаются красные огни заградительных светофоров, затем после выдержки времени поднимаются брусья шлагбаумов и выключаются красные мигающие огни на переездных светофорах.

6.5. Расчет параметров переездной сигнализации

Автоматическая светофорная сигнализация должна быть отрегулирована таким образом, чтобы подача сигнала остановки в сторону автомобильной дороги производилась за время, необходимое для заблаговременного освобождения переезда самым длинным транспортным средством [33]. С этой целью на железнодорожной линии перед переездами выделяются специальные участки приближения, с занятием которых подается команда на закрытие переезда.

Расчет параметров переездной сигнализации [24] заключается в определении оптимальной длины участка приближения исходя из максимальной скорости движения поездов на данном участке. При этом учитывается расчетное время заблаговременного освобождения переезда транспортными средствами, время срабатывания приборов автоматики и гарантированный запас времени. Участки приближения с меньшей по сравнению с расчетной длиной применять не допускается. Вместе с тем неоправданно завышенная длина такого участка приведет к излишним простоям автотранспорта, что особенно нежелательно на дорогах с оживленным движением. Кроме того, расчетами определяется необходимость введения и время замедления открытия станционных светофоров, разрешающих движение поездов по направлению к переезду.

6.5.1. Расчет длин участков приближения к переездам

Длина участка приближения к переезду определяется как

$$l_{\text{п}}^{\text{р}} = 0,28 \cdot v_{\text{п}} t_{\text{п}}^{\text{р}}, \quad (6.2)$$

где $v_{\text{п}}$ — максимальная скорость движения поездов на участке;

$t_{\text{п}}^{\text{р}}$ — расчетное время извещения о приближении поезда к переезду;

0,28 — коэффициент, учитывающий перевод размерности скорости из км/ч в м/с.

Максимальные скорости движения поездов на участке определяются приказом начальника дороги, а поскольку они в разных направлениях могут быть неодинаковыми, отдельно рассчитываются длины нечетного ($l_{\text{п}}^{\text{рн}}$) и четного ($l_{\text{п}}^{\text{рч}}$) участков приближения к переезду.

Расчетное время извещения о приближении поезда к переезду находят по формуле

$$t_{\text{п}}^{\text{р}} = \frac{l_{\text{п}} + l_{\text{м}} + l_{\text{о}}}{v_{\text{м}} \cdot 0,28} + t_{\text{пр}} + t_{\text{г}}, \quad (6.3)$$

где $l_{\text{п}}$ — расчетная длина переезда. Для переездов без шлагбаумов и переездов со шлагбаумами, перекрывающими не более 2/3 проезжей части дороги, $l_{\text{п}}$ — расстояние от наиболее удаленного от ближайшего рельса переездного светофора (шлагбаума) до противоположного крайнего рельса плюс 2,5 м, определяющие безопасное место остановки автотранспортного средства за переездом. Для переездов с четырьмя автошлагбаумами, полностью перекрывающими проезжую часть, $l_{\text{п}}$ — расстояние между линиями установки шлагбаумов на въезде и выезде с переезда;

$l_{\text{м}}$ — максимальная разрешенная длина автотранспортного средства (24 м);

$l_{\text{о}}$ — расстояние от шлагбаума до места остановки автотранспортных средств составляет 5 м (см. рис. 6.2);

$v_{\text{м}}$ — скорость движения автотранспорта через переезд (8 км/ч);

0,28 — коэффициент, учитывающий перевод скорости из км/ч в м/с;

$t_{\text{пр}}$ — время срабатывания приборов переездной сигнализации; величина $t_{\text{пр}}$ принимается равной 4 с при применении на участке приближения к переезду импульсных (кодовых) рельсовых цепей и 2 с в остальных случаях;

$t_{\text{г}}$ — гарантированное время (запас), принимаемое равным 10 с.

После определения $l_{\text{и}}^{\text{Р}}$ на путевом плане выбирается РЦ, при вступлении на которую и будет подаваться извещение на переезд, а фактическая длина участка приближения $l_{\text{и}}^{\text{Ф}}$ должна быть не менее $l_{\text{и}}^{\text{Р}}$

Далее необходимо вычислить фактическое время извещения, которое можно выразить как

$$t_{\text{и}}^{\text{Ф}} = \frac{l_{\text{и}}^{\text{Ф}}}{0,28v_{\text{п}}}. \quad (6.4)$$

Если фактическое время извещения превышает расчетное более чем на 20 с, то для исключения простоя автотранспорта необходимо предусматривать задержку закрытия переезда на время

$$t_{\text{з}} = t_{\text{и}}^{\text{Ф}} - t_{\text{и}}^{\text{Р}}. \quad (6.5)$$

Если при движении к переезду поезд следует с отклонением по стрелочным переводам, длина участка приближения $l_{\text{п}}^{\text{Р}}$ и время извещения $t_{\text{и}}^{\text{Р}}$ определяются иначе. Это связано с тем, что скорость подвижного состава на таком маршруте оказывается неравномерной: сначала поезд движется равномерно с определенной скоростью, затем она изменяется до допустимой при движении по стрелкам с отклонением, далее скорость снова меняется до установленной на том пути, где состав оказался, затем поезд снова движется равномерно. Очевидно, что строгий расчет $l_{\text{п}}^{\text{Р}}$ с учетом вышесказанного превращается в достаточно сложную задачу. Однако на практике можно добиться приемлемых результатов, сделав ряд допущений, упрощающих расчеты [24]:

- все расчеты выполняются для одиночного локомотива, движущегося с максимально допустимыми для конкретных участков скоростями;
- маршрут, проходимый поездом, разделяют на зоны с разными условиями движения и максимально допустимыми скоростями, вычисления проводят для каждой зоны отдельно, а потом результаты суммируют;
- при переходе подвижной единицы на участок с меньшей допустимой скоростью, ее изменение считают мгновенным, а при переходе на участок с большей допустимой скоростью, полагают, что это происходит равноускоренно, после чего поезд движется равномерно. Время набора скорости с величины $v_{\text{н}}$ до $v_{\text{к}}$ составляет

$$t = 0,28 \frac{v_{\text{к}} - v_{\text{н}}}{a}, \quad (6.6)$$

где a —ускорение локомотива; для тепловозной тяги принимается разным 0,6 м/с², для электрической тяги—0,8 м/с². Путь, пройденный поездом за это время, определяется как

$$S = 0,28v_{\text{н}}t + \frac{at^2}{2}; \quad (6.7)$$

- при наличии нескольких вариантов движения от светофора до переезда для расчета длины участка приближения принимается маршрут с наименьшим временем движения;
- если в маршруте встречается участок с большей допустимой скоростью и длиной не более 200 м, возможность увеличения скорости на этом участке не учитывается.

Границами зон движения с разными допустимыми скоростями считают острия первых в маршруте противошерстных отклоняющих стрелочных переводов или предельные столбики пошерстных.

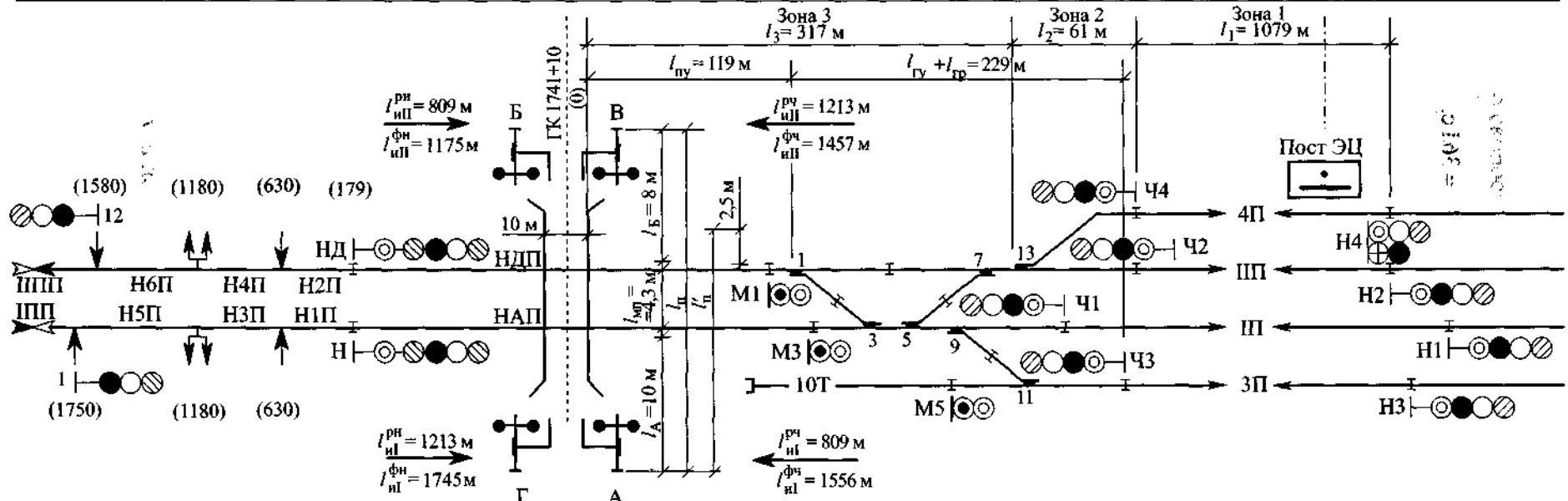
Для примера рассмотрим переезд, расположенный на бесстрелочном участке за входным светофором Н, представленный на рис. 6.5, где указаны ординаты объектов централизации относительно оси поста ЭЦ, либо оси переезда, а также расчетные скорости движения поездов по путям.

Предположим, что переезд оборудован четырьмя шлагбаумами, полностью перекрывающими проезжую часть, поэтому расчетная длина переезда

$$l_{\text{п}} = l_{\text{А}} + 2l_{\text{к}} + l_{\text{МП}} + l_{\text{Б}} = 10 + 2 \cdot 1,52 + 4,3 + 8 = 25,34 \approx 25 \text{ м},$$

где: $l_{\text{к}}$ — ширина колеи.

Литер светофора	Н, М1	М1	М3	М5	Ч1	Ч3	Ч4	Ч2	Н4	Н2	Н3	Н1								
Ордината	1129	829	826	806	745	727	681	661	646	628	620	600	597	567	555	00	497	512	539	611
Номер стрелки			1	3	5	9	7	13	11											



В скобках указаны расстояния от оси переезда

Расчетные скорости движения поездов
 по I пути: $v_1^1 = 120$ км/ч; $v_1^2 = 80$ км/ч
 по II пути: $v_2^1 = 80$ км/ч; $v_2^2 = 120$ км/ч
 по 3 и 4 путям: $v_3^1 = v_3^2 = v_4^1 = v_4^2 = 80$ км/ч
 по стрелкам с отклонением: $v_{стр} = 50$ км/ч

Рис. 6.5. Схематический план переезда в горловине станции

Теперь по формуле (6.3) можно определить расчетное время извещения, допустив, что на участке применяются тональные рельсовые цепи:

$$t_{\text{н}}^{\text{р}} = \frac{25 + 24 + 5}{8 \cdot 0,28} + 2 + 10 = 36,1 \text{ с.}$$

Подставляя значения в выражение (6.2), определим расчетные длины участков приближения при движении в нечетном и четном направлении:

$$l_{\text{н}}^{\text{рн}} = 0,28 \cdot 120 \cdot 36,1 \approx 1213 \text{ м,}$$

$$l_{\text{н}}^{\text{рч}} = 0,28 \cdot 80 \cdot 36,1 \approx 809 \text{ м.}$$

Фактические длины участков приближения при движении по перегонным и главным станционным путям определяются границами РЦ и находятся по плану станции. При этом расстояние рассчитывается до ближайшего края переезда. Так извещение на закрытие переезда при приближении поезда по первому перегонному пути в нечетном направлении подается со вступлением на рельсовую цепь Н5П (т.е. фактическая длина участка приближения от начала Н5П до края переезда $l_{\text{нI}}^{\text{фн}} = 1745 \text{ м}$, по второму перегонному пути — Н4П $l_{\text{нII}}^{\text{фн}} = 1175 \text{ м}$. Аналогично расчет производится при движении по главным путям в четном направлении $l_{\text{нI}}^{\text{фч}} = 1556 \text{ м}$, $l_{\text{нII}}^{\text{фч}} = 1457 \text{ м}$.

По формуле (6.4) найдем фактическое время извещения

$$t_{\text{нI}}^{\text{фн}} = \frac{l_{\text{нI}}^{\text{фн}}}{0,28 V_{\text{I}}^{\text{н}}} = \frac{1745}{0,28 \cdot 120} \approx 51,9 \text{ с; } t_{\text{нII}}^{\text{фн}} = 69,5 \text{ с;}$$

$$t_{\text{нI}}^{\text{фч}} = 52,5 \text{ с; } t_{\text{нII}}^{\text{фч}} = 43,4 \text{ с.}$$

Анализируя полученные значения, замечаем, что $t_{\text{нI}}^{\text{фн}}$ и $t_{\text{нI}}^{\text{фч}}$ значительно превышают $t_{\text{н}}^{\text{р}}$. При проектировании и эксплуатации систем переездной сигнализации принято в случае такого превышения более чем на 20 с вводить задержку закрытия переезда. Отсюда закрытие переезда при приближении поезда по первому перегонному пути в нечетном направлении следует производить с занятием рельсовой цепи Н5П, но с задержкой, определяемой по формуле (6.5) $t_{\text{зI}}^{\text{н}} = 51,9 - 36,1 = 15,8 \text{ с}$. Аналогично, если поезд приближается к переезду по первому пути в четном направлении и при этом выходной светофор Ч1 открыт (сквозной пропуск по неправильному пути), то закрытие переезда следует производить с занятием пути П, но с задержкой $t_{\text{зI}}^{\text{ч}} = 33,4 \text{ с}$.

При четном отправлении поездов с боковых путей или с главного пути на неправильный перегонный путь поезда движутся с переменной скоростью. Например, при безостановочном пропуске состава по пути 4П поезд сначала движется по приемо-отправочному пути (зона 1) со скоростью $v_4^{\text{ч}} = 70 \text{ км/ч}$, затем от светофора Ч4 до остяков стрелки 13 (зона 2) со скоростью $v_{\text{стр}} = 50 \text{ км/ч}$, далее по главному пути (зона 3) разгоняется до скорости $v_{\text{II}}^{\text{ч}} = 120 \text{ км/ч}$, после чего следует равномерно.

Как отмечалось выше, считается, что при переходе поезда из зоны 1 в зону 2 уменьшение скорости происходит мгновенно. Длина l_2 зоны 2 составляет 57 м (вычисляется по ординатам). Отсюда легко определить время прохождения зоны 2

$$t_2 = \frac{l_2}{0,28 v_{\text{стр}}} = \frac{61}{0,28 \cdot 50} \approx 4,4 \text{ с.}$$

Допустим, что рассматриваемая станция расположена на электрифицированном участке.

Время t_{3p} разгона состава со скорости $v_{стр}$ до v_{II}^4 определим по формуле (6.6):

$$t_{3p} = 0,28 \frac{v_{II}^4 - v_{стр}}{a} = 0,28 \frac{120 - 50}{0,8} \approx 24,5 \text{ с.}$$

Путь, пройденный поездом за это время, находится по формуле (6.7) и составляет

$$S = 0,28 v_{стр} t_{3p} + \frac{a t_{3p}^2}{2} = 0,28 \cdot 50 \cdot 24,5 + \frac{0,8 \cdot 24,5^2}{2} \approx 583 \text{ м.}$$

Длина l_3 зоны 3 составляет 317 м (т.е. разгон состава завершится уже за переездом).

Определим время t_3 , затрачиваемое поездом на прохождение зоны 3. Для этого преобразуем выражение (6.7) относительно времени и решим получившееся квадратное уравнение:

$$t_3 = \frac{-0,28 v_{стр} + \sqrt{(0,28 v_{стр})^2 + 2 a l_3}}{a} = \frac{-0,28 \cdot 50 + \sqrt{(0,28 \cdot 50)^2 + 2 \cdot 0,8 \cdot 317}}{0,8} = 15,6 \text{ с.}$$

Общее время движения поезда с пути 4П до переезда составит $t_{4П} = t_2 + t_3 = 4,4 + 15,6 = 20 < t_{II}^P$, следовательно извещение на закрытие переезда надо подавать при открытом светофоре Ч4 и занятии пути 4П. Фактическое время извещения в этом случае равно сумме времен прохождения поездом зон 1, 2 и 3. Время t_1 прохождения зоны 1 находится по формуле (6.4):

$$t_1 = \frac{l_{4П}}{0,28 v_4^4} = \frac{1079}{0,28 \cdot 70} \approx 55,1 \text{ с.}$$

Итак, фактическое время извещения составляет $t_{и4}^{ФЧ} = t_1 + t_2 + t_3 = 55,1 + 4,4 + 15,6 = 75,1 \text{ с}$, что намного превышает t_{II}^P , а значит, необходима задержка на извещение, которая находится из выражения (6.5) $t_{34}^4 = 75,1 - 36,1 = 39 \text{ с}$.

Аналогично рассчитывается время извещения при отправлении со всех приемо-отправочных путей на оба перегонных пути.

6.5.2. Расчет замедления открытия стационарных светофоров

Выше был приведен пример расчета параметров переездной сигнализации для случая, когда выходные светофоры, разрешающие движение в сторону переезда, открывались до занятия поездом приемо-отправочного пути (см. рис. 6.5). Однако возможно открытие выходного светофора и при занятом приемо-отправочном пути. В этом случае извещение на закрытие переезда посылается при установке маршрута отправления. Тронувшийся с места поезд доедет до переезда за время $t_{тр}$, при этом должно выполняться неравенство

$$t_{и}^P \leq t_{тр}. \quad (6.8)$$

В случаях, когда неравенство (6.8) не выполняется, для предотвращения крушений выходной сигнал открывают с задержкой, которая выбирается исходя из выражения

$$t_{зд} \leq t_{и}^P - t_{тр}. \quad (6.9)$$

При расчете времени задержки открытия выходных светофоров используется подход, приведенный в п. 6.4.1 и формулы (6.6) и (6.7). Например, при четном отправление поезда на правильный перегонный путь по светофору Ч3 поезд трогается от выходного светофора, разгоняется до скорости $v_{стр}$ с отклонением по съездам 9/11 и 1/3, проходя путь $l_{г} = 229 \text{ м}$ (расстояние между стрелками У и 3 менее 200 м, поэтому возможность увеличения скорости на этом участке не учитывается), затем, ускоряясь со скорости $v_{стр}$ до v_{II}^4 , проходит оставшееся до переезда расстояние $l_{пр} = 119 \text{ м}$.

Определим время прохождения поезда по этому пути от выходного светофора до переезда. До достижения скорости $v_{стр}$ поезд разгоняется в течение (6.6)

$$t_{г\gamma} = 0,28 \frac{v_k - v_n}{a} = 0,28 \frac{50 - 0}{0,8} = 17,5 \text{ с},$$

проходя путь (6.7)

$$l_{г\gamma} = 0,28 v_n t_{г\gamma} + \frac{a t_{г\gamma}^2}{2} = 0,28 \cdot 0 \cdot 17,5 + \frac{0,8 \cdot 17,5^2}{2} \approx 123 \text{ м}.$$

Оставшееся до острьяков стрелки 1 расстояние $l_{оп} = 229 - 123 = 106$ м поезд преодолевает

равномерно со скоростью $v_{стр}$ и проходит его за (6.4) $t_{гр} = \frac{l_{гр}}{0,28 v_{стр}} = \frac{106}{0,28 \cdot 50} = 7,6 \text{ с}.$

оставшемся расстоянии до переезда ($l_{пу} = 119$ м) поезд разгоняется и преодолевает его за время

$$t_{пу} = \frac{-0,28 v_{стр} + \sqrt{(0,28 v_{стр})^2 + 2 a l_{пу}}}{a} = \frac{-0,28 \cdot 50 + \sqrt{(0,28 \cdot 50)^2 + 2 \cdot 0,8 \cdot 119}}{0,8} = 7,1 \text{ с}.$$

Отсюда общее время достижения поездом переезда при трогании с пути 3П составляет $t_{тр} = t_{г\gamma} + t_{гр} + t_{пу} = 17,5 + 7,6 + 7,1 = 32,2 \text{ с}.$ Поскольку условие (6.9) при этом не выполняется, необходимо предусматривать открытие светофора ЧЗ при занятом пути 3П с задержкой

$$t_{зд} \geq t_{и}^P - t_{тр} = 36,1 - 32,2 = 3,9 \text{ с}.$$

Аналогично проверяется необходимость задержки открытия всех других выходных светофоров.

По результатам расчетов параметров переездной сигнализации каждого станционного переезда строится сводная таблица [6.10], пример заполнения которой для маршрутов четного отправления приведен в табл. 6.1.

Фактическая задержка извещения t_3^{Φ} и фактическая задержка открытия светофора $t_{зд}^{\Phi}$; указанные в табл. 6.1, определяются в зависимости от конструктивных особенностей систем переездной сигнализации и ЭЦ, поскольку способы введения задержек в схемы могут различаться. За неимением возможности в рамках этой книги вдаваться в подробности конструкции этих систем условно примем за фактические значения времени округленные расчетные. При этом фактическую задержку открытия светофора $t_{зд}^{\Phi}$ можно округлять только в большую сторону.

Как видно из рассмотренных примеров, при расчете параметров переездной сигнализации формулы (6.2), (6.6), (6.7) приходится применять неоднократно, причем зачастую и преобразовывать. Кроме того, в процессе расчета часто производятся однотипные вычисления, поэтому для работы проектировщиков разработаны специальные таблицы для определения расчетной длины участков приближения и времени извещения а зависимости от длины переезда и скорости движения поездов, а также пройденного пути и скорости в конце разгона в зависимости от начальной скорости и времени движения [24].

Следует отметить, что в настоящее время в России широко развиваются системы автоматизированного проектирования (САПР) систем и устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. В том числе создаются САПР, позволяющие рассчитывать параметры систем переездной сигнализации с учетом всех нормативных документов, правил и исходных данных.

Условия работы переездной сигнализации

Таблица 6.1

Переезд ПК1741+10, $l_n = 25\text{м}$; $t_n^p = 36,1\text{ с}$													
№ п/п	Наименование маршрута	Литер светофора	Максимальные скорости движения поездов, км/ч	Начало работы сигнализации	Длина участка извещения, м		Фактическое время извещения $t_{из}^{\Phi}, \text{ с}$	Задержка извещения, с		Время движения до переезда при трогании с места $t_{тр}, \text{ с}$	Задержка открытия светофора, с		Окончание работы сигнализации после проследования поезда
					расчетная $t_{из}^p$	фактическая $t_{из}^{\Phi}$		расчетная $t_{з}^p$	фактическая $t_{з}^{\Phi}$		расчетная $t_{зд}^p$	фактическая $t_{зд}^{\Phi}$	
1	Отправление с пути 4П на ИПП	Ч4	70, 50, 120	От занятия 4П при открытом Ч4	1213	1457	75,1	39	39	30,6	5,5	6	НДП
2	Отправление с пути 4П на ИПП	Ч4	70, 50, 80	От занятия 4П при открытом Ч4	809	1457	77,3	41,2	41	31,6	4,5	5	НП
3	Отправление с пути ИП на ИПП	Ч2	120	От занятия ИП при открытом Ч2	1213	1457	43,5	—	—	31,2	4,9	5	НДП
4	Отправление с пути ИП на ИПП	Ч2	120, 50, 80	От занятия ИП при открытом Ч2	809	1457	55,8	—	—	32,7	3,4	4	НП
5	Отправление с пути ИП на ИПП	Ч1	80, 50, 120	От занятия ИП при открытом Ч1	1213	1556	71,2	35,1	35	28,3	7,8	8	НДП
6	Отправление с пути ИП на ИПП	Ч1	80	От занятия ИП при открытом Ч1	809	1556	69,5	33,4	33	28,3	7,8	8	НП
7	Отправление с пути 3П на ИПП	Ч3	70, 50, 120	От занятия 3П при открытом Ч3	1213	1484	81,3	45,2	45	32,2	3,9	4	НДП
8	Отправление с пути 3П на ИПП	Ч3	70, 50, 80	От занятия 3П при открытом Ч3	809	1484	77,7	41,6	41	29,5	6,6	7	НП

6.6. Тоннельная и мостовая сигнализации

Искусственные сооружения предназначены для пересечения железной дорогой водных преград, других железных и автомобильных дорог, горных хребтов и т. д. [9]. Особенно сложны при строительстве и эксплуатации крупные искусственные сооружения — мосты и тоннели. На них для обеспечения безопасности движения поездов и оповещения работников, обслуживающих эти сооружения, о приближении поезда применяются специальные устройства заграждения и сигнализации.

На мостах и тоннелях предусматриваются [27]:

- автоматическая оповестительная сигнализация, информирующая о приближении, проследовании поезда и направлении его движения работников, находящихся в тоннеле и на мостах, дежурных на вентиляционных установках и часовых на постах охраны;
- заградительная сигнализация, служащая для подачи сигналов остановки поезду в случаях, угрожающих безопасности движения или жизни людей, работающих в тоннеле или на мосту.

На мостах предусматривается акустическая оповестительная сигнализация, а в тоннелях акустическая и оптическая. В качестве акустических сигналов применяются гудки с расстоянием нормальной слышимости до 150 м, устанавливаемые в укрытиях на мостах и по одной стороне тоннеля на высоте не менее 2000 мм над головкой рельсов. У дежурных на вентиляционных установках и на постах охраны устанавливаются звонки и сигнальные лампы, указывающие пути и направление движения приближающегося поезда.

Тоннельная и мостовая сигнализации должны обеспечивать подачу сигнала о приближении поезда за 3 мин до вступления головы поезда в тоннель или на мост. Сигнализация должна указывать в однопутном тоннеле (мосту) направление приближающегося поезда, а в двухпутном — путь, по которому он приближается.

Порядок работы оповестительной сигнализации следующий [4], [44]. При приближении к однопутному тоннелю нечетного поезда лампы светильников, установленных над нишами и камерами укрытия, мигают, гудки работают непрерывно, а при приближении поезда четного направления лампы светильников мигают, гудки работают прерывисто. В двухпутных тоннелях путь, по которому движется поезд, указывается мигающим светом светильников с той стороны тоннеля, к которой прилегает занятый поездом путь.

Сигналом о вступлении поезда в тоннель является прекращение действия акустической сигнализации. Световая сигнализация выключается после прохода поездом тоннеля.

При получении извещения о подходе поезда все работы внутри тоннеля необходимо прекратить, а находящимся в тоннеле работникам зайти в ниши и камеры для укрытия, отмеченные горением светильников, установленных над ними.

Для остановки поездов перед искусственными сооружениями в случае возникновения опасности для движения поездов применяются заградительные светофоры, устанавливаемые на расстоянии не менее 50 м от портала тоннеля (моста). У двухпутных мостов и тоннелей их устанавливают у каждого пути в обоих направлениях, при этом допускается размещение заградительных сигналов с левой по ходу движения поезда стороны пути.

В нормальном состоянии такие светофоры не горят и включаются при появлении опасности для движения поездов, подавая сигнал — один красный огонь. Для этой цели предусматриваются кнопки на порталах тоннелей и мостов по обе стороны пути.

Разводные мосты ограждаются светофорами прикрытия, устанавливаемыми с двух сторон моста по каждому пути независимо от их специализации на расстоянии не менее 50 м от начала моста.

Светофоры прикрытия, в отличие от заградительных, в нормальном состоянии горят и подают сигналы: один зеленый огонь — «Разрешается движение с установленной скоростью»; один красный огонь — «Стой! Запрещается проезжать сигнал». Светофоры прикрытия должны иметь предупредительные светофоры.

Разводные мосты оборудуются устройствами, контролирующими в наведенном состоянии моста совпадение рельсовых нитей его неподвижных и разводных пролетных строений и за-

пирание механизмов подъема. Открытие светофоров прикрытие возможно только при наведенном положении моста и запором пролетном строении.

Разведение моста возможно только при согласии двух дежурных соседних отдельных пунктов или разрешении поездного диспетчера при ДЦ. После получения такого согласия возможность открытия выходных светофоров, ограждающих перегон с разводным мостом, исключается.

Тоннели оборудуют устройствами связи, позволяющими связываться с дежурными станций, ограничивающих перегон с тоннелем. Для этого предусматривается установка на порталах тоннелей наружных телефонных установок, включаемых в перегонную связь. При длине тоннеля свыше 300 м их устанавливают во всех камерах одной его стороны. У камеры с телефонным аппаратом вывешивают соответствующую светящуюся надпись. Тоннели длиной свыше 500 м, а также расположенные на участках с тяжелым профилем оборудуют прямой связью с ближайшими станциями.

Крупнейшим на сегодняшний день в России является Северо-Муйский тоннель, представляющий собой самый сложный комплекс устройств, пущенный в эксплуатацию в 2003 г. на Байкало-Амурской магистрали (БАМ) [10]. Тоннель проходит в сложных геологических и климатических условиях в сейсмически-активном районе с вечной мерзлотой. Протяженность его составляет 15 343 м. Тоннель оснащен контактной подвеской для пропуска поездов на электрической тяге, сложной системой тепловентиляционных установок для поддержания микроклимата в тоннеле, специальными воздухоплотными воротами, автоматически открывающимися при приближении поезда и закрывающимися после захода его в тоннель, мощной дренажной системой, системой автоматического пожаротушения. Параллельно основному транспортному тоннелю проложен сервисный, предназначенный для дренажных целей, для прокладки коммуникаций (кабельных линий, водопровода и т.д.), а также для доставки обслуживающего персонала на объекты тоннеля по специальной узкоколейной железной дороге. Для укрытия людей, находящихся в тоннеле во время пропуска поездов, в стенах основного тоннеля устроены ниши, а для хранения инвентаря, материалов и инструментов — специальные камеры.

Для контроля параметров работы и управления этим сложным комплексом устройств создана специальная автоматизированная система поддержки эксплуатации (СПЭ) [53]. Структурная схема СПЭ приведена на рис. 6.6. В структуре можно выделить два контура управления. Первый включает автоматизированную систему управления (АСУ). Главной задачей управления является поддержание заданных значений параметров среды в тоннеле. АСУ увязывает информацию, поступающую из подсистем микроклимата (вентиляция, определение концентрации вредных газов в атмосфере тоннеля, внешний климатический контроль, дренажные устройства), геотехнического мониторинга (измерение гидростатического давления в специальных скважинах), СЦБ (контроль фактического положения поезда в тоннеле, направление движения, показания светофоров, положение порталных ворот, исправность тоннельной сигнализации), энергообеспечения (энергоснабжение, освещение, распределение электроэнергии), пожарной сигнализации и пожаротушения (обнаружение пожара, управление насосами, контроль наполнения пожарных емкостей водой).

Второй контур управления включает в качестве управляющего звена организационно-техническую систему поддержки эксплуатации тоннеля. Характер этой системы предполагает участие инженерно-технического персонала как на этапе сбора информации о состоянии объекта (мониторинг), так и на этапе управления (проведение ремонтных и профилактических работ). Эта система содержит две составляющие: базу данных, обеспечивающую информационную поддержку (предоставление инженерно-техническому персоналу необходимых данных и технической документации для обслуживания тоннеля) и базу знаний, создающую интеллектуальную поддержку (экспертная система, позволяющая на основании математических моделей отдельных подсистем тоннеля предсказывать поведение объекта).

Информация о техническом состоянии объекта (дефекты, регистрируемые визуальными методами наблюдения) поступает в базу данных от инженерно-технического персонала. Собирают эту информацию тоннельные мастера, используя регистраторы на основе карманных компьютеров Palm Pilot. Перед обходом этот компьютер настраивается на конкретный участок. После

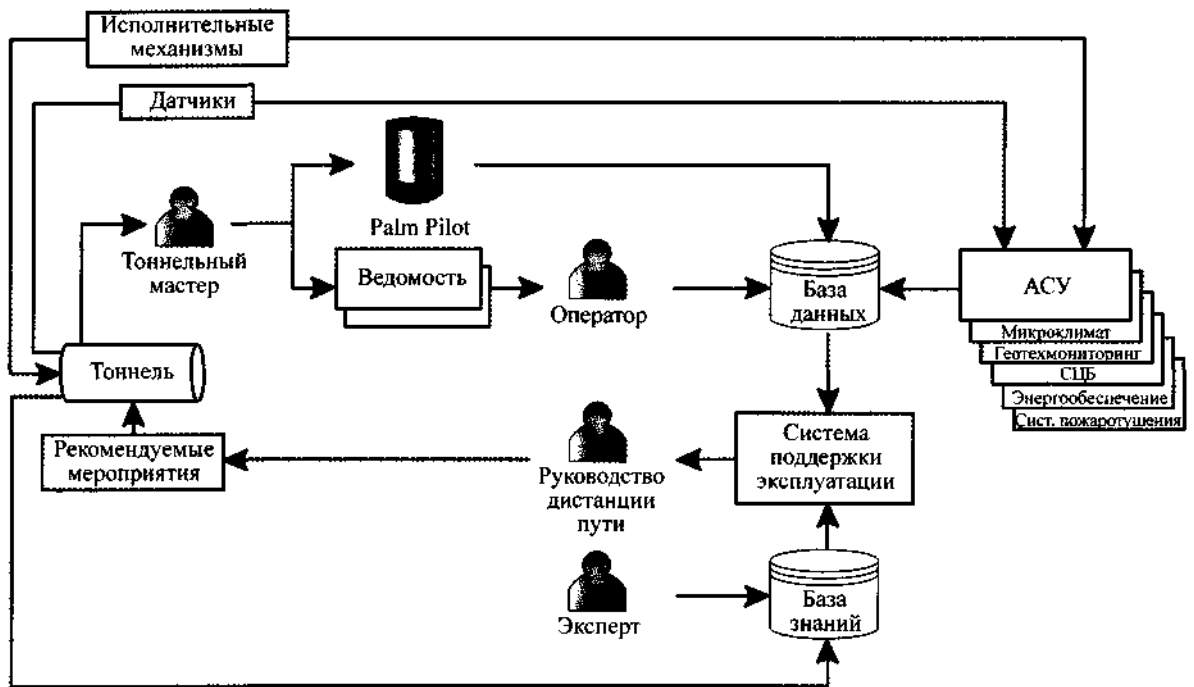


Рис. 6.6. Структура автоматизированной системы поддержки эксплуатации Северо-Муйского тоннеля

обхода средствами Palm Pilot информация синхронизируется с сервером, поступает в общую базу данных и служит основой для анализа состояния объекта.

Достоверные и оперативные данные о динамике геофизических, гидрологических и физико-механических процессов позволяют своевременно организовать действия по поддержанию сооружения в исправном состоянии.

Анализ результатов мониторинга ведется автоматически по разработанным логическим правилам, которые хранятся в базе знаний. Управляющее воздействие осуществляется в виде рекомендуемых мероприятий (ремонтные работы, профилактика, реконструкция и др.).

Глава 7. СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ

7.1. Диспетчерское управление перевозочным процессом на железнодорожном транспорте

Основными задачами системы управления движением поездов являются:

- удовлетворение потребности в перевозках;
- бесперебойное и безопасное движение поездов;
- наиболее рациональное использование потенциала (персонала, подвижного состава, технических средств станций и участков, и т.п.).

В основе организации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте России лежат следующие принципы:

- диспетчерское руководство выполнением заданий по перевозкам;
- осуществление движения поездов по графику, организующему работу всех подразделений железных дорог с рациональным использованием пропускной способности линий, устройств и сооружений;
- организация вагонопотоков и маршрутизация перевозок;
- обеспечение безопасности движения поездов при выполнении любых видов работ;
- оперативное планирование эксплуатационной работы с целью выполнения графика движения и технических норм на текущие сутки и смену;
- организация работы станций на основе типовых технологических процессов приема, отправления, пропуска поездов, формирования и расформирования составов, погрузки и выгрузки грузов, посадки и высадки пассажиров;
- техническое нормирование погрузки и выгрузки, размеров движения на участках, передачи груженых и порожних вагонов по стыковым пунктам, потребных парков подвижного состава и других показателей.

Оперативное управление перевозочным процессом обеспечивается многоуровневой системой диспетчерского руководства, заключающееся в том, что взаимоувязка и координация деятельности всех звеньев технологической цепи перевозочного процесса поручена одному работнику — диспетчеру (*dispatch* англ. — отправлять, быстро выполнять). К 1934 г. на всей сети железных дорог СССР (за исключением малолетельных линий) было введено диспетчерское руководство — централизация всей оперативной работы по движению поездов на участке в руках поездного диспетчера, действующего на основе графика движения поездов, ПТЭ, инструкций и приказов вышестоящих органов. Одновременно произошло развитие системы руководства по горизонтали—появились диспетчеры локомотивные, вагонораспорядители. В дальнейшем система формировалась на всех иерархических уровнях: станционном, отделенческом, дорожном и сетевом.

Современные тенденции использования вычислительных средств определяют направления совершенствования не только аппаратной платформы, но и структуры оперативного управления. Это нашло отражение в технологии дальнейшей централизации оперативного управления движением поездов не на отдельных участках, а на направлениях.

Для решения поставленных задач приступили к укрупнению железных дорог и отделений с наметившейся перспективой перехода на безотделенческую структуру управления. Необходимость реорганизации повысила актуальность создания единых дорожных и региональных автоматизированных диспетчерских центров управления (АДЦУ) и внедрения современных компьютерных систем управления движением поездов.

АДЦУ— это совокупность оперативно-диспетчерского персонала и комплекса технических средств (вычислительных, связи, устройств автоматики и телемеханики) центрального поста ДЦ, объединенного единой информационной базой, предназначенных для автоматизации управления процессом перевозок грузов и пассажиров в узлах или на направлениях железных дорог.

С целью дальнейшего сокращения эксплуатационных расходов и совершенствования структуры управления перевозочным процессом систему управления предполагается внедрять в рамках следующих территориальных объединений:

- сеть железных дорог России;
- регион сети;
- линейный район.

В связи с этим управление перевозочным процессом должно осуществляться на основе трехуровневой АЦУ:

- сетевой центр управления перевозками (ЦУП);
- региональный центр диспетчерского управления (РЦДУ);
- опорный центр управления линейным районом (ОЦ).

ЦУП является составной частью структуры ОАО «РЖД». Его задача — организация и оперативное руководство перевозочным процессом на сети железных дорог России в целях максимального удовлетворения платежеспособного спроса на пассажирские и грузовые перевозки с обеспечением высокого качества предоставляемых транспортных услуг при достижении необходимого для развития отрасли уровня рентабельности. Он должен возглавлять и координировать работу РЦДУ, а также всех отраслевых предприятий, причастных к перевозочному процессу.

РЦДУ создаются в соответствии с территориальным делением России на семь регионов. РЦДУ информативно и технологически связан с ЦУП, соседними региональными центрами и опорными центрами своих линейных районов, всеми отраслевыми предприятиями, обеспечивающими работу инфраструктуры железнодорожного транспорта в регионе, крупными отправителями и получателями грузов. На РЦДУ возлагается реализация технологий управления перевозочным процессом в пределах региона, являющихся естественным продолжением единых баз данных и сетевых технологий ЦУП с их детализацией (вплоть до управления движением каждого поезда) и дополнением управления местными перевозками.

До организации РЦДУ его функции будут выполнять дорожные единые центры диспетчерского управления (ЦУП дороги), существующие в настоящее время почти на всех дорогах.

ОЦ является удаленным подразделением РЦДУ, расположенным, как правило, на опорной станции линейного района. Основные задачи ОЦ:

- взаимодействие с отправителями и получателями грузов на территории линейного района, в том числе на основе единых технологических процессов;
- управление местной работой линейного района с обеспечением установленных нормативов времени оборота местных вагонов;
- переработка транзитного вагонопотока с его обеспечением локомотивами и локомотивными бригадами, технический и коммерческий осмотр поездов;
- организация передачи грузов между государствами и другими видами транспорта, взаимодействие с портами, таможенными органами и др.;
- взаимодействие с вагонными депо и его подразделениями по неисправным вагонам, организация подготовки вагонов и составов под погрузку.

ОЦ включает оперативно диспетчерский персонал, обеспечивающий руководство работ той всех подразделений самой опорной станции и прикрепленных станций линейного района. К нему относятся дежурные по станциям и паркам, агенты центров фирменного технологического обслуживания, станционных технологических центров, дежурные по горке и т.п., а также подразделения других служб, непосредственно участвующих в перевозочном процессе — пункты технического и коммерческого обслуживания, вагонные участки, дистанции сигнализации и связи и др.

Управление перевозочным процессом строится по принципу сквозных информационно-управляющих технологий, направленных от ЦУП через РЦДУ и ОЦ до рабочих мест в линейных районах или устройств железнодорожной автоматики.

7.2. Виды диспетчерского управления. Графики движения поездов

7.2.1. Организация работы поездного диспетчера и режимы управления при ДЦ

Централизация управления расширенным полигоном (направлением) из АДЦУ сохраняет диспетчерские принципы единоначалия, когда ДНЦ единолично распоряжается движением поездов в пределах своей зоны. Его приказы подлежат беспрекословному выполнению соответствующими работниками: дежурными по станциям, машинистами локомотивов и т.д.

Диспетчерские распоряжения отдаются устно либо в виде письменных диспетчерских приказов, регистрируемых в специальном журнале. Для взаимодействия поездного диспетчера с дежурными по станциям его рабочее место оборудовано селекторной (избирательной) телефонной связью. Для переговоров ДНЦ с машинистами поездов применяется поездная радиосвязь. Техническое оснащение рабочего места *только средствами связи* соответствует низшему уровню и применяется на малоделятельных участках, оснащенных простейшими системами автоматики (маршрутно-контрольные устройства станционной централизации с ручными стрелками, электрожелезная система или ПАБ на перегонах). Ведение графика движения поездов при этом выполняется вручную по докладам дежурных о временах проследования поездов.

Для получения оперативных данных о поездной обстановке рабочее место ДНЦ на отдельных участках оснащается *устройствами диспетчерского контроля*. Благодаря устройствам сопряжения на станциях и перегонах, увязанных с объектами контроля, эти данные посредством телемеханических каналов передаются в АДЦУ (режим ТС). На мнемосхеме участка (на мониторах, плазменных табло) у диспетчера световая индикация информирует о показаниях сигналов и фактическом занятии поездами рельсовых цепей станций и блок-участков на перегоне. При этом за диспетчером сохраняется функция выдачи команд дежурным о порядке организации по пропуску поездов на участке.

Однако наибольшая эффективность диспетчерского руководства достигается в случае ДЦ, когда технические средства в дополнение к телесигнализации предоставляют ДНЦ возможность формирования команд телеуправления стрелками, сигналами, другими объектами из АДЦУ (режим ТУ/ТС).

Диспетчерская централизация — это автоматизированная система управления из АДЦУ по телемеханическим каналам устройствами отдельных пунктов диспетчерского участка, каждый из которых оборудован ЭЦ стрелок и сигналов, а на примыкающих перегонах используется система интервального регулирования с контролем фактического проследования поездов.

ДЦ позволяет отказаться от дежурных по станциям, что освобождает диспетчера от основной части переговоров, однако загружает его непосредственным управлением устройствами. Такой режим управления станциями, когда всю работу по приему и отправлению поездов, включая перевод стрелок, задание и отмену маршрутов, выполняет ДНЦ, называется диспетчерским управлением. В его ведении находятся разъезды и промежуточные станции с небольшим объемом маневровой работы, связанной главным образом с обработкой сборного поезда.

На диспетчерском участке могут быть станции с большой эксплуатационной работой, например, маневровой, связанной с обработкой большого количества вагонов, поступающих на станцию с крупного предприятия отдельными группами. На них целесообразно оставить дежурных по станции при круглосуточном управлении всей поездной и маневровой работой с поста ЭЦ. Однако с целью сохранения командных функций диспетчера отправление поездов дежурным становится возможным только после получения от ДНЦ команды ТУ — «Разрешение отправления». Такой режим работы станции при ДЦ называется *автономным*.

На объем эксплуатационной работы влияет неравномерность перевозочного процесса как в течение года, так и суток, что может потребовать для ее выполнения помощи дежурного по станции. В этом случае предусматривается режим *сезонного управления станцией*. Передачу станции на такое управление осуществляет ДНЦ посылкой специальной команды ТУ. При этом действия дежурного по станции и, прежде всего, связанные с порядком отправления поездов, аналогичны работе в режиме автономного управления. После завершения работ дежурный по станции возвращает станцию на диспетчерское управление.

Возможен и режим *комбинированного управления*, когда диспетчерское управление осуществляется только по стрелкам маршрутов на главные и приемо-отправочные пути. В этом случае диспетчер управляет поездной работой, а функции дежурного по станции сводятся к руководству местной работой в изолированной охранном положением стрелок зоне станции.

Особенностью местной маневровой работы является сортировка вагонов, когда зона прямой видимости района маневров исключает неоправданные перепробеги в случае маршрутизации. Маневры, связанные с сортировкой вагонов, лучше выполнять в зонах, отделенных от поездных передвижений в условиях прямой видимости с маневровой вышки, с маневровой колонки или путевой коробки стрелочного привода. Для этого в ДЦ предусматривается режим *местного управления* отдельными стрелками или их группами с возможностью различного объединения стрелок в группы. ДНЦ посылает кодовый приказ по каналу телеуправления, после приема которого ответственность за безопасность движения в районе местного управления возлагается на прибывшего на станцию агента движения.

Режим *резервного управления* станцией предусматривается при повреждении устройств ДЦ, а также при некоторых неисправностях перегонных устройств и ЭЦ. В этом случае телефонным регистрируемым приказом диспетчер возлагает на начальника станции функции дежурного. Поворотом специального ключа в пульте релейной ЭЦ или заданием одноименного режима в компьютерах микропроцессорной или релейно-процессорной централизации у него появляется возможность управления.

Для обеспечения безопасности движения поездов из-за несогласованности действий при переходе с режима на режим, а также при двойном управлении стрелками каждый вид управления исключает другой.

Крупные станции включаются в ДЦ только в режиме *удаленного мониторинга* для обеспечения непрерывности контроля поездного положения на полигоне ДНЦ.

7.2.2. График движения поездов

Основой организации перевозочного процесса является график движения поездов, который представляет собой план эксплуатационной деятельности на полигоне железной дороги и объединяет работу всех подразделений: станций, локомотивных депо, пунктов технического обслуживания, тяговых подстанций, экипировочных депо, дистанций пути, сигнализации и связи и др. Правильная организация и точное выполнение технологического процесса каждым подразделением обеспечивает движение поездов без отклонений от графика. График движения поездов должен обеспечивать удовлетворение потребностей хозяйства страны и населения в перевозках и иметь резервы.

График движения устанавливает время прибытия, отправления или безостановочного проследования поездов по каждому раздельному пункту, время следования поездов по перегонам, продолжительность нахождения локомотивов на конечных станциях. Время следования поездов между станциями (перегонное время) определяется на основе тяговых расчетов и уточняется опытными поездками, а продолжительность стоянок — технологическими процессами, выполняемыми с поездом на станциях.

График движения поездов изображается в координатах «время—путь», где по оси абсцисс указывается время, по оси ординат — раздельные пункты. Следование поездов между станциями условно обозначают прямыми линиями (рис. 7.1), что соответствует равномерному движению, хотя в действительности поезда следуют неравномерно, с ускорением и замедлением. Наклон линий хода поездов на графике характеризует скорость движения, чем круче линия, тем больше скорость поезда. На рис. 7.1 линия хода пассажирского поезда более крута, чем грузовых поездов, что соответствует большей скорости движения этого поезда. Одинаковый наклон линии поезда для различных перегонных времен хода обеспечивается пропорциональным масштабированием расстояний между осями раздельных пунктов. Величина горизонтальной площадки на станции между временем прибытия и отправления поезда соответствует продолжительности стоянки поезда.

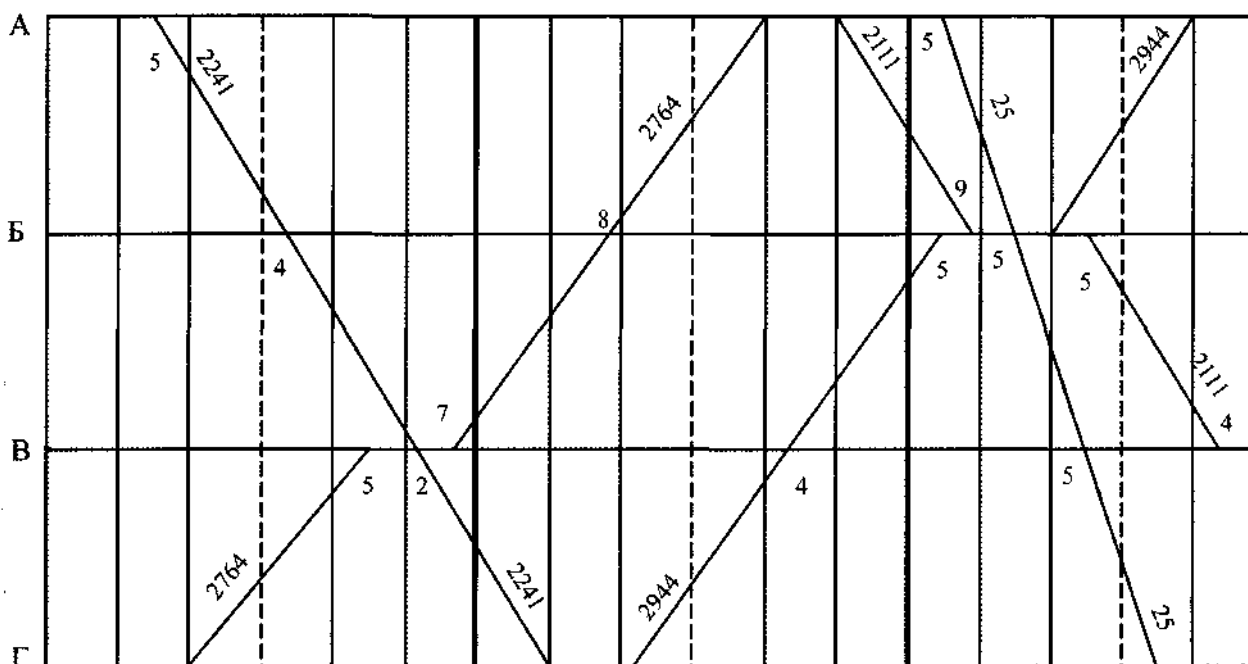


Рис. 7.1. Выкопировка из нормативного графика движения поездов

В ЦУП для всей сети железных дорог с учетом данных о размерах движения один раз в год составляется *нормативный график*, который может корректироваться дорогой на зимний период. Движение основных пассажирских поездов остается в графике неизменным в течение трех лет. С целью уменьшения влияния сезонной неравномерности пассажирских перевозок на грузовое движение часть пассажирских поездов указывается на нормативном графике как используемые при увеличении пассажиропотока. Линии этих поездов прокладываются пунктиром и могут предоставляться для пропуска грузовых поездов.

При составлении нормативного графика должны обеспечиваться: минимальная продолжительность перевозок грузов и пассажиров, наиболее благоприятные условия проезда пассажиров, рациональное использование локомотивов, вагонов, пропускной способности линий и перерабатывающей способности станций, соблюдение норм работы локомотивных бригад, безопасность движения и экономичность перевозок. С учетом этих требований создание нормативного графика представляет собой сложную оптимизационную задачу, решаемую с применением ЭВМ.

Однако для организации оперативной работы ДНЦ графистами АДЦУ разрабатывается *плановый график* на предстоящую смену. Его получают путем корректировок нормативного графика с учетом работы хозяйственных поездов, изменений в расписаниях, ограничений скоростей движения, плановых «окон» для выполнения ремонтных и строительных работ. На основе план-графика ДНЦ передает пономерной подвод поездов к станциям и обеспечивает выполнение реального перевозочного процесса. При значительных изменениях нормативного графика (например, при закрытии перегона) разрабатывается новый, *вариантный график*, являющийся плановым для диспетчера.

По данным о временах прибытия, отправления и проследования поездами отдельных пунктов строится *график исполненного движения* (ГИД). Координатная сетка графика, исполненного движения аналогична сетке планового графика. ГИД служит для контроля поездного положения на участке, своевременного принятия регулировочных мер и последующего анализа работы участка. Фактическое следование поездов показывается на ГИД линиями (нитками) разного цвета с выделением пассажирских, грузовых наливных, сквозных, длинносоставных, соединенных поездов. Номера их указываются над линией движения. Дополнительно к номеру длинносоставного поезда добавляется буква «Д», тяжеловесного — «Т», со взрывоопасными материалами —

«ВМ», с негабаритным грузом — «Н» и цифра, обозначающая степень негабаритности. Нагон поезда на перегоне по сравнению с план-графиком отмечается знаком «-» с числом минут против линии хода, а опоздание — соответственно знаком «+». Остановки поездов отображаются горизонтальными отрезками на путях станций. Остановки вне графика дополнительно показываются с краткой пометкой причины.

Отцепка и прицепка вагонов на станциях указывается над линией стоянки поезда дробным числом со знаком: отцепка «-», прицепка «+», числитель — количество груженных вагонов, знаменатель — порожних.

На поле ГИД также обозначаются:

- снятие напряжения в контактной сети на главных приемо-отправочных путях;
- действующие предупреждения — желтой полосой с момента начала действия предупреждения до его снятия, над ней записывается километр и путь, где установлено предупреждение, и допустимая скорость движения;
- закрытие путей перегонов, станций — красной полосой с момента начала до его открытия;
- движение поездов по неправильному пути;
- увязка локомотивов по пунктам оборота.

Дополнительно на ГИД указываются:

- положение на промежуточных станциях (занятие вагонами или составами путей с указанием числа уложенных тормозных башмаков или стационарных устройств для закрепления составов — тормозных упоров УТС);
- масса, длина, состав, номер и индекс каждого поезда, номер поездного локомотива и фамилия машиниста;
- данные о грузовой работе станций по периодам суток;
- служебные пометки и комментарии ДНЦ.

С учетом реального хода перевозочного процесса из исполненного графика и предстоящих передвижений планового графика формируется прогнозный график, целью которого является сокращение потерь в движении при отклонениях поездов. Расписания прогнозного графика наносятся справа от оси текущего реального времени как продолжение исполненного графика путем корректировки ниток планового графика с учетом фактических отклонений поездов. При планировании использования для движения поездов приемо-отправочных путей станции учитывается их специализация согласно ТРА, категория поезда и его особые характеристики (тяжеловесный, длинносоставный, наличие вагонов с разрядным или негабаритным грузом и т.п.).

7.2.3. Автоматизация построения графиков движения поездов

Плановый график, действующий на диспетчерском участке, как часть нормативно-справочной информации вводится в ПЭВМ АРМ ДНЦ от АРМ инженера-графиста в режиме межмашинного обмена через локальную вычислительную сеть (ЛВС) АДЦУ. Учитывая, что часть поездов по участку может следовать по диспетчерским приказам, программные средства АРМ ДНЦ позволяют диспетчеру вручную внести оперативные изменения в плановый график. При наличии окон для ремонтных и строительных работ, а также утвержденных предупреждений об ограничениях скоростей движения эта информация также отображается на поле планового графика и может корректироваться диспетчером (например, при задержках производства работ). Это в значительной степени облегчается при графическом интерфейсе прокладки ниток графика. Актуальный плановый график отображается на АРМ поездного диспетчера в традиционной графической форме для интересующего интервала, где по вертикальной оси откладывается текущее время. При этом пользователю предоставляется возможность масштабирования и прокрутки (скроллинга) по горизонтальной и вертикальной осям, а в последнем случае обеспечивается отображение путей станции и план их использования.

В системах ДК и ДЦ на основе оперативных данных состояния устройств обеспечивается построение ГИД, формируемое автоматически при движении поездов по станциям на основе

вычислений времени прибытия и отправления поездов по технологическим событиям занятия и освобождения рельсовых цепей. Алгоритм автоматического построения ГИД предполагает решение двух главных задач — идентификацию номера поезда и его трансляцию (отслеживание) при движении поезда по участку. Определение номеров поездов может выполняться:

- вручную диспетчером путем их непосредственного ввода с алфавитно-цифровой клавиатуры или выбором номера нитки планового графика;
- полуавтоматически при совпадении диапазона подхода поездов с данными системы АСОУП или планового графика с подтверждением диспетчером правильности присвоения номера нитке на графике;
- автоматически при оборудовании поездов техническими средствами идентификации (индивидуальными датчиками на подвижном составе и стационарными устройствами считывания на станциях).

Трансляция номера поезда включает индикацию присвоенного номера на путевом плане при движении поезда (занятии и освобождении рельсовых участков подвижной единицей).

Взаимное перемещение оси текущего времени и ГИД должно осуществляться в реальном масштабе времени с дискретизацией не более одной минуты. Собственно левая сторона относительно оси текущего времени и представляет собой состоявшийся технологический процесс движения поездов. При переходе на безбумажную технологию ведения ГИД дополнительно разрабатываются программные средства ручной прокладки ниток на случай перерыва функционирования систем ДЦ и организации движения по докладам дежурных. При восстановлении работоспособности системы должен восстанавливаться автоматический режим ведения графика.

«Окна» и предупреждения должны вводиться в систему автоматически от других автоматизированных подсистем либо вручную поездным диспетчером. Они отображаются на графике с привязкой к станциям и перегонам участка, а также времени начала и окончания действия, образуя прямоугольник, который заштриховывается линиями различного цвета в зависимости от принадлежности служб линейных предприятий (сигнализации и связи, пути, энергоснабжения), предоставляющих «окна».

Пометки представляют собой записи и комментарии диспетчера на ГИД и содержат сведения:

- о причинах отклонения поездов от планового графика;
- об использовании локомотивов;
- о поездной и маневровой работе;
- о порядке закрепления составов и др.

Наряду с ведением ГИД должно обеспечиваться формирование приложения к нему, которое содержит сведения о составах. На рабочих местах диспетчерского и руководящего аппарата эти задачи выполняются в системе ГИД «Урал-ВНИИЖТ», которой оснащены более 6 тыс рабочих мест пользователей. Система ГИД состоит из трех обеспечивающих подсистем:

- обмена информацией с автоматизированной системой организации управления перевозками (АСОУП);
- получения информации с устройств СЦБ;
- организации взаимодействия между АРМ ГИД.

В ГИД на сетке графика отображаются нитки следования поездов, формируемые автоматически или вручную. Результатом работы ДНЦ и подчиненных ему ДСП является график, увязанный с базой поездов и соответствующими им номерами. Использование программных средств ГИД сокращает рутинные операции ДНЦ по ручному ведению графика, что позволяет увеличить длину диспетчерских участков, повысить оперативность и достоверность информации, использовать автоматизированное планирование поездной работы, внедрить безбумажную технологию.

7.3. Компьютерные системы ДЦ. Таблицы сигналов телеуправления и телесигнализации

7.3.1. Общие эксплуатационно-технические требования

Системы ДЦ предназначены для реализации современных принципов управления эксплуатационной работой за счет автоматизации функций управления и контроля технологического процесса движения поездов путем использования средств вычислительной техники при сопряжении их с устройствами СЦБ и связи, а также обеспечении возможности обмена с АСУ железнодорожного транспорта. На сети железных дорог внедряются компьютерные системы ДЦ «Сетунь», «Тракт», «ДЦ-МПК», «Юг» и «Диалог».

В развитии комплекса автоматизации диспетчерского управления можно выделить следующие перспективные направления:

- переход на современную компьютерную элементную базу;
- повышение показателей надежности и безопасности;
- расширение функциональных возможностей;
- интеграция с автоматизированными подсистемами станционного уровня и вышестоящими системами управления;
- достижение высоких показателей технико-экономической эффективности и улучшения эксплуатационных показателей.

При внедрении на полигоне железных дорог систем кодового управления предъявляются три главных требования к технической оснащенности участка системами интервального регулирования, станционными устройствами и средствами связи:

1. Перегоны участка или направления железной дороги должны быть оборудованы АБ или ПАБ, дополненной устройствами контроля прибытия поезда в полном составе. Во втором случае требование обусловлено необходимостью автоматического контроля целостности состава, до внедрения ДЦ выполняемого дежурными по станции путем визуальной проверки наличия хвостового вагона — ограждения пассажирских поездов тремя красными огнями, а грузовых — диском красного цвета поездов. Отсутствие дежурных при ДЦ требует технических средств системы счета осей для контроля фактического освобождения перегона. При АБ эта задача обеспечивается рельсовыми цепями.

2. Станции, обгонные пункты, разъезды участка должны быть оборудованы системой ЭЦ стрелок и сигналов — релейной, релейно-процессорной или микропроцессорной.

3. Системы ДЦ должны разрабатываться с учетом использования линий, систем передачи и других типовых средств железнодорожной связи.

Системы ДЦ применяются для:

- автоматизации диспетчерского управления движением поездов на участках и направлениях железнодорожных линий;
- организации управления движением в узлах;
- концентрации управления на крупных станциях движением поездов по примыкающим станциям (предузловым развязкам) и передвижениями в удаленных парках;
- концентрации на опорных станциях управления движением поездов на соседних близлежащих станциях (мини-ДЦ).

Структурно ДЦ включает устройства диспетчерского уровня: пункт управления (ПУ) и увязываемые с ним средствами связи станционные устройства телемеханики — контролируемые пункты (КП). Телемеханическая сеть ДЦ имеет радиальную (рис. 7.2, а), цепочечную (рис. 7.2, б) или радиально-цепочечную (рис. 7.2, в) структуру. Эти структуры наиболее распространены, хотя возможна реализация и более сложных древовидных структур (рис. 7.2, г). Устройства ПУ включают промышленные ЭВМ, объединяемые в единую локальную сеть АДЦУ. КП базируются на программируемых контроллерах и полупроводниковых приборах. Номенклатура каналобразующей аппаратуры КП и ПУ позволяет организовать

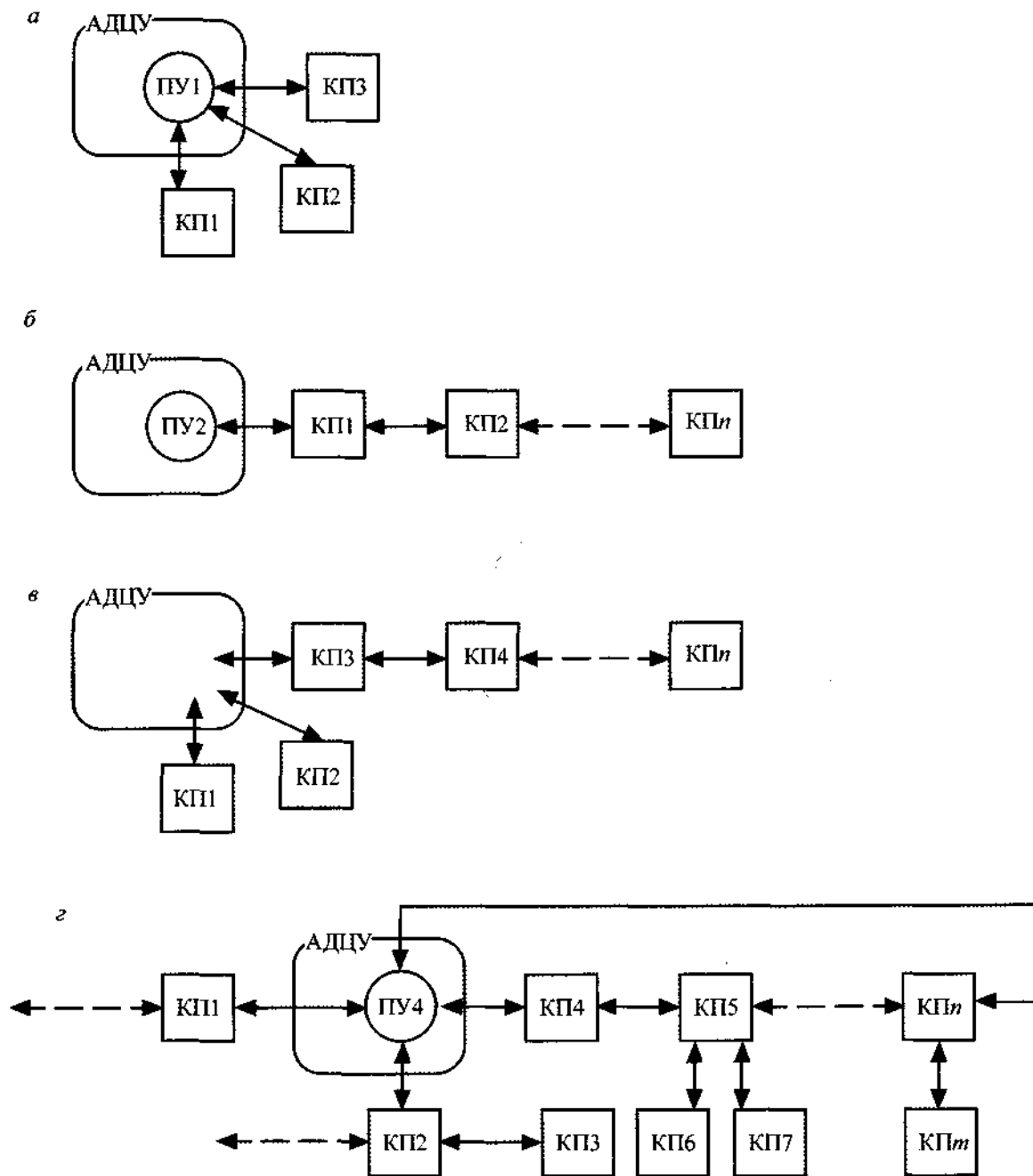


Рис. 7.2 Структурные схемы телемеханических сетей ДЦ

каналы по физическим линиям связи (кабельным, воздушным, волоконно-оптическим), а также уплотненным тональным и цифровым каналам.

Компьютерные ПУ в АДЦУ должны обеспечивать совместимость с существующими КП ранее тиражированных релейно-полупроводниковых систем ДЦ «Нева», «Луч» и др.

Система ДЦ является системой реального времени. Время представления оперативному персоналу информации ТС об изменениях контролируемых объектов (включая съем информации, передачу по каналам связи и обработку на ПУ) не должно превышать 6 с. Обработка оперативной информации должна производиться в соответствии с функциональными задачами на общей базе данных, основу которых составляет информация о состоянии путевых объектов устройств СЦБ, характеристики подвижных средств и т.д.

Передача известительных сигналов ТС может осуществляться циклически, спорадически (при изменениях состояния объектов контроля) или асинхронно-циклически (периодическая передача сообщений от КП с сообщениями переменной длины в зависимости от объемов новой информации).

При прекращении поступления сигналов ТС из линии система должна исключать представление устаревшей информации персоналу АДЦУ по истечении времени не более 1 мин после последнего получения ТС от КП с индикацией состояния отсутствия связи с КП. Система ДЦ должна допускать возможность выборочного исключения и обратного включения в систему КП в случае нарушения их нормального функционирования.

Передача команд ТУ в системах осуществляется спорадически. Допустимое время реакции системы на клавиатуру не должно превышать 0,5 с, а время передачи команд ТУ от ПУ на КП — 1 с.

Технические средства ПУ и КП позволяют организовать различные структуры кодового управления: управление станциями участка — ДЦ; управление примыкающими соседними станциями с опорной или предузловыми развязками — мини-ДЦ; управление удаленными парками и районами крупных станций — станционная кодовая централизация.

7.3.2. Режимы функционирования

Управление перевозочным процессом в *основном режиме* должен осуществлять поездной диспетчер. Основной режим работы ДЦ должен обеспечивать:

- централизованное управление объектами ЭЦ и централизованный контроль;
- местное управление объектами района станции и их централизованный контроль при сохранении централизованного управления другими объектами;
- централизованный контроль состояния зон крупных станций (участковых, пассажирских, технических, сортировочных) с нужной степенью детализации информации;
- автономное, сезонное и комбинированное управление и централизованный контроль объектов ЭЦ.

Вспомогательный режим реализуется в системе при возникновении отказов в устройствах СЦБ путем передачи на КП ответственных команд, исполняемых без проверки условий безопасности устройствами ЭЦ и посылаемых диспетчером с соблюдением определенного регламента. К ним относятся:

- аварийная смена направления движения на перегоне, оборудованном двусторонней АБ;
- вспомогательное разблокирование перегона на малодеятельных участках ДЦ, оборудованных устройствами счета осей для контроля их освобождения, в случае сбоя в работе (искусственная дача прибытия поезда в полном составе);
- вспомогательный перевод стрелок при ложной занятости стрелочного участка;
- искусственное размыкание замкнутых в маршруте путевых и стрелочных участков;
- управление переездом, расположенным в пределах станции;
- использование пригласительных сигналов (метро).

Использование ответственных команд допускается после проверки на месте железнодорожным персоналом состояния стрелочного перевода, путевых стрелочных участков, станционных путей и др. Выполнение этих функций системой повышает живучесть перевозочного процесса при нарушениях нормальной работы устройств СЦБ.

В *аварийном режиме* (при выходе из строя канала связи, оборудования ДЦ и других повреждениях устройств СЦБ, не указанных в предыдущем пункте) на станциях осуществляется переход на резервное управление. При этом может сохраняться централизованный контроль у ДНЦ.

7.3.3. Функции систем

Традиционно к ДЦ предъявлялись три основных требования:

- телеуправление объектами станций;
- телеконтроль текущего их состояния;
- автоматическое построение ГИД.

Однако переход на компьютерные средства позволил в системах реализовать ряд новых функций.

Новые возможности *автоматизации работы ДНЦ с графиками*, включают автоматическое получение и корректировку план-графика, автоматическое построение ГИД и машинное прогнозирование движения поездов с возможностью автоматизации задания маршрутов предстоящих передвижений и трансляцией номеров при движении по участку.

В компьютерных системах ДЦ автоматически выполняется *протоколирование* (ведение «черного ящика»), которое обеспечивает фиксацию управляющих воздействий оперативного персонала, поездной обстановки, сбоев в функционировании, результатов диагностирования работоспособности устройств. Данные протоколируются на жестком диске АРМа ДНЦ или выделенного сервера. Как правило, запись осуществляется в файл в двух форматах — текстовом и двоичном (бинарном).

В первом случае протокол содержит строки с указанием времени, станции и действий диспетчера (установка маршрута, перевод стрелки и т.п.) или событий в системе (неисправность светофора, потеря контроля стрелок) и при необходимости выдается на печать.

Двоичные данные дают возможность просмотра на экране монитора функционирования системы и работы ДНЦ путем воспроизведения поездного положения (режим «кино»), что особенно удобно при разборе нарушений и сбоев для оценки взаимосвязи технологических событий. Просмотр происходит в реальном масштабе времени с возможностями ускорения или замедления хода событий.

Работу с протоколами системы поддерживает специальное сервисное программное обеспечение. Результаты расшифровки протоколов имеют юридическую силу и используются для анализа и расследования нарушений безопасности движения поездов. Распечатка протоколов, заверенная начальником отдела перевозок отделения железной дороги, является документом для расследования нарушений в движении поездов. Доступ к протоколам имеют электромеханик поста ДЦ, начальник дистанции сигнализации и связи, ревизоры по безопасности движения поездов. Протоколы и их бумажные копии хранятся в течение одного месяца. При нарушении в движении поездов заверенная распечатка протокола хранится в течение 12 месяцев.

Подсистема диагностики систем обеспечивает поддержку параметров надежности и достоверности ДЦ на заданном уровне, а также удаленный мониторинг в АДЦУ состояния устройств СЦБ локальной автоматики (ЭЦ, АБ, переездных устройств, ПАБ, системы счета осей, устройств электроснабжения и др.). Новой также является *функция телеизмерений* (ТИ) контролируемых аналоговых параметров (токов, напряжений, временных характеристик сигналов).

Высокие показатели надежности в микропроцессорных ДЦ достигаются *резервированием*, которое охватывает не только средства вычислительной техники (контроллер), но и все элементы, непосредственно обеспечивающие непрерывность перевозочного процесса (устройства сопряжения по контролю и управлению ЭЦ, каналы, каналообразующую аппаратуру, источники питания). Кроме того, резервирование обеспечивает съем и передачу состояния контролируемых объектов по независимым программно-аппаратным каналам, повышающим достоверность информации, что особенно важно во вспомогательных режимах управления при принятии диспетчером решения о пользовании ответственными командами.

Современные системы ДЦ обеспечивают *интеграцию с информационными* системами перспективного планирования — автоматизированной системой оперативного управления перевозками (АСОУП), автоматизированной системой управления сортировочной станцией (АСУ СС), информационными системами о вагонном парке, локомотивах, соответственно ДИСПАРК и ДИСЛОК, другими информационно-управляющими системами (системой выдачи предупреждений об ограничениях скорости, устройствами телемеханики энергоснабжения и др.).

В составе программных средств АРМ ПУ включены модули *нормативно-справочной информации*, содержащие данные двух видов — постоянные и условно-постоянные. К первым относятся характеристики полигона управления: профиль участка, пути пропуска и остановки поездов с опасными грузами класса 1 и негабаритными грузами на станциях, длина приемо-отправочных путей в условных вагонах и т.п. Условно-постоянной является информация, которая остается постоянной в течение продолжительного времени, например, ограничения скорости на участке, «окна» для выполнения профилактических и ремонтных работ, натурный лист состава, места выхода ремонтных бригад.

7.3.4. Проектирование таблиц телесигнализации и телеуправления

Поступающие от КП известительные сигналы состояния контролируемых объектов формируются в виде массивов двоичных данных, кратных байту.

Таблица занятия каналов ТС (ТЗК ТС содержит значения переменных двух видов, отражающих состояние реальных и виртуальных объектов. В последнем случае эти переменные связаны с контролем фактического прохождения и восприятия КП команд задания маршрутов, обеспечивающим индикацию установки маршрутов у ДНЦ, режима управления КП, других служебных сигналов. Для виртуальных объектов изменения переменных выполняются программным путем в контроллере КП после прохождения соответствующей команды ТУ, тогда как реальные объекты получают эти значения в зависимости от состояния контролируемого прибора (например, реле включено/выключено).

Объем ТЗК ТС современной ДЦ, как минимум, включает индикацию пульта ЭЦ станции: положение стрелок; занятость/свободность рельсовых участков; замыкание в маршрутах и искусственное размыкание стрелочно-путевых секций; разрешающее показание станционных поездных и маневровых светофоров, а для входных — наличие запрещающего огня. Кроме того контролируется работа групповых комплектов отмены маршрутов и искусственного размыкания, также фиксируются дискретные сигналы, свидетельствующие о неисправности ламп светофоров, состоянии фидеров, комплекта мигания, включении резервного комплекта кодирования, срабатывании сигнализатора заземления, перегорании предохранителей и др.

Дополнительно контролируется состояние перегонных устройств и значения диагностируемых параметров. В число контролируемых объектов обязательно включаются три участка приближения и удаления на прилегающих к станциям перегонах. На участках, оборудованных односторонней АБ при отсутствии контроля занятия перегона, а также при новом строительстве систем интервального регулирования для полноты информационного описания следует включать для контроля все блок-участки на перегоне. Кроме того, в полном объеме должен обеспечиваться контроль путевых объектов (стрелок, светофоров, рельсовых цепей) станций автономного управления и крупных станций, что позволяет при необходимости предоставить диспетчеру полную технологическую обстановку. Выкопировка ТЗК ТС представлена в табл. 7.1.

Таблица 7.1

	Импульс 1	Импульс 2	Импульс 3	Импульс 4	Импульс 5	Импульс 6	Импульс 7	Импульс 8
Группа 1	ВиртОП	ОП		ГРУ-0	ГРУ-Р	Ао	Ар	РР
Группа 2		ГИР	ОММ	ОМП	ОМС			
Группа 3								
Группа 4	КСНМ1		НМ1ПС		АНМ1	МНМ1		
Группа 5	КСЧ1				АЧ1	МЧ1		
Группа 6	1ПК	1МК						
Группа 7	6СП	6РИ	63	6МСП				
Группа 8	4СП	4РИ	43	4МСП				

ВиртОП — контроль прохождения ответственного приказа на КП (виртуальная переменная);

ОП — контроль включения реле ответственных приказов;

ГРУ-О (ГРУ-Р) — контроль работы основного (резервного) комплекта КП;

Ао, Ар — контроль аварийного реле основного (резервного) комплекта КП;

РР — режим резервного управления станцией;

ГИР — групповая искусственная разделка;

ОМП — отмена поездного маршрута с занятым участком приближения;

ОММ — отмена маневрового маршрута с занятым участком приближения;

ОМС — отмена маршрута со свободным участком приближения;

КС(...) — контроль поездного разрешающего показания светофора (...);

(...)ПС — контроль пригласительного сигнала светофора (...);

А(...) — неисправность светофора (...);

М(...) — контроль разрешающего маневрового показания светофора (...);

(...)ПК, (...)МК — контроль плюсового или минусового положения стрелки (...);

(...)СП — контроль свободности стрелочно-путевой секции (...);

(...)РИ — контроль искусственного размыкания стрелочно-путевой секции (...);

(...)З — контроль замыкания стрелочно-путевой секции (...);

(...)МСП — контроль медленнодействующего повторителя стрелочно-путевой секции (...).

ТЗК цифрового тракта телеуправления, как правило, имеет байтную организацию. В состав команд ТУ входят основные и сервисные. К основным относятся: задание поездных и маневровых маршрутов, индивидуальный перевод стрелок, управление переездными устройствами, ответственные команды. Сервисные команды обеспечивают переключение на резервный полукомплект КП, задание авторежимов устройств (автодействие, АУМ), задание режимов управления станцией и др. Пример выкопировки ТЗК ТУ представлен в табл. 7.2.

Таблица 7.2

	Импульс 1	Импульс 2	Импульс 3	Импульс 4	Импульс 5	Импульс 6	Импульс 7	Импульс 8
Группа 1	ВОГ	ОПГ	ГРУ-О	ГРУ-Р	ГИР			
Группа 3	День-вкл	День-откл	КВС	ДСН-вкл	ДСН-откл			
Группа 4	Н(КН)	Н(КНМ)	Н(ПС)					
Группа 5	Ч1(КН)	Ч1(КНМ)						
Группа 6	Ч3(КН)	Ч3(КНМ)						
Группа 7	ЧМ1А(КН)	ЧМ1А(КНМ)	ЧМ1А(ПС)					
Группа 8	1(ПУ)	1(МУ)	1(ПУ ВК)	1(МУ ВК)				
Группа 9	4СП(ИР)	2СП(ИР)	ЧП(ИР)	1СП(ИР)	НП(ИР)	6СП(ИР)		

ВОГ — команда групповой отмены маршрутов;
 ОПГ — команда ответственных приказов;
 ГИР — команда групповой искусственной разделки;
 День-вкл — включение режима сигналов «День»;
 День-откл — отключение режима сигналов «День»;
 КВС — отключение двигателя стрелки, работающей на фрикцию;
 ДСН-вкл — включение режима сигналов «ДСН» (двойного снижения напряжения);
 ДСН-откл — отключение режима сигналов «ДСН»;
 (...)КН — задание поездного маршрута, светофор (...);
 (...)КНМ — задание маневрового маршрута, светофор (...);
 (...)ПС — включение пригласительного сигнала светофора (...);
 (...)ПУ, (...)МУ — команда перевода стрелки номер (...) в плюсовое или минусовое положение;
 (...)ПУВК — команда вспомогательного перевода стрелки номер (...) в плюсовое;
 (...)МУВК — или минусовое положение при ложно-занятой рельсовой цепи;
 (...)СП (ИР) — команда искусственного замыкания стрелочно-путевой секции (...);
 (...)РИ — контроль стрелочно-путевой секции (...);
 (...)3 — контроль замыкания стрелочно-путевой секции (...);
 (...)МСП — контроль медленнодействующего повторителя стрелочно-путевой секции (...).

При такой организации данных для задания маршрута приема нечетному поезду на первый путь от ПУ на *i*-й КП должен поступить пакет с адресом *i*-й станции, содержащий два восьмибитовых сообщения с указанием точек начала (Н) и конца маршрута (Н1). Тогда структура исполнительной части указанного пакета для маршрута приема нечетного поезда на 1 путь имеет вид:

Сообщение 1: группа 4 импульс 1.

Сообщение 2: группа 5 импульс 1.

Очередность сообщений в пакете определяет направление устанавливаемого маршрута, а их правильность при передаче сообщений проверяется с помощью контрольной суммы и логического программного контроля на КП. Сервисные команды обеспечивают переключение на резервный полукомплект КП, задание авторежимов устройств (автодействие, АУМ), задание режимов управления станцией. Например, исполнительная часть пакета переключения системы на резервный комплект имеет вид:

Сообщение 1: группа 1 импульс 4.

Использование программных средств КП позволяет реализовать функции диагностики устройств и их удаленный мониторинг в ЦУП.

В перечень контролируемых дискретных объектов включаются станционные устройства, переездная сигнализация и перегонные системы интервального регулирования. В объем телеизмерений включаются измерения величин напряжения на каждой фазе фидеров, величин напряжений путевых приемников и токов АЛС, величины напряжения батареи, тока перевода стрелок и др.

7.4. Автоматизированные центры диспетчерского управления

7.4.1. Общие положения

Перспективным направлением совершенствования технологических процессов на железнодорожном транспорте является концентрация и централизация оперативного управления (ОУ) перевозочным процессом, которая в мировой практике реализуется путем создания центров диспетчерского управления для оперативных работников различных служб и подразделений.

Концентрация ОУ— объединение персонала и его технических средств телемеханики для управления из АДЦУ.

Централизация ОУ— интеграция процесса управления, подразумевающая расширение функции управления на выделенных технологически обоснованных зонах (направлениях), путем поглощения детерминированных зон (кругов).

Показателями эффективности концентрации и централизации диспетчерского управления в АДЦУ являются:

- улучшение технико-экономических показателей использования локомотивов и вагонов за счет сокращения потерь на стыках;
- повышение производительности труда и эффективности использования трудовых ресурсов диспетчерского аппарата, дежурных по станции и обслуживающего персонала;
- повышение показателей выполнения графика движения и плана формирования поездов за счет расширения информационного обеспечения;
- повышение качества регулирования за счет автоматизации планирования пропуска поездов и прогнозирования затруднений в работе и своевременного принятия мер по их предупреждению;
- ускорение процесса сбора, передачи, протоколирования информации и минимизация информационных задержек;
- обеспечение режимов работы локомотивных и поездных бригад;
- повышение уровня безопасности движения за счет интеллектуализации технических средств управления;
- повышение культуры труда оперативного и обслуживающего персонала;
- сокращение энерго- и материалоемкости систем управления за счет использования средств вычислительной техники;
- сокращение числа обслуживающего персонала за счет обеспечения высоких показателей надежности системы.

При объединении в условиях АДЦУ зон обслуживания (кругов) диспетчеров возрастает объем информации, предоставляемой диспетчеру и необходимой для принятия решений, а также требования по обеспечению ее доставки из района расположения контролируемого участка в центр управления. В обоих случаях возрастает уровень требований к каналам связи и качеству информационного обеспечения, что вызвано возрастанием цены ошибки диспетчера при принятии решения из-за несвоевременности и недостоверности данных. Оптимальной в данном случае будет информация, наиболее полно отражающая ход технологического процесса, но не перегружающая диспетчера ненужными сведениями.

АДЦУ основывается на системах телемеханики (ДЦ, ДК), построенных на базе вычислительных средств. АРМ ДНЦ объединены в выделенную технологическую локальную вычислительную сеть (ЛВС). К единой ЛВС также подключены АРМ старшего диспетчера, электро-механика (ШН), дежурного по отделению (ДНЦО) и выделенный сервер. Через шлюзы и маршрутизаторы обеспечивается обмен информацией с технологическими сетями центров верхнего уровня (ЦУП) и смежными АДЦУ по горизонтали, а также с информационными системами дороги и сетями причастного персонала (графистов, анализаторов, руководителей служб перевозок). Протоколирование и хранение данных осуществляется на сервере с возможностью просмотра на любом из АРМ.

АРМ поездного диспетчера, как правило, включает два компьютера с мониторами (20—21"), чье количество (чаще всего 3—4) определяется размерами диспетчерского участка. На мониторах отображается общий план участка с возможностью его укрупнения для одной или нескольких станций, с которыми в данный момент работает диспетчер. В этом режиме имеется возможность скроллинга (прокрутки) и масштабирования изображений.

Все ПЭВМ являются с точки зрения отображения информации равнозначными, благодаря чему обеспечивается 100%-е резервирование при минимальной конфигурации. Использование многооконного интерфейса позволяет выводить на экраны мониторов различную служебную информацию: плановый, исполненный и прогнозный графики движения поездов, нормативно-справочную информацию, сигналы, поступающие по телемеханическому каналу связи в табличной форме и др. При большом объеме отображаемой информации (большом числе станций) на рабочем месте ДНЦ может устанавливаться большее число ПЭВМ. В качестве органов управления АРМ используются серийные средства: «мышь» или клавиатура. Как показывает практика, эффективным является комбинированное использование указанных органов управления.

Программное обеспечение АРМ поездного диспетчера позволяет отображать оперативную технологическую ситуацию (поездное положение) не только своего круга, но и соседних с ним по стыкам. Это возможно за счет включения АРМ ДНЦ в ЛВС центра, что снижает потери в эксплуатационной работе. На мониторах АРМ старшего диспетчера, ШН, других причастных работников возможно получение информации по ЛВС о поездном положении со всех компьютеризированных диспетчерских участков.

АРМ ШН позволяет с помощью мультиплексора подключиться к любому из каналов ТУ/ТС центра и в режиме осциллографа отобразить сигналы, поступающие из данной кодовой линии. Эти сигналы могут быть запротocolированы на жестком диске АРМ ШН и в удобное время просмотрены. Настройка на конкретный тип ДЦ осуществляется программно. С помощью АРМ ШН имеется возможность осуществлять регулировку уровня передачи сигналов при подключении к физическим кабельным линиям связи.

Все АРМ центра управления функционируют в среде единого времени, являющейся реализацией одной из сетевых задач.

7.5. Загрузка оперативного персонала

7.5.1. Технологические принципы диспетчерского управления

Расширение зоны управления движением поездов на полигоне управления — суть централизации диспетчерского руководства из АЦУ. Ее основой является реализация функций диспетчера (прежде всего рутинных) с помощью компьютерных технических средств с целью возможности увеличения района управления. Благодаря использованию вычислительных средств появляется возможность дальнейшей автоматизации (ведение ГИД, программное управление маршрутами, прогнозирование подхода поездов и возможных затруднений в работе).

Основной целью диспетчерского управления является беспрепятственный и своевременный пропуск всех поездов, поступающих на участок. В связи с этим первостепенное значение приобретают планирование, организация и контроль пропуска каждого поезда. К другим его задачам относятся: сбор и сдача порожних вагонов по регулировочному заданию, развоз местного груза и порожних вагонов к местам выгрузки и погрузки и т.д. При этом должны быть обеспечены соблюдение графика и безопасности движения поездов.

Задача по оценке и прогнозу положения на участке (в узле) решается поездным диспетчером в первую очередь при приеме дежурства, а затем периодически, по мере необходимости. Это позволяет определить готовность участка к выполнению сменного задания. В ходе решения задачи диспетчер собирает информацию о ситуациях, которые могут привести к отклонениям в работе на период планирования: состояние технических устройств участка, сведения о поездах, следующих с отклонением от графика, работоспособность локомотивов на участке, возможные варианты организации местной работы и затруднения. На этой основе поездной диспетчер

выбирает возможные способы устранения намечающихся затруднений, определяет возможные размеры движения на участке и делает выводы о соответствии пропускной способности участка планируемому подходу поездов.

Результат решения задачи по оценке и прогнозу положения на участке включается диспетчером в циркулярный приказ, в котором он информирует дежурных по станциям о предстоящей работе, выделяя отдельные моменты, характерные для данной смены, указывает на возможные затруднения, сообщает порядок пропуска ближайших поездов.

Для решения задач планирования пропуска поездов по участку (узлу) поездной диспетчер получает исходную информацию от диспетчеров соседних участков (отделений), дежурных по станциям, локомотивного диспетчера, а при необходимости уточняет ее у дежурного по отделению. Используя полученные данные, поездной диспетчер выделяет поезда, следующие с отклонениями от графика, и при их наличии составляет план пропуска по участку вне расписания.

Анализируя информацию об исправности локомотива и времени окончания работы локомотивной бригады, ведущей поезд, диспетчер, в случае необходимости, составляет план устранения возникшего нарушения работы. Учет поездной обстановки на своем и соседних участках позволяет диспетчеру заранее спланировать непредусмотренную графиком остановку поезда.

В результате появляется план пропуска поезда по участку (узлу), который фиксируется поездным диспетчером в виде прогноза на ГИД и передается исполнителям для реализации. Исходную информацию о фактическом времени отправления, прибытия, проследования и подхода поездов к станциям участка диспетчер получает от дежурных по станциям или считывает с устройств отображения ДЦ или ДК.

При возникновении отклонений от плана поездной диспетчер выясняет их причины, рассчитывает новый план пропуска поезда по данной станции и сообщает его дежурным по станции. Если участок оборудован ДЦ, то диспетчер устанавливает маршруты в соответствии с разработанным планом. Кроме того, поездной диспетчер проверяет наличие локомотивов и время окончания работы локомотивных бригад и, в случае необходимости, принимает меры, предусмотренные должностными инструкциями.

Наряду с количеством пропущенных поездов, результат работы участка оценивается также по показателям местной работы: выполнение регулировочного задания по сдаче порожних вагонов на другие участки, развоз местного груза, уборка погруженных вагонов со станций участка, обеспечение плана погрузки порожними вагонами.

Своевременное выполнение этой работы определяется качеством ее планирования, требующего получения информации о предстоящей работе с грузами на станциях участка, поступлении местных груженых и порожних вагонов с других участков, свободности фронтов погрузки/выгрузки, на основании которых составляется план сбора порожних вагонов, а при необходимости — выбирается станция их сбора.

В результате решения этой задачи составляется план хода местной работы, намечается порядок его выполнения сборными, вывозными, передаточными и диспетчерскими локомотивами.

Основным содержанием задачи организации работы сборного, вывозного, передаточного поезда и диспетчерского локомотива является выполнение плана местной работы на участке. В ходе решения этой задачи ДНЦ получает и обрабатывает информацию о месте нахождения поезда (локомотива), что позволяет ему сравнить его фактическое место нахождения с планом. При выявлении отклонений от плана диспетчер составляет и реализует новый план пропуска поезда по участку.

Информация о составе поезда, получаемая диспетчером со станции формирования, фиксируется на ГИД и передается затем дежурным по станциям, где будут производиться работы с данным поездом.

Особенности работы узлового поездного диспетчера определяются наличием в узле сортировочных, пассажирских и грузовых станций. При наличии в узле сортировочной станции планирование и организация пропуска поездов по узлу направлены на обеспечение своевременного вывоза готовых поездов с сортировочной станции и ритмичного подвода к ней транзитных и

следующих в переработку поездов. Планирование местной работы и реализация плана направлены на обеспечение развоза местного груза не только в узле, но и на примыкающих участках.

Возможность диспетчера своевременно и эффективно управлять поездной и маневровой работой определяется на основе расчетов его загрузки.

7.5.2. Расчет загрузки оперативного диспетчерского персонала и распределение зон управления в условиях автоматизации

Загрузка диспетчеров на управление перевозочным процессом на полигоне управления являются основой для определения численности штата и распределения зон управления. Ее количественную оценку дает коэффициент загрузки, который определяется по формуле

$$k_3 = \frac{T_y}{T_c} 100\%,$$

где T_y — затраты времени на решение задач по управлению движением поездов и организацию местной работы в наиболее загруженную смену;

T_c — продолжительность смены, 720 мин.

Загрузка оперативного персонала не должна превышать $k_{доп} = 95\%$ с учетом 10 % личного времени.

При $k_3 \leq k_{доп}$ в границы диспетчерского участка рекомендуется включить дополнительные станции, а при $k_3 > k_{доп}$ необходимо провести организационные, технические мероприятия по сокращению затрат труда и пересмотреть границы участка.

В условиях АДСУ дополнительно следует обеспечить примерное равенство загрузки всех поездных диспетчеров, что технически легко реализуемо при использовании компьютерных систем ДЦ.

Ранее изложенная технология работы диспетчера позволила сформулировать обобщенные задачи, определяющие затрачиваемое им время. Можно выделить две группы задач — решаемые для участка в целом (прием и сдача дежурства, оценка и прогноз положения на участке) и выполняемые по каждой из станций с учетом объемов перевозок. Общие затраты времени определяются по формуле

$$T_y = T_{пз} + T_{опу} + T_{опс} + 72 + \sum_{i=1}^m (t_{ппi} + t_{опi} + t_{пмri} + t_{омri} + t_{ди}),$$

где $T_{пз}$ — время на подготовительно-заключительные операции при приемке и сдаче дежурства;

$T_{опу}$ — время на оценку и прогноз положения на участке;

$T_{опс}$ — время на оценку и прогноз положения на стыках с соседними участками;

$t_{ппi}$ — время на планирование пропуска поездов по i -й станции участка;

$t_{опi}$ — время на организацию пропуска поездов по i -й станции участка;

$t_{пмri}$ — время на планирование местной работы по i -й станции участка;

$t_{омri}$ — время на организацию местной работы по i -й станции участка;

$t_{ди}$ — время на дополнительные операции по i -й станции участка;

72 мин — время на отдых и личные надобности;

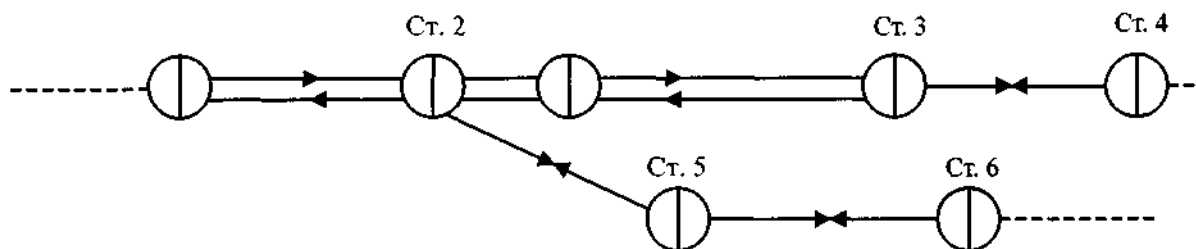
m — число станций на участке.

Затраты труда поездных диспетчеров t_{ki} зависят от размеров грузового и пассажирского движения, объемов местной работы, технического оснащения полигона управления (наличие ДЦ или диспетчерского контроля), количества главных путей на подходах к станции.

Для решения задачи распределения в АДСУ границ диспетчерских участков полигон управления следует представить в виде орграфа (рис.7.3). Его вершинами являются станции, обгонные пункты, разъезды. Вес вершин c_i определяют затраты времени диспетчера на организацию технологического процесса по всем категориям поездов на i -й станции.

Дуги, соответствующие перегонам, соединяют вершины. Для соответствующих дуг указываются направление, виды и число передвижений. По этим параметрам с учетом удельных затрат времени диспетчера при поступлении поезда на участок устанавливается вес дуг, который определяет затраты на взаимодействие с диспетчерами соседних участков по стыку, если граница будет находиться на этом перегоне. Получаемый при этом граф фактически отражает затраты времени

а



б

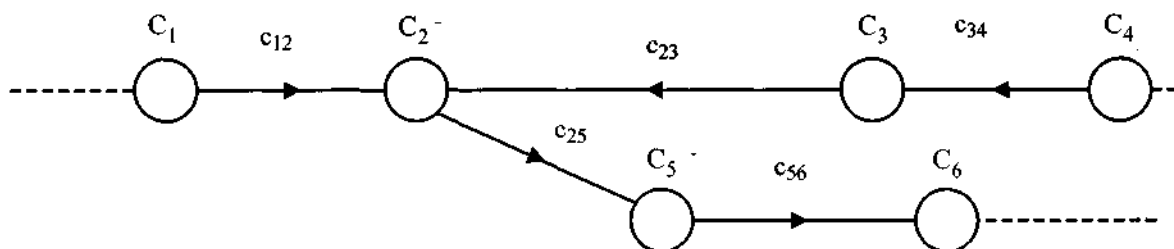


Рис. 7.3. Карта распределения загрузки оперативного персонала на полигоне управления

на оперативное управление полигоном (дорогой, регионом) и по смыслу представляет собой «карту» необходимых затрат времени на организацию технологического процесса полигона. Путем замены параллельных дуг между вершинами одной, вес которой равен сумме весов исходных дуг, он может быть преобразован в граф $G = (X, U)$. При распределении зон управления диспетчеров число вариантов декомпозиции графа можно сократить, объединив несколько вершин в одну. Это целесообразно проделать для тупиковых участков с небольшими размерами движения, а также для участков с законченным технологическим циклом, когда их разделение между разными диспетчерами не оправдано. Тогда наилучшему распределению зон управления полигоном между диспетчерами должна соответствовать такая декомпозиция $R(x) = (x_1, \dots, x_n)$ графа G , при которой достигается минимум затрат на согласования (минимум внешних связей каждой из зон управления, т.е. весов дуг c_{ij} при разбиении, что соответствует максимуму завершенности технологических операций, находящихся в подчинении одного диспетчера) при условии равномерной загрузки персонала.

Расчеты загрузки поездных диспетчеров полигона Октябрьской железной дороги путем укрупнения зон управления с учетом технологии работы участков (плеч оборота локомотивов, смены локомотивных бригад, технической оснащенности устройствами СЦБ, наличия стыков с крупными сортировочными, пассажирскими, участковыми станциями и др.) позволили сократить численность диспетчерского персонала на 30 %. При этом благодаря автоматизации было обеспечено требование — не превышать допустимой нормы загрузки. Кроме того, спад объемов работы в ночной период суток также позволяет, основываясь на расчетах загрузки, пересмотреть границы зон диспетчерского управления, прежде всего на участках с преобладающим пригородным движением, а также на малодеятельных.

Частным случаем эффективного использования трудовых ресурсов в АДЦУ является переменная численность состава персонала, которая может быть изменена с учетом сезонной или суточной неравномерности объемов перевозочного процесса. Примером тому может послужить опыт функционирования Стокгольмского центра управления движением поездов, когда численность ночной смены диспетчеров почти вдвое меньше дневной.

Широкие перспективы по дальнейшему рациональному использованию трудовых ресурсов открывает автоматизация рутинных операций диспетчеров за счет применения новейших технических средств, реализующих в автоматическом режиме функции трансляции номеров поездов, построения графиков движения и приложений к ним, прогнозирования хода технологического процесса и на его основе автоматического задания маршрутов. В зависимости от степени автоматизации и проектируемого разработчиками участия диспетчера часть сокращаемых затрат времени персонала в различных системах является разной. Выполненные расчеты для диспетчерских участков при их оборудовании компьютерными системами ДЦ показали снижение затрат в среднем на 25—45 %.

Однако в условиях возникновения нестандартных и аварийных ситуаций (НС) существует угроза, что персонал не справится с возросшим объемом задач. Такие ситуации возникают сравнительно редко, поэтому персонал не всегда бывает к ним подготовлен из-за отсутствия опыта, что вызывает увеличение загрузки. Кроме того, работа в НС не автоматизирована, поэтому затраты времени оперативных и причастных работников значительны. В этом случае выполняется расчет удельного динамического показателя, который выполняется при возникновении НС в час пиковой загрузки диспетчера.

Для решения задачи формируется карта загрузки, учитывающая плановые объемы работы на основе министерского графика и нормативных показателей местной работы. Дополнительно веса вершин c_j и дуг c_{ij} корректируются с учетом выполнения ремонтно-строительных работ, при устранении неисправностей подвижного состава, устройств и в других НС.

Такие расчеты могут выполняться руководством центра управления как заблаговременно на предстоящий период с учетом плановых «окон», так и оперативно при возникновении затруднений в зоне управления ДНЦ. В первом случае такие расчеты позволяют определить численность диспетчерского персонала с учетом сезонной и суточной неравномерности и рационально организовать сменную работу персонала. Во втором случае расчет выполняется для оценки необходимости привлечения помощника или перераспределения границ зон управления с учетом изменившейся схемы загрузки.

7.6. Информационная модель перевозочного процесса

На практике для оперативного и обслуживающего персонала информационная модель является источником, на основе которого создается образ реальной поездной обстановки и проводится анализ для принятия решений по выработке управляющих действий. Полнота описания информационной модели определяет ее адекватность реальному перевозочному процессу, следовательно — эффективность системы управления. При принятии решения об установке маршрута предварительно необходимо оценить ситуацию на станции по многим составляющим технологического процесса. Поскольку конечной целью перевозочного процесса является целенаправленное перемещение подвижных единиц (поездов, вагонов, локомотивов), то для организации любого перемещения исходными данными является точное знание места назначения, состояния каждой единицы, технологического состояния систем и подразделений, технического состояния устройств.

Обобщенная структура информационной модели технологического процесса представлена на рис. 7.4. Источниками информации для динамического функционирования моделей являются, прежде всего, средства автоматической идентификации подвижных объектов, контроля состояния напольных устройств (стрелок, сигналов, рельсовых участков), устройства диагностики подвижного состава ПОНАБ, ДИСК, КТСМ и др., а также формируемые на основе данных о перемещениях сведения о расположении подвижных единиц на станции. Трудно формализуемые процессы сбора информации о технологическом положении на станции (динамика процессов погрузки/выгрузки на фронтах, исправность технических средств механизации и др.) компенсируются в ходе переговоров и запросов данных.



Рис. 7.4. Структура информационной модели перевозочного процесса

Для обеспечения эффективного функционирования АДЦУ необходимо создание информационной модели (базы), адекватно отражающей ход технологического процесса. Формирование оперативной части информационной базы возлагается на телемеханические системы сбора, передачи, обработки и отображения данных.

Иерархическая структура информационной базы оперативных данных должна обеспечивать совместимость для интеграции на каждом уровне (рис.7.5). Одним из главных принципов является такое построение системы управления движением поездов, когда обеспечивается непосредственная взаимосвязь всех ее функциональных уровней и каждому вышестоящему уровню поступает информация, обработанная на предыдущем. Это исключает необходимость многократной обработки информации и связанные с этим ошибки, а также позволяет существенно сократить объемы информационного обмена. Информация о состоянии контролируемых объектов обрабатывается на уровне станций и по телемеханическим каналам передается в пункт управления АДЦУ дороги. Пользователями информационной базы на уровне полигонов являются поездные диспетчеры, диспетчер дистанции сигнализации и связи, энергодиспетчер, локомотивный диспетчер и старший диспетчер, рабочие места которых объединены в локальную сеть АДЦУ. Информационная база содержит также сведения о действующих предупреждениях и «окнах», поступающие из системы автоматизированной их выдачи АВПОС. Со станций информация передается диспетчерскому аппарату дорожного уровня и руководству дороги. Параллельно оперативные данные о происшедших технологических событиях (прием и отправление поездов) в реальном масштабе времени передаются на дорожный вычислительный центр и являются основой для ведения машинной модели перевозочного процесса на дороге в системе АСОУП. Другим важнейшим требованием, предъявляемым в настоящее время к информационному обеспечению перевозочного процесса, является своевременность и достоверность данных о движе-

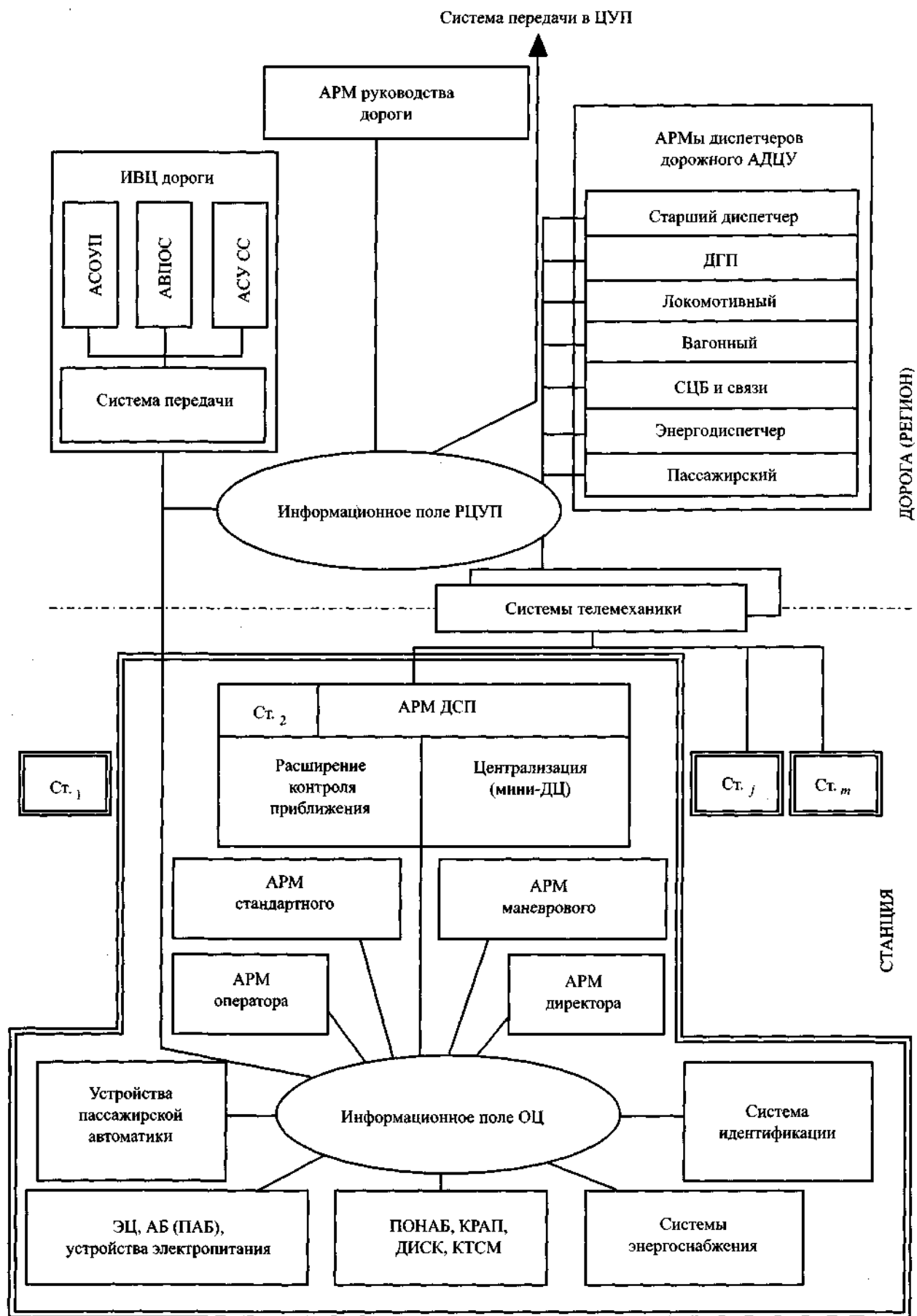


Рис. 7.5. Иерархическая информационная модель полигона управления

нии каждой единицы груза. Зачастую решение этой задачи требует изменения технологии управления перевозками, которая заключается в реструктуризации хозяйственных подразделений и служб.

Обобщенная информационная модель полигона управления представляет собой совокупность списков и массивов в памяти вычислительного комплекса ДЦ, содержащих следующие данные:

- постоянные (путевой план и профиль участков, литеры светофоров, номера путей и стрелок, названия рельсовых цепей и т.д.);
- условно-постоянные (данные о поездах, включая вес состава, род перевозимых грузов, назначение и др.; о локомотивах, локомотивных бригадах; действующих ограничениях скорости; плановых «окнах» для проведения ремонтных работ и т.п.);
- оперативные (состояния объектов контроля).

Эффективность внедрения АЦУ определяется как достоверностью обрабатываемой информации, так и полнотой описания полигона управления в модели перевозочного процесса, поэтому обязательным условием выполнения указанного требования является формирование информационной картины не только главных направлений, но и малодейственных участков (на сети дорог 50—70 % участков являются малодейственными). Это требует как минимум повсеместного внедрения систем диспетчерского контроля. Учитывая то обстоятельство, что максимальная экономическая эффективность достигается только при диспетчерском управлении, все промежуточные станции малодейственных участков, оборудованные устройствами ЭЦ, следует включать на кодовое управление. Техническую проблему в этом случае составляют участки, оборудованные ПАБ, поскольку отсутствие датчиков занятости перегонов требует дополнения ПАБ устройствами контроля прибытия поезда в полном составе, например, на основе счетчиков осей. Внедрение компьютерных систем ДЦ на малодейственных участках позволит сократить оперативный персонал на станциях, что соответственно уменьшит эксплуатационные расходы и повысит эффективность внедрения дорожных и региональных АЦУ.

7.7. Автоматизация управления движением поездов

При ДЦ всю работу по приему и отправлению поездов выполняет поездной диспетчер путем передачи команд ТУ на станции участка. Автоматизация основных функций диспетчера — запоминание и оценка обстановки на участке, планирование движения и реализация этого плана путем задания маршрутов — в значительной степени облегчают его труд, сохраняя за ним обязанность контроля за движением поездов, оперативной корректировки и вмешательства в аварийных ситуациях.

Для высвобождения ДНЦ от непрерывного контроля за использованием маршрутов с целью своевременного задания очередного в ЭЦ отдельных пунктов проектируются *функции накопления маршрутов*. Это требует дополнительных технических мероприятий по исключению перевода стрелок, накопленных враждебным маршрутом, при преждевременном размыкании секций предыдущего маршрута вследствие кратковременной потери шунта. Аппаратная реализация этой задачи обеспечивается задержкой включения реле стрелочно-путевых секций путем использования реле с термоконтактом или медленнодействующих повторителей.

Если какая-либо стрелка маршрута не переводится в требуемое положение, предусматривается *автоматический двукратный перевод* и возвращение в исходное положение после неудавшихся попыток. Когда диспетчер занят работой с другими станциями, это исключает продолжительную работу двигателя стрелки на фрикцию при попадании посторонних предметов или напрессовке снега в зимнее время между острием и рамным рельсом (и, как следствие, возможное перегорание обмоток стрелочного двигателя).

Освобождение ДНЦ от рутинных операций по заданию маршрутов обеспечивается автоматическим управлением устройствами на станциях. Это не только освобождает диспетчера от повторяющихся операций, но и уменьшает задержки при неисправностях аппаратуры или линии ДЦ.

На двухпутных участках по главным путям станции предусматривается *автодействие* входных и выходных сигналов. В этом режиме исключается перевод стрелок, а светофоры автоматически открываются на разрешающее сигнальное показание после проследования поезда.

На станциях с путевым развитием метрополитенов проектируются устройства *автоматического оборота* составов. Задание этого режима производится после установки маршрута с главного станционного пути на путь автоматического оборота и открытия светофора при условии отсутствия заданных враждебных маршрутов. После открытия светофора на разрешающее показание поездной диспетчер передает на КП команду «Автооборот» для соответствующего станционного пути. Когда состав проследовал на станционный путь оборота и освободил стрелочно-путевые секции маршрута, автоматически устанавливается маршрут и светофор выдает разрешающее показание для выхода состава на другой главный станционный путь. После освобождения оборотного пути и использования секций предыдущего маршрута, вновь автоматически устанавливается маршрут с главного станционного пути на путь оборота. Цикл оборота повторяется до его отмены.

Режимом *зонного автоматического оборота* оборудуются, как правило, несколько станций на линии. Функционально он аналогичен предыдущему режиму. Отличие состоит в том, что автооборот выполняется не для каждого поезда, а в зависимости от выбранного вида через 1 или через 2 поезда, прибывающих на станцию.

Дополнительным элементом к постовым устройствам ЭЦ при диспетчерском управлении могут служить устройства автоматической установки поездных маршрутов (АУМ). Наибольшую эффективность обеспечивает применение АУМ на промежуточных станциях с незначительной маневровой работой на участках с ДЦ. В этом случае маршруты, задаваемые автоматически, составляют 60—80 % общего их числа, а экономия рабочего времени диспетчера при оборудовании станций участка устройствами АУМ — около 25 %.

Оптимальное число путей, оборудуемых АУМ, составляет:

- три на разъездах и станциях с поперечной схемой путевого развития, расположенных на однопутных участках;
- по два на разъездах и станциях с продольной схемой, расположенных на однопутных участках;
- по одному для каждого направления движения на станциях с двухпутным подходом.

Включение или отключение устройств АУМ может осуществляться по приказам, поступившим от поездного диспетчера или нажатием специальных кнопок на пульте резервного управления дежурным по станции. В последнем случае обеспечивается снижение загрузки дежурных на станции.

АУМ приема начинается с момента вступления поезда на третий от входного светофора блок-участок приближения, чем исключается снижение скорости поезда на подходе к станции до открытия входного светофора. При нахождении поезда на третьем участке приближения в случае занятости горловины или отсутствии свободных станционных путей АУМ происходит с соблюдением условий безопасности при движении по второму или первому блок-участку. Если на прилегающем перегоне менее трех блок-участков, АУМ начинается с момента фактического нахождения на предыдущем раздельном пункте или перед ним так, чтобы обеспечивалось три блок-участка.

АУМ отправления с какого-либо пути начинается с открытия входного или маршрутного светофора на этот путь, причем осуществляется при условии, что маршрут приема на это путь также выполнялся устройствами АУМ. Маршрут отправления автоматически не выполняется при:

- установке маршрута приема диспетчером;
- открытии выходного светофора с пути встречного направления по отношению к АУМ приема.

Выбор путей приема и очередность маршрутов отправления определяется настройкой программы АУМ.

Однако АУМ нельзя рассматривать как средство, значительно повышающее эффективность управления движением поездов. Такая система не рассчитана на регулирование движением с учетом категорий и приоритета в поездной ситуации на участке, поэтому работает без участия диспетчера только ограниченное время, которое тем меньше, чем больше размеры движения. Это относится и к функции накопления маршрутов и системам программного управления. С увеличением числа накопленных маршрутов возрастает число событий, требующих напоминания диспетчером, и возрастает вероятность внесения корректировок при отклонениях поездов от графика. Практически ДНЦ использует накопление в очереди только одного враждебного маршрута на станции. Программное управление становится возможным лишь при достаточно точном соблюдении графика, так как при больших размерах движения даже незначительное отклонение поезда от расписания оказывает влияние на движение группы поездов в соответствии с очередностью по графику.

Основой эффективной АУМ на полигоне ДНЦ является прогнозный график, в котором увязываются исполненный и плановый графики. Результаты компьютерного прогнозирования, согласованные диспетчером на предстоящий период планирования, могут быть автоматически реализованы в задаче «Автодиспетчер» передачей команд установки маршрутов на станции участка в соответствующие интервалы времени. Такая функция обеспечивает сокращение отклонений поездов от графика и более высокую скорость грузовых поездов за счет наиболее целесообразного выбора пунктов скрещения и обгона.

На участке ДЦ с компьютерными контролируруемыми пунктами функции АУМ реализуются без дополнительных аппаратных средств (стативов) на программном уровне. При этом на основе рассмотренных алгоритмов обеспечивается возможность включения в АУМ всех путей на станции. Принципиально новая задача АУМ может быть реализована при условии передачи центральным постом массива данных прогнозного графика с периодическим его обновлением при изменениях планирования пропуска поездов. Такой подход обеспечивает реализацию режима АУМ по согласованному диспетчером машинному плану, в отличие от существующего подхода, когда прием и отправление поездов осуществляется по упрощенным алгоритмам. Кроме того, что в режиме автоматического управления на основе прогнозного графика достигается сокращение рутинных операций, оптимизируется загрузка канала тракта телеуправления, возрастает временной интервал обеспечения непрерывности перевозочного процесса по запланированной диспетчером схеме в случае нарушений передачи данных между центральным постом и КП. Эффективность реализации этой функции возрастает при вводе устройств автоматической идентификации номеров поездов с возможностью прогноза не только поездной, но и местной работы станции.

Глава 8. Системы автоматизации и механизации на сортировочных станциях

8.1. Технология работы сортировочной станции

Основной работой сортировочной станции [28] является сортировка вагонов по назначениям и формирование из них поездов всех категорий в соответствии с планом формирования, который составляется для каждой сортировочной станции; подготовка поездов в техническом и коммерческом отношении, а также пропуск транзитных поездов без переработки и с частичной переработкой. Кроме того, на этих станциях меняют локомотивы и бригады, ремонтируют вагоны, выполняют грузовые операции и т.д.

Сортировочные станции сооружают в районах образования и погашения значительных грузопотоков: на подходах к промышленным центрам и в крупных железнодорожных узлах. Эти станции могут состоять из одной сортировочной системы (односторонние) или двух (двусторонние) (рис. 8.1).

Сортировочная система включает технологически связанные парки прибытия ПП1 (ПП2), сортировки СП3 (СП4) и отправления ПО5 (ПО6), которые могут располагаться последовательно или параллельно. Наибольшая производительность переработки вагонопотоков достигается при последовательном расположении парков, где сортируемые вагоны следуют через них в одном направлении. Параллельное расположение парков влечет необходимость перестановки составов из одного парка в другой угловыми заездами через вытяжные пути, что удлиняет и усложняет маневрирование.

Двусторонние сортировочные станции строят там, где производительность существующей односторонней станции оказывается недостаточной. Остановить на время реконструкции работу сортировочной станции невозможно по причине огромных потерь в организации перевозок, поэтому приходится сооружать рядом вторую сортировочную систему.

Каждая сортировочная система перерабатывает вагонопоток одного (нечетного или четного) направления, поэтому, если вагоны четного (нечетного) направления необходимо после сортировки отправить в нечетном (четном) направлении, то их приходится передавать из сортировочного парка четной (нечетной) системы в парк прибытия нечетной (четной) системы и сортировать повторно. Такие вагонопотоки называют *угловыми вагонопотоками*. На крупных двусторонних станциях количество подобных вагонов измеряется сотнями в сутки, что существенно увеличивает затраты на переработку вагонопотоков, поэтому наилучшим решением является строительство односторонней сортировочной станции, путевое развитие и оборудование которой обеспечит переработку перспективного вагонопотока на достаточно длительный период.

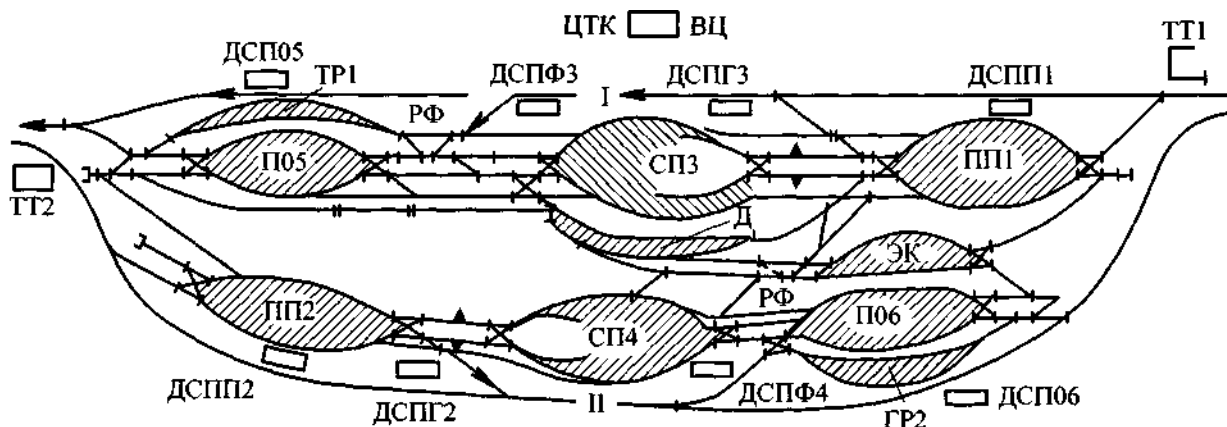


Рис. 8.1. Схема двусторонней сортировочной станции

Предназначенные для расформирования поезда (см. рис. 8.1) принимают в ПП1 (ПП2), во входной горловине которого располагаются телеграфисты ТГ1 (ТГ2). Они считывают и передают по телетайпу номера проходящих вагонов в станционный технологический центр по обработке поездной информации и перевозочных документов (СТЦ) и вычислительный центр (ВЦ). На некоторых станциях для выполнения этой операции используют телевизионные установки. Машинисты прибывающих поездов опускают грузовые документы в приемные устройства, откуда их доставляют в филиал СТЦ, а затем по пневмопочте — в СТЦ.

После проверки размещения состава в пределах полезной длины пути и его закрепления тормозными башмаками дежурный по парку прибытия (ДСПП) разрешает машинисту отцепить локомотив и в момент отсутствия враждебных передвижений по открытому маневровому светофору следовать в депо (Д). Далее дежурный ДСПП совместно с оператором пункта технического осмотра (ПТО) включают ограждение состава, чем исключаются маршруты на огражденный путь, и предъявляют состав работникам вагонной и грузовой служб для технического и коммерческого осмотров. При коммерческом осмотре проверяют сохранность и крепление груза, при необходимости дополнительно закрепляют груз, а при техническом — исправность вагонов и для обеспечения скатывания их с горки отпускают тормоза. К проверенному составу после снятия ограждения со стороны входной горловины ПП подается горочный локомотив, и ДСПП после согласования действий с дежурным по горке (ДСПГ) открывает светофор для надвига состава на горку с соответствующего пути (рис. 8.2).

Маршрутный светофор НМ4 с пути 4БП парка ПП и повторитель горочного светофора ПГ2 по маршруту движения состава повторяют показания горочного светофора Г2, управляемого ДСПГ. Попутные маневровые светофоры (в данном случае М224) загораются лунно-белыми огнями до прохода их составом. Обычно желтому огню соответствует скорость роспуска 3—4 км/ч, желтому с зеленым — 5—6 км/ч и зеленому — 7—8 км/ч. Точные значения скоростей роспуска устанавливаются приказом начальника дороги с учетом особенностей горки. Для облегчения восприятия сигналов машинистами применяют горочную локомотивную сигнализацию (ГАЛС). О необходимости изменения скорости движения состава ДСПГ информирует машиниста по радио. Место установки горочного светофора должно обеспечивать хорошую видимость его показаний машинистом в случае остановки локомотива с одним вагоном перед вершиной горки ВГ.

Наличие нескольких путей надвига позволяет выполнять параллельный надвиг составов. Во время роспуска по одному из путей (4БП) ДСПГ имеет возможность включить желтый огонь на повторителе горочного светофора ПГ3 другого пути надвига (режим подтягивания). В этом случае второй состав может продвинуться с пути 5БП или 6БП по желтому огню на маршрутном светофоре НМ5 или НМ6 до светофора ПГ3, а если к тому времени горка освободится, то без остановки начать роспуск. Для своевременной остановки надвигаемых составов, в случае задержки роспуска, перед каждым из светофоров ПГ1—ПГ3 выделяется изолированный участок, с занятием которого соответствующий повторитель горочного светофора (например, ПГ3) и все светофоры по маршруту подтягивания закрываются. Длина участка (2ГП, 216—218СП и 214—220СП) должна соответствовать длине тормозного пути надвигаемого состава с учетом установленной скорости движения на желтый огонь, его максимальному весу и серии горочного локомотива. При этом следует учитывать, что тормоза состава выключены и его остановка осуществляется только тормозами локомотива. Длина этого участка не должна быть менее 50 м.

Перед роспуском состава с горки ДСПГ и расцепщики (составители) получают из СТЦ или ВЦ сортировочный листок с указанием числа вагонов в отцепах и номеров путей их скатывания, а при необходимости и особых условий роспуска. При наличии соответствующих устройств число вагонов в двух- или трехочередных отцепах указывают на маршрутных указателях, устанавливаемых перед горочным светофором. Подъем пути (противоуклон) перед вершиной горки обеспечивает сжатие автосцепок состава для возможности расцепки вагонов и удержания отцепленных вагонов при остановке состава.

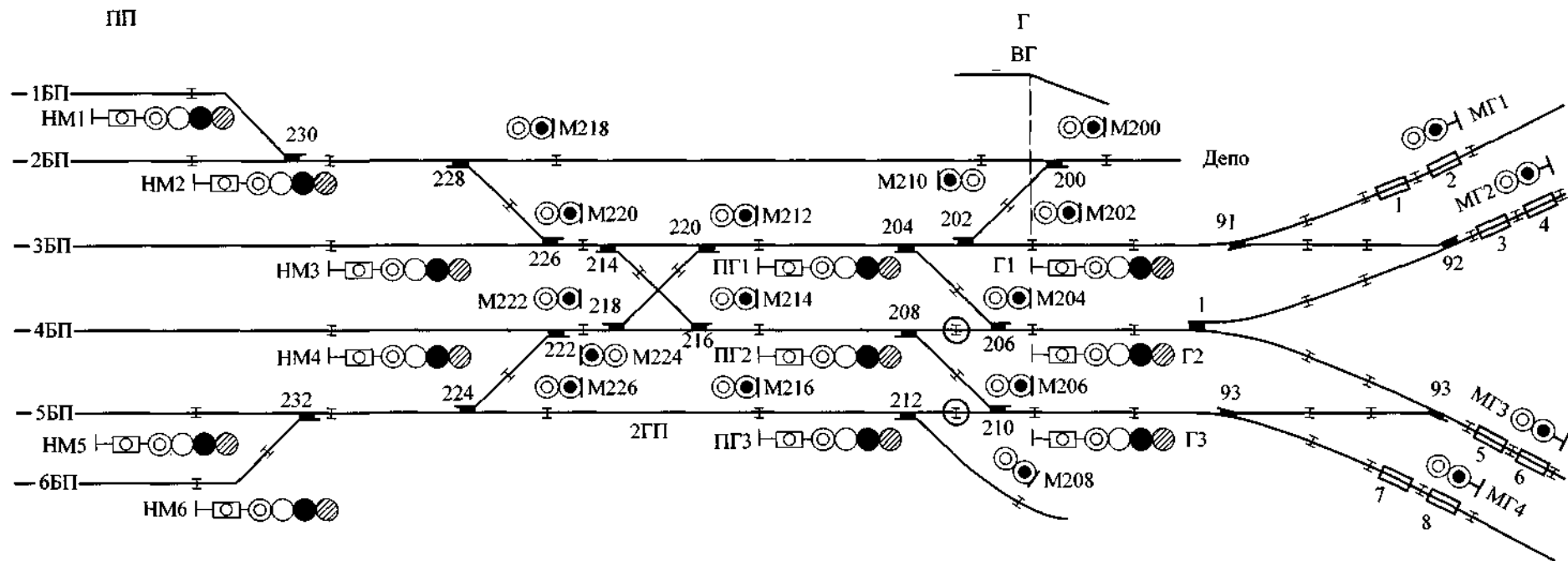


Рис. 8.2. Схема соединения парка прибытия и горки

Процесс расцепки, который пока не механизирован, ограничивает скорость роспуска и не всегда протекает успешно. Если место расцепки вагонов проходит вершину горки и автосцепка растягивается, то необходимо оттягивание состава на противоуклон. В этом случае ДСПГ включает на горочном светофоре красный огонь с буквой Н (назад) на указателе и передает команду машинисту по радио. Одновременно попутные оттягиванию маневровые светофоры М204, М214 и М222 загораются лунно-белыми огнями, а встречные — закрываются.

Перемещение состава может оказаться таким, что потребует занятия горловины и даже пути ПП. Следовательно, с пути 4БП размыкание стрелок между светофорами НМ4, М222 и освобождение пути 4БП для приема поездов произойдет только после освобождения составом участка длиной не менее 50 м за светофором М222 (216—218СП), т.е. стрелки размыкаются группами секций в момент удаления состава на указанное расстояние за каждый встречный маневровый светофор. В результате за составом сохраняется неразомкнутая часть маршрута, которую можно использовать для оттягивания.

Задержки в освобождении путей и горловины ПП могут стать особенно значительными и неоправданными в случае остановки распускаемого состава без необходимости оттягивания, поэтому ДСПГ дается возможность нажатием кнопки «Отказ от осаживания» разрешить размыкание изолированных секций в момент их освобождения, при этом включение на горочном и маршрутных светофорах буквы Н исключается. Чтобы ускорить освобождение предгорочной горловины ПП для пересекающихся маршрутов в каждую изолированную секцию следует включать не более одной стрелки.

При наличии нескольких путей для скатывания вагонов с горки (см. рис. 8.2, три пути) становится возможным параллельный роспуск составов. В этом случае сортировочную систему делят на два полукомплекта так, чтобы маршруты приема, надвига, роспуска и отправления не пересекались. Вагоны, предназначенные для другой половины, направляются сначала на один из путей своей половины, а после накопления достаточного их числа повторно распускаются на пути другой половины. В среднем параллельный роспуск составов дает повышение производительности горки по сравнению с последовательным, только если повторно сортируемых вагонов не более 5—10 %. Однако неравномерное поступление поездов в расформирование может оправдать параллельный роспуск при более высоком проценте повторной сортировки, которую можно выполнять в периоды разреженного прибытия поездов. Анализируя сортировочные листки (программы роспуска) в зависимости от количества вагонов, подлежащих повторной сортировке, ДСПГ принимает решение о целесообразности параллельного или последовательного роспуска составов по среднему пути в обе половины сортировочного парка. При неудачной структуре вагонопотока параллельный роспуск может стать невыгодным для станции и не оправдать затрат на путевое развитие и централизацию.

В процессе роспуска вагоны могут временно направляться на «чужие» пути или не докатываться до нужного места, что требует их перестановки или осаживания горочным локомотивом. При таком осаживании возникает опасность столкновения подвижных единиц в выходной горловине СП — в районе формирования (РФ). Для исключения этого следует своевременно остановить горочный локомотив. Такая задача возлагается на дежурного района формирования (ДСПФ), который должен сообщить о необходимости остановки локомотива ДСПГ, а последний — машинисту горочного локомотива. Безопасность этой операции повышается при наличии прямой радиосвязи ДСПФ с машинистом горочного локомотива.

Кроме того, для исключения выхода вагонов с каждого пути сортировочного парка в его выходную горловину, в конце пути СП при отсутствии там маневрового локомотива должны устанавливаться тормозные башмаки или переводиться в ограждающее положение дистанционно управляемое ограждающее устройство.

Маневровые передвижения создают опасность взреза стрелок или вступления локомотива на неотторможенный замедлитель. Один из путей исключения этого — выполнение передвижений по маневровым сигналам. Однако необходимость сокращения длин маневровых рейсов для наибольшего совмещения их с роспуском составов потребовала бы столь частой установки ма-

невровых светофоров, которую не удается реализовать из-за габаритных ограничений, поэтому почти все передвижения в горочной горловине выполняют по командам ДСПГ, передаваемым машинистам по радио. Маневровые светофоры используют для ограждения ремонтируемых замедлителей (МГ1 — МГ4) и выезда в зону ПП (М200 — М208), а также совмещают с горочными светофорами и их повторителями.

После накопления состава необходимой длины или веса на путь СП (см. рис. 8.1) со стороны РФ по команде ДСПФ заезжает маневровый локомотив для перестановки вагонов в соответствии с правилами формирования составов. Не допускается размещать вагоны с горючими и взрывоопасными грузами рядом с локомотивом или вагонами, где находятся люди, а также вагоны с выключенными тормозами в голове и хвосте состава и т.д.

Закончив формирование состава, дежурный ДСПФ запрашивает у ДСПГ согласие на соединение вагонов и после его получения дает по радио команду машинисту начать движение в сторону горки. ДСПГ принимает на себя ответственность за своевременную остановку состава в пределах полезной длины пути и, заметив начало движения последнего вагона на пути осаживания в сторону горки, сообщает об этом ДСПФ. Последний передает машинисту команду остановки и оттягивания состава к предельному столбику, а дежурный ДСПГ контролирует начало движения всего состава в обратную сторону. Если последний вагон состава не пришел в движение в сторону РФ, то это означает, что сцепление состава не произошло. ДСПГ сообщает об этом ДСПФ, который дает команду машинисту повторить осаживание и оттягивание состава. Выполнение этих операций облегчается и ускоряется при наличии прямой радиосвязи дежурного ДСПГ с машинистом маневрового локомотива, работающего в РФ.

При отсутствии враждебных маршрутов и наличии согласия дежурного по парку отправления ДСПО ДСПФ дает машинисту указание о перестановке (выставлении) состава в ПО.

Одновременные перемещения двух подвижных единиц с путей одного пучка на вытяжной путь исключаются схемой путевого развития (рис. 8.3). Кроме того, неравномерное поступление отцепов со стороны горки вызывает необходимость подтягивания до 10 % сформированных составов на стрелки выходной горловины СП, поэтому для пучка путей достаточно группового светофора с маршрутным указателем номера пути СП у начала каждого вытяжного пути (ЧМ302, ЧМ304, ЧМ306).

Поскольку маневровый состав останавливается только с помощью тормозов локомотива (тормозная система состава не соединена и не наполнена воздухом), то его скорость не превышает 10—15 км/ч. Информацию о длине свободной части маршрута (до попутного маневрового светофора, на путь ПО вслед отправляемому поезду или на свободный путь) машинист получает по радио. Для маршрутов передачи составов на свободный путь ПО используют желтый огонь светофора, а на занятый — лунно-белый.

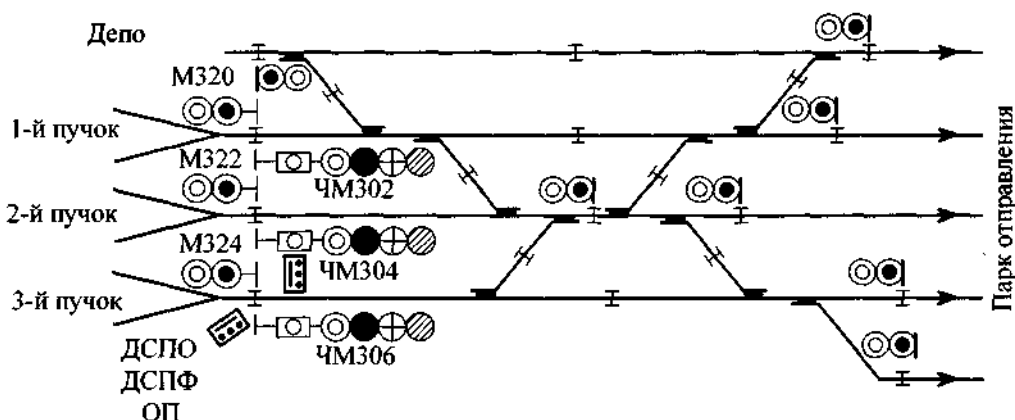


Рис. 8.3. Схема соединения района формирования и парка отправления

Для обеспечения возможности одновременной работы на одном пучке путей со стороны РФ двух и более локомотивов (один переставляет состав, а другой — формирует, осаживает или подтягивает состав), при открытии группового светофора с пучка путей (ЧМ302, ЧМ304, ЧМ306) стрелки пучка не должны замыкаться. В противном случае работа в РФ может быть скована настолько, что придется осуществлять перестановку составов без открытия этих светофоров и проверки с помощью ЭЦ положений стрелок, создавая угрозу их взреза.

После остановки состава в пределах полезной длины пути ПО и закрепления состава ДСПО разрешает машинисту отцепить локомотив и по согласованию с ДСПФ открывает маневровые светофоры для возвращения локомотива на один из вытяжных путей РФ.

Таким образом, в районе РФ выполняется интенсивная маневровая работа, при которой более 40 % передвижений составляют передачи локомотивов и групп вагонов с одного пути СП на другой. Из-за габаритных ограничений маневровые светофоры для маршрутов на пучок путей СП удается разместить только у начала вытяжного пути (М320, М322, М324). Выезды за эти светофоры неоправданно удлиняли бы маневровые рейсы, поэтому от маршрутизированных передвижений приходится отказываться и использовать радиосвязь. На некоторых станциях для каждого пучка имеется и маневровая колонка. Такая система требует четыре оператора на колонку, а нагрузка ДСПФ увеличивается, поскольку он передает операторам команды, которые ранее поступали к стрелочникам, и управляет передвижениями на вытяжных путях.

Перестановка вагонов с одного пути пучка на другой требует выхода состава на вытяжной путь. ДСПФ замыкает стрелки в направлении вытяжного пути и включает на соответствующих светофорах обоих направлений лунно-белые огни.

При необходимости передачи вагонов с одного пучка на другой приходится передавать управление стрелками от операторов ДСПФ, освободив вытяжной путь, а затем использовать маневровые светофоры. Потери времени на освобождение вытяжных путей за смену превышают 1 ч, поэтому на ряде станций местное управление в районе РФ применяют только для пучков путей, на которых формируют сборные поезда. Время формирования сборного поезда составляет около 1 ч, а число сборных поездов за смену — не более трех. Расчеты показывают, что при управлении РФ с четырьмя пучками путей нагрузка ДСПФ превышает норму, а оператор маневровой колонки занят всего 3 ч в смену. Следовательно, если отказаться от местного управления и разместить оператора за общим пультом с ДСПФ, то они смогут управлять РФ, включающим 5–6 пучков путей. При этом исключаются задержки, связанные с передачами управления стрелками.

Анализ работы ДСПФ показывает, что при отсутствии видимости передвижений требуется примерно 1 ч в смену на запросы по телефону и радиосвязи для выяснения мест расположения локомотивов, прогнозирование окончания работ и т.д. Увеличивается объем запоминаемой информации и число ошибок в работе, а также затрудняется обеспечение безопасности передвижений, особенно при повреждениях ЭЦ. Когда отсутствует видимость передвижений, контроль над осаживанием составов горочными локомотивами приходится поручать составителям, которые затрачивают на эту операцию до 3 ч в смену. При этом не исключаются задержки с передачей команд машинистам о прекращении осаживания, что создает опасность взреза стрелок и столкновения подвижных единиц.

Работу, которую должен визуально контролировать ДСПФ, выполняют на путях и стрелках СП в зоне до вытяжных путей, поэтому он должен располагаться лицом в сторону путей СП так, чтобы видеть движение составов, осаживаемых со стороны горки и все стрелки выходной горловины СП. Пост централизации лучше всего располагать между вытяжными путями, а при невозможности — сбоку от них, со стороны того пучка путей, на котором формируют сборные поезда.

В выходных горловинах СП допускалась укладка стрелочных переводов марок 1/9 и 1/11 без рельсовых вставок (рис.8.4) и со вставками не менее 4,5 м. Установка изолирующих стыков в начале предстрелочного участка 2РЦ возможна не ближе переводной кривой предыдущего стрелочного перевода. При этом длина предстрелочного участка получается равной 16,83 м, общая длина рельсовой цепи стрелочного перевода марки 1/9 — 29,83 м, а марки 1/11 — 34,3 м. Обеспечить чередование фаз источников питания соседних рельсовых цепей здесь не удастся,

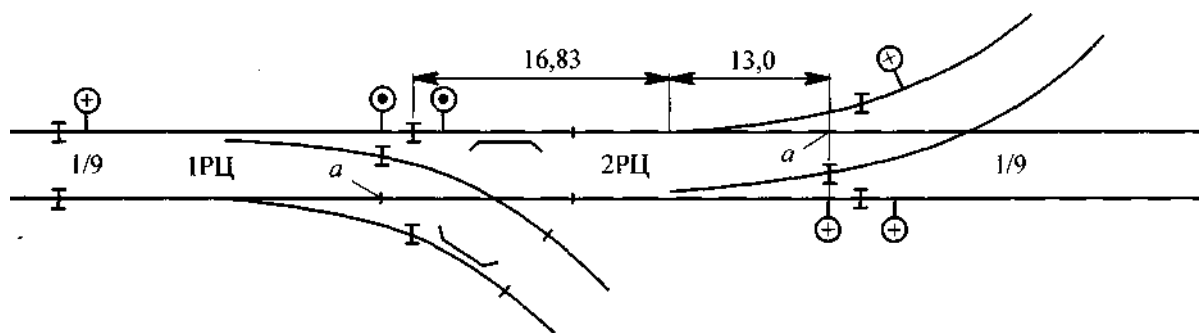


Рис. 8.4. Стрелочные рельсовые цепи в районе формирования

поэтому изолирующие стыки в точках *a* не устанавливают. Для исключения срабатывания путевого реле от источника питания соседней рельсовой цепи следует по обе стороны изолирующего стыка размещать питающие концы 1РЦ и 2РЦ.

Наблюдения за сортировкой вагонов толчками в выходных горловинах СП показывают, что без снижения темпа работ можно допустить максимальную длину предстрелочного участка равной 22 м, а максимальную общую длину рельсовой цепи — 40 м. Это позволяет использовать стрелочные электроприводы нормального действия со схемами управления, применяемыми при ЭЦ. Использование в РФ ускоренного перевода стрелок влечет повышенный износ аппаратуры и дополнительные затраты на техническое обслуживание стрелочных переводов.

Хорошая видимость ДСПФ передвижений, небольшие скорости и достаточные длины предстрелочных участков позволяют не замыкать стрелки при маневрах и выполнять их по командам ДСПФ, передаваемых машинистам по радио. Замыкание стрелок можно предусматривать при отправлении поездов из СП.

ДСПО совместно с оператором ПТО ограждает путь и предъявляет выставленный состав для технического и коммерческого осмотров. После сообщений об исправности состава ограждение снимают, и ДСПО разрешает машинисту движение на соответствующий путь и прицепку поездного локомотива. Дежурный по путям ПО получает из СТЦ по пневматической почте пакет грузовых документов и вручает их машинисту. Работники вагонной службы опробывают тормоза и вручают машинисту справку установленной формы. После получения сообщения о готовности поезда ДСПО согласует возможность отправления с поездным ДНЦ и дежурным соседней станции, готовит маршрут и открывает выходной светофор.

Поезда, проходящие сортировочную станцию без расформирования, принимают в транзитные парки ТР1 и ТР2 (см. рис. 8.1), где производят смену локомотивов и готовят поезда к отправлению.

Работой сортировочной системы управляет маневровый (ДСЦ), которому подчинены дежурные по паркам и горке, а также работники СТЦ. Неравномерность прибытия и отправления поездов, обусловленная возможностями их пропуска по прилегающим участкам, создает затруднения, которые ДСЦ должен предвидеть и преодолевать. Для приема поездов нужны свободные пути ПП, которые освобождаются при роспуске составов, который возможен при достаточной вместимости путей в СП, обеспечиваемой формированием и выставлением составов в ПО, откуда их необходимо своевременно отправлять. Следовательно основной целью ДСЦ является отправление наибольшего числа поездов по графику, а при возможности и дополнительных, не допуская простоя поездных локомотивов.

Таким образом, ДСЦ должен по каждой нитке графика за 1—1,5 ч принимать решение о возможности подготовки поезда к отправлению или об отказе от поездного локомотива. Для этого требуется информация о ходе технологического процесса, происходящего с каждым поездом, на основе которой ДСЦ прогнозирует и при необходимости меняет моменты прибытия, роспуска, накопления, формирования, выставления и отправления поездов.

Координация взаимодействия сортировочных систем двусторонней станции является целью станционного (ДСЦС). Прогнозируя загрузку систем, он распределяет между ними поезда и локомотивы, регулирует обмен передаточными составами, организует взаимодействие с поездными и локомотивными диспетчерами.

На большинстве сортировочных станций посты централизации размещают на горках, в парках прибытия, формирования и отправления. В итоге число постов на односторонних станциях равно четырем, а на двусторонних — восьми (см. рис. 8.1). Преимуществами такого решения являются возможность поэтапного строительства ЭЦ по мере выделения средств, сохранение работоспособности системы при отказах постовых устройств, сокращение расхода сигнального кабеля. Недостатками являются потери в работе станции из-за несогласованности в действиях постов, неравномерная загрузка оперативного персонала, повышенный расход на строительство и техническое обслуживание зданий и устройств. Поскольку на горке и в РФ необходима непосредственная видимость передвижений, то число постов централизации в сортировочной системе можно сократить до двух.

Важное значение приобретает размещение оперативного персонала. В случае расположения дежурных ДСПП и ДСПГ в разных помещениях первый не может оценивать ситуацию на горке, а второй — в ПП. Главное в работе сортировочной станции — обеспечение наибольшей производительности горки, поэтому, не ожидая окончания роспуска состава, ДСПГ дает согласие, а ДСПП открывает светофор для надвига следующего состава. Однако роспуск может задержаться (нерасцеп и т.п.), что вынуждает ДСПГ не давать команду начала движения следующему составу, маршрут надвига которого нередко задерживает передачу поездных локомотивов в депо. Передача управления ПП к ДСПГ недопустима из-за его перегрузки.

Если разместить дежурных ДСПП и ДСПГ за общим пультом (рис. 8.5), то оценка указанных ситуаций облегчается, что позволяет, задержав на 1 мин установку маршрута надвига, пропустить поездной локомотив в депо. После окончания роспуска ускоряется пропуск горочных локомотивов к надвигаемым составам. В этих условиях становится возможным попутный надвиг, поскольку информация о занятии изолированных секций на табло ЭЦ позволяет дежурным контролировать интервалы между составами и регулировать скорость надвига посредством радиосвязи с машинистами и маневровых светофоров. Технология параллельного роспуска требует присутствия второго дежурного по горке. На каждые два-три пучка путей СП назначают оператора (ОП1, ОП2). Указанный персонал размещается в остекленном эркере горочного поста. Объединенное управление подсистемой ПП-Г дает большую экономию средств за счет того, что отпадает необходимость в строительстве и содержании поста ЭЦ в ПП, а также сокращаются потери в эксплуатационной работе. При этом загрузка каждого дежурного уменьшается на 10—15 %.

Длины вытяжных путей РФ (см. рис. 8.3) часто оказываются недостаточными для выполнения всех маневров. Это вызывает необходимость выездов составов на стрелки и пути ПО. При размещении ДСПФ и ДСПО на разных постах управления такими передвижениями требуются сложные схемы увязки, замыкания стрелок и включения лунно-белых огней на светофорах, а при наличии маршрутов отправления из СП — двойное управление стрелками.



Рис. 8.5. Размещение персонала в Центре управления двусторонней сортировочной станцией

Не располагая индикацией обстановки в ПО, ДСПФ не может прогнозировать возвращение маневровых локомотивов, что затрудняет пропуск их в СП и планирование работы. В случае передачи управления входной горловиной ПО ДСПФ сложные схемы увязки сохраняются, а его загрузка превышает допустимую, поскольку нужно управлять дополнительными передвижениями.

Значительные преимущества открываются при размещении дежурных ДСПО и ДСПФ за общим пультом в РФ. В этих условиях появляется возможность управления стрелками и светофорами в районе вытяжных путей и входной горловины ПО с помощью кнопок, дублированных на пультах обоих дежурных без дополнительных схемных зависимостей. При этом каждый дежурный получает возможность устанавливать маршруты, относящиеся к сфере его деятельности, и оказывать помощь соседу. Совместный обзор табло ЭЦ и РФ, а также непосредственное общение оперативного персонала при согласовании действий позволяют сократить простои подвижных единиц. Совместные размещения ДСПФ и ДСПО, а также ДСПП и ДСПГ возможны только при наличии высококачественной радио- и телефонной связи, не требующей повышения голоса. Экономичность предлагаемого решения обуславливается строительством одного поста ЭЦ вместо двух, сокращением длин инженерных сетей и кабелей, аппаратуры и задержек в передвижении.

Исследования труда маневровых и станционных диспетчеров показывают, что примерно 40 % рабочего времени они затрачивают на расчеты, 30 % — на переговоры и 25 % — на поиск и считывание информации. Следовательно необходимо автоматизировать их информационное обеспечение, включая расчеты прогнозируемого времени завершения технологических операций. Эти задачи решаются в автоматизированной системе управления сортировочными станциями (АСУ СС. Поскольку, значительное количество информации, получаемой диспетчерами по телефону, отображается на табло ЭЦ, то размещать маневровых диспетчеров четной (ДСЦЧ) и нечетной (ДСЦН) сортировочных систем, а также станционного диспетчера (ДСЦС) следует в аппаратном зале центрального горочного поста (см. рис. 8.5) перед общим табло ЭЦ, на котором отображается ситуация всей станции и на подходах к ней. На односторонних станциях перед табло ЭЦ следует размещать маневрового (станционного) диспетчера. Получение диспетчерами точной информации, а также удобство непосредственного общения способствует лучшему взаимопониманию и сокращению потерь в эксплуатационной работе. При невозможности размещения маневровых ДНЦ перед табло ЭЦ необходимо их обеспечить информацией, имеющейся на нем с помощью устройств компьютерного телеконтроля.

Таким образом, организация управления сортировочными станциями включает: размещение ДСПФ и ДСПО перед общим табло ЭЦ, которое устанавливают с учетом видимости передвижений в выходной горловине СП; расположение ДСПП и ДСПГ за общим пультом в эркере горочного поста; размещение маневровых и станционных диспетчеров перед общим табло в зале центрального поста, совмещенного с одним из горочных постов.

8.2. Сортировочная работа на станциях

Для сортировки вагонов применяют сортировочные горки и вытяжные пути со стрелочными горловинами на уклоне или площадке. Способы сортировки вагонов можно разделить на роспуск, толчки локомотивом и перестановку вагонов.

Роспуск возможен, если состав перед расцепкой сжат благодаря наличию противоуклона, что позволяет расцеплять движущие вагоны, а высота горки обеспечивает продвижение всех вагонов на пути СП в самых трудных условиях скатывания. Отсутствие противоуклона на вытяжных путях вызывает необходимость сжатия состава локомотивом перед расцепкой вагонов, а недостаток высоты требует придания отцепам с повышенным сопротивлением движению большей начальной скорости за счет толчка локомотивом. При торможении в момент толчка состав растягивается и для расцепки вновь становится необходимым его сжатие, поэтому цикл работы с каждым отцепом включает: сжатие состава, расцепку вагонов, разгон состава до скорости толчка очередного отцепа и торможение состава. Перестановка вагонов локомотивом является наименее эффективным способом, но его приходится применять для сортировки вагонов, требующих повышенной осторожности.

8.3. Типы сортировочных горок

В соответствии с [25], [31] сортировочные горки повышенной мощности (СГПМ) проектируют для переработки в среднем не менее 5500 вагонов в сутки или при числе путей в СП 40 и более, а также в условиях структуры вагонопотока и путевого развития парков станции, обеспечивающих применение параллельного роспуска. СГПМ должны иметь не менее трех путей надвига и двух—четырёх спускных путей, причем горбы горок следует проектировать на одном уровне, соответствующем трудным климатическим условиям для скатывания вагонов.

Сортировочные горки большой мощности (СГБМ) проектируют для переработки в среднем 3500—5500 вагонов в сутки или при 30—40 путях в СП, причем параллельный роспуск составов не применяют. Сортировочные горки средней мощности (СГСМ) проектируют для переработки в среднем 1500—3500 вагонов в сутки или при 17—29 путях в СП, когда по условиям работы в перспективе не потребуется переустройство их в СГБМ. Сортировочные горки малой мощности (СГММ) сооружают для переработки в среднем 250—1500 вагонов в сутки или при 4—16 путях в СП, их проектируют с одним путем надвига и одним спускным путем.

В сложных климатических условиях на СГБМ, СГСМ и СГММ могут проектироваться два горба (зимний и летний), расположенных в разных уровнях.

Вытяжные пути со стрелочными горловинами на уклоне или площадке проектируют для сортировки до 250 вагонов в сутки, а также для окончания формирования составов в выходных горловинах СП.

Работа сортировочных горок характеризуется большой напряженностью. При среднесуточной переработке более 7000 вагонов средний интервал между отцепами составляет менее 10 с, число переводов головной стрелки за сутки достигает 1500, а число отцепов, одновременно движущихся по горочной горловине, нередко более пяти, поэтому механизация и автоматизация сортировочных горок является необходимостью, без которой невозможно выполнить столь большой объем работы. Прежде всего необходимо автоматизировать перевод стрелок по маршрутам отцепов и регулирование скоростей их скатывания. В связи с этим важно изучить основы динамики движения вагонов под действием силы тяжести.

8.4. Расчет параметров движения отцепов по горке

Вагон скатывается с горки (рис. 8.6) под действием составляющей силы тяжести $F = Q \sin \alpha$. Поскольку максимальный уклон горки $i = (h/l) 10^{-3} \leq 50 \text{‰}$, то $10^{-3} i = h/l = \operatorname{tg} \alpha \leq 0,050$, угол $\alpha < 2,86^\circ$, $\sin \alpha = 0,0499$, поэтому для столь малых углов сила $F = Q \sin \alpha \approx Q \operatorname{tg} \alpha = Qi 10^{-3}$.

Силу сопротивления движению W также удобно считать пропорциональной весу вагона $W = Qw 10^{-3}$. Поскольку сила измеряется в Н, а вес — в кН, то размерность удельного сопротивления скатыванию вагона w — Н/кН с коэффициентом 10^{-3} . Очевидно, что равнодействующая сила $F_p = F - W = Q(i - w) 10^{-3}$, что позволяет рассматривать w , как подъем, уменьшающий уклон горки. Учитывая, что $F_p = ma$ и $Q = mg'$, где m — масса вагона, a — его ускорение, g' — ускорение силы тяжести с учетом уменьшения его за счет преодоления инерции вращения колес вагона, получим $a = g'(i - w) 10^{-3}$. Эту формулу используют для определения величины w по измеренному a .

В соответствии с теоремой об изменении кинетической энергии получим

$$\frac{mv_B^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = Q(i - w)l 10^{-3},$$

где правая часть — работа равнодействующей силы на участке пути длиной l ;

v_0 и v_B — начальная и конечная скорости вагона.

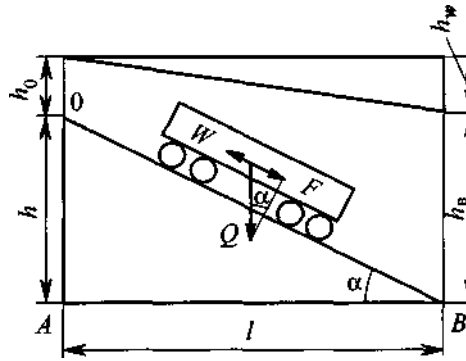


Рис. 8.6. Схема движения вагона по наклонной плоскости

Учитывая, что $Q = mg'$, получим $v_B = \sqrt{v_0^2 + 2g'l(i-w)10^{-3}}$.

Поскольку $li10^{-3} = h$, можно считать $hw = lw10^{-3}$ высотой, теряемой на преодоление сил сопротивления скатыванию вагона, поэтому $v_B = \sqrt{v_0^2 + 2g'(h-hw)}$.

Рассмотрим кинетическую энергию в точке B, приходящуюся на единицу веса вагона:

$$\frac{mv_B^2}{2mg'} = \frac{v_0^2 + 2g'(h-h_w)}{2g'} = \frac{v_0^2}{2g'} + h - h_w = h_0 + h - h_w.$$

Первое слагаемое правой части представляет собой увеличение высоты горки за счет начальной скорости отцепа v_0 , что дает расчетную формулу $h_0 = v_0^2 / (2g')$ и $v_0 = \sqrt{2g'h_0}$; от а горки $h = h_B + h_w - h_0$ вычисляется при заданных значениях h_B , h_w и h_0 (см. рис. 8.6).

8.5. План и профиль сортировочной горки

Основным требованием к плану и профилю сортировочной горки является обеспечение заданной переработки вагонов при минимальных затратах на строительство и техническое обслуживание. Это достигается уменьшением длины горки, а следовательно, ее высоты и мощности тормозных средств благодаря применению симметричных стрелочных переводов марки 1/6, глухих пересечений марки 2/6 и кривых радиусом до 200 м (в отдельных случаях до 140 м). Кроме того, распределение путей СП по пучкам (от четырех до восьми путей) позволяет рационально разместить тормозные средства и делить вагонопоток уже в начале горки на большое число маршрутов, что, ускоряя разделение отцепов на стрелках и замедлителях, повышает перерабатывающую способность горки.

В продольном профиле у горочных сортировочных устройств (рис. 8.7, б) выделяются подвижная, перевальная (горб) и спускная части горки, а также сортировочные пути. На спускной части СГПМ проектируют две горочные тормозные позиции (верхняя ВТП и средняя СТП), а на подгорочных путях, при обосновании — две парковые тормозные позиции (ПТП) с расстоянием между ними примерно 150 м (рис. 8.7, а). На путях допускается установка замедлителей и ускорителей движения вагонов. В конце каждого сортировочного пути перед участком подъема устанавливают дистанционно управляемые заградительные устройства, исключающие самопроизвольный выход вагонов в горловину СП.

Вагонные замедлители на спускной части СГБМ и СГСМ устанавливают на двух тормозных позициях, а в СП — на одной или двух. Вагонные замедлители на СГММ устанавливают на одной тормозной позиции, расположенной на спускной части, и одной на путях СП.

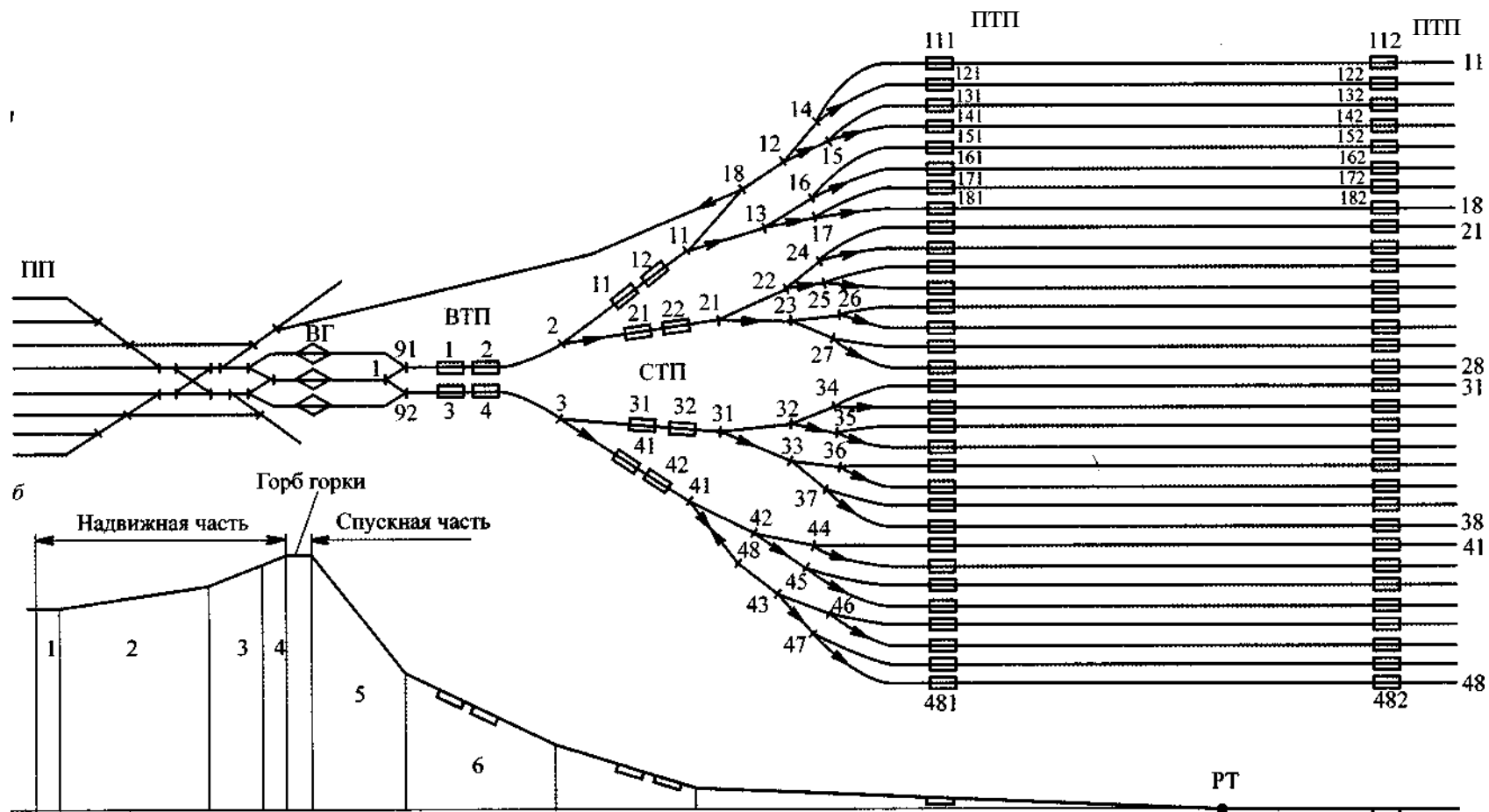


Рис. 8.7. План и профиль сортировочной горки

СГММ, имеющие 12—16 путей, на станциях с сильными ветрами можно оборудовать двумя тормозными позициями, расположенными на спускной части, а также парковой тормозной позицией.

Горки с 4—6 путями и переработкой в среднем до 600 вагонов в сутки, расположенные на станциях с благоприятными климатическими условиями, допускается оборудовать одной механизированной парковой тормозной позицией. Для торможения вагонов на вытяжных путях используют дистанционно управляемые тормозные башмаки.

Плюсовое (нормальное) положение стрелок на сортировочных горках принимают таким, чтобы все стрелочные рукоятки на горочном пульте управления в нормальном положении были повернуты по часовой стрелке (см. рис. 8.7, нормальное положение указано стрелками).

Нумерация сортировочных стрелок в зоне перед пучками путей (рис. 8.8) однозначная, последовательная по ходу роспуска от одного до семи при отсутствии одной или нескольких стрелок остается неизменной. Стрелки, расположенные в указанной зоне и не участвующие в роспуске, нумеруют цифрами 8 или 9. Пучки путей нумеруют цифрами (1, 2, 3 и т.д.) по плану СП сверху вниз, а пути СП двузначными числами, у которых первая цифра соответствует номеру пучка, а вторая — пути.

В пучках путей нумерация стрелок двузначная (см. рис. 8.7,6)—первая цифра соответствует номеру пучка, а вторая определяется местом стрелки. Пошерстные стрелки, примыкающие к пучкам, и охранные к ним нумеруют двузначными числами, первая цифра — номер пучка, а вторая — 8 или 9. Стрелки, расположенные в зоне надвига и не участвующие в сортировке вагонов, нумеруют числами 91, 92 и т.д. Указанная нумерация применяется при новом строительстве сортировочных горок, а при их модернизации сохраняется привычная существующая нумерация.

Замедлители ВТП имеют однозначную нумерацию, возрастающую по ходу роспуска. Аналогично с буквой Т нумеруют замедлители, устанавливаемые на тупиках и отсевных путях. На СТП нумерация замедлителей двузначная, причем первая цифра соответствует номеру пучка, а вторая — месту замедлителя по ходу роспуска. Замедлители ПТП нумеруют трехзначными числами, у которых первая и вторая цифры соответствуют номеру пути, а третья — месту замедлителя по ходу роспуска. Если группа замедлителей ПТП (два или три) затормаживается и оттормаживается одновременно, то замедлители получают один общий трехзначный номер.

Профиль надвигной части горки можно проектировать по одному из следующих вариантов:

1. Для сжатия автосцепок состава перед сопрягающей кривой горба горки (см. рис. 8.7, б) нужно устраивать подъем 3 крутизной 8—10 ‰ на протяжении 50 м; участок его, непосредственно примыкающий к сопрягающей кривой 4, должен иметь крутизну не менее 5 ‰ при длине 10 м. Участок 2 от стрелок предгорочной горловины парка ПП до начала подъема проектируют на подъеме 1—2 ‰.

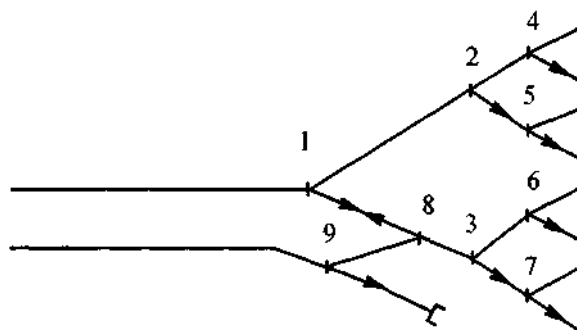


Рис. 8.8. Нумерация стрелок на горке

2. В целях повышения эффективности роспуска составов с переменной скоростью подъем 2 можно проектировать крутизной 12—16 ‰ на протяжении 100—150 м. Участок этого подъема непосредственно перед сопрягающей кривой горба горки 4 может иметь меньшую крутизну, но не менее 5 ‰ при длине 10 м, а примыкающий к нему участок подъема 3 — крутизну не более 20 ‰ при длине не менее 20 м. Предыдущий участок надвигной части 2 следует располагать на горизонтальной площадке или на подъеме до 1 ‰, при этом разность уклонов смежных элементов не должна превышать 25 ‰.

Скоростной уклон 5 нужно проектировать возможно более крутым, но не более 50 ‰, по условиям пропуска локомотивов.

ВТП горок повышенной, большой и средней мощности необходимо размещать на спуске 6 с крутизной не менее 12 ‰, а на горках малой мощности — 7 ‰.

Участок СТП вместе с примыкающим к нему участком стрелочной зоны длиной примерно 12 м проектируют на спуске, крутизна которого должна быть достаточной для трогания с места расчетного плохого бегуна (вагона с высоким сопротивлением движению), остановленного замедлителем, но не менее 7 ‰, а в сложных климатических условиях — не менее 10 ‰.

Крутизна следующего участка стрелочной зоны для исключения разгона хороших бегунов должна быть от 1 до 1,5 ‰, на крайних путях — до 2 ‰ для горок с числом путей до 30 и при числе путей более 30 — до 2,5 ‰.

Выходная горловина СП располагается на подъеме до 2 ‰ для остановки сортируемых вагонов.

Проектная расчетная высота сортировочной горки, конструкция профиля спускной части и средства регулирования скорости отцепов должны обеспечивать:

- потребную расчетную скорость роспуска состава ($v_{он}$), устанавливаемую при расчетных неблагоприятных сочетаниях ходовых свойств отцепов, которая для СГПМ и СГБМ должна быть не менее 1,7 м/с, для СГСМ — не менее 1,4 м/с, для СГММ с тормозной позицией на спускной части — не менее 1 м/с и без нее — не менее 0,8 м/с;
- дальность скатывания вагонов с очень плохими (ОП) ходовыми свойствами на СГПМ, СГБМ и СГСМ, а также с плохими (П) ходовыми свойствами на СГММ до расчетной точки, принимаемой на расстоянии 50 м от выходного конца ПТП или указываемой заказчиком проекта сортировочной горки;
- такую дальность пробега вагонов в глубину СП, при которой решаются необходимые технологические задачи, а затраты времени на осаживание и перестановку вагонов на сортировочных путях не ограничивают потребную перерабатывающую способность горки;
- близкие к оптимальному уровню суммарные приведенные строительные и эксплуатационные расходы на сооружение и эксплуатацию сортировочной горки.

Соответствие этим требованиям достигается совместным проектированием высоты и профиля горки, а также расчетом мощности тормозных средств в процессе компьютерного моделирования скатывания вагонов.

Конкурирующие варианты высоты и профиля сортировочной горки должны оцениваться путем компьютерного моделирования процесса расформирования составов с учетом их накопления на путях СП по следующим показателям: максимальная скорость роспуска; вероятность неразделения маршрутов отцепов при расчетной скорости роспуска; объем маневровой работы на путях СП; уровень часовой перерабатывающей способности горки.

Окончательный выбор высоты и профиля сортировочной горки осуществляется на основе технико-экономических расчетов, выполненных в соответствии с действующими методическими указаниями сравнением вариантов проектных решений по суммарным приведенным строительным и эксплуатационным расходам.

Для отцепов с хорошими (Х) и очень хорошими (ОХ) ходовыми свойствами высота горки оказывается завышенной, скорости их могут превышать допустимые, поэтому возникает необходимость торможения таких отцепов с помощью вагонных замедлителей. Торможение должно обеспечить интервалы между отцепами, достаточные для перевода разделительных стрелок

и перемещения балок-замедлителей из нетормозного в тормозное положение (интервальное торможение), а также соударение вагонов на путях СП со скоростями не более 1,5 м/с (целевое торможение). Для вагонов, требующих повышенной осторожности, допускается меньшая скорость, вплоть до исключения соударения.

Торможение отцепа с хорошими ходовыми свойствами может настолько снизить его скорость, что создается возможность нагона его отцепом с плохими ходовыми свойствами, идущим вслед без торможения. Поэтому до разделения маршрутов скатывания отцепов в сочетаниях ОП — ОХ — ОП и П — ОХ — П они должны следовать друг за другом на расстояниях, достаточных для перевода разделительной стрелки и балок замедлителей из одного положения в другое.

Перед остряками каждой стрелки выделяется предстрелочный участок $l_{пу} = 6$ н (рис. 8.9), время движения отцепа по которому должно гарантировать окончание перевода стрелки даже в том случае, когда начало перемещения остряков совпадает с моментом фиксации занятости предстрелочного участка:

$$l_{пу}/v_{от} \geq t_{фз} + t_{пс},$$

где $v_{от}$ — скорость движения отцепа;

$t_{фз} \geq 0,2$ с — интервал времени между вступлением отцепа на стрелочный участок и получением информации об этом;

$t_{пс}$ — длительность перевода стрелки.

На сортировочных горках применяют быстродействующие стрелочные электроприводы, у которых $t_{пс} \leq 0,6$ с, что определяет максимальную скорость движения отцепов по предстрелочным участкам:

$$v_{отм} = l_{пу}/(t_{фз} + t_{пс}) = 6,0/(0,2 + 0,6) = 7,5 \text{ м/с}.$$

Размеры конструктивных элементов определяют длину стрелочного изолированного участка $l_{ис} = 11,4$ м. Если обозначить через $l_{6ОП}$ расстояние между внутренними осями колесных пар (база вагона) очень плохого бегуна, а через $l_{6ОХ}$ — очень хорошего, то минимальное расстояние сближения отцепов на стрелке $l_c = l_{ис} + 0,5(l_{6ОП} + l_{6ОХ})$.

Каждый замедлитель (рис. 8.10) выделяется в отдельный изолированный участок, длина которого $l_{из}$ определяется конструкцией замедлителя. Отцеп Х должен вступать на замедлитель, приведенный в заторможенное состояние, после освобождения его отцепом П, который тормозить не нужно, поэтому минимальный интервал между отцепами

$$l_3 = l_{из} + 0,5(l_{6ОП} + l_{6ОХ}) + v_{ОП}t_{тз},$$

где $v_{ОП}$ — скорость отцепа ОП;

$t_{тз}$ — время приведения замедлителя в заторможенное состояние.

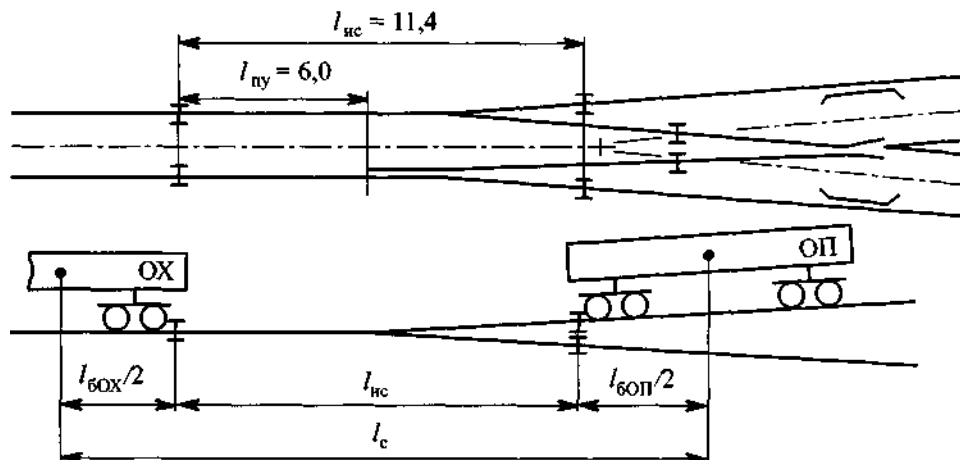


Рис. 8.9. Интервал между отцепами на стрелке

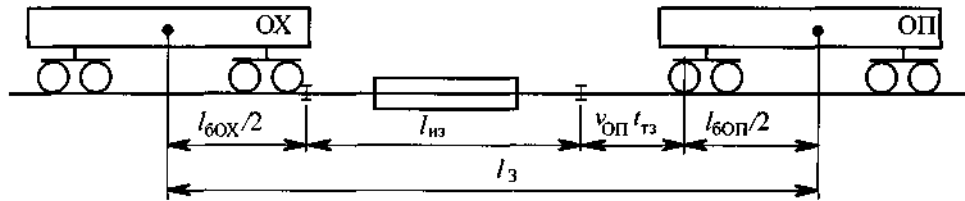


Рис. 8.10. Интервал между отцепами на замедлителе

С целью повышения надежности разделения отцепов, расстояния l_c и l_3 необходимо увеличить на длину пути, проходимого отцепом ОП за 1 с.

На горках повышенной, большой и средней мощности ВТП располагается на промежуточном уклоне (см. рис. 8.7) и осуществляет интервальное торможение; СТП — перед каждым пучком путей (пучковая), выполняя интервальное и целевое торможение; ПТП (одна или две) — на каждом пути СП и используется для целевого торможения. Первая (пучковая) тормозная позиция СГММ выполняет интервально-целевое торможение, а вторая (парковая) — целевое.

Проектная мощность тормозных средств на каждой тормозной позиции должна превышать потребную ее мощность, определенную по условиям разделения отцепов, на величину, компенсирующую погрешности регулирования скорости скатывания вагонов с учетом мощности резервных замедлителей, устанавливаемых с целью обеспечения живучести тормозных средств при отказах и ремонте, а также для остановки вагонов при угрозе безопасности их скатывания. На первой тормозной позиции всех горок рекомендуется устанавливать не менее двух замедлителей, один из которых является резервным в случае ремонта второго.

Суммарная проектная мощность тормозных средств (без учета резервных замедлителей), расположенных на спускной части горок повышенной, большой и средней мощности по маршруту скатывания отцепов, должна обеспечивать при благоприятных условиях скатывания остановку четырехосного вагона весом 1000 кН и сопротивлением 0,5 Н/кН на последней тормозной позиции спускной части горки. При этом торможение вагона на первой тормозной позиции предполагается осуществлять до уровня, определяемого по условиям обеспечения расчетной скорости роспуска. Дополнительно должна выполняться проверка возможности остановки восьмиосного вагона весом 1760 кН при благоприятных условиях скатывания на 11111.

На СГММ с числом тормозных позиций до двух и числом путей до восьми мощность тормозных средств (без учета резервных замедлителей) должна обеспечивать при благоприятных условиях роспуска остановку четырехосного вагона весом 850 кН и сопротивлением 0,5 Н/кН на ПТП при использовании всей мощности замедлителей, расположенных по маршруту скатывания, а на горках с числом путей более восьми — остановку его на тормозной позиции спускной части.

При техническом обслуживании каждого вагонного замедлителя необходимо определять погашаемую им энергетическую высоту h_m (рис. 8.11) на основе измерения скорости вагона при входе в замедлитель (v_1) и при выходе из него (v_2). Для получения расчетной формулы h_m составим уравнение сумм кинетической и потенциальной энергии вагона с баз $l_{6в}$ в указанных

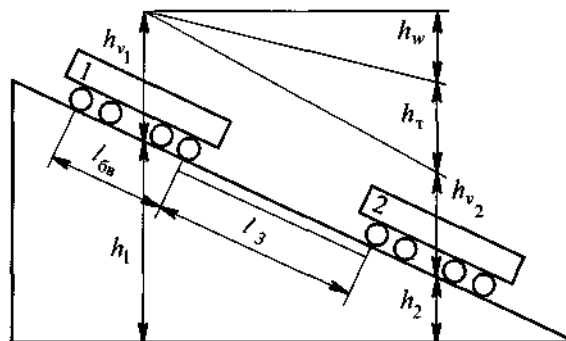


Рис. 8.12. Первые элементы спускной части горки

точках для замедлителя длиной l_3 :

$$\frac{mv_1^2}{2} + mg'h_1 = \frac{mv_2^2}{2} + mg'(h_w + h_m + h_2),$$

откуда

$$h_m = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g'} + (h_1 - h_2) - h_w,$$

где h_w — энергетическая высота, теряемая на преодоление сил сопротивления движению;

h_1 и h_2 — высоты горки на входе и выходе замедлителя.

Энергетическая высота

$$h_w = l_T (w_0 \pm w_{cp}) 10^{-3},$$

где w_0 — удельное сопротивление движению вагона;

w_{cp} — сопротивление воздушной среды;

l_T — длина пути торможения вагона, на котором балки замедлителя взаимодействуют с его колесами.

Очевидно, что при $l_{6B} \leq l_3$ получим $l_T = l_{6B} + l_3$, а при $l_{6B} \geq l_3$ будет $l_T = 2l_3$.

В зависимости от конструкции горочной горловины первым элементом спускной части может быть замедлитель ВТП (рис. 8.12, а) или головная стрелка (рис. 8.12, б). Стрелки 91 и 92 замыкаются в направлении одного из путей и во время роспуска не переводятся.

Если расстояние от ВГ до ВТП l_B сделать небольшим, то плохие бегуны не будут успевать разогнаться и освобождать замедлитель к моменту его занятия хорошими бегунами. Поскольку плохие бегуны тормозить нельзя, иначе они не будут докатываться до расчетной точки, а хорошие бегуны — необходимо для исключения нагона, то по условиям разделения отцепов на замедлителе скорость роспуска v_0 придется снижать. При увеличении l_B возрастает скорость входа отцепов на замедлитель, которая по условиям прочности конструкции замедлителя не должна превышать максимально допустимой, последняя в зависимости от конструкции замедлителя составляет от 6 до 8 м/с. Следовательно, для обеспечения максимума скорости v_0 расстояние l_B следует выбирать таким, при котором скорость входа очень хорошего бегуна на замедлитель при самых благоприятных условиях скатывания равна максимально допустимой.

Если расстояние от ВГ до головной стрелки $l_{ГС}$ мало, то плохие бегуны не успевают разогнаться, и v_0 приходится уменьшать для разделения отцепов на стрелке. При слишком большом расстоянии $l_{ГС}$ хорошие бегуны начинают догонять плохие на стрелке и входят ВТП со скоростями, большими допустимых, что также требует снижения скорости v_0 . Расчеты

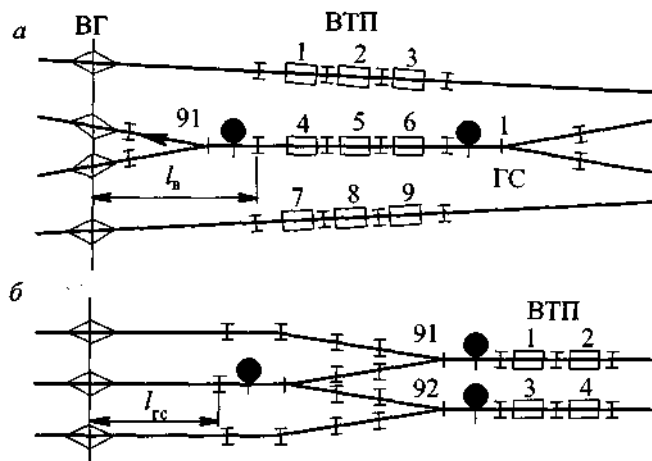


Рис. 8.12. Первые элементы спускной части горки

показывают, что максимум значения v_0 соответствует l_{rc} в пределах 50—70 м. Практически это расстояние выбирают от 40 до 50 м, что связано со стремлением сократить длину спускной части горки. Проверочные расчеты плана и профиля сортировочных горок ранее выполнялись трудоемким графоаналитическим методом, который непригоден для определения длительности роспуска реальных составов, у которых отцепы различных длин и ходовых свойств направляются на пути СП в соответствии с существующей специализацией. Необходимость в таких расчетах возникает при оценке эффективности технологических мероприятий (изменение специализации путей, плана и профиля горки, организация параллельного роспуска и т.д.), а также внедрении различных устройств автоматизации.

Решение указанных задач возможно только путем компьютерного моделирования скатывания отцепов, основанного на следующих данных. Информация натурального листа поезда позволяет определить для каждого вагона семизначный номер, тип подшипников, вес груза и код станции назначения. Первые четыре цифры вагона определяют вид подвижного состава и, следовательно, вес тары, число осей, площадь боковой поверхности и длину вагона.

Суммированием веса груза и тары определяется вес вагона, а с учетом типа подшипников, температуры воздуха, скорости и направления ветра — основное удельное сопротивление скатыванию.

По коду станции назначения и таблице специализации путей СП определяют номер пути скатывания вагона. Совпадение номеров путей у соседних вагонов в составе позволяет установить их число в отцепе, определить длину и основное сопротивление движению отцепа, а также выбрать характеристики участков (длины и приведенные уклоны), расположенных по его маршруту.

Разделительная стрелка между очередными отцепами определяется сравнением номеров путей их скатывания, представленных в двоичном виде, а момент отрыва от состава — по равенству среднего уклона под отцепом его усредненному полному удельному сопротивлению скатывания. Интервал на вершине горки определяется как промежуток времени между моментами отрыва от состава очередных отцепов.

Первоначально скорость роспуска каждого отцепа принимают максимальной, а в случае необходимости она снижается заданными ступенями. Шаг перемещения отцепа до точки отрыва выбирают постоянным ($\Delta l = 10 \text{ м}$), а при скатывании принимают равным длине каждого участка, деленной на заданное число, которое определяется необходимой точностью расчетов. Участки имеют признаки, позволяющие различать начало и конец маршрута, стрелку или замедлитель. На каждом шаге Δl вычисляют средний уклон под отцепом, скорость и длительность проследования.

Сравнение моментов занятия и освобождения участков последовательно скатывающимися отцепами позволяет проверить наличие необходимых интервалов на стрелках и замедлителях в общей части маршрутов до разделительной стрелки. Если скорость входа отцепа на замедлитель превышает допустимую или слишком сокращается интервал с впереди идущим отцепом, то, начиная с нижерасположенной позиции, постепенно увеличивается торможение отцепа и расчет повторяется от точки отрыва.

При использовании всей мощности тормозных позиций, расположение которых позволяет получить нужный в данном случае эффект, снижается скорость роспуска и расчеты повторяют, начиная с вычисления интервала между отцепами на ВГ.

В зависимости от целей расчета на монитор могут выводиться данные о скоростях и времени скатывания отцепов с указанием причин снижения скорости роспуска, времени роспуска состава и т.д.

По рассмотренной методике разрабатывались программы для определения длительности роспуска составов, передаваемой Дежурному по горке вместе с сортировочными листками.

Необходимость многократных повторений расчетов при моделировании скатывания каждого отцепа требует высокого быстродействия компьютера, что может явиться препятствием к его использованию для управления роспуском. Предпринимались попытки использования аппроксимирующих полиномов, исключаящих необходимость повторных расчетов, позволявшие за счет некоторого снижения точности существенно увеличить быстроту расчетов.

8.6. Перерабатывающая способность сортировочной горки

Перерабатывающую способность сортировочной горки определяют числом вагонов, сортируемых за сутки:

$$n = \frac{1440 - \sum T_d}{t_{рф} + t_{и}} m + n_m,$$

где $\sum T_d$ — затраты времени на выполнение дополнительных операций в технологические «окна», мин;

$t_{рф}$ — средняя продолжительность расформирования одного состава, мин;

$t_{и}$ — средний интервал между роспусками составов, мин;

m — среднее число вагонов в составе;

n_m — число местных вагонов, сортируемых за сутки.

Дополнительные операции включают сортировку местных вагонов, повторный роспуск вагонов с отсевных путей, осаживание вагонов на путях СП со стороны горки, а также пропуск поездных локомотивов в депо, смену составительских и локомотивных бригад, ремонт оборудования и т.д. Для существующих сортировочных горок значение $\sum T_d$ определяют статистически, а для проектируемых может быть принято равным 190–290 мин.

Продолжительность расформирования состава $t_{рф}$ зависит от столь большого числа факторов, что ее определение возможно только статистически или путем компьютерного моделирования роспуска составов. Для большинства сортировочных горок время роспуска составляет 7–12 мин, m можно принять равным 50, n_m — от 250 до 400.

Интервал между роспусками составов $t_{и}$ зависит от числа горочных локомотивов, числа путей надвига и способа организации работы. При одном горочном локомотиве (на СГММ) роспуск очередного состава можно начинать после подачи локомотива и окончания надвига:

$$t_{и} = t_3 + t_{нд} = t_3 + \frac{l_{нд}}{v_{нд}},$$

где t_3 — интервал времени с момента окончания роспуска состава до подачи горочного локомотива в ПП к очередному составу, равен 3–4 мин;

$t_{нд}$ — продолжительность надвига состава, мин;

$l_{нд}$ — расстояние от маршрутного светофора ПП до вершины горки (определяется по плану станции), м;

$v_{нд}$ — средняя скорость надвига состава, равная 10–15 км/ч.

Наличие двух горочных локомотивов и одного пути надвига позволяет сократить интервал до $t_{и} = t_{нд} - t_{ос}$, где $t_{ос}$ интервал времени от момента окончания роспуска состава до освобождения пути первым локомотивом для надвига следующего состава вторым локомотивом, равен 1–2 мин. Если имеется обходной путь для пропуска горочных локомотивов в ПП, минуя путь надвига, то становится возможным попутный надвиг составов, при котором $t_{и} = 1$ мин.

При наличии двух путей надвига осуществляется параллельный надвиг составов, и после окончания роспуска состава с минимальным интервалом начинается роспуск следующего, что позволяет принять $t_{и} = 0,5 + 1$ мин. Наблюдения показывают, что и в этом случае до 20 % составов надвигается и распускается последовательно с интервалом $t_{нд}$, что обуславливает целесообразность применения попутного надвига.

Для определения продолжительности заезда горочного локомотива за составом, надвига до горба горки и других передвижений можно использовать Руководство по техническому нормированию маневровой работы или тяговые расчеты.

Организация параллельного роспуска составов требует, кроме соответствующего путевого развития горочной горловины СП, и определенной структуры вагонопотока. Перерабатывающая способность горки в условиях параллельного роспуска находится в сложной зависимости от большого числа факторов, поэтому ее определение требует трудоемких статистических исследований или компьютерного моделирования работы станции. При ориентировочных расчетах можно считать, что параллельный роспуск составов может увеличить перерабатывающую способность сортировочной горки на 20 – 25 %.

Наиболее трудной задачей при оценке влияния автоматизации на перерабатывающую способность сортировочной горки является определение степени изменения скоростей надвига и роспуска, интервалов между роспусками очередных составов, затрат времени на осаживание вагонов и т.д. В существующих условиях и после внедрения автоматизации, это возможно только при компьютерном моделировании работы горки. Дальнейшие расчеты не представляют трудностей. Если удалось вычислить среднюю продолжительность роспуска для большого числа составов до внедрения устройств автоматики и после, то легко определить изменение перерабатывающей способности.

Оценка эффективности комплексной автоматизации сортировочного процесса возможна лишь в результате детального анализа работы всей сортировочной системы на основе весьма сложного моделирования.

8.7. Основные составляющие комплексной автоматизации сортировки вагонов

Процесс сортировки вагонов на горке включает: подготовку СП к размещению вагонов очередного состава (осаживание и перестановку вагонов горочным локомотивом на его путях), его надвиг, расцепку и роспуск; перевод стрелок по маршрутам скатывания; регулирование интервалов между отцепами и обеспечение сцепления отцепов на путях СП с допустимыми скоростями соударения. Рассмотрим способы автоматизации указанных операций.

Для оценки возможности размещения вагонов очередного состава на путях СП, а также для определения момента завершения накопления вагонов для каждого его пути необходимо выводить на мониторе компьютера информацию о числе вагонов, длине и весе, накапливаемого состава, изменяющуюся в моменты поступления или уборки вагонов на обоих концах пути. Телевизионный обзор СП позволяет определять наличие «окон» между вагонами и необходимость осаживания составов. Для прогноза освобождения путей СП и оценки возможностей подтягивания составов требуется информация о наличии на путях локомотивов РФ и о предполагаемом времени перестановки составов в ПО. Указанные устройства позволяют поэтапный переход к автоматизации планирования работы сортировочной горки.

На путях СП со стороны РФ необходимы задерживающие устройства, исключающие выход вагонов на стрелки во время роспуска составов. С этой целью используют тормозные башмаки, которые накладывают вручную на расстоянии 50—100 м от конца пути, а перед заездом локомотива снимают. Ликвидировать тяжелый и опасный физический труд по установке тормозных башмаков на путях СП можно с помощью соответствующих дистанционно управляемых устройств.

Основным требованием к надвигу и роспуску является обеспечение максимальной скорости состава и сокращение простоев горки. Использование только тормозных средств локомотива влечет значительные потери времени и энергии при остановке и трогании состава с места, поэтому наилучший режим управления горочным локомотивом должен исключать остановку надвигаемого состава и обеспечивать начало роспуска с заданной скоростью при минимальном простое горки.

При попутном надвиге необходимо поддерживать расстояние до впереди идущего состава, не меньшее тормозного пути, и соответствующую ему скорость. Для достижения этого первостепенное значение приобретает прогнозирование момента освобождения горки распускаемым составом, основой для которого должна служить длительность роспуска состава, полученная путем компьютерного моделирования. Наиболее сложно выбрать момент начала надвига и скоростной режим, минимизирующие вероятность остановки надвигаемого состава в случае задержки роспуска впереди идущего.

Таким образом, устройства автоматики должны разгонять надвигаемый состав до максимально допустимой скорости, определяемой с учетом ходовых свойств состава, возможности локомотива по разгону и торможению, особенностей путей и прогноза момента освобождения горки, а затем подводить его с заданной скоростью роспуска к месту расцепки вагонов, спуская ми-

нимальный интервал после окончания роспуска предыдущего состава. Реализация рассмотренного алгоритма надвига состава требует создания автоматизированной системы управления, объединяющей контроль над ходом горочных процессов, их прогнозирование и телеуправление горочным локомотивом.

Ручная расцепка вагонов, связанная с применением тяжелого и опасного физического труда, допустима при скорости роспуска не более 9 км/ч. Поэтому ее механизация и автоматизация являются насущной проблемой, решение которой возможно путем создания специальных устройств и несложных изменений конструкции автосцепки.

Скорость роспуска зависит от длины отцепа и расстояния от ВГ до разделительной стрелки маршрутов очередных отцепов. Чем длиннее отцеп, тем более задерживается момент его отрыва от состава, т.е. увеличивается длительность его движения со скоростью роспуска и интервал с уже скатывающимся с более высокой скоростью отцепом. Точка отрыва поднимается за ВГ, и для отделения следующего отцепа становится необходимым продвижение состава на значительное расстояние, что увеличивает интервал между данным отцепом и следующим за ним. В таких условиях скорость роспуска можно повысить до значения, при котором сокращение интервалов между отцепами еще не помешает их торможению и разделению на стрелках.

Чем ближе разделительная стрелка маршрутов очередных отцепов к ВГ, тем меньше вероятность нагона при неблагоприятных сочетаниях их ходовых свойств, когда за отцепом с высоким сопротивлением скатывания (плохой бегун) движется отцеп с малым сопротивлением скатывания (хороший бегун). Иными словами, на коротком расстоянии хороший бегун не успевает догнать плохого, и это позволяет повысить скорость роспуска.

Расчеты показывают, что число необходимых изменений скорости роспуска состава нередко достигает 10, но практически не превышает 3—4. Скорость роспуска можно снижать не ранее отцепки такого вагона, а при ее увеличении должно исключаться сцепление такого вагона с уже отделившимся отцепом, причем заканчивать регулирование скорости необходимо не позднее отрыва отцепа.

Учесть должным образом столь большое число факторов и получить максимальный эффект от изменения скорости роспуска можно только при автоматическом управлении горочным локомотивом, позволяющем полностью использовать его возможности по разгону и торможению состава. При этом большое значение приобретает автоматизация расцепки вагонов, которая позволит повысить среднюю скорость роспуска за счет увязки в единый комплекс расцепки и регулирования скорости.

Перевод стрелок по маршрутам скатывания отцепов возможен при различной степени автоматизации. Одним из способов является использование рукояток, расположенных на пульте по плану путевого развития. Однако число отцепов, одновременно находящихся в движении по спускной части горки, достигает 5—6, поэтому индивидуальный перевод стрелок требует значительного штата операторов, для размещения которого необходимо построить два или три поста на спускной части горки. Напряженная работа операторов требует быстрого принятия и реализации решений, при которых трудно избежать ошибок.

Поскольку начало маршрутов скатывания всегда одно и то же (ВГ), то для передачи команды на перевод всех стрелок по маршруту скатывания очередного отцепа достаточно нажать кнопку с номером пути СП. К недостатку такого способа (маршрутного) относится необходимость передачи команды на перевод стрелок только во время роспуска состава, т.е. в период наибольшей загрузки ДСПГ.

Облегчение работы ДСПГ достигается с помощью программного режима управления переводом стрелки, т.е. накоплением маршрутных заданий до начала роспуска и последующей их автоматической реализацией по мере скатывания отцепов. При этом процесс накопления заданий сводится к считыванию данных сортировочного листка и нажатию кнопок, что требует внимания и времени. Опыт показывает, что если сделать емкость накопителя менее необходимой для размещения заданий всего состава, то после их реализации ДСПГ часто приходится продолжать роспуск в маршрутном режиме из-за отсутствия времени для заполнения накопителя. Следовательно, накапливать маршрутные задания целесообразно автоматически для всего состава до начала роспуска.

Поскольку очередность роспуска составов может отличаться от порядка их прибытия, то устройства накопления должны по мере готовности заполняться программами роспуска всех составов, находящихся в ПП, а ДСПГ следует предоставить возможность выбора их очередности.

Практика работы горок показала, что приходится временно изменять специализацию путей СП, а это может повлечь ошибки в составлении сортировочных листков, поэтому устройства накопления должны допускать удобную корректировку маршрутных заданий до начала роспуска, т.е. в наиболее благоприятное для ДСПГ время, а также при возникновении осложнений в процессе роспуска.

Скатывание очередного отцепа обычно начинается раньше проследования впереди идущим отцепом разделительной стрелки, поэтому задание на перевод стрелок можно передавать по маршруту движения отцепа не далее изолированного участка, занятого впереди идущим отцепом. В существующих системах ГАЦ команда на перевод очередной стрелки передается в момент занятия отцепом предыдущей и воспринимается схемами управления по мере освобождения стрелок.

Автоматическое регулирование скорости скатывания отцепов (АРС) должно обеспечивать интервальное и целевое торможение. Для этого, прежде всего, необходима информация о ходовых свойствах отцепов, получение которой возможно измерением ускорения по изменению скорости отцепа на участке пути с известными параметрами. Поскольку ходовое сопротивление отцепов уменьшается в 2—3 раза по мере их продвижения по спускной части горки, то его необходимо измерять в ряде точек, число которых определяется требуемой точностью результатов.

В ранее используемых системах АРС для определения ускорения отцепов, на скоростных уклонах устраивались измерительные участки длиной до 40 м, существенно увеличивающие длину горки, ее высоту и скорости входа отцепов на ВТП, а также обуславливающие частые нагоны и остановки отцепов на спускной части горок при низкой температуре воздуха. Тем не менее несовершенство применяемых способов измерения ускорения и непостоянство ходовых свойств отцепов вынуждали использовать более простой способ, основанный на измерении нагрузки на ось вагона. Отцепы делятся на весовые категории, и каждому ставится в соответствие определенное статистически ходовое сопротивление, причем чем больше вес, тем меньше ходовое сопротивление.

Современные вычислительные средства позволяют определять ходовые свойства отцепов по изменению скоростей на любых участках, и увеличения длины горки для этого не требуется, поэтому постепенно все измерительные участки на горках были ликвидированы.

Кроме знания ускорения, необходимы сведения о длинах отцепов, фактических скоростях их движения по тормозным позициям и длинах свободной части путей СП. Это позволяет, автоматически управляя замедлителями, обеспечить необходимые интервалы между отцепами и допустимые скорости их соударения.

Ручное регулирование скорости необходимо применять для отцепов, требующих повышенной осторожности при роспуске. Однако и эту операцию можно автоматизировать на основе введения в систему управления соответствующей информации. По номеру и весу вагона, типу подшипников, номеру пути СП и признаку особой осторожности при роспуске можно определить допустимую скорость соударения, длину отцепа, а также его ходовое сопротивление с учетом данных о температуре воздуха, скорости и направлении ветра. При наличии информации о скоростях движения отцепов и длине свободной части пути СП возможен расчет необходимых скоростей выхода отцепов с замедлителей и их автоматическое регулирование.

Для исключения вмешательства оператора в регулирование скоростями скатывания отцепов требуется обеспечить надежное торможение вагонов замедлителями в условиях попадания на колеса смазки, краски, влаги, а также отсутствие в распускаемых составах вагонов с недопустимо высоким ходовым сопротивлением.

СПГМ и СГБМ необходимо оборудовать комплексом технических средств, выполняющих следующие функции: ГАЦ, АРС, автоматического задания скоростей надвига и роспуска составов, ГАЛС, автоматического регулирования скорости горочного локомотива в процессе надвига и роспуска, сопряжения устройств горочной автоматики АСУ СС.

На СГСМ необходимо проектировать те же средства автоматизации, только устройства АРС отцепов и горочного локомотива могут предусматриваться при наличии технико-экономического обоснования.

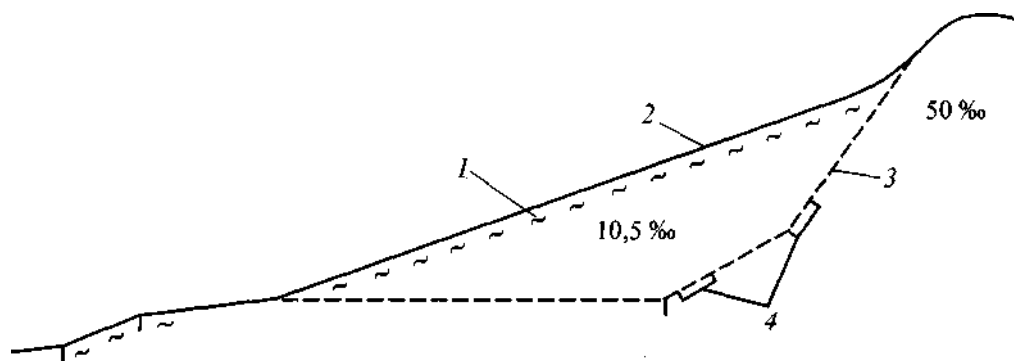


Рис. 8.13. Профиль горки при использовании спиральных гидравлических замедлителей: 1 — спиральный замедлитель; 2 — шведский профиль; 3 — болгарский профиль; 4 — шинные замедлители

СГММ необходимо оборудовать устройствами ГАЦ, а также системы APC при наличии технико-экономического обоснования. Техническое оснащение вытяжных путей ограничивается ЭЦ и светофорной сигнализацией.

Все устройства сортировки вагонов обязательно оборудуют маневровой радиосвязью машинистов локомотивов с дежурным по горке (оператором маневрового района).

Системы APC, полностью исключая повреждения и осаживание вагонов на путях сортировочных горок, были впервые применены на сортировочных горках в Швеции. Основным элементом этих систем является разработанный фирмой ASEA спиральный гидравлический замедлитель. Если скорость отцепа меньше той, на которую он отрегулирован, то торможения не происходит. В случае превышения указанной скорости замедлитель создает тормозное усилие до 10 кН.

Для оборудования сортировочной горки в Хелсинборге, имеющей 24 пути, потребовалось 620 замедлителей, распределенных по горловине и настроенных на скорости 3,0; 2,5; 2,0 и 1,5 м/с. Благодаря этому скорости отцепов на всем пути скатывания автоматически становятся одинаковыми и равными скорости расчетного плохого бегуна. Это обеспечивает необходимые интервалы между отцепами на стрелках и замедлителях, а также безопасные скорости вагонов на путях СП, что исключает необходимость использовать для управления замедлителями дорогостоящей автоматизированной системы или возлагать все на оператора.

При установке спиральных замедлителей профиль шведских горок делают более плавным (рис. 8.13). Уклон стрелочной зоны, равный 10,5 ‰, соответствует сопротивлению скатывания расчетного плохого бегуна с учетом сопротивления стрелок и кривых участков пути. На каждом сортировочном пути сразу за пределами габарита последнего стрелочного перевода устанавливают 14—16 замедлителей, которые постепенно снижают скорость отцепов с 3,0 до 1,5 м/с. Во избежание остановки отцепов последние 10—11 замедлителей располагают на уклоне, равном 10 ‰. Остановившиеся на сортировочных путях вагоны продвигают следом идущие отцепы. Это гарантирует продвижение вагонов по всей длине СП, исключает их повреждение и необходимость осаживания локомотивом.

Спиральные замедлители делают с левосторонней спиралью для установки на правом рельсе и с правосторонней — на левом. Они могут располагаться на кривых участках пути с радиусом не менее 150 м и позволяют увеличивать полезную длину путей на 30—40 м по сравнению с шинными замедлителями. При этом не требуются заглубленные бетонные фундаменты и прямые пути в горловине, что дает возможность уменьшить длину последней и высоту горки. Небольшой по массе замедлитель монтируют с помощью легкого подъемника, что существенно облегчает его техническое обслуживание.

В Болгарии для повышения перерабатывающей способности горки используют более динамичный профиль (см. рис. 8.13) и устанавливают шинные гидравлические замедлители на верхней и средней тормозных позициях.

Глава 9. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

9.1. Методика расчета технико-экономической эффективности систем железнодорожной автоматики и телемеханики

Расчет эффективности капитальных вложений базируется на анализе потоков реальных денег, представляющим собой разность между притоком и оттоком денежных средств от инвестиционной, операционной и финансовой деятельности. Показателями эффективности инноваций являются чистый дисконтированный доход (или интегральный эффект), индекс доходности, внутренняя норма доходности, срок возврата (окупаемости) затрат. Расчеты выполняются в соответствии с Методическими рекомендациями [22].

Оценка предстоящих затрат и результатов осуществляется в пределах расчетного периода, продолжительность которого зависит от сроков службы зданий, сооружений и устройств, сроков реализации инвестиционных проектов, мероприятий по усилению мощности объектов. Расчетный период (горизонт расчета) измеряется количеством шагов расчета, каждый из которых принимается равным одному году с учетом длительности срока службы и стоимости устройств. Для стоимости оценки результатов и затрат используются текущие цены, принимаемые неизменными в течение всего расчетного периода.

Соизмерение затрат, результатов и эффектов в течение расчетного периода осуществляется путем приведения их к начальному периоду с помощью нормы дисконта E . Величина коммерческой нормы дисконта принимается равной приемлемой для инвестора норме дохода (норме прибыли) на капитал. Для практических расчетов экономической эффективности на железнодорожном транспорте она может быть принята, исходя из значения коэффициента эффективности капитальных вложений E_H : если $E_H = 0,1 \dots 0,12$, то $E = 0,08$; если $E_H = 0,15$, то $E = 0,1$.

Приведение будущих затрат и результатов к начальному шагу расчета (моменту окончания первого шага $t = 0$) выполняется умножением их на коэффициент дисконтирования (коэффициент приведения) α_t , который определяется для постоянной нормы дисконта по формуле

$$\alpha_t = \frac{1}{(1 + E)^t}, \quad (9.1)$$

где t — номер шага расчета, $t = 0, 1, 2 \dots T$;

T — продолжительность расчетного периода.

Сравнение и выбор проектов рекомендуется производить по нескольким показателям. Основными из которых являются чистый дисконтированный доход (ЧДД), индекс доходности (ИД), показатель наименьших затрат (Зпр) и срок окупаемости инвестиций.

ЧДД, или интегральный эффект ($\Theta_{\text{инт}}$), определяется как превышение интегральных результатов над интегральными затратами и представляет собой сумму текущих эффектов за весь расчетный период, приведенную к начальному шагу расчета.

Величина ЧДД при постоянной норме дисконта определяется по формуле

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \frac{1}{(1 + E)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{\Theta_t}{(1 + E)^t},$$

где R_t — результаты (доходы), достигаемые на t -м шаге расчета;

Z_t — затраты (текущие издержки и инвестиции), осуществляемые на t -м шаге расчета;

$\Theta_t = (R_t - Z_t)$ — эффект, достигаемый на t -м шаге расчета.

Если ЧДД > 0 , проект является эффективным для принятия нормы дисконта; чем он больше, тем эффективнее проект.

Возможно использование модифицированной формулы для определения ЧДД

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t^*) \frac{1}{(1+E)^t} - \sum_{t=0}^T K_t \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (9.3)$$

где Z_t^* — текущие или чистые затраты на t -м шаге расчета, в которые не входят капитальные вложения; K_t — капитальные вложения на t -м шаге расчета.

Формула (9.3) выражает разницу между суммой приведенных эффектов и приведенной к тому же времени величиной капитальных вложений.

Вторым по важности показателем доходности инвестиционного проекта является норма дисконта $E_{\text{вн}}$, при которой результаты (доходы) от проекта становятся равными затратам, т.е. ЧДД = 0, или величина приведенных эффектов равна приведенным капитальным вложениям. Иными словами $E_{\text{вн}}$ определяется из уравнения

$$\sum_{t=0}^T \frac{R_t - Z_t^*}{(1 + E_{\text{вн}})^t} = \sum_{t=0}^T \frac{K_t}{(1 + E_{\text{вн}})^t}. \quad (9.4)$$

При постоянных результатах и одновременных капитальных вложениях

$$E_{\text{вн}} = \frac{R}{K_0}. \quad (9.5)$$

ИД характеризует рентабельность инвестиций (ИД = Θ_k) и определяется как отношение суммы приведенных эффектов к величине капитальных вложений:

$$\Theta_k = \frac{\sum_{t=0}^T (R_t - Z_t^*) \alpha_t}{\sum_{t=0}^T K_t \alpha_t}. \quad (9.6)$$

Если ЧДД > 0, то ИД > 0, и наоборот, причем чем выше ИД, тем выгоднее проект.

Срок окупаемости инвестиций (T_0) — это период времени от начала реализации проекта, за который инвестиционные вложения покрываются суммарными результатами. Для определения периода T_0 , после которого ЧДД > 0, используем равенство

$$\sum_{t=0}^T \frac{R_t - Z_t^*}{(1+E)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{K_t}{(1+E)^t}. \quad (9.7)$$

При одноэтапном инвестировании и постоянном во времени доходе

$$T_0 = \frac{K_0}{R_t}. \quad (9.8)$$

Срок окупаемости может определяться с учетом дисконта результатов и затрат и без него, следовательно получают два значения.

Если экономическим результатом является сокращение эксплуатационных затрат, что характерно для устройств СЦБ, тогда

$$T_0 = \frac{K}{\Delta C}. \quad (9.9)$$

Учет инфляции при определении показателей эффективности осуществляется путем индексации цен или корректировки нормы дисконта при использовании неиндексируемых базисных цен. В последнем случае вместо величины E берут модифицированную норму дисконта

$$E_m = \frac{1+E}{1+P/100} - 1, \quad (9.10)$$

где P — прогнозируемый годовой уровень инфляции в %.

Для повышения надежности расчетов эффективности целесообразно учитывать факторы неопределенности и риска, в особенности для проектов новых видов устройств. Одним из способов такого учета является применение более высокой нормы дисконта:

$$E_p = E + Z/100, \quad (9.11)$$

где Z — поправка на риск; при вложении инвестиций может быть принята равной 3–5 %, а для продвижения новой техники — 13–15 %.

Таким образом, для выполнения расчетов технико-экономической эффективности необходимы исходные данные по составляющим капитальных вложений и эксплуатационных расходов.

9.2. Составляющие капитальных вложений и эксплуатационных расходов при расчете экономической эффективности

Проектирование объектов СЖАТ осуществляется на основе технико-экономических обоснований (ТЭО), подтверждающих экономическую целесообразность и народно-хозяйственную необходимость объектов. На ранних стадиях расчеты могут выполняться на основе технико-экономических показателей (ТЭП), укрупненных показателей стоимости строительства (УПСС), различных нормативов и показателей удельных капитальных вложений. Использование обобщенных сведений в укрупненном виде позволяет в короткий срок при незначительных затратах получить оценку технико-экономических показателей проекта. Для определения стоимости проекта на предпроектной стадии могут быть применимы два метода:

- базисно-индексный, основывающийся на использовании УПСС, нормативов и данных о стоимости ранее построенных объектов и договорных цен на них;
- ресурсно-индексный, при которой определение стоимости сводится к расчетам стоимости материальных ресурсов на основе удельных показателей их расхода, зарплаты и стоимости эксплуатации машин и механизмов на базе нормативной трудоемкости.

На станции ТЭО наиболее приемлемым является базисно-индексный метод. При этом стоимость строительства определяется на основе сметного расчета по аналогичному проекту (частям) путем корректировки с учетом особенностей данного объекта. Полученная стоимость сопоставляется со стоимостью, определенной по укрупненным нормативам, приведенным в Сборнике нормативов удельных капитальных вложений по устройствам СЦБ и связи на период 1976–1980 гг., умножаемых на индекс удорожания:

$$K = K_{\text{баз}} J k_T, \quad (9.12)$$

где $K_{\text{баз}}$ — капитальные вложения или базисная стоимость объекта;

J — индекс удорожания к стоимостным показателям в ценах соответствующего года;

k_T — территориальный коэффициент.

На последующих стадиях расчеты базируются на технической и проектно-сметной документации, подробном калькулировании затрат.

Затраты при строительстве устройств СЦБ (рис. 9.1) включают стоимость проектно-изыскательских работ (ПИР), оборудования, строительно-монтажных (СМР) и пусконаладочных (ПНР) работ.

Стоимость проектирования определяется по сметам на соответствующие работы технического проекта для стадий:

- подготовки к проектированию (получение исходных данных от заказчика, составление смет на проектирование, подготовка задания на проектирование, оформление договоров);



Рис. 9.1. Структура капитальных вложений в устройства СЦБ

- изысканий (сбор на объекте необходимых данных и материалов для проектирования, обследование существующих устройств СЦБ, согласование трасс прокладки кабелей, путевого переустройства, разработка маршрутизации др.);
- разработка документации (чертежей, пояснительной записки, сметно-финансовых расчетов).

Пути снижения затрат на проектирование является использование средств автоматического проектирования (САПР) как для рабочей документации, так и программного обеспечения.

Традиционно различают напольное и постовое оборудование. Затраты по первой группе устройств составляет стоимость стрелочных электроприводов, светофоров, путевых ящиков, шкафов, дроссель-трансформаторов, перемычек и др. Капитальные вложения по второй группе составляют затраты на стивы, реле, блоки, аппаратуру рельсовых цепей, панели электропитания, пульт, табло. Использование вычислительных средств, благодаря их низкой материалоемкости, позволяет значительно сократить капитальные вложения на строительство зданий или выполнить модернизацию устройств на существующих площадях, что необходимо учитывать при расчетах сравнительной экономической эффективности вариантов. Кроме того, сокращение затрат на строительство служебно-технических зданий (в особенности для промежуточных станций) достигается при устройстве на станциях постов ЭЦ модульного типа путем использования металлических контейнеров, железобетонных или пенобетонных блоков, зданий из легких металлических конструкций.

Затраты на СМР и ПНР определяются по сметам на основе нормативных показателей по объемам выполняемых работ на объекте. В сметы дополнительно включаются затраты на материалы и вспомогательные устройства и сооружения (разработка для регулировки макетов, имитирующих работу напольного оборудования, устройство временных коммуникаций и т.п.). Источником сокращения объемов по выполнению СМР и ПНР является использование прогрессивных технологий: типизация разъемов, оптимизация кабельных сетей при распределенной структуре СЖАТ, применение программных модулей для тестирования смонтированного оборудования и т.п.

Внедрение СЖАТ влечет изменение текущих (эксплуатационных) расходов, связанных с перевозочной деятельностью железных дорог. Это обеспечивается благодаря повышению

Таблица 9.1

№ п/п	Изменяемые показатели текущих затрат	Значение показателя
По хозяйству сигнализации и связи		
1	Затраты на реновацию (амортизационные отчисления)	$\Delta C_{ам}$
2	Численность штата дистанции сигнализации и связи (ремонт, обслуживание и др.)	$\Delta C_{то}$
3	Потребление электроэнергии аппаратурой СЦБ	$\Delta C_{эл}$
4	Расходы на материалы	$\Delta C_{мат}$
5	Расходы на ремонтный фонд	$\Delta C_{рем}$
6	Расходы на капремонт	$\Delta C_{мкапр}$
7	Налоги и сборы	$\Delta C_{ф}$
По хозяйству пути		
8	Затраты на содержание изолирующих стыков (уменьшение при бесстыковых рельсовых цепях)	$\Delta C_{ис}$
По хозяйству зданий и сооружений		
9	Затраты на освещение	$\Delta C_{ос}$
10	Затраты на отопление	$\Delta C_{от}$
11	Затраты на капремонт	$\Delta C_{кр}$
По хозяйству движения		
12	Численность оперативного персонала	$\Delta C_{д}$
13	Потери в движении из-за ошибок и нескоординированности действий персонала	$\Delta C_{ош}$
Эксплуатационные показатели		
14	Простой вагонов	$\Delta C_{то}$
15	Внеплановые задержки поездов	$\Delta C_{з}$
16	Поездо-часы	$\Delta C_{спч}$
17	Вагоно-часы	$\Delta C_{свч}$
18	Локомотиво-часы	$\Delta C_{слч}$
19	Расходы на реновацию высвобождаемого подвижного состава	$\Delta C_{апс}$
20	Дополнительная прибыль за счет освоения требуемого увеличения объема перевозок	$\Delta C_{уол}$

надежности и безопасности систем; производительности труда; обеспечению эксплуатационных показателей (размеры движения, пропускная и провозная способности линий и перерабатывающая способность станций и узлов; сокращение оперативного персонала; снижение потерь в движении и повышение скорости продвижения вагонопотоков и поездов).

Основными исходными данными для определения эксплуатационных или так называемых текущих расходов по проектам СЖАТ служат их технические параметры и эксплуатационные показатели. Набор натуральных показателей и параметров должен обеспечивать выявление как преимуществ, так и недостатков оцениваемых проектов. Эксплуатационные расходы могут определяться способом непосредственного расчета или по нормам денежных затрат, приходящихся на отдельные измерители (по расходным ставкам), с учетом их величины.

При непосредственном расчете в составе расходов учитываются:

- фонд оплаты труда и начисления;
- стоимость используемых электроэнергии и топлива;
- стоимость потребленного сырья и материалов;
- амортизационные отчисления;
- ремонтные расходы;
- прочие затраты (непосредственно связанные с проектами и включающие плату за охрану грузов, устройств, за выбросы отработанных ресурсов и т.п.).

Методом расходных норм определяют текущие затраты, зависящие от объемов перевозочной работы, параметров и показателей использования подвижного состава и других технических средств.

Для удобства оценки экономической эффективности работ технических показателей следует систематизировать в виде табл. 9.1. Результат изменения эксплуатационных расходов за год определяется как сумма приведенных в ней составляющих:

$$R = \sum_{i=1} \Delta C_i .$$

Положительное значение полученной величины свидетельствует о размере годового дохода от внедрения проекта.

На основе расчетов капитальных вложений и эксплуатационных расходов по формулам (9.3), (9.5), (9.6) и (9.9) определяются показатели технико-экономической эффективности внедрения СЖАТ. При условии, что ЧДД, ИД, ВНД являются положительными и превышают норму дисконта, а срок окупаемости инвестиций составляет период, не более нормативного, проект считается эффективным.

9.3. Учет экономических потерь при ненадежном функционировании устройств СЖАТ и нарушениях безопасности движения поездов

9.3.1. Эффективность повышения надежности работы устройств

Нарушение нормального функционирования СЖАТ влечет потери в перевозочном процессе, что обусловлено переходом на более низкий уровень управления, сопровождающийся увеличением времени приготовления маршрутов, снижением скоростей движения поездов. Примерами этому являются отказы работы светофорной сигнализации, стрелочных приводов, систем интервального регулирования, локомотивной сигнализации и др. Так появление запрещающего сигнального показания из-за нарушения работы сигнальной точки АБ вызывает прямые потери — незапланированные остановки поездов и снижение участковой скорости, и в последующем может послужить причиной сбоя графика и спровоцировать косвенные (вторичные) потери в движении. Мероприятия, направленные на повышение надежности работы устройств, могут иметь экономическую оценку с расчетом ранее рассмотренных показателей технико-экономической эффективности.

В противовес затратам капитальных вложений на выполнение мероприятий по повышению надежности (стоимость нового оборудования, затраты на проектные работы, демонтаж старых

устройств, строительно-монтажные и пусконаладочные работы по вводу новых устройств) рассматриваются изменения эксплуатационных расходов. При этом сокращаемая их часть должна быть связана, прежде всего, с уменьшением потерь в движении, оцениваемых на основе статистических данных по отказам устройств и показателям надежности новой техники.

Кроме того, внедрение более надежных устройств сокращает:

- затраты труда работников ремонтно-технологических участков дистанций на ремонт и проверку аппаратуры;

- периодичность профилактического обслуживания.

При этом следует рассматривать возможность сокращения численности персонала не только по хозяйству сигнализации и связи, но и ряду других. Например, при переходе от АБ и ПАБ (из-за снижения объемов перевозок) и использовании систем счета осей вместо традиционных рельсовых цепей сокращается штат работников службы пути, обслуживавших изолирующие стыки, стыковые соединители; службы энергоснабжения, обслуживавшие высоковольтно-сигнальную линию АБ.

Однако ввод новых устройств может иметь и затратную составляющую в структуре эксплуатационных расходов:

- рост амортизационных отчислений вследствие применения более совершенной новой техники, как правило, более дорогой;

- увеличение затрат на материалы и запасные части (элементы) по той же причине;

- увеличение энергопотребления, например, при «горячем» резервировании устройств;

- дополнительные затраты на обслуживание новых устройств, которые могут быть установлены как дополнительные к существующим.

9.3.2. Экономическая эффективность повышения безопасности движения поездов

Окупаемость капитальных вложений при внедрении систем управления обеспечивается также еще по одной из важных составляющих экономического эффекта — повышение безопасности движения. Значительные затраты при использовании более совершенных систем и устройств и ограниченность источников финансирования определяют необходимость и аккуратность выполнения таких расчетов.

Основным методом принятия решений в мировой практике считается анализ затрат и выгод, позволяющий расставить приоритеты в выполнении мероприятий и определений и определить оправданный масштаб затрат.

Мероприятия, связанные с повышением уровня безопасности, оцениваются статистическими показателями сокращения случаев нарушения условий безопасности, а количественное значение выгоды — стоимостью предотвращаемых крушений или аварий (КА). Ущерб от потери материальных ресурсов составляют возникшие вследствие КА разрушения:

- подвижного состава;
- грузовой массы на колесах;
- верхнего строения пути, зданий, сооружений;
- напольных устройств и линий СЦБ с вязи.

Ущерб от гибели и травматизма людей (пассажиров, работников железнодорожного транспорта, а также участников ликвидации КА) включает:

- потери национального дохода в результате гибели людей;
- выплаты пенсий лицам, получившим инвалидность, и семьям погибших;
- стоимость содержания в больницах пострадавших и размер потерь части национального дохода (неоданная продукция) за время их лечения;
- объем выплат по временной нетрудоспособности лицам, получившим телесные повреждения;
- другие виды компенсаций (психологическая реабилитация, моральный ущерб и т.п.).

Потери на ликвидацию последствий крушений и аварий включают:

- затраты на работу восстановительных и пожарных поездов, сил МЧС, работников милиции, скорой помощи и т.п.;

- расходы, связанные с проведением расследования причин КА (выезд на место происшествия работников прокуратуры, ответственных работников ОАО «РЖД» и дороги);
- капитальные вложения на восстановление пути и сооружений, а также нормального действия устройств.

Вторичные потери железных дорог определяют:

- эксплуатационные потери в движении для продвижения других поездов по неправильному пути или окружным путем;
- компенсации или организация проезда пассажиров — участников КА к месту назначения;
- потеря части прибыли в перевозках из-за перерыва движения поездов (задержки отправления грузов и пассажиров).

Потери, связанные с нанесением ущерба экологии, включают негативные воздействия на окружающую среду (разлив вредных веществ при КА).