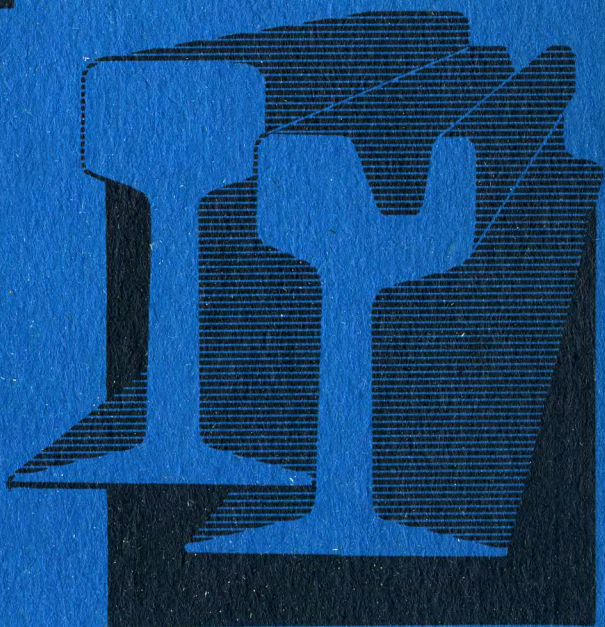


Ю.М. КОССОЙ

РЕЛЬСОВЫЕ ПУТИ

ТРАМВАЕВ И ВНУТРИЗАВОДСКИХ ДОРОГ



ИЗДАТЕЛЬСТВО ТРАНСПОРТ



Ю.М.КОССОЙ

РЕЛЬСОВЫЕ ПУТИ ТРАМВАЕВ И ВНУТРИЗАВОДСКИХ ДОРОГ

Утверждено
Управлением кадров и учебных заведений
министерства жилищно-коммунального
хозяйства РСФСР в качестве учебника
для техникумов



МОСКВА "ТРАНСПОРТ" 1987

Коссой Ю. М. Рельсовые пути трамваев и внутризаводских дорог: Учебник для техникумов.— М.: Транспорт, 1987.— 296 с.

Рассмотрены современные конструкции верхнего и нижнего строений рельсовых путей трамваев и внутризаводских дорог.

Изложены основы проектирования, строительства, ремонта и эксплуатации рельсовых путей, приведены конкретные расчеты соединений и пересечений путей.

Книга предназначена для учащихся техникумов жилищно-коммунального хозяйства, а также может служить пособием для работников путевого хозяйства трамваев и промышленных железных дорог.

Ил. 130, табл. 63, библиогр. 16 назв.

Рецензенты: ведущий инженер Главного управления городского электротранспорта МЖКХ РСФСР А. А. Пономарев; старший научный сотрудник Академии коммунального хозяйства имени К. Д. Памфилова В. А. Семина.

Заведующий редакцией В. Г. Пешков

Редактор А. С. Яновский

Учебник для техникумов

ЮРИЙ МАРКОВИЧ КОССОЙ

РЕЛЬСОВЫЕ ПУТИ ТРАМВАЕВ И ВНУТРИЗАВОДСКИХ ДОРОГ

Предметный указатель составил А. С. Яновский

Переплет художника В. Е. Тё

Технические редакторы М. И. Ройтман, Т. А. Захарова

Корректор-вычитчик Н. А. Лобунцова

Корректор В. А. Луцкнко

ИБ № 3279

Сдано в набор 06.11.86. Подписано в печать 15.05.87. Т-00519.
Формат 60×90/16. Бум. офсетн. № 1. Гарнитура литературная.
Офсетная печать. Усл. печ. л. 18,5. Усл. кр.-отт. 18,69.
Уч.-изд. л. 21,34. Тираж 3 000 экз. Заказ 2198. Цена 85 коп.
Изд. № 1—1—2/3 № 3102.

Ордена «Знак Почета» издательство «Транспорт»,
103064, Москва, Басманный туп., 6а

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
129041, Москва, Б. Переяславская ул., д. 46.

Нормальная жизнь современного города, как и работа промышленного предприятия, невозможна без удобных и надежных транспортных связей. Жители городов ежедневно едут на работу и с работы, совершают поездки с культурно-бытовыми целями, даже неработающее население нуждается в услугах транспорта. Только в Москве все виды городского транспорта перевозят за сутки около 15 миллионов пассажиров. Подсчитано, что в городах с населением, превышающим 500 тысяч человек, более четверти всех жителей тратят на поездку к месту работы от одного до двух часов. А ведь продолжительность поездки прямо влияет на производительность и качество труда. Роль транспорта в городском хозяйстве не исчерпывается пассажирскими перевозками. Внутригородской транспорт перевозит и различные грузы, связанные с обслуживанием населения. Объем таких перевозок может достигать 40 тонн в год на одного жителя.

Транспорт промышленных предприятий обеспечивает доставку сырья, материалов, деталей и оборудования непосредственно к заводским цехам, вывоз готовой продукции, внутризаводские перевозки, входящие в состав технологического процесса соответствующего производства.

Грузовые и пассажирские перевозки осуществляются различными видами транспорта. В городах действуют трамваи, троллейбусы, автобусы, грузовые и легковые автомобили, метрополитены и некоторые другие виды городского транспорта. В понятие «внутризаводской промышленный транспорт» входят железнодорожный, автомобильный, трубопроводный транспорт, а также транспорт непрерывного действия: конвейеры, подъемники и другие механические средства.

Большой объем городских перевозок падает на долю трамвая, метрополитена и скоростного трамвая. Ведущим видом транспорта на предприятиях являются промышленные железные дороги. Эти четыре вида транспорта объединяет общая для них основа — рельсовый путь, который направляет движение экипажей (вагонов или локомотивов) по строго фиксированной траектории.

Первый рельсовый путь в виде деревянной лежневой дороги был построен еще в XVII в. Лишь в конце XVIII столетия появились чугунные рельсы. Интересно, что первые железные дороги возникли именно как промышленные. По ним на вагонетках с конной тягой перевозили руду, уголь, различную заводскую про-

дукцию. В 1825 г. в Англии была сооружена первая железная дорога с паровой тягой. В нашей стране железные дороги впервые появились в 1834 г. на Нижнетагильских горных заводах и в 1837 г. — между Петербургом и Царским Селом.

В города рельсовый путь пришел лишь во второй половине XIX века. Первая конно-железная дорога («конка») появилась в Нью-Йорке в 1853 г., в 1864 г. открылась конка в Петербурге, в 1872 г. — в Москве. Первый электрический трамвай был построен русским изобретателем Ф. А. Пирошким в 1880 г., однако первая регулярная линия городского трамвая открылась годом позже в пригороде Берлина — Лихтерфельде. Первый трамвай появился в России в 1892 г. в Киеве, в 1896 г. трамвай появился в Нижнем Новгороде (теперь г. Горький), в 1899 г. — в Казани.

Вначале трамвайные пути мало чем отличались от железнодорожных, и лишь постепенно начали понимать, что специфика городской улицы и трамвая как вида городского транспорта определяет свои требования, которые должны предъявляться к трамвайному пути. Вместе с тем нужно отметить, что основные конструктивные элементы рельсового пути, хотя и появились они более полутора веков тому назад, несмотря на значительный рост нагрузок и интенсивности движения, сохраняются до наших дней.

Трамвай действует в 110 городах нашей страны. Общая длина трамвайных путей составляет около 10 тыс. км, а среднегодовой объем перевозок превышает 8,2 млрд. пассажиров. Во многих городах мира, в том числе и в нашей стране (в Ленинграде, Киеве, Волгограде), действуют линии скоростного трамвая (СЛТ). Новые СЛТ сооружаются и проектируются в Саратове, Барнауле, Устинове, Старом Осколе и других городах страны.

Подвижной состав, обращающийся на внешних и внутризаводских путях промышленных предприятий, весьма разнообразен: тепловозы, электровозы, маневровые паровозы, вагоны общего назначения, специальные вагоны.

В некоторых городах рельсовый путь обеспечивает работу городских железных дорог, фуникулеров и других менее распространенных видов городского транспорта. Но главным рельсовым транспортом современных городов остается трамвай.

Коммунистическая партия и Советское правительство на всех этапах развития нашего государства и его народного хозяйства придавали большое значение развитию городского и промышленного транспорта. Постановления партии и правительства, регулярно принимаемые по насущным вопросам дальнейшего развития транспорта, намечают широкие программы улучшения его производственно-технической базы, совершенствования маршрутных систем, повышения эффективности использования технических средств, улучшения организации и увеличения объемов перевозок. Перспективные планы развития промышленных узлов и комплексные транспортные схемы городов, разрабатываемые на период до 2000 г., предполагают дальнейшее развитие всех видов рельсового транспорта.

РЕЛЬСОВЫЙ ПУТЬ НА ГОРОДСКОЙ УЛИЦЕ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛОЩАДКЕ

1. ЭЛЕМЕНТЫ ПУТИ И УСЛОВИЯ ЕГО РАБОТЫ

Железнодорожный и трамвайный рельсовый путь состоит из земляного полотна и верхнего строения. В некоторых случаях в его состав входят специальные искусственные сооружения.

Назначение пути — направить движение колес подвижного состава, воспринять, упруго переработать и распределить на большую площадь нагрузку этих колес. Путь и все его элементы по своему состоянию, прочности и устойчивости должны обеспечивать бесперебойное, безопасное и плавное движение поездов¹ с установленными скоростями. *Земляное полотно* является основанием путевой конструкции; оно выравнивает неровности рельефа, отводит воду в стороны от пути, передает давление от балластного слоя на поверхность земли.

Искусственные сооружения — это мосты, водопропускные трубы, различные конструкции, предназначенные для отвода поверхностных вод с покрытия, балластного слоя, земляного полотна; понижения уровня грунтовых вод, отвода воды от стрелочных механизмов.

К основным элементам *верхнего строения* пути относятся рельсы, скрепления, специальные части (стрелки, крестовины, пересечения), температурные компенсаторы, шпалы, бесшпальные основания, балластный слой, а для трамвайного пути еще и дорожные покрытия.

Шпалы и бесшпальные основания являются опорами для рельсов, обеспечивают неизменность их положения, воспринимают давление от рельсов и передают его на балласт.

Балласт — это своеобразная подушка из песка или щебня, смягчающая удары колес о рельсы. Воспринимая нагрузку от шпал, балласт распределяет ее на возможно большую площадь земляного полотна, уменьшая величину этой нагрузки, приходящуюся на единицу площади. Рельсы служат для поддержания колес подвижного состава и направления их движения, непосредственно воспринимают от них давление и передают его на шпалы.

¹ Под поездами понимаются не только железнодорожные составы, но и отдельно следующие локомотивы, дрезины, составы из двух и более трамвайных вагонов, одиночные трамвайные вагоны.

Скрепления соединяют рельсы между собой и со шпалами. Специальные части обеспечивают соединения и пересечения путей.

Дорожные покрытия (сплошные асфальтовые, железобетонные или штучные) чаще всего определяются не конструкцией пути, а требованиями городского благоустройства и необходимостью пропуска автотранспорта. Тем не менее вид покрытия и его техническое состояние влияют на работу пути.

Таким образом, элементы, составляющие рельсовый путь, очень непохожи друг на друга. Это обыкновенная земля и сталь, из которой делаются рельсы, щебень балластного слоя и стрелочный механизм, деревянные или железобетонные шпалы, асфальтовое покрытие и т. д. Несмотря на это, путь представляет собой единую конструкцию. Все элементы этой конструкции тесно связаны друг с другом и изменения в состоянии или работе любого из них ведут к изменениям в состоянии или работе других элементов и всего пути в целом. Кроме того, это приводит к изменениям во взаимодействии пути и подвижного состава.

Сравнительно простая конструкция рельсового пути обычно работает весьма напряженно и находится в неблагоприятных условиях. Почти непрерывно на путь действуют динамические нагрузки от колес движущихся вагонов и локомотивов. При взаимодействии пути и подвижного состава возникают разнородные усилия. Даже в ненагруженном состоянии путь в целом и все его элементы подвергаются постоянному воздействию разнообразных сил и факторов.

Все факторы, которые действуют на путь, можно разделить на естественные и эксплуатационные. Влияние *естественных факторов* не зависит непосредственно от размеров движения поездов и может проявляться даже в тех случаях, когда какое-то время движение отсутствует вообще. К таким естественным воздействиям относится, например, действие атмосферных и подпочвенных вод. Вода, насыщая балластный слой или земляное полотно, снижает их несущую способность (способность выдерживать нагрузку) и резко увеличивает упругие и остаточные деформации. На несущую способность балласта влияет также его засорение и загрязнение, которые, правда, ускоряются по мере увеличения объемов движения. Засорение и загрязнение балласта отрицательно влияют также на его дренирующую способность, т. е. на способность пропускать воду. Кроме этого, при промерзании балластного слоя иногда развиваются так называемые пучины. Сезонные изменения температуры вызывают в рельсах и скреплениях весьма значительные температурные напряжения. Наконец, в определенных условиях проявляется химическое влияние среды, в которой работает путь. Это ведет к ускоренному разрушению деревянных шпал, коррозии металла рельсов и скреплений. Кроме того, на характер взаимодействия колес с рельсами влияет состояние контактирующих металлических поверхностей (степень влажности, наличие пыли, обледенение и т. п.).

Эксплуатационные факторы возникают только при движении поездов в процессе взаимодействия пути и подвижного состава. Когда вагон, электровоз, тепловоз или паровоз (в дальнейшем мы будем все эти транспортные средства называть одним словом — экипаж) стоит на рельсах и не движется, на путь действует нагрузка, равная давлению колес экипажа на рельсы, и через него на все элементы конструкции пути. Статическая нагрузка от колеса на рельс — это вес экипажа, который приходится на это колесо.

При движении экипажа возникают дополнительные силы, которые делают нагрузку от колеса на рельс переменной величиной. Эти дополнительные силы вызываются вертикальными колебаниями экипажа на рессорах, колебаниями колес за счет упругости самого пути, наличием неровностей на пути или на самом колесе. Эти силы могут быть направлены как сверху вниз, так и снизу вверх. Таким образом, они могут как увеличивать, так и уменьшать величину статической нагрузки. На путь действуют и горизонтальные силы, связанные с боковым давлением колеса на рельс, возникновением в кривых участках пути центробежной силы, действием температурных изменений, сил тяги и торможения и некоторых других факторов. Все эти нагрузки прежде всего воспринимает рельс. Через рельс и систему креплений они передаются шпалам, балласту и земляному полотну. Таким образом, в работу включается вся конструкция.

Особо проявляется влияние эксплуатационных факторов, связанных не с воздействием движущихся поездов, а с особенностями самого пути и его содержания. Сюда следует отнести дополнительные начальные напряжения, которые появляются в рельсах при изгибе их на рельсогибочном прессе перед укладкой в кривых участках; нагрузки, которые испытывают шпалы от воздействия безрельсового подвижного состава; напряжения и нагрузки, возникающие при производстве некоторых ремонтных работ (разгонка зазоров, рихтовка, перешивка пути). Все эти закономерности справедливы и для трамвайного, и для железнодорожного рельсового пути. Но им присущи и свои специфические особенности.

2. ТРАМВАЙНЫЙ ПУТЬ НА ГОРОДСКОЙ УЛИЦЕ

Трамвайный путь воспринимает относительно небольшие вертикальные нагрузки от колес вагона (табл. 1). Максимальная статическая нагрузка от колесной пары трамвайного вагона на рельсы составляет 80 кН (8,0 тс *). Невелики и определяющие дополнительные динамические силы, скорости движения. Для обычного (нескоростного) трамвая перегонная скорость не превышает

* Перевод единиц измерения с системы МКГСС в СИ: 1 тс = 9,80665 кН \approx 10 кН; 1 кгс/см² = 0,098066 МПа \approx 0,1 МПа.

Таблица 1. Основные характеристики трамвайных вагонов

Характеристика	Типы вагонов			
	РВЗ-6М	КТМ-5МЗ	ЛМ-68М	Т-3
Длина вагона со сцепными приборами, мм	14080	15076	15350	15200
База вагона, мм	6600	7500	7500	6400
База тележки, мм	1940	1940	1940	1900
Масса тары, т	16,5	18	19,0	17,0
Нагрузка от колесной пары на рельсы при максимальном заполнении, кН (тс)	75,0 (7,5)	80,0 (8,0)	80,0 (8,0)	74,9 (7,49)
Диаметр колес, мм	700	700	700	700

60—65 км/ч¹. Это значительно меньше нагрузок и скоростей, реализуемых на железных дорогах. Меньше и горизонтальные усилия, возникающие в прямых участках пути. Однако условия, в которых работает путь трамвая, нельзя считать облегченными. Это объясняется особенностями конструкции пути и его эксплуатации.

Рассмотрим эти особенности. У подвижного состава колесного транспорта обычно выделяются так называемые сцепные или движущие оси. Это те оси, на которые в отличие от несцепных или свободных передается тяговое усилие. Очевидно, что именно под их воздействием в основном происходит износ рельсов. У трамвайных поездов практически все оси являются сцепными. Свободные оси встречаются только у редких сейчас необмоторенных прицепов. На железных дорогах сцепные оси имеет только локомотив, все вагонные оси (кроме моторных секций электро- и дизель-поездов) являются свободными. Таким образом, доля движущих осей от общего их количества у трамвайного поезда намного выше, чем у железнодорожного. Далее, так как частота движения трамваев обычно выше, то сравнительно высокой становится интенсивность развития и накопления деформаций пути. Этому способствуют также частые плановые и неплановые остановки, при которых возникают лусковые и тормозные усилия. Все это влияет на темпы износа рельсов и других элементов пути.

Конструкции трамвайных путей характеризуются значительными продольными уклонами (до 90%)², крутыми кривыми (радиусом до 20 м)², использованием трамвайных рельсов в качестве проводника обратного тока и некоторыми другими особенностями, определяющими условия их работы, ремонта и содержания.

¹ На скоростных линиях перегонная (ходовая) скорость может достигать 65—90 км/ч.

² На некоторых действующих путях сохранились уклоны более 90‰ и кривые радиусом менее 20 м.

Сам факт размещения трамвайного пути на улице вызывает необходимость пропуска безрельсового транспорта, который не только определяет дополнительный износ рельсов, но и, действуя через дорожное покрытие на шпально-балластное основание, вызывает его общее расстройство. Наличие покрытия в ряде случаев создает дополнительные условия для загрязнения пути, накопления пыли в рельсовых желобах, затрудняет поверхностный водоотвод. Кроме того, это исключает возможность постоянного наблюдения за состоянием пути на закрытых участках и вызывает повышенную сложность и трудоемкость производства ремонтных работ.

Трамвайные пути могут классифицироваться по назначению, скорости и частоте движения, расположению на улице. Все эти признаки не являются конструктивными, но все же оказывают заметное влияние на конструкцию пути. В зависимости от назначения выделяются пассажирские пути, по которым осуществляются трамвайные пассажирские перевозки; пути, расположенные на территориях депо, ремонтных заводов и мастерских, а также подъездные пути к ним, если они одновременно не являются пассажирскими путями; грузовые и служебные пути, предназначенные только для движения соответствующих поездов.

По скорости движения трамвайные линии можно подразделить на скоростные (скорость сообщения не менее 25 км/ч) и обычные, по частоте движения — на менее напряженные (менее 20 пар поездов в час) и более напряженные (более 20 пар поездов в час).

Расположение трамвайных путей на улицах города определяется общими условиями городской планировки, назначением и категорией улицы, характером ее застройки, размещением подземных коммуникаций и степенью благоустройства.

Трамвайные пути могут располагаться на *совмещенном полотне*, т. е. в одном уровне с проезжей частью улицы. Этот вариант размещения пути, как правило, предусматривает наличие дорожного покрытия и пропуск по трамвайному полотну безрельсового транспорта. Пути могут располагаться и на *обособленном полотне*, отделенном от проезжей части разделительной полосой, бортовым камнем, подпорной стенкой. Поверхность катания рельса в этом случае должна быть выше уровня проезжей части, как правило, на 20—30 см и на 10 см — выше верха бортового камня. На так называемых вылетных линиях возможно размещение пути на независимом от улицы *самостоятельном полотне*. Несмотря на некоторое сокращение полезной ширины улицы, обособленное полотно оказывается в большинстве случаев предпочтительнее. Оно обеспечивает большую безопасность движения, более высокую скорость движения, меньший уровень эксплуатационных расходов, лучшие экологические условия, возможность использования наиболее экономичных конструкций пути.

При сооружении временных линий допускается укладка пути непосредственно на дорожных покрытиях.

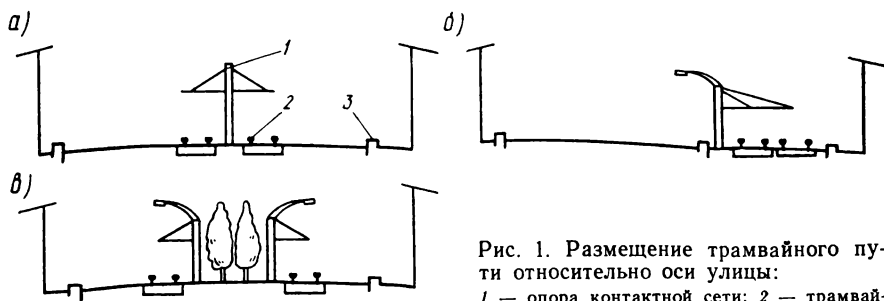


Рис. 1. Размещение трамвайного пути относительно оси улицы:

1 — опора контактной сети; 2 — трамвайный путь; 3 — бортовой камень

Трамвайные пути обычно сооружаются двухпутными, хотя в некоторых случаях (например, на разворотных кольцах, на менее напряженных участках пути) допускаются однопутные линии. Относительно оси улицы возможно центральное (рис. 1, а), боковое одностороннее (рис. 1, б) или боковое двустороннее (рис. 1, в) расположение. Выбор варианта делается на основе анализа характера застройки, планировки, организации транспортных и пешеходных потоков.

Скоростные линии трамвая должны располагаться на обособленном полотне, отделенном от проезжей части улиц, от тротуаров и велодорожек разделительными полосами и специально сооружаемыми ограждениями. Вне пределов городской застройки пути скоростного трамвая могут быть размещены на самостоятельном полотне. В сложных градостроительных или топографических условиях может оказаться оправданным строительство тоннелей или эстакад.

3. ОСОБЕННОСТИ ВНУТРИЗАВОДСКОГО ПУТИ

Специфика промышленной железной дороги определяется прежде всего ее технологическим назначением, тесной связью с производственным процессом предприятия, с одной стороны, и с работой железной дороги примыкания — с другой.

Промышленные железные дороги не только доставляют необходимые заводам сырье и материалы или отправляют потребителям готовую продукцию. Межцеховые перевозки по рельсовым путям являются составной частью основного производства металлургии, машиностроения и многих других отраслей. По условиям работы промышленные железные дороги (подъездные пути) подразделяются на внешние и внутренние.

Внешние подъездные пути соединяют предприятия со станциями примыкания магистральных железных дорог. Они подразделяются на категории в зависимости от характера и размера перевозок, реализуемых скоростей и порядка движения (поездный или маневровый).

К внутренним железнодорожным подъездным путям относятся пути, расположенные на территории заводов, шахт, электростанций, складских баз и других предприятий, пути станций и постов промышленных железных дорог, пути погрузочно-разгрузочных фронтов, соединительные пути. Внутризаводские пути могут классифицироваться по ширине колеи (пути нормальной колеи и узкоколейные), по сроку работы (постоянные, временные и передвижные), характеристикам среды, в которых работает путь.

Подъездные (соединительные) пути подразделяются на три категории: I — пути с поездным движением со скоростями от 40 до 65 км/ч; II — то же со скоростями движения от 25 до 40 км/ч и III — пути с маневровым движением при скоростях менее 25 км/ч.

Технологические процессы заводов, особенно металлургических, оказывают заметное влияние на конструкции пути и особенности их эксплуатации. Достаточно сказать, что нагрузка от колесной пары на рельсы у специального подвижного состава (табл. 2) на внутризаводских путях черной металлургии, предназначенных для перевозок жидкого чугуна или горячих слитков, гораздо больше, чем у локомотивов (табл. 3), и достигает 524 кН (52,4 тс).

Генеральный план предприятия определяет применение на внутризаводских путях кривых малых радиусов. Наименьшие допускаемые радиусы составляют в определенных условиях 60—100 м. Это значительно меньше минимальных радиусов, применяемых на магистральных железных дорогах. Даже при сравнительно небольших скоростях движения, характерных для таких

Таблица 2. Основные характеристики железнодорожных вагонов

Тип вагонов	Грузо-подъемность, т	Масса тары, т	Нагрузка, кН (тс)	Длина по осям автосцепок, мм	База вагона, мм
Четырехосные полувагоны с деревянной обшивкой	63	21,8	212 (21,2)	13920	8650
Четырехосные полувагоны с металлическим кузовом	63	22,0	212 (21,2)	13920	8650
Крытые универсальные четырехосные вагоны	63	22,0	212 (21,2)	14730	10000
Платформы для разных грузов	63	20,92	210 (21,0)	14620	9720
Четырехосные универсальные цистерны	54	22,2	190 (19,0)	12020	7800
Агломератовозы	105	35,0	350 (35,0)	16000	11870
Окатышевозы	65	23	220 (22,0)	12000	7200
Коксовозы	58	26,0	210 (21,0)	17500	13370
Вагоны-самосвалы:					
ВС-60	60	27,0	218 (21,8)	11830	7500
ВС-82	82	37,6	300 (30,0)	12170	7750
ВС-145	145	64,5	524 (52,4)	17580	8120
Платформы для горячего чугуна	110	25,0	338 (33,8)	11220	6320

Таблица 3. Основные характеристики промышленных локомотивов

Характеристика	Серии локомотивов						
	Тепловозы				Электровозы		
	ТЭЗ	ТЭМ2	ТГМ1	ТГМ4	IV-КП	ЕЛ-1	ЕЛ-2
Нагрузка от колесной пары на рельсы, кН (тс)	212 (21,2)	200 (20)	153 (15,3)	200 (20)	200 (20)	250 (25)	250 (25)
Длина по осям автосцепок, мм	16970	16970	9750	12600	12200	21320	13770
Жесткая база, мм	4200	4200	3400	2100	2300	2800	2500
Минимальный радиус вписывания, м	125	80	60	40	40	60	50
Диаметр колес, мм	1050	1050	1050	1050	1050	1110	1110

путей, оказываются значительными боковые давления на рельсы. Верхнее строение пути приходится усиливать.

В определенных технологических условиях (глубокие внутрицеховые вводы, погрузочно-разгрузочные эстакады, пути слива цистерн и т. д.) рельсы укладывают на монолитном или сборном бетонном основании, на металлических и иных жестких конструкциях.

Необходимость ввода железнодорожных тупиков внутрь производственных цехов и складов вызывает применение крутых уклонов (до 60%, а в отдельных случаях и выше). Те же особенности генерального плана определяют повышенную частоту расположения стрелочных переводов и пересечений с безрельсовыми дорогами в одном уровне.

Сильно развитая сеть внутризаводских безрельсовых дорог, цеховые выезды и проезды требуют в общей системе вертикальной планировки заводской площадки заглубления балластного слоя рельсовых путей. Это вызывает ухудшение условий водоотвода. При этом на промышленных путях создаются условия для повышенного местного водосбора: пути, проходящие вдоль цехов, располагаются ниже отметки пола, а отметка головки рельса строго фиксируется и поэтому возможности подъема пути при ремонтах ограничены. В ряде случаев несущая способность грунта основной площадки оказывается недостаточной. Это влечет за собой рост напряжений в элементах верхнего строения пути.

В особых условиях находятся *внутрицеховые пути*. Они круглый год работают в условиях положительной температуры. Балласт на таких путях не подвергается действию атмосферных осадков и выдувающему влиянию ветра. Постоянно плюсовая температура создает благоприятные условия для деятельности дереворазрушающих грибов и бактерий, но, с другой стороны, устраняет возможность возникновения морозобойных трещин в шпалах. Отсутствие проветривания и прямого воздействия солнца снижает неравномерность высыхания древесины.

Рельсы на внутризаводских путях чаще выходят из строя по местным дефектам и сравнительно редко изнашиваются до допускаемых пределов за счет механического износа. Однако интенсивность химического износа рельсов на промышленных железных дорогах часто бывает выше, чем на магистральных. Это объясняется повышенной коррозионной агрессивностью среды, зависящей от вида производства на предприятии, технологического назначения пути, характеристики балластного материала.

Под влиянием особенностей движения, грузовой работы и обилия осаждающихся из атмосферы частиц на промышленной площадке более интенсивно, чем на магистралях (при примерно равной грузонапряженности), идет загрязнение поверхностного слоя.

Эксплуатационные условия на промышленных железных дорогах характеризуются прежде всего размерами грузонапряженности и скоростями. Более 75% общей протяженности промышленных железных дорог имеют годовую грузонапряженность, не превышающую 250 тыс. т·км брутто/км. Остальная часть внутризаводских путей имеет еще меньшую грузонапряженность. Обычные скорости движения на внутризаводских путях находятся в интервале 15—25 км/ч, а на ряде участков составляют 10 и даже 5 км/ч. Наряду с этим имеют место и высокая (более 5 млн. т·км брутто/км в год) грузонапряженность и высокая (до 40—65 км/ч) скорость.

Определенное значение имеет обилие осаждающихся промышленных выбросов в виде дыма, наличие интенсивного автомобильного и пешеходного движения, плотная застройка заводской площадки.

Все эти специфические особенности, условия, в которых работает рельсовый путь на площадке предприятия, определяют его конструкцию и особенности его эксплуатации.

4. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПУТИ И ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Колеса локомотивов, железнодорожных и трамвайных вагонов отличаются от колес любых других транспортных средств. Это отличие прежде всего в том, что они наглухо насаживаются на оси и имеют с внутренней стороны гребни (реборды). Такие особенности колес обеспечивают неизменность расстояния между ними и ограниченность боковых перемещений на рельсах. Таким образом направляется движение экипажа по рельсам и не допускается сход колеса с рельса внутрь или наружу при исправном пути.

Ось с насаженными на нее колесами называется *колесной парой* (рис. 2). Расстояние между внутренними гранями бандажей (или ободов при цельнокатаных колесах) — так называемая насадка — строго регламентируется. Она равна для железнодорожного подвижного состава нормальной колеи 1440 мм, узкой ко-

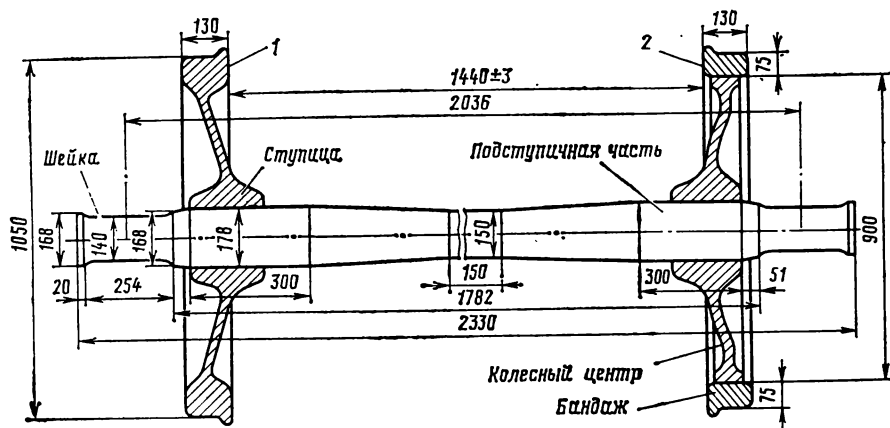


Рис. 2. Колесная пара железнодорожного вагона:

1 — цельнокатаное безбандажное колесо; 2 — сборное колесо с надетым бандажом

лей — 685 мм; для трамвайных вагонов нормальной колеи — 1474 мм, узкой колеи — 950 мм. Установлены и допуски, которые соответственно составляют ± 3 , ± 3 , ± 2 и ± 1 мм. Основным типом железнодорожных колес являются цельнокатаные. Колеса современных трамвайных вагонов — это стальной диск с насаженным на него бандажом (рис. 3), который крепится к ступице с помощью резиновых прокладок. Ширина бандажа, опирающегося на рельс, тоже неодинакова. На железных дорогах она составляет 130—140 мм, такой бандаж всегда перекрывает головку рельса. Трамвайный бандаж имеет ширину 85 мм и не перекрывает рельс. Это понятно, так как иначе колесо могло бы катиться

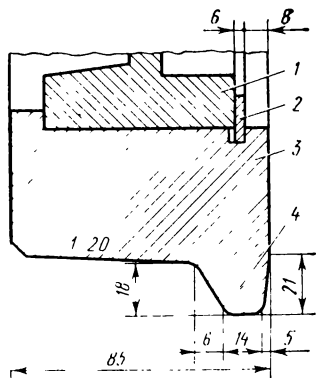


Рис. 3. Очертания трамвайного бандажа:

1 — колесный центр; 2 — стопорное кольцо; 3 — бандаж; 4 — реборда

по дорожному покрытию, которое сооружается в одном уровне с головкой рельса. Нормируются и размеры реборды. Ее толщина не должна быть больше 33 мм или меньше 25 мм при измерении у локомотивов на расстоянии 20 мм, а у вагонов — на расстоянии 18 мм от вершины. Высота железнодорожной реборды — 30 мм для локомотивов и 28 мм для вагонов.

Новая неизношенная реборда колеса трамвая имеет толщину, измеряемую на уровне 7—8 мм ниже поверхности катания рельса, — 22 мм, а высоту — 18 мм для обычного трамвая и 22 мм для скоростного. Не допускаются в эксплуатацию колесные пары, если высота реборды менее 11 мм для обычного трамвая и менее 15 мм для

скоростного и если толщина реборды соответственно меньше 8 и 10 мм. Если сложить ширину насадки и удвоенную толщину неизношенной реборды, получится ширина колесной пары или колесная колея. Этот размер строго увязывается с основной геометрической характеристикой рельсового пути — шириной рельсовой колеи.

До 1983 г. трамвайные вагоны имели колеса с цилиндрическими бандажами. Однако цилиндрическое очертание бандажа определяет меньшую площадь передачи нагрузки на рельс и как следствие, появление желобчатого износа бандажа (рис. 4). Кроме того, любая неровность пути вызывает резкое боковое перемещение колес с цилиндрической поверхностью катания и, наоборот, при выходе из среднего по отношению к рельсам положения колесная пара при коническом очертании бандажа сразу же стремится вернуться к этому среднему положению. Таким образом коничность бандажа обеспечивает плавность движения. Эта же коничность компенсирует продольное проскальзывание одного из колес, возникающее при проходе кривых участков пути. Конические бандажи с уклоном 1:20 внутрь колесной пары обеспечивают более плавное движение и имеют ряд других преимуществ, хотя и они в ряде случаев не устраняют проскальзывания и приводят к вилянию экипажей. Все железнодорожные колеса имеют конические бандажи. После выхода ГОСТ 25712—83 трамвайные колеса стали изготавливать также с коничностью по кругу катания 1:20*. Из-за коничности колес приходится рельсы ставить с подуклонкой внутрь колеи. Это несколько усложняет конструкцию пути и технологию его содержания и ремонта.

Колесные пары двухосных вагонов закрепляют в самостоятельной раме, у четырехосных вагонов имеются две двухосные тележки, в раме каждой из которых соединены по две оси. Оси двухосного вагона или двухосной тележки должны в прямых участках пути удерживаться в положении взаимно параллельном и перпендикулярном продольной оси вагона. При проходе кривого участка пути оси должны иметь возможность поворачиваться в положение, близкое к направлению радиуса этого участка, а при выходе с кривой вернуться в прежнее положение. Условия прохода вагона по кривым разных радиусов определяются расстоянием между осями колесных пар (двухосных вагонов или тележек) и между осями шкворней тележек (четырёхосных вагонов).

Колебания подвижного состава достаточно разнообразны. Дей-

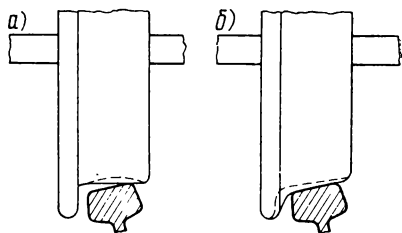


Рис. 4. Схемы износа колес:

а — цилиндрических; б — конических

* Трамвайные вагоны Т-3 (производства ЧССР) имеют цельнокатанные безбандажные колеса.

ствуя совместно, они могут вызывать сложные пространственные перемещения, тем самым комплексно воздействуя на путь. При этом различаются поперечная боковая качка, подпрыгивание, продольная качка (галоширование), подергивание вдоль пути, боковой отход, влияние экипажа. Действие возникающих при этом усилий также комплексно. В сочетании с действием сил, определяемых конструкцией самого пути и особенностями его плана и профиля, это вызывает возникновение в разных элементах пути различных напряжений.

В металлических частях пути появляются напряжения растяжения, сжатия, изгиба, среза, кручения; в шпалах — помимо перечисленных возникают напряжения скалывания и смятия; в балластном слое и на земляном полотне — напряжения давления на площадку, сложно распространяющиеся в сыпучем материале. При этом все элементы пути настолько связаны друг с другом в единой путевой конструкции, что изменения в работе хотя бы одного из них вызывают изменения в работе каждого элемента и пути в целом.

Характер взаимодействия пути и подвижного состава определяет не только требования к прочности и сопротивляемости пути действующим на него нагрузкам, но и его конструктивные размеры, очертания, габариты.

5. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПУТИ

Ширина рельсовой колеи — это расстояние между рабочими гранями головок рельсов, измеряемое перпендикулярно к продольной оси пути. Так как эти грани не строго вертикальны, измерение следует выполнять в так называемой *плоскости колеи*: на уровне ниже поверхности катания на 7—8 мм для желобчатых рельсов (в зависимости от типа) и на 12—14 мм — для железнодорожных. Правила технической эксплуатации трамвая устанавливают ширину колеи на прямых участках пути равной 1524 мм. При реконструкции и капитальном ремонте допускается устройство колеи шириной 1521 мм. Такая суженная колея обеспечивает более плавное движение вагона, менее интенсивный износ рельсов и бандажей, меньшее сопротивление движению. На кривых участках пути определенных радиусов условия вписывания тележек и осей вызывают необходимость некоторого уширения колеи. Величина этого уширения зависит от радиуса кривой. В некоторых городах страны трамвайная колея отличается от стандартной. Так, в Ростове-на-Дону ее ширина составляет 1435 мм, в Таллине — 1067 мм, во Львове, Житомире, Виннице, Симферополе, Пятигорске, Евпатории и Лиепае — 1000 мм.

Для внутризаводских путей на прямых участках и на кривых радиусом более 350 м ширина колеи также установлена равной 1524 мм (с допусками по уширению +6 мм и по сужению —8 мм). Допускается устройство колеи 1520 мм (с отклонениями +10 мм

и —4 мм). На более крутых кривых колея уширяется в зависимости от радиуса. Ширина колеи на пути с железобетонными шпалами должна быть 1520 ± 6 мм. На кривых радиусом менее 350 м укладка железобетонных шпал без специальных креплений, регулирующих ширину колеи,— не допускается. Однако на временных (передвижных) путях ширина колеи одина и во всех случаях должна быть равна 1535 мм.

Строго определенным должно быть и расстояние между осями двух соседних путей. Это расстояние — *ширина междупутья* — зависит от ширины вагона, допускаемого зазора между кузовами встречных вагонов, а также от расположения опор контактной сети. Если опоры установлены вне междупутья, его наименьшая ширина (при ширине кузова вагона 2600 мм) 3200 мм; если опоры находятся в междупутье, то его ширина увеличивается на поперечный размер опоры, но во всех случаях не может быть менее 3550 мм. В Москве и Ленинграде имеются действующие линии с иной шириной междупутья. Это сложилось исторически и сохраняется до сих пор.

При размещении вагона на кривом участке пути угол вагона с наружной стороны кривой имеет некоторый вынос, в середине вагона с внутренней стороны — свес. С учетом этого ширина междупутья в кривых увеличивается в зависимости от радиуса кривой. При этом на кривых участках радиусом менее 75 м и в узлах могут применяться уменьшенные значения уширения междупутья (табл. 4). Расстояние между осями смежных депокских путей, предназначенных для отстоя вагонов, должно быть не менее 3800 мм. Расстояния между осями смежных внутризаводских путей на прямых участках следует принимать по табл. 5. Эти расстояния увеличиваются при расположении в междупутье различных сооружений и устройств, на кривых участках, а также при обращении специального подвижного состава или при перевозке негабаритных грузов. В последнем случае выполняются специальные расчеты.

Ширина междупутья внутри цехов должна быть не меньше 4100 мм.

Таблица 4. Ширина трамвайного междупутья в кривой

Радиус кривой, м	Ширина междупутья в кривой, мм				Радиус кривой, м	Ширина междупутья в кривой, мм			
	3200		3550			3200		3550	
	нормаль- ная	умень- шенная	нор- маль- ная	умень- шенная		нормаль- ная	уменьшен- ная	нор- маль- ная	умень- шенная
20	4100	3800	4100	3800	75	3400	3200	3550	3550
25	3860	3560	3860	3560	100	3350	3200	3550	3550
30	3710	3410	3710	3550	150	3300	3200	3550	3550
40	3580	3280	3580	3550	300	3250	3200	3550	3550
50	3500	3200	3550	3550	1000	3200	3200	3550	3550
60	3450	3200	3550	3550					

Таблица 5. Ширина междупутья на прямых участках промышленных железных дорог

Назначение путей (кроме станционных)	Наименьшая ширина, мм	Станционные пути	Ширина, мм	
			нормаль- ная	наименьшая
Пути на перегонах	Через один путь 4100 и 5000	Главные и пар- ковые	5300	4800
Пути для перевозки жид- кого чугуна и шлака:		Приемо-отправоч- ные на промышлен- ной площадке	4800	4800
на промышленной площадке	4800	Погрузочно-раз- грузочные	6500	5300
вне площадки	4300			
Пути стоянки изложниц со слитками	5000	Экипировочные со смотровыми ка- навами	5500	5500
Пути движения изложниц со слитками	4600	Вспомогательные	4800	4500
Пути движения вагонов- самосвалов	4100, 4600, 5000	Для перегрузки из вагона в вагон	3650	3600

Специфика городской улицы требует регламентировать и ширину трамвайного полотна, которая зависит от принятой ширины междупутья, ширины кузова вагона и зазора безопасности между вагоном и движущимся по улице автотранспортным средством.

В зависимости от вариантов расположения путей на городской улице ширина трамвайного полотна, м, на прямых участках имеет следующие значения:

Однколейный путь на совмещенном полотне	3,40
То же на обособленном полотне	3,80
Двухколейный путь на совмещенном полотне	6,60
То же на совмещенном полотне при установке опор контактной сети в междупутье	6,95
Двухколейный путь на обособленном полотне	7,00
То же на обособленном полотне при установке опор контактной сети в междупутье	7,35

На кривых участках полотно уширяется с учетом сказанного выше.

Общая ширина полосы земли, занимаемая железнодорожным путем, со всеми относящимися к нему устройствами называется *полосой отвода*. Ее ширина (исключая случаи прохода трассы по городу) должна быть не менее 20 м для однопутного участка нормальной колеи и 14 м — узкой колеи (для временных путей эта величина составит соответственно 12 и 10 м). Полоса отвода для двухпутного участка нормальной колеи должна быть не менее 24 м.

Как железнодорожный, так и трамвайный пути должны быть абсолютно свободны для прохода всех типов подвижного состава, т. е. ни одна часть расположенных вдоль пути сооружений не может заходить в зону, отведенную для подвижного состава. В свою очередь ни одна деталь движущегося экипажа ни при каких условиях не должна выходить за пределы определенных очертаний. Эти требования к взаимному расположению пути, подвижного состава, зданий и сооружений устанавливают так называемые габарит приближения строений и габарит подвижного состава.

Габарит приближения строений — это предельное перпендикулярное к оси пути очертание, внутрь которого, помимо подвижного состава, не должны заходить никакие части сооружений и устройств, а также материалы, запасные части и оборудование. Исключение составляют лишь части устройств, предназначенных для непосредственного взаимодействия с подвижным составом в строго определенном положении.

Габарит подвижного состава — это предельное перпендикулярное к оси пути очертание, в котором при стоянке на прямом горизонтальном пути должен со всеми выступающими частями размещаться исправный подвижной состав, продольная ось симметрии которого совпадает с осью пути, а нормируемые допуски и износы имеют наибольшие значения.

Габариты подвижного состава и приближения строений не совпадают. Пространство между ними — межгабаритное пространство — служит для того, чтобы в его пределах безопасно и с необходимым запасом могли бы происходить различные смещения подвижного состава. Эти смещения могут вызываться как его колебаниями, так и отклонениями в техническом состоянии подвижного состава и пути в пределах установленных норм.

Правила технической эксплуатации трамвая устанавливают следующие расстояния от оси пути:

до жилых и административных зданий, расположенных вдоль прямых участков, — не менее 3800 мм (для временных линий — не менее 2800 мм);

до углов тех же зданий на поворотах — не менее 2800 мм, если здание расположено с внутренней стороны кривой, и не менее 3200 мм, если оно расположено с наружной стороны кривой (для временных линий с обеих сторон — не менее 2800 мм);

до стен нежилых построек, заборов, изгородей, расположенных вдоль прямых участков, — не менее 2300 мм, если протяженность их не более 2 м, и не менее 2800 мм, если протяженность их более 2 м (для временных линий в обоих случаях — не менее 2300 мм);

до грани опор контактной сети с односторонними кронштейнами, установленных на прямых участках одноколейных линий при движении в обе стороны, а также до грани боковых опор контактной сети, расположенных с наружной стороны прямых участков пути, — не менее 2300 м (чему соответствует расстояние от рабочего канта рельса до грани опоры, равное 1538 мм);

до стен тоннелей, устоев, путепроводов, подпорных стенок, перил мостов и до ограждения мест разрытия проезжей части на прямых участках пути при запрещении доступа пешеходам — не менее 2050 мм;

до тротуара или бордюрного камня на прямых участках пути при обособленном полотне, а также на путях, укладываемых на проезжей части улицы вдоль тротуара, — не менее 1900 мм (для временных линий — не менее 1600 мм);

до ограды бульваров на прямых участках пути при запрещении доступа пешеходам — не менее 2100 мм, а до стволов деревьев — не менее 2300 мм;

до грани опор для освещения и подвески контактной сети с наружной стороны прямых участков пути на территории трамвайного депо — не менее 1900 мм (чему соответствует расстояние от рабочего канта рельса до грани опоры, равное 1138 мм);

до грани опор контактной сети, установленных в междупутье прямых участков на территории депо, а также до ограждающих барьеров — не менее 1800 мм (чему соответствует расстояние от рабочего канта рельса до грани опоры, равное 1038 мм);

до раскрытых выездных ворот на территорию депо — не менее 1900 мм;

до раскрытых ворот зданий трамвайных предприятий — не менее 1600 мм для действующих предприятий и не менее 1900 мм для вновь строящихся предприятий;

до подошвы откоса сыпучих грузов при разгрузке последних вдоль трамвайных путей на складах, а также до мест, где может находиться только обслуживающий персонал, на пассажирских путях при запрещении доступа пешеходам — не менее 1900 мм;

до опор высоковольтных линий и других специальных сооружений — по согласованию с организациями соответствующих ведомств. На кривых участках пути, чтобы обеспечить необходимый зазор безопасности, при определении расстояний от кузова вагона до габаритных пределов следует учитывать уже упоминавшиеся вынос угла вагона с наружной и свес середины вагона с внутренней стороны кривой.

По вертикали габарит приближения строений ограничивается высотой подвески контактного провода. В точках подвеса эта высота устанавливается на уровне 5,6—6,0 м от головки рельса с допустимыми отклонениями от $-0,15$ до $+0,1$ м. В местах пересечения с неэлектрифицированными железнодорожными путями высота подвески должна быть не менее 5,75 м при наихудших сочетаниях температуры и нагрузок, в том числе от ветра и гололеда. Снижение высоты допускается лишь внутри производственных зданий (до 5,2 м), под путепроводами, мостами, в тоннелях (до 4,2 м), в тоннелях линий скоростного трамвая (до 3,8 м). Дорожные покрытия, крышки колодцев, сооружения (например, рельсовые пакеты), находящиеся в пределах трамвайного полотна, не должны возвышаться более чем на 30 мм над головкой неизношенного рельса.

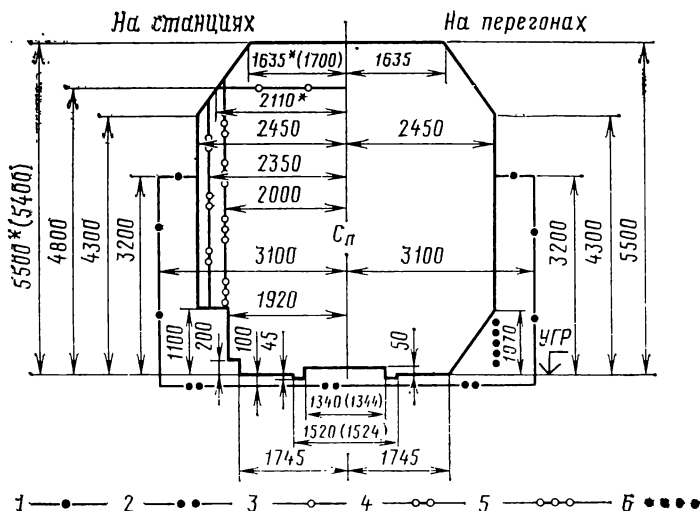


Рис. 5. Габарит Сп:

1 — линия приближения зданий, сооружений и устройств (кроме мостов, тоннелей, платформ, расположенных с внешней стороны крайних путей). В особо трудных условиях это расстояние может быть уменьшено до 2750 мм на перегонах и до 2450 мм на станциях; 2 — линия, выше которой не должно подниматься ни одно устройство, кроме искусственных сооружений, переездных настилов, стрелочных переводов; 3 — линия приближения подкрановых балок, конструкций ворот на путях, предназначенных для эксплуатации только специального подвижного состава промышленного транспорта; 4 — линия приближения отдельно стоящих колонн, стоек ворот, выступающих частей зданий при их длине вдоль пути не более 1000 мм; 5 — линия приближения технологических устройств, расположенных на станционных путях и находящихся в нерабочем положении (сливно-наливные, погрузочно-разгрузочные, экипировочные); 6 — для тоннелей и перил на мостах, эстакадах и других искусственных сооружениях; УГР — уровень верха головки рельса

Сооружения и устройства внутризаводских путей должны удовлетворять требованиям габарита приближения строений, а также требованиям специальных габаритов, которые для каждой отрасли устанавливаются соответствующим министерством.

Габарит Сп изображен на рис. 5. Левая сторона габаритного очертания относится к территориям промышленных предприятий и станциям между ними, правая сторона — к перегонам между территориями промышленных предприятий. Верхнее очертание габарита установлено для неэлектрифицированных путей. Для электрифицированных путей оно принимается в зависимости от напряжения контактной сети, ее конструкции, а также назначения пути. Грузы (кроме балласта для путевых работ) высотой до 1200 мм над головкой рельса должны находиться не менее чем в 2 м от наружной грани крайнего рельса, а при большей высоте — не менее чем в 2,5 м.

Кроме габаритов подвижного состава и приближения строений, установлен также габарит погрузки — предельное перпендикулярное к оси пути очертание, в котором должен размещаться груз при нахождении вагона на прямом горизонтальном пути.

6. РЕЛЬСОВЫЕ ПУТИ В ПЛАНЕ И ПРОФИЛЕ

Вертикальное и горизонтальное положение пути в конкретных условиях городской улицы или промышленной площадки определяется планом, продольным и поперечным профилями линии. План пути — это графическое изображение, показывающее, как расположен путь в горизонтальной плоскости, т. е. вид пути сверху.

Путь представляет собой чередующиеся и плавно переходящие друг в друга прямые и кривые участки, а также соединения и пересечения двух или более направлений. На плане трамвайного, подъездного или внутризаводского пути наносятся: трасса линии (в осях или рельсовых нитях в зависимости от масштаба) с указанием всех основных элементов кривых, километраж и пикетаж линии, подробная ситуация (застройка, красные линии¹, безрельсовые дороги, коммуникации и др.), водоотводы и водоотводные сооружения, стрелочные узлы и переводы, планировочные отметки и некоторые другие сведения (рис. 6).

Внутризаводские пути обычно привязываются к координатной сетке генерального плана предприятия (рис. 7).

Планы железнодорожных путей составляются в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500; планы трамвайных путей — в масштабах 1:2000 и 1:500. В отдельных случаях узлы и кривые выполняются отдельно в масштабах 1:200 или 1:100.

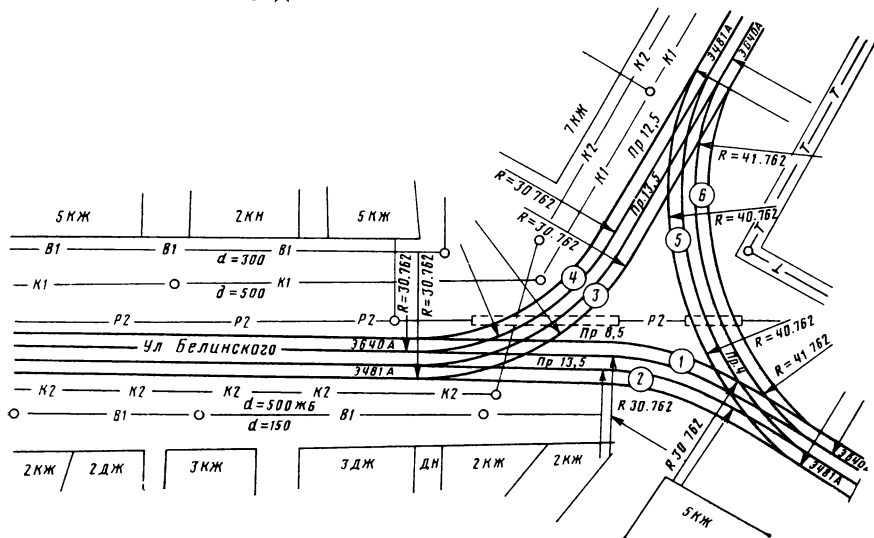


Рис. 6. План трамвайных путей на городской улице:

B1 — хозяйственно-питьевой водопровод; K1 — фекальная канализация; K2 — ливневая канализация; P2 — газопровод среднего давления; T — теплотрасса; 3КЖ — трехэтажный кирпичный жилой дом; 2ДЖ — двухэтажный деревянный жилой дом; 2КН — двухэтажный кирпичный нежилой дом

¹ Красная линия — условная граница, отделяющая территорию застройки от магистрали, улицы, проезда.

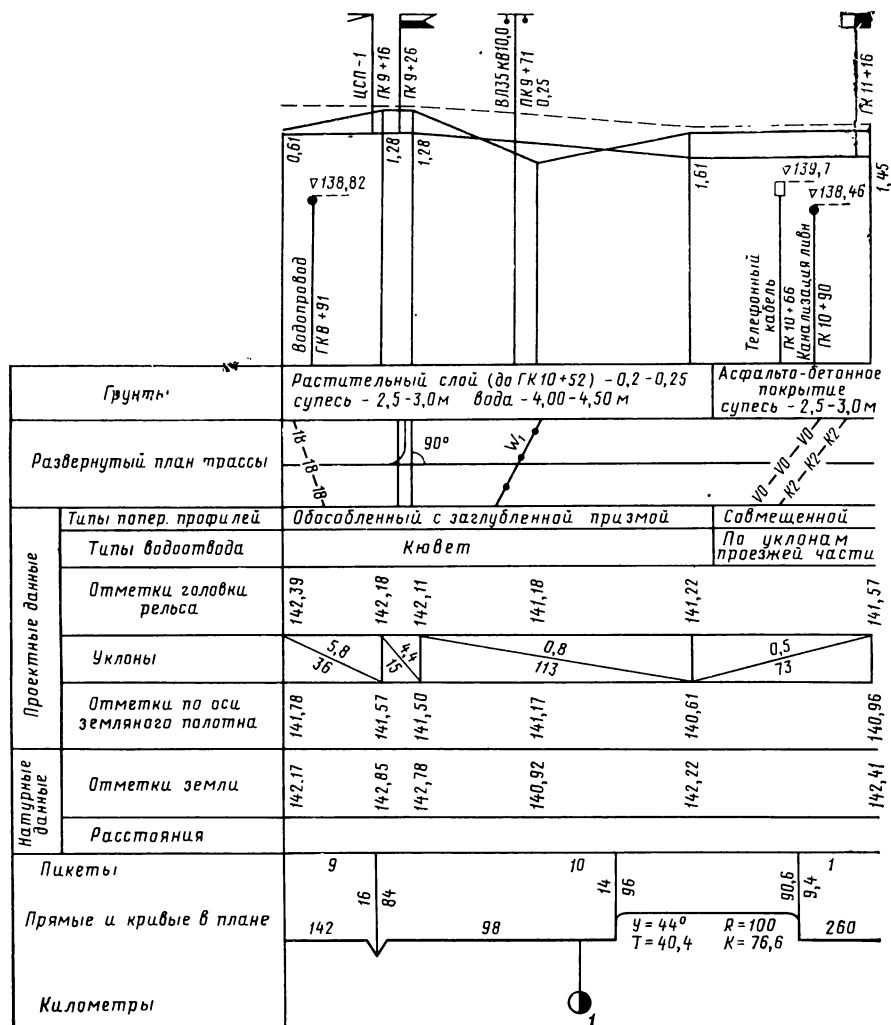


Рис. 8. Продольный профиль проектируемого пути*

проезжей части улицы, называется *поперечным профилем*. На поперечных профилях земляного полотна приводятся горизонтальные расстояния, существующие и проектные вертикальные отмет-

* Продольные профили железнодорожных и трамвайных путей вычерчиваются почти одинаково. Только для трамвайных путей в ординатной части показываются геологические разрезы с указанием скважин, а над линией продольного профиля обозначаются вертикальные кривые и приводятся сведения об их элементах.

ки, уклоны (рис. 10). При проектировании трамвайных путей разрабатываются также архитектурно-планировочные поперечники, отражающие общее положение пути на магистрали, улице, в проезде, с учетом застройки, наличия зеленых полос, безрельсовых дорог. Поперечные профили обычно изображаются без искажения в одинаковых горизонтальных и вертикальных масштабах.

Отметки земной поверхности, которые приводятся на профилях, называют черными отметками, а проектные отметки земляного полотна — красными отметками. Разности между красными

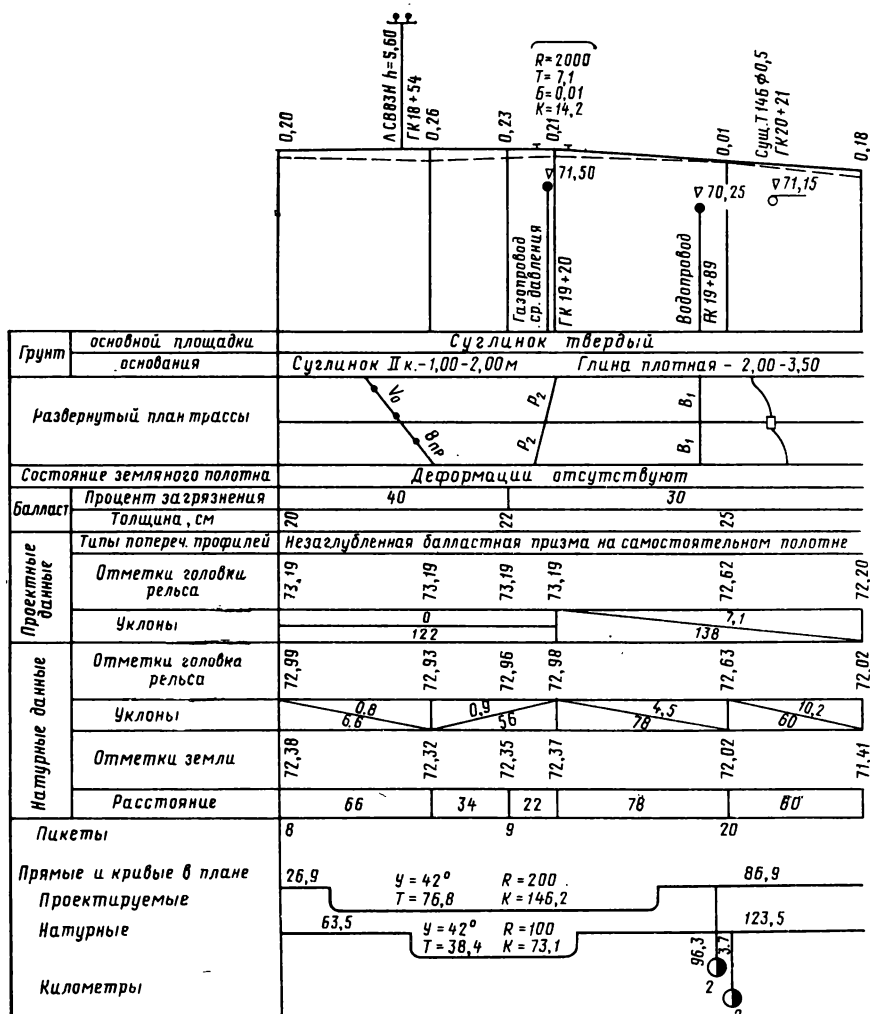


Рис. 9. Продольный профиль реконструируемого пути

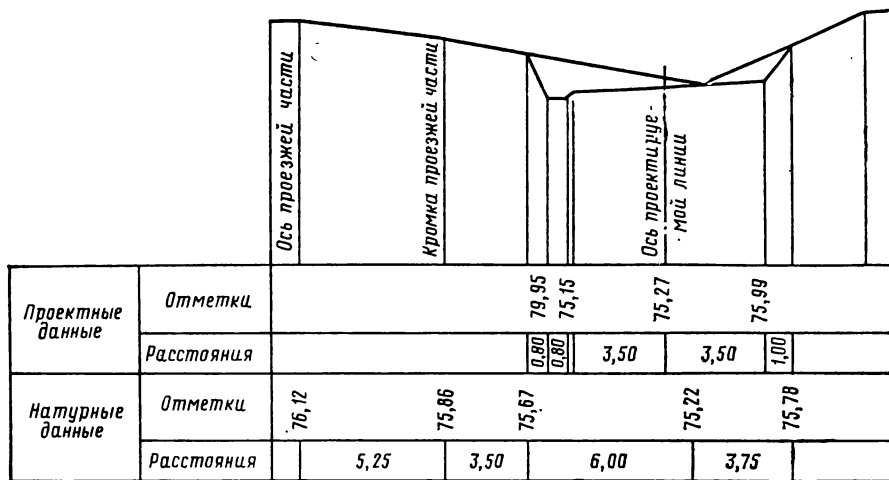


Рис. 10. Поперечный профиль проектируемого пути

и черными отметками есть рабочие отметки, которые показывают высоту насыпи или глубину выемки в соответствующем сечении пути.

Контрольные вопросы

1. Из каких основных элементов состоит рельсовый путь?
2. Какие естественные и эксплуатационные факторы действуют на путь?
3. Как трамвайные пути располагаются на улице?
4. Как устроены колеса рельсового транспорта?
5. Что такое рельсовая колея и как она измеряется?
6. Что такое габарит приближения строений и габарит подвижного состава?
7. Чем определяется горизонтальное (вертикальное) положение пути?

Глава II

ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО И ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ

7. ВИДЫ И КОНСТРУКЦИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Земляное полотно является одним из главных элементов пути. Как устойчивость здания зависит от надежности фундамента, так от состояния земляного полотна зависит исправность всего пути.

Уложить путь непосредственно на естественную поверхность земли нельзя. Ограниченность уклонов, допускаемых на железнодорожных и трамвайных линиях, необходимость спланировать

землю так, чтобы отвести от пути воду, наличие на поверхности растительного слоя, строительного мусора и т. п. определяют необходимость земляных работ при строительстве пути.

Чтобы получить запроектированную линию земляного полотна, в одних местах требуется досыпать грунт, недостающий до нужных отметок, в других — срезать его избыток. Такие досыпки грунта называются *насыпями*, срезки — *выемками*. На границах участков — на переходах выемки в насыпь, которые называются нулевыми местами, — путь укладывается по естественному рельефу. Иногда путь приходится сооружать на косогорах. В этом случае возводятся полунасыпи, полувыемки или полунасыпи-полувыемки.

Такие конструкции земляного полотна применяются при строительстве подъездных и внутризаводских путей, а также трамвайных путей, расположенных на самостоятельном полотне с открытым балластным слоем. Для трамвайных путей, размещаемых на совмещенном или обособленном полотне и имеющих в силу этого заглубленный балластный слой, земляное полотно сооружается в виде котлована (корыта).

Во всех случаях к земляному полотну предъявляются общие требования: земляное полотно должно быть прочным, устойчивым и долговечным; оно должно быть полностью обеспечено постоянно исправными водоотводными сооружениями; расходы по устройству, ремонту и содержанию земляного полотна должны быть возможно меньшими.

При проектировании земляного полотна на промышленной площадке или в условиях городской застройки следует учитывать возможность его переувлажнения производственными или коммунальными водами и при необходимости предусматривать защитные меры.

Разнообразие грунтов, составляющих земляную поверхность, при использовании их для устройства земляного полотна приводит к неоднородности основания пути. Это нежелательно. Неравнопрочность и неравноупругость основания ведут к быстрому расстройству пути в целом. Физические и механические свойства различных грунтов зависят от факторов переменных — геометрических, гидрогеологических и климатических условий и от факторов постоянных — формы и размеров частиц грунта. Эти факторы оцениваются техническими характеристиками грунта, к которым относятся удельный и объемный вес, влажность, пористость, плотность, коэффициенты фильтрации и внутреннего трения.

Удельный вес грунта есть отношение веса твердых частиц в каком-нибудь объеме к объему этих частиц. *Объемный вес* — это фактический вес единицы объема. Объемный вес, как правило, меньше удельного веса одного и того же грунта. *Влажность грунта* понимается как содержание в грунте воды, выраженное в процентах к весу высушенного при 100—105°C того же объема грунта. *Пористость грунта* определяется коэффициентом пористости (отношением объема пор в образце грунта к объему твердых час-

тиц в этом образце) и общей пористостью (отношением объема пор к общему объему образца в процентах). *Степень плотности* — отношение разницы в объемах образца грунта в разрыхленном и естественном состоянии к максимально возможной разнице между этими объемами. Наконец, *коэффициент фильтрации* есть скорость проникновения воды через грунт при разности напоров и пути в толще грунта, равном единице длины, а *коэффициент внутреннего трения* — тангенс угла естественного откоса грунта.

Наименование грунтов определяет их *гранулометрический состав* — размеры частиц грунта. Так, глинистые частицы имеют размеры в 0,005 мм и меньше, пылеватые — от 0,005 до 0,05, песчаные — от 0,05 до 2, гравелистые — от 2 до 40, булыжники и галька — от 40 до 200 мм. Обычно грунты представляют собой сочетание частиц разных размеров в определенных пропорциях. Крупнообломочные грунты (галечные и щебенистые) содержат более 50% по весу частиц крупнее 2 мм, к песчаным относятся грунты, содержащие более 50% частиц крупнее 0,5 мм (крупнозернистые), крупнее 0,25 мм (среднезернистые), крупнее 0,1 мм (мелкозернистые), крупнее 0,01 мм (пылеватые); глинистые грунты содержат частицы от 0,01 мм и мельче.

В природе встречается большое разнообразие грунтов. Скальные грунты обладают свойствами твердых тел и могут в насыпях и выемках надежно держать вертикальные откосы. Различные пески и гравелистые грунты, хорошо дренируя воду, могут удерживать откосы за счет сил внутреннего трения. В сухом состоянии песок обладает свойством текучести. Глины, которые при высыхании представляют собой весьма твердый материал, хорошо впитывают воду, при этом они увеличиваются в объеме и распадаются. Супесь представляет собой песок с примесью до 50% пылеватых частиц и от 3 до 12% глинистых. Суглинки — это глины, содержащие не менее 40% песчаных частиц, до 40% пылеватых и до 20% глинистых. Кроме того, известны лёссы (пылеватые, высокопористые грунты, хорошо фильтрующие воду, но теряющие сцепление при избыточном увлажнении), мергели (как бы переходная степень между глинами и известняками), солончаки, гипсоносные и др.

Без ограничения для сооружения земляного полотна допускают скальные, крупнообломочные, крупнозернистые песчаные группы, супеси и суглинки. Нежелательно применение глинистых грунтов без специальных мер их стабилизации. Подверженные избыточному увлажнению глины, засоленные грунты, торф не допускаются при устройстве насыпей. Не следует, кроме того, использовать для сооружения земляного полотна растительный слой грунта, а также грунт с включениями строительного мусора. Такие случаи часто встречаются на промышленных площадках и городских территориях. Растительный грунт и мусор должны удаляться.

Следует иметь в виду, что при разработке плотного грунта значительно увеличивается его объем. Точно также разрыхленный грунт уплотняется при производстве строительных работ или

Таблица 6. Изменение объема грунтов при разработке

Наименование грунта	Среднее увеличение объема при разработке, %	Остаточное рахление, %	Наименование грунта	Среднее увеличение объема при разработке, %	Остаточное рахление, %
Пески и супеси	12	1—2,5	Тяжелые глины	29	6—7
Торф, чернозем, растительный грунт	25	3—4	Мергель	35	11—15
Суглинки	20	1,5—5	Скальные породы	33	10—20
Глины	25	4—7	Тяжелые скальные породы	47	20—30

под действием собственного веса. При расчетах перевод соответствующих объемов выполняется по данным табл. 6.

В табл. 7 приведены данные, характеризующие давление, допускаемое для различных грунтов.

Поверхность земляного полотна, на которую непосредственно укладывается балластный слой, называется *основной площадкой*. В зависимости от количества путей (1, 2 или более) она может иметь односкатный, двускатный или пилообразный профиль, обеспечивающий направленный сток воды в поперечном направлении. При хорошо дренирующих грунтах допускается горизонтальный профиль земляного полотна трамвайного пути. Участки основной площадки, свободные от балластного слоя или от безбалластного основания пути, называются *обочинами*.

Боковые наклонные плоскости насыпей и выемок называются *откосами*. При этом линия пересечения откоса с основной площадкой (или для выемки — с поверхностью земли) именуется

Таблица 7. Допускаемое давление на грунт, МПа (кгс/см²)

Грунт	Состояние грунта	
	Сухой и естественной влажности	Очень влажный и мокрый
Ил, торф, растительный грунт, чернозем	0,05 (0,5)	0,025 (0,25)
Плотно слежавшийся растительный грунт	0,10 (1,0)	0,05 (0,5)
Лесс	0,15 (1,5)	0
Глинистые и суглинистые грунты средней плотности	0,15—0,25 (1,5—2,5)	0,10—0,17 (1—1,7)
Мелкозернистый песок	0,07—0,10 (0,7—1,0)	0,05—0,07 (0,5—0,7)
Средне-и крупнозернистый песок	0,15—0,35 (1,5—3,5)	0,10—0,30 (1,0—3,0)
Гравелистый грунт	0,25 (2,5)	0,20 (2,0)
Мергель	0,35 (3,5)	0,25 (2,5)
Галька	0,40—0,50 (4,0—5,0)	0,30—0,40 (3,0—4,0)
Песчаники и известняки	1,80 (18,0)	1,20 (12,0)
Твердые скальные породы	4,00 (40,0)	2,00 (20,0)

бровкой, а с основанием насыпи — *подошвой откоса*. Полоса земли между подошвой откоса и водоотводным устройством называется *бермой*. Крутизна откоса имеет количественную оценку. Это тангенс угла наклона откоса к горизонту или, иначе, отношение вертикальной проекции, образующей откос (высоты откоса), к ее горизонтальной образующей (заложению). Обычно крутизну откоса определяют дробью $1/n$, где n показывает, во сколько раз заложение больше или меньше высоты откоса. Например, крутизна откоса $1/1,5$ означает, что заложение в полтора раза больше высоты.

Высотой насыпи считается расстояние от уровня бровок до основания по оси насыпи, глубиной выемки или котлована — расстояние от уровня бровок основной площадки (дна котлована) до пересечения оси выемки (котлована) с линией, соединяющей бровки откосов.

Ширина основной площадки может быть вычислена по формуле

$$B = l + 2m + 2n + 2S,$$

где l — ширина междупутья; m — расстояние от оси пути до бровки балластной призмы; n — заложение откоса балластной призмы; S — ширина обочин.

Ширина основной площадки однопутного земляного полотна на путях с открытым балластным слоем принимается по табл. 8. При двух путях и более размеры основной площадки земляного полотна увеличиваются на ширину междупутей, а в кривых участках пути — ещё и на величину, указанную в табл. 9. Увеличение ширины основной площадки земляного полотна в кривых выполняется с наружной стороны.

Таблица 8. Ширина основной площадки самостоятельного земляного полотна, м, на прямых участках пути с открытым балластным слоем

Вид полотна	Глинистые грунты и недренирующие пески		Скальные грунты и дренирующие пески
	$v \geq 40$ км/ч	$v < 40$ км/ч	
Однопутное трамвайное	5,5	5,5	5
Двухпутное трамвайное при междупутье, мм:			
3200	8,8	8,8	8,2
3550	9,15	9,15	8,55
4100	9,7	9,7	9,1
Однопутное внутризаводское при толщине балласта под шпалой, см:			
20;25	5,5	5,3	5
30;35	5,8	5,5	5,5
40;45	6	5,8	—
50;55	6,5	6,5	—

Таблица 9. Уширение земляного полотна в кривых

Вид полотна	Уширение, м	Вид полотна	Уширение, м
Однопутное трамвайное при радиусе, м:		Однопутное внутризаводское при радиусе, м:	
650—2000	0,1	350—1000	0,1
110—600	0,2	180—300	0,2
<100	0,3	<180	0,3

Ширина основной площадки заглубленного земляного полотна принимается равной длине шпалы и ширине двух зазоров между торцами шпалы и откосом корыта (по 0,15 м) с учетом ширины междупутья. Зазоры необходимы для более равномерного распределения давления на грунт, а также для обеспечения технологической возможности рихтовки пути.

На станциях, разъездах, разворотных кольцах, на подходах к мостам и путепроводам ширина основной площадки земляного полотна устанавливается по специальному расчету.

Типовые поперечные профили земляного полотна делятся на нормальные и специальные. Нормальные профили (рис. 11, 12, 13) применяются при возведении земляного полотна в обычных условиях, специальные являются типовыми, например, для условий вечной мерзлоты, при повышенной снегозаносимости и т. п. Сооружение земляного полотна на неустойчивых косогорах, в оползневых или жарстовых зонах, на болотах, слабых грунтах, в условиях периодического подтопления и в карьерных забоях произво-

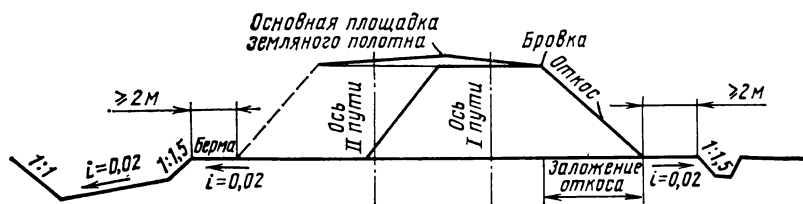


Рис. 11. Нормальный поперечный профиль насыпи для трамвайной линии на самостоятельном полотне

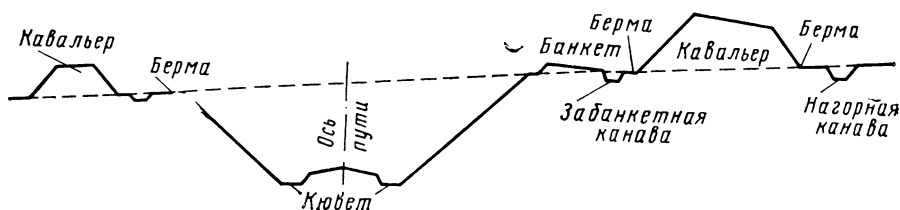


Рис. 12. Нормальный поперечный профиль выемки для трамвайной линии на самостоятельном полотне

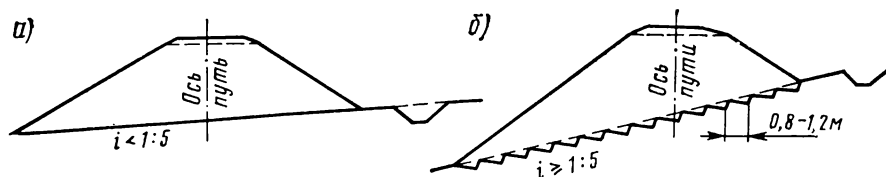


Рис. 13. Нормальный поперечный профиль насыпи на косогоре с поперечным уклоном $i < 1:5$ (а) и $i \geq 1:5$ (б)

дится по индивидуальным проектам. Размеры элементов земляного полотна определяют расчетом исходя из уже известной ширины основной площадки, высоты (глубины), заданной продольным профилем, и допускаемой крутизны откоса, зависящей от рода грунта (табл. 10). Иногда соблюдение расчетной крутизны откосов оказывается неэкономичным или даже невозможным из-за стесненности условий. В этом случае пологие земляные откосы заменяют подпорные стенки, бетонные, железобетонные или каменные. Каждая выемка должна быть надежно ограждена от попадания воды системой водоотводных канав.

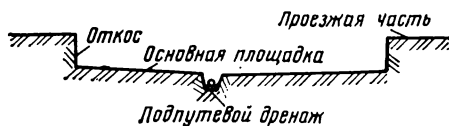
Такие же типовые решения применяются при возведении земляного полотна подъездных и внутризаводских путей с открытым балластным слоем.

Земляным полотном трамвайного пути, расположенного на проезжей части улицы, является котлован, который вырыт для размещения путевой конструкции в соответствии с требованиями вертикальной планировки (рис. 14). Такое земляное полотно не отводит воду в сторону, а собирает ее в себя. Кроме того, земляная поверхность под проезжей частью улиц может иметь самые

Таблица 10. Крутизна откосов при различных грунтах

Грунты	Крутизна
<i>Насыпь</i>	
Скальные породы при высоте насыпи, м:	
до 6	1:1,3
более 6	1:1,5
Песок, гравий, щебенистые грунты	1:1,5
Прочие грунты при высоте насыпи, м:	
до 6	1:1,5
более 6	1:1,75
<i>Выемка</i>	
Глины, суглинки, супеси, пески	1:1,5
Сухие лёссы в стабильно сухих условиях	От 1:0,1 до 1:0,5
Лёссы в иных условиях	От 1:0,5 до 1:1,5
Крупнообломочные грунты	От 1:1 до 1:1,5
Слабовыветривающаяся скала	1:0,2
Прочие скальные грунты	От 1:0,2 до 1:1,5

Рис. 14. Земляное полотно трамвайного пути на проезжей части улицы



разнообразные грунты, вплоть до смеси растительного слоя со строительным мусором — все это усложняет условия работы пути и его земляного полотна.

Относительная отметка основной площадки — в данном случае дна котлована — при обычно принимаемых типах конструкции пути находится в пределах 0,5—0,6 м. Считается, что такое заглубленное полотно может обходиться без откосов, котлован в соответствии с этим обычно устраивается с вертикальными стенками. Дну котлована придается поперечный уклон: односторонний — в сторону уличного лотка, если не делается подпутевой дренаж, или в сторону дренажа при его боковом расположении; двусторонний — при центральном расположении дренажа. (Следует отметить нежелательность бокового дренажа, так как при этом возникает опасность дополнительного увлажнения призмы или необходимость уширения котлована.) Уклон этот зависит от грунтов и конструкции земляного полотна и бывает для глинистых грунтов и недренирующих мелких и пылеватых песков в пределах 0,01—0,03. Планировка дна котлована очень важна. Застой воды на основной площадке земляного полотна резко понижает его несущую способность.

Продольные уклоны дна котлована определяются уклонами проезжей части улиц, а также принятой системой водоотвода. В соответствии с этим глубина котлована будет одинаковой на всем протяжении линии. При обособленном полотне она может быть переменной, так как путь на подходах к пересекающим его проездам постепенно понижается. Иногда при сооружении пути на обособленном полотне котлован не устраивается, по соответствующим образом спланированной поверхности земли укладывается незаглубленная балластная призма.

8. ВОДОСБОР И ВОДООТВОДНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Нет у рельсового пути более серьезного врага, чем обыкновенная вода. Под ее влиянием резко снижается несущая способность земляного полотна и балластного слоя, повышаются размеры и темпы накопления остаточных и упругих деформаций, частицы грунта и балласта вымываются, растет запыляемость и засоренность призмы, в определенных геологических и температурных условиях образуются пучины.

Отвод воды от рельсовых путей в обязательном порядке увязывается с общей системой водосбора и водостока городской или

промышленной территории. Путевые водоотводные сооружения решают следующие основные задачи: отвод поверхностных вод от насыпей и выемок, отвод поверхностных вод с дорожного покрытия или с верхней поверхности балластной призмы, отвод поверхностных вод с основной площадки земляного полотна, понижение уровня грунтовых вод, отвод воды от стрелочных и иных механизмов, отвод технических вод. Кроме того, водоотводы применяются для пропуска пересекающих пути стоков.

Все предназначенные для этих целей сооружения разделяются на следующие виды: резервы¹, кюветы, водоотводные канавы (при насыпях, выемках, путях с открытым балластным слоем, самостоятельных трамвайных путях); лотки (на станционных путях, трамвайных путях на обособленном полотне); дренажные устройства, а также водосборные, водоотводные и водопропускные сооружения.

Регулирование поверхностного стока, смысл которого прежде всего в том, чтобы не допустить проникания воды в грунт, решается планировкой территорий (в том числе земляного полотна, балластной призмы, всей габаритной микрозоны), правильным выбором направлений и величин продольных и поперечных уклонов, так чтобы нигде не было даже незначительных застоев воды, чтобы вода достаточно быстро — но без размыва грунта — стекала в водоотводную сеть. Кроме того, важно применение водонепроницаемых дорожных покрытий, достаточно плотно сопрягающихся с рельсами, а в условиях промышленной площадки использование различных искусственных приемов, уменьшающих водопроницаемость земляного полотна (битуминизирование, уплотнение и др.).

На путях с дорожным покрытием при совмещенном полотне и желобчатых рельсах дождевые воды по уклонам, которые имеются в междупутье и в колее, попадают в рельсовый желоб. Из желоба через стыковые зазоры или специальные отверстия вода выходит в *водосточные путевые колодцы, поперечные лотки* или примыкающие к рельсам *водоотводные коробки* (рис. 15). Количество и расстояния, на которых располагаются друг от друга путевые водоотводные сооружения, определяются расчетом в зависимости от расхода воды.

При железнодорожных рельсах вода с дорожного покрытия по продольным уклонам через отверстия крышек коробок попадает в путевые колодцы, которые собираются секциями из бетонных колец, реже выполняются из кирпичной кладки. Вода, поступающая в путевые колодцы, через систему водоотводных труб отводится в городскую сеть.

В некоторых случаях отвод поверхностных вод делают так, чтобы вода по продольным уклонам собиралась в пониженных точках профиля. В этих пониженных точках устраиваются по-

¹ Резервы — котлованы вдоль линии, возникшие как источники для получения грунта при возведении насыпи и выполняющие функции водоотвода.

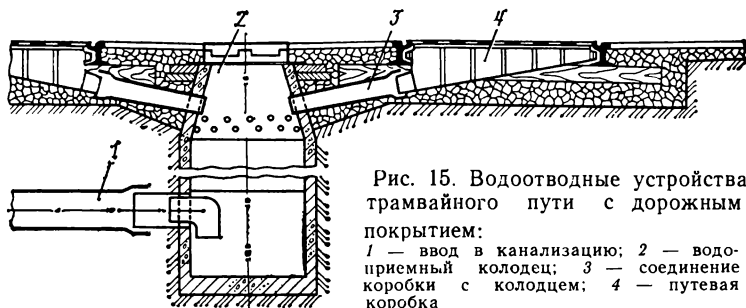


Рис. 15. Водоотводные устройства трамвайного пути с дорожным покрытием:
1 — ввод в канализацию; 2 — водоприемный колодец; 3 — соединение коробки с колодцем; 4 — путевая коробка

перечные лотки (чугунные, железобетонные, деревянные, а иногда и просто ограниченные соседними шпалами). По поперечным лоткам воду отводят в сторону продольных лотков проезжей части улицы или в открытые пониженные точки местности.

При устройстве пути на обособленном полотне с помощью поперечных уклонов вода направляется в специально сооружаемые сбоку от пути лотки или кюветы и далее через водосборные или водосточные колодцы в общую сеть или в открытые выпуски. Аналогично и на линиях, построенных на самостоятельном полотне, — поперечные уклоны основной площадки земляного полотна и балластной призмы направляют воду в открытые кюветы или другие водоотводные сооружения, предусмотренные типовыми поперечными профилями.

Балластная призма трамвайных путей в разных условиях в разной степени обладает дренирующими свойствами, поэтому определенная часть поверхностного стока попадает на основную площадку земляного полотна. Для отвода поверхностной воды, проникающей на основную площадку земляного полотна трамвайного пути, помимо возможных в определенных условиях уже описанных кюветов, применяются продольные путевые дренажи, которые укладываются обычно по оси междупутья или с внешней стороны пути в зависимости от расположения ливневой канализации (рис. 16). Устройство дренажа обязательно только при водонепроницаемых грунтах земляного полотна. При песчаных грунтах, а также при продольных уклонах свыше 35‰ дренаж не требуется.

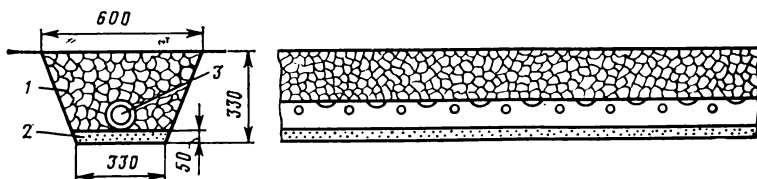


Рис. 16. Продольный путевой дренаж:

1 — щебень; 2 — песчаное основание дренажа; 3 — дренажная труба

При устройстве *дренажа* земляное полотно уплотняется и планируется с уклоном к дренажу. Откосы и дно дренажной канавы также планируются и трамбуются. Глубина заложения дренажа не менее 0,9 м от поверхности мостовой.

Аналогично решается водоотвод и на внутризаводских путях. Наиболее часто на промышленной площадке применяются *открытые кюветы* или *лотки* (при незаглубленном балластном слое) с выпусками в открытые водосборные канавы или в дождеприемники ливневой канализации. Для внутризаводских путей с заглубленным балластным слоем устраивается поверхностный дренаж (дренаж мелкого заложения). При слабых влагоемких грунтах применяется трубчатый дренаж, при грунтах с допустимым давлением более 0,25 МПа (2,5 кгс/см²) во влажном состоянии — дренажные прорези с щебеночным или гравийным заполнением. Определенную сложность представляет водоотвод от станционных путей (или путей депо, где производится отстой подвижного состава). Ограниченность допустимого уклона (не более 2,5‰, т. е. менее необходимого для водоотводной канавы) вынуждает устраивать пилообразный профиль продольных канав или лотков с отводом воды в поперечном направлении.

Отдельно рассматривается отвод воды от трамвайных стрелок. В каждом стрелочном переводе внутри колеи устанавливается коробка для переводного механизма с двумя отделениями — для стрелочной тяги с замыкателем и для автоматического привода стрелки. Для отвода поверхностной воды, попадающей в отделения стрелочной коробки, эта коробка чугунной коленчатой трубой соединяется с путевым колодцем.

Отвод грунтовых вод от трамвайного полотна и понижение их уровня также осуществляются дренажами. Уровень грунтовых вод должен быть понижен на такую глубину, чтобы балластный слой и основная площадка земляного полотна оставались бы вне так называемой зоны капиллярного поднятия воды.

Бывают два варианта путевых дренажей: незамерзающий и замерзающий. *Незамерзающий дренаж* глубокого заложения, он весьма значительно понижает уровень грунтовых вод, но работать начинает лишь тогда, когда весной грунт оттаивает на значительную глубину. *Замерзающий дренаж*, располагаемый обычно на глубине 0,35 м от основной площадки земляного полотна, оттаивает почти одновременно с основанием и сразу начинает принимать воду.

Для трамвайных путей не требуется большой глубины дренажных канав — ведь в условиях города уровень грунтовых вод понижается прокладкой различных подземных сооружений. Основной задачей путевых дренажей в таких условиях становится осушение основной площадки земляного полотна. Очевидно, что для этой цели больше подходит замерзающий дренаж мелкого заложения. Конструкции дренажных устройств, применяемых на железнодорожных путях, более разнообразны. Горизонтальные дренажи бывают открытые (канавы и лотки) и закрытые (трубчатые

и беструбные). Кроме того, применяются вертикальные дренажи — колодцы или скважины с отверстиями для доступа воды. Из этих колодцев вода или откачивается, или уходит в водопроницаемые слои грунта.

Конструкции дренажной канавы, применяемой при устройстве трамвайных путей, также бывают беструбные и трубчатые. В первом случае дренажную канаву просто заполняют хорошо дренирующим материалом (щебнем, галькой). Во втором случае на дно канавы укладываются дренажные трубы (керамические или асбоцементные) диаметром 100—125 мм, имеющие по всей длине круглые или щелевидные отверстия. Эти трубы засыпаются сверху слоем дренирующего материала. Через 40—50 м, а также во всех точках, где меняется режим водостока (повороты, изменения уклона или сечения трубы), устраиваются смотровые колодцы; через 200—250 м — выпуски воды в общую водоотводную сеть.

Разные элементы водоотводной системы в различных условиях должны иметь уклоны, рекомендуемые значения которых приводятся в табл. 11.

Размеры поперечного сечения водоотводных канав следует определять расчетом по расходу воды. При этом допускается вероятность превышения расчетного расхода на 5—10%.

Если вблизи рельсового пути отсутствует ливневая канализация, воду из дренажа и стрелочных коробок можно выпустить в водопоглощающие колодцы или просто в пониженные места рельефа.

Все водоотводные сооружения должны строго соответствовать проекту. Особенно важно точное соблюдение проектных уклонов, отметок заложения колодцев и сопряжений с внешней водосточной системой.

Все вышеописанные разновидности дренажных конструкций относятся к классу так называемых гравитационных дренажей, в которых грунт осушается за счет перемещения воды под влиянием силы тяжести. Кроме того, возможны дренажи вентиляционные,

Таблица 11. Рекомендуемые уклоны водоотводной системы

Элемент системы	Направление уклона	Уклон
Дорожное покрытие	Поперечный	0,0067
Поверхность балластного слоя	»	0,01
Основная площадка земляного полотна	»	0,03—0,04
То же в заглубленном корыте	»	0,02—0,03
Открытые кюветы, лотки, канавы	Продольный	0,003—0,01
То же при одерновке дна и откосов	»	Не более 0,03
То же при мощении дна и откосов	»	Не более 0,05
Путевой дренаж мелкого заложения	»	0,005—0,03
Выпускные и соединительные трубы	По направлению стока	0,02—0,03
То же в стесненных условиях	То же	Не менее 0,005
Путевые и стрелочные коробки	»	Конструктивно

где осушение происходит при усиленном воздухообмене в дренаже, и биологические, в которых грунт осушается растениями. На линиях трамвая такие системы обычно не применяются.

9. ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА И МЕРЫ ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

Под воздействием различных физико-химических процессов — увлажнения, температурных перепадов, меняющихся нагрузок — изменяется состояние грунтов земляного полотна и их прочность. При этом грунты становятся податливыми, неустойчивыми, их частицы перемещаются, иногда изменяются первоначальные очертания земляного полотна в целом.

Такие изменения называются деформациями. Деформации называются упругими, если по окончании силового или иного воздействия земляное полотно восстанавливает свои очертания и характеристики. Если деформации остаются после прекращения воздействия — они называются остаточными.

Причинами деформаций могут быть избыточное увлажнение, недостаточная толщина балластного слоя, недостаточное уплотнение грунта, использование непригодных грунтов, плохой водоотвод и другие недостатки, допускаемые при проектировании, строительстве и содержании.

По месту проявления выделяются деформации тела насыпей, деформации откосов насыпей и выемок, деформации основной площадки и основания земляного полотна. По внешним признакам деформации можно разделить на следующие основные группы: оседания основания земляного полотна; углубления основной площадки; пучины; размывы; осыпи и обвалы; разрушения земляного полотна (оползни, сплывы, сдвиги, провалы).

На внутризаводских и трамвайных путях чаще других встречаются углубления основной площадки, пучины, оседания основания земляного полотна, а также размывы в зоне неисправных водопроводов.

Оседаниями земляного полотна называются сравнительно медленно развивающиеся опускания основной площадки сверх предусмотренной осадки. Оседания вследствие уплотнения тела насыпи проходят более неравномерно и во времени и по протяжению, чем оседания из-за податливости основания, особенно в первый период, когда оно происходит в пределах предусмотренной осадки. Ликвидация таких оседаний производится подъемкой пути на балласт до тех пор, пока процесс не закончится. Податливость основания может быть вызвана наличием грунтовых вод или прониканием вод поверхностных. В этом случае одновременно с выправкой пути нужно осушить основание и принять меры, не допускающие его дальнейшего увлажнения.

При недостаточной толщине балластного слоя и недостаточной несущей способности земляного полотна деформируется его

основная площадка. Иногда этому способствует небрежность в процессе самого строительства. На основной площадке земляного полотна могут развиваться балластные корыта — корытообразные углубления, индивидуально расположенные под каждой шпалой, *балластные ложа* — углубления, общие для ряда шпал, с продольным профилем дна, почти параллельным профилю пути, — это дальнейшее развитие балластных корыт, *балластные гнезда* — ложа с развитием карманов, т. е. отростков, где вдавливание балласта в основную площадку происходит особенно интенсивно, *балластные мешки* — одиночные, изолированные глубокие деформации со значительным поперечным сечением, часто образуются над трубами.

Способы предупреждения таких деформаций сводятся к обеспечению необходимой плотности грунтов, предупреждению инфильтрации поверхности вод, осушению грунта основной площадки, понижению уровня грунтовых вод. Способы лечения — вырезка корыт, заполнение их уплотненным местным или водонепроницаемым грунтом и — в отдельных случаях — цементация балластных корыт. Балластные ложа, гнезда и мешки в насыпях, помимо этих же приемов, можно лечить устройством поперечных прорезей.

Пучины — местные вспучивания грунта, а стало быть, и пути в целом — различаются поверхностные и грунтовые. Иногда их называют соответственно верховыми и коренными. *Верховые пучины* образуются из-за замерзания поверхностной воды, попавшей в балластный слой или в верхние слои земляного полотна. Это бывает при наличии углублений в основной площадке, загрязненности балластного слоя, застое воды в кюветах. Устранение этих факторов устраняет и причины поверхностного пучинообразования. *Коренные пучины* образуются при наличии грунтовой воды, настолько насыщающей грунт, что свободных пор, в которых могла бы поместиться вода при превращении в лед, не хватает. Грунт вспучивается. Кроме того, грунтовая вода при этом непрерывно подсасывается из нижележащих слоев. Процесс этот идет по всей длине пути, поэтому практически ощущается не сама грунтовая пучина, а ее неравномерность в местах перелома. Поэтому ликвидация грунтовой пучины сводится к ликвидации этой неравномерности и причин, ее порождающих. Интенсивная застройка городских территорий, соответствующая инженерная подготовка обычно значительно понижают уровень грунтовых вод. Вследствие этого на трамвайных путях сравнительно редко приходится встречаться с коренными пучинами. А верховые, поверхностные, возникают довольно часто, особенно на путях без дорожного покрытия с ухудшенными из-за заглубленности балластной призмы условиями водоотвода.

Применение шлаков, обладающих хорошими теплоизолирующими свойствами, в качестве балласта или специальной термозащитной подушки между балластом и земляным полотном — хорошее средство в борьбе с пучинами. На железных дорогах в ка-

честве утеплителя для противопучинных конструкций испытываются прессованные торфяные плиты, насыщенные битумно-парафиновой эмульсией. Следует иметь в виду, что деформации земляного полотна редко проявляются в «чистом» виде. Обычно деформациям одного типа сопутствуют и другие неисправности.

10. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЯХ И ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЯХ

Все сооружения, которые возводятся в местах пересечения железнодорожными или трамвайными линиями естественных рубежей (гор, рек, оврагов, территорий с пониженными отметками и др.), или преград искусственного происхождения (выемок железных или городских дорог, других железнодорожных или трамвайных линий или автомобильных дорог в разных уровнях и др.), называются искусственными сооружениями. Искусственные сооружения проектируются и строятся также для пропуска движения ниже планировочных отметок городской или заводской территории (под землей), для обеспечения устойчивости откосов, регулирования водоотвода, безопасного перехода людей через рельсовые пути. К искусственным сооружениям относятся мосты, тоннели, трубы, подпорные стенки и ряд других реже встречающихся конструкций.

Мосты бывают деревянные, каменные, металлические и железобетонные. В последнее время строят преимущественно мосты из железобетона и металла. Собственно мосты в отличие от других сооружений мостового типа прокладываются через водные преграды и в зависимости от условий их работы делятся на мосты обычного типа, разводные и наплавные. Каждому из этих трех типов мостов соответствуют свои конструкции рельсовых путей и режимы движения рельсового транспорта. Наиболее часто мосты в городах строятся под совмещенное трамвайное, автомобильное и пешеходное движение. Однако в отдельных случаях на трамвайных линиях, размещенных на самостоятельном полотне, сооружаются мостовые переходы, предназначенные только для трамвая. Иногда они дополняются деревянным или железобетонным настилом для пешеходов. Это так называемые малые мосты. Малые мосты — наиболее часто встречающийся вид мостов и на внутризаводских путях.

Для пропуска пешеходов, а иногда и безрельсового транспорта через идущие вдоль пути открытые водоотводы могут применяться небольшие переходные и переездные мостики.

К классу мостов относятся также сооружения мостового типа: путепроводы и эстакады¹. Путепроводы предназначаются для

¹ Сюда же относятся виадуки — переходы через глубокие горные ущелья и акведуки — эстакады с открытыми водопроводами, которые не встречаются ни на внутризаводских, ни на трамвайных путях.

пропуска одного или нескольких видов транспортных потоков над другими потоками транспорта в месте их взаимного пересечения. Это может быть пересечение двух железнодорожных линий, железнодорожный путь, проходящий над улицей, и т. д. Эстакада может быть предназначена для размещения дороги или пути на некоторой высоте над землей: над улицей, площадью, заводской территорией. Как правило, эстакады отличаются от путепроводов большой протяженностью. Над внутризаводскими путями часто сооружаются эстакады специально для пропуска промышленных коммуникаций: газопроводов, паропроводов, кабельных линий и т. п. Кроме того, при пересечении внутризаводских железнодорожных путей линиями непрерывного транспорта (транспортиры, трубопроводы и др.) также устраиваются эстакады или закрытые галереи.

Для перехода людей через станционные или деповские пути, группу междучных путей на заводской площадке или через пути трамвая в условиях сильно пересеченного рельефа (овраг, глубокая выемка и т. п.) сооружаются пешеходные мосты.

При пересечении небольших водотоков, чаще всего на внутризаводских соединительных линиях и путях трамвая, расположенных на самостоятельном и обособленном полотне, укладываются трубы. Трубы применяются также при необходимости перепустить воду с одной стороны пути (или дороги, если пути укладываются параллельно проездам для безрельсового транспорта) на другую. В случаях, когда открытый путевой водосток — кювет или лоток — пересекает остановочную площадку или переезд, также закладываются трубы. Наиболее употребительны железобетонные трубы круглого сечения диаметром 0,5 м, реже 1,0 м.

Железобетонная труба состоит из фундамента, тела трубы и оголовка. Конструкция трубы достаточно проста. Несложна труба и в эксплуатации. Сверху труба должна быть засыпана грунтом, и толщина этой засыпки должна быть не менее 0,5 м. Если насыпь низкая, а иногда и просто отсутствует — трубу уложить нельзя. В этом случае для пропуска воды сооружают лотки, как правило, бетонные или железобетонные. Лотки могут размещаться непосредственно в теле балластной призмы и даже в шпальных ящиках.

Тоннели используются на заводских площадках для прокладки под железнодорожными путями различных коммуникаций и линий непрерывного транспорта, а также для безопасного движения пешеходов. В городах тоннели служат для развязки в разных уровнях пересекающихся магистралей, для устройства пешеходных переходов и для пропуска линий метрополитена и скоростного трамвая. Тоннели — сложные инженерные сооружения. Они должны быть оборудованы надежными системами вентиляции, освещения и водоотвода. Сооружаются тоннели, как правило, из сборных железобетонных конструкций. При значительной (более 5 м) глубине заложения пешеходного тоннеля целесообразно применение эскалаторов.

На крутых косогорах, в выемках и насыпях с неустойчивыми откосами, например в оползневых зонах, пути защищаются специальными подпорными стенками. Невысокие подпорные стенки могут при необходимости сооружаться вдоль обособленного трамвайного пути, приподнятого над отметками проезжей части улицы. Эта мера позволяет уменьшить ширину трамвайного полотна и предохранить балластную призму от растекания. Подпорные стенки могут быть бетонные, железобетонные, бутобетонные, каменные или кирпичные.

Неотъемлемым элементом промышленной площадки и любого современного города являются подземные коммуникации: сети, по которым осуществляется обеспечение цехов и населения водой, теплом, газом, электрической энергией, услугами связи, а также отвод фекальных, поверхностных и промышленных стоков. Размещение этих коммуникаций должно быть увязано с положением рельсовых путей. Это важно, во-первых, для надежной работы как самих сетей, так и железнодорожных или трамвайных путей; во-вторых, для того, чтобы свести к минимуму возможные потери при ремонтах коммуникаций, обычно связанных с нарушением движения.

По мере возможности коммуникации и, во всяком случае, трубопроводы, коллекторы (каналы) и кабельные линии должны размещаться вне проезжей части улицы. Однако стесненные планировочные условия не всегда предоставляют такую возможность. Кроме этого, подземные сети должны, как правило, располагаться вне пределов земляного полотна трамвайного пути. При этом расстояние ближайшей коммуникации от бровки откоса выемки или подошвы насыпи на самостоятельном полотне не должно быть менее 2 м. Если путь при любом виде полотна уложен в нулевых отметках, то горизонтальные расстояния от оси пути до ближайшей к пути точки подземной сети должны быть не менее 2,8 м (для водоотвода, напорной и самотечной канализации, тепловых сетей, силовых кабелей, кабелей связи, коллекторов (каналов), газопроводов с давлением до 0,3 МПа). Для газопроводов с давлением от 0,3 до 1,2 МПа это расстояние должно быть не менее 3,8 м. Если кабельные линии проложены в изолирующих трубах, в порядке исключения расстояние от них до оси пути может быть уменьшено до 2 м.

В случае пересечения путями трамвая подземных сетей эти сети должны находиться на глубине не менее 1 м от подошвы рельса. Угол этого пересечения должен быть не менее 75°. Меньшие углы допускаются лишь при специальном обосновании.

Расстояние от рельсовых путей до воздушных инженерных сетей определяется прежде всего габаритом приближения строений. Наименьшее вертикальное расстояние до проводов воздушных линий электропередачи напряжением до 1000 В в местах пересечения с путями трамвая должно быть не менее 8 м. При напряжении от 1 до 110 кВ минимальное расстояние увеличивается до 9,5 м, при напряжении до 220 кВ — до 10,5, при большем напря-

жении — до 11,5 м. Угол пересечения при этом должен быть не менее 60°.

В границах узловых соединений путей вообще не следует допускать пересечение пути кабельными линиями.

При пересечении стальных трубопроводов с трамвайными путями расстояние от подошвы рельса до трубопровода (по условиям защиты от коррозии) должно быть не менее 1,5 м.

Контрольные вопросы

1. Какие общие требования предъявляются к земляному полотну?
2. Назовите основные элементы насыпи (выемки).
3. Какие задачи решает система путевого водоотвода?
5. Как понижают уровень грунтовых вод?
4. Как осуществляется регулирование поверхностного стока?
6. Назовите основные виды деформаций земляного полотна и причины их возникновения.
7. Перечислите основные виды искусственных сооружений.
8. Как увязывается размещение подземных и надземных коммуникаций с рельсовыми путями?

Глава III

ВЕРХНЕЕ СТРОЕНИЕ ПУТИ

11. РЕЛЬСЫ

Верхнее строение пути включает в себя основной элемент конструкции: рельсы, а также стыковые и промежуточные скрепления, шпалы, балластный слой, путевые тяги, электрические соединения, сборные и монолитные бесшпальные основания, а на трамвайных путях еще и дорожные покрытия. К верхнему строению пути относятся также детали усиления пути в кривых, специальные части: соединения и пересечения путей (стрелочные переводы, глухие пересечения), температурные компенсаторы.

Конструкция верхнего строения пути и его мощность (тип рельсов, количество шпал, вид и толщина балластного слоя) устанавливаются в зависимости от назначения пути, его кривизны, грузонапряженности или интенсивности, а также скорости движения. Для трамвайных путей учитываются также требования благоустройства, размещение пути на улице относительно проезжей части, величина продольного уклона, необходимость защиты подземных сооружений от блуждающих токов и использования рельсов в качестве токопроводящей сети. Для внутризаводских путей принимаются во внимание нагрузки от колесной пары подвижного состава на рельсы.

В отдельных случаях некоторые элементы верхнего строения пути могут отсутствовать. Так, на трамвайных путях применяются бесшпальные основания из сборных или монолитных железобетонных конструкций, безбалластные бетонные основания на мостах, путепроводах, в тоннелях, на переездах, на внутризаводских

путях для перевозки горячих грузов применяются основания из железобетонных плит. Особые конструкции верхнего строения применяются в депо, на смотровых канавах, на путях слива нефтепродуктов, выгрузки сыпучих материалов и других специальных путях промышленных железных дорог.

Требования, которые предъявляются к рельсам, весьма противоречивы. Рельсы должны иметь достаточную прочность, повышающуюся по мере увеличения площади поперечного сечения, и в то же время требования экономичности определяют целесообразность снижения массы рельса. Для улучшения сцепления колес с рельсом поверхность катания должна быть достаточно шероховатой, хотя для уменьшения сопротивления движению она должна быть гладкой. Для лучшего сопротивления изгибу необходима жесткость рельса, для снижения ударно-динамического воздействия колес — гибкость. Рельсы должны быть твердыми, чтобы противостоять смятию и истиранию, но они должны быть и вязкими, чтобы не было частых изломов.

Условия работы трамвайных путей на совмещенном полотне определяют применение рельсов, отличных по своим очертаниям от обычных железнодорожных рельсов. На промышленном транспорте специальные рельсы применяются только на внутрицеховых подкрановых путях.

Переменные вертикальные и горизонтальные силы, которые рельсы воспринимают от движущихся колес, вызывают пространственный изгиб рельса, его вибрацию, оседание на упругих опорах, кручение, смятие, истирание и другие виды деформаций.

Из всего множества сил, действующих на рельс, основными следует считать вертикальные силы, вызывающие его изгиб. Известно, что лучше всего сопротивляется изгибу балка, имеющая в сечении форму двутавра. Именно двутавр явился основой для разработки поперечного профиля рельса с учетом влияния других сил и воздействий, а также необходимости обеспечить опирание движущихся колес на верхнюю полку и возможность прикрепления нижней полки к шпалам или другим элементам основания.

При сооружении рельсовых путей применяются два основных вида рельсов: железнодорожные и трамвайные. *Железнодорожные рельсы* состоят из трех главных частей: головки, шейки и подошвы, аналогичных соответственно верхней полке, вертикальной стенке и нижней полке двутавра. Основными размерами такого рельса являются ширина головки, толщина шейки, ширина подошвы, общая высота рельса (рис. 17). Сечение *трамвайных рельсов* отличается тем, что головка такого рельса состоит из собственно головки и губки, образующих желоб. Трамвайные рельсы поэтому еще называют желобчатыми. Помимо уже перечисленных, их характеризуют дополнительные размеры: ширина и глубина желоба, толщина губки, превышение головки над губкой или наоборот (рис. 18).

Различия этих размеров определяют основные характеристики рельсов: геометрические параметры профиля поперечного сечения,

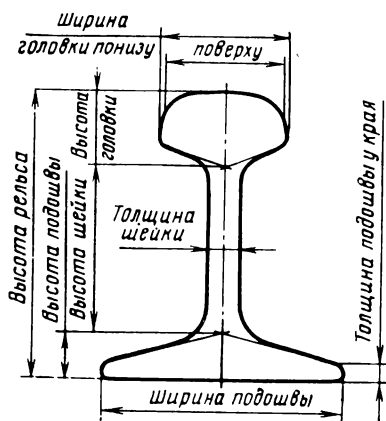


Рис. 17. Основные части железнодорожного рельса

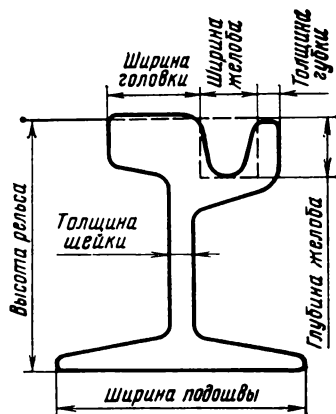


Рис. 18. Основные части трамвайного рельса

вес одного метра длины, механические характеристики (момент инерции, момент сопротивления и др.). Каждому типу рельса соответствуют свои значения этих характеристик.

Общими для рельсов разных типов, помимо очертаний их поперечного сечения, являются лишь их длина, химический состав и механические характеристики рельсового металла. Стандартная длина рельсов, выпускаемых металлургическими заводами, 25 м для железнодорожных и 12,5 для трамвайных путей. Заводы могут поставлять и более короткие рельсы.

Рельсы, как трамвайные, так и железнодорожные, изготовляют из конверторной или мартеновской стали на специальных рельсобалочных прокатных станах. Лишь для стрелочных узлов и в некоторых случаях для кривых особо малых радиусов (на трамвайных путях) могут применяться литые рельсы.

Качество рельсов определяется технологией их изготовления, химическим составом рельсовой стали, а также ее структурой. Так, прочность при статическом изгибе, твердость, износостойкость рельса определяются процентом содержания углерода в стали (0,53—0,82%). Чем больше углерода, тем металл тверже, но зато и более хрупок. Твердость стали, ее сопротивление износу, вязкость увеличивают добавки кремния (0,15—0,40%) и марганца (0,60—1,05%). Несколько увеличивает твердость и износостойкость стали мышьяк (не более 0,15%), но его избыток отрицательно влияет на вязкость металла. Целесообразное содержание этих полезных примесей строго нормируется. Превышение установленных пределов приводит к обратному результату: углерод повышает хрупкость стали, кремний ухудшает свариваемость металла и т. д. Есть и заведомо вредные примеси: фосфор (не более 0,07%) и сера (не более 0,06%), придающие рельсовой стали повышенную хрупкость.

В трамвайных рельсах, в меньшей степени подверженных изломам, допускается большее содержание углерода (0,80—1,30%). Литые рельсы содержат гораздо больше марганца (10,0—15,5%) по сравнению с обычным рельсовым прокатом.

Изменения содержания добавок в установленных пределах определяются в некоторой степени еще и типом рельса, наличием и способом термообработки. Если содержание углерода в рельсовой стали выше среднего значения, такие рельсы называются твердыми; если оно равно среднему значению или менее его — нормальными.

Рельсы имеют неодинаковую макро- и микроструктуру металла. Причем эта неоднородность выше в трамвайных рельсах, имеющих более сложные поперечные очертания. Требования к *макроструктуре рельса* определяются государственным стандартом. Сталь должна иметь равномерно распределенное по сечению мелкозернистое строение, без включений шлака, без раковин, газовых пузырей, расслоений и других дефектов, которые могут привести к разрушению рельса в процессе эксплуатации. *Микроструктура рельса* характеризуется распределением по поперечному сечению зерен практически чистого железа (феррита), соединения железа с углеродом (цементита), смеси феррита и цементита (перлита) и других форм, образование которых зависит от температуры нагрева стали и режима его охлаждения. От характера этого распределения зависят механические свойства рельса, его твердость, вязкость, сопротивление износу. Улучшение структуры рельсовой стали достигается применением *термической обработки*. Термическая обработка может осуществляться методами поверхностной или объемной закалки с последующим отпускком. При этом обычная ферритно-перлитная структура переходит в сорбит, представляющий собой не отдельные зерна, а равномерный раствор углерода в железе. У таких рельсов повышается износостойкость, а также временное сопротивление разрыву. Помимо сорбитизации, металлурги применяют замедленное охлаждение прокатанного рельса, снижающее возможность образования

Таблица 12. Характеристики трамвайных и железнодорожных рельсов

Тип рельса	Высота H , мм	Ширина подошвы B , мм	Ширина головки b , мм	Толщина губки b_1 , мм	Ширина жёлоба b_2 , мм	Толщина шейки d , мм	Превышение головки над губкой h_1 , мм	Глубина жёлоба h_2 , мм	Площадь поперечного сечения F , см ²	Масса 1 м рельса, кг/м	Момент инерции J_x , см ⁴	Момент сопротивления W , см ³
P75	192	150	75	—	—	20	—	—	95,04	74,41	4489	432
P65	180	150	75	—	—	18	—	—	82,65	64,72	3540	358
P50	152	132	71,9	—	—	16	—	—	65,99	51,67	2011	247
P43	140	114	70	—	—	14,5	—	—	57,00	44,65	1489	208
T _в 60	180	180	58	14	35	12	+4	40	76,72	60,14	3549,6	387,9
T _в 65	180	180	58	23	35	12	—5	38	82,55	64,8	3835	395,6

Примечание. Момент инерции указан относительно горизонтальной оси рельса, момент сопротивления — по верху головки рельса.

микротрещин, нормализацию (повторный нагрев), увеличивающую ударную вязкость рельса, закалку рельсовых концов.

Металлургическая промышленность страны выпускает в настоящее время стандартные трамвайные рельсы $T_в$ 65 и $T_в$ 60 и железнодорожные рельсы Р75, Р65 и Р50. Кроме того, на второстепенных путях станций промышленных железных дорог и внутризаводских и малодействительных соединительных путях допускается применение старогодных рельсов типа Р43. Основные характеристики этих рельсов приведены в табл. 12, а их поперечные профили на рис. 19, 20.

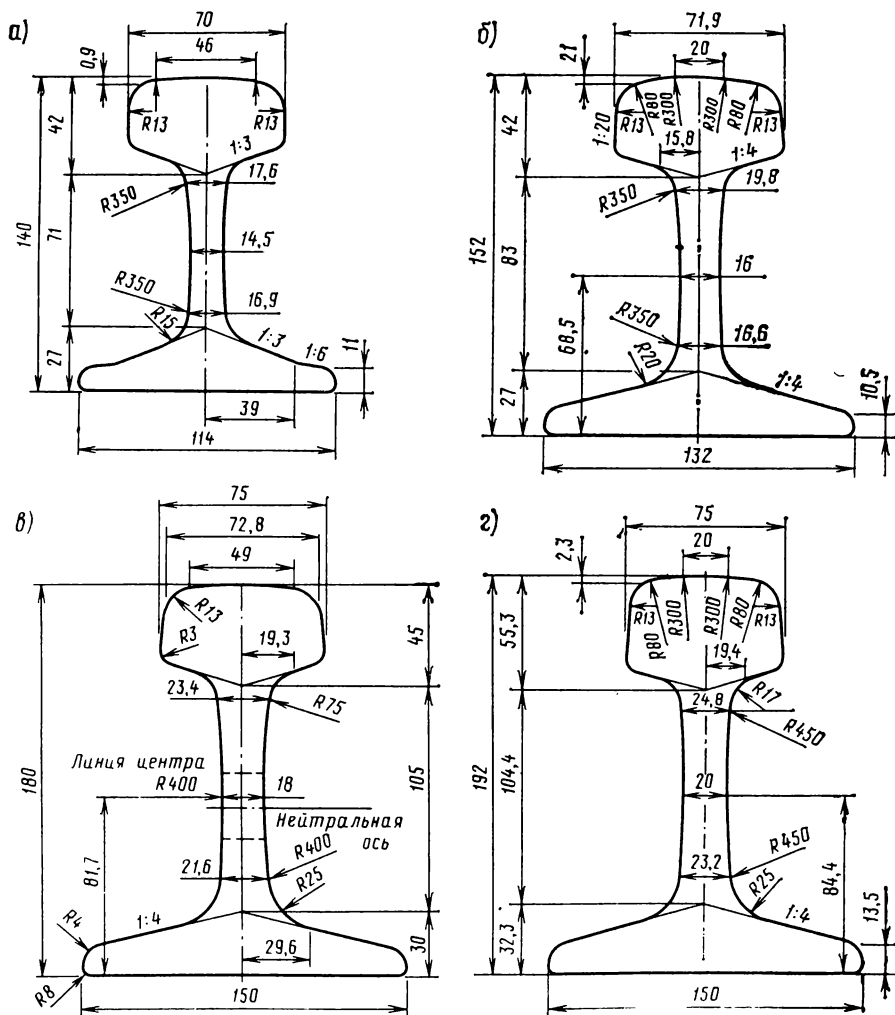


Рис. 19. Поперечные профили железнодорожных рельсов:

а — Р43; б — Р50; в — Р65; г — Р75

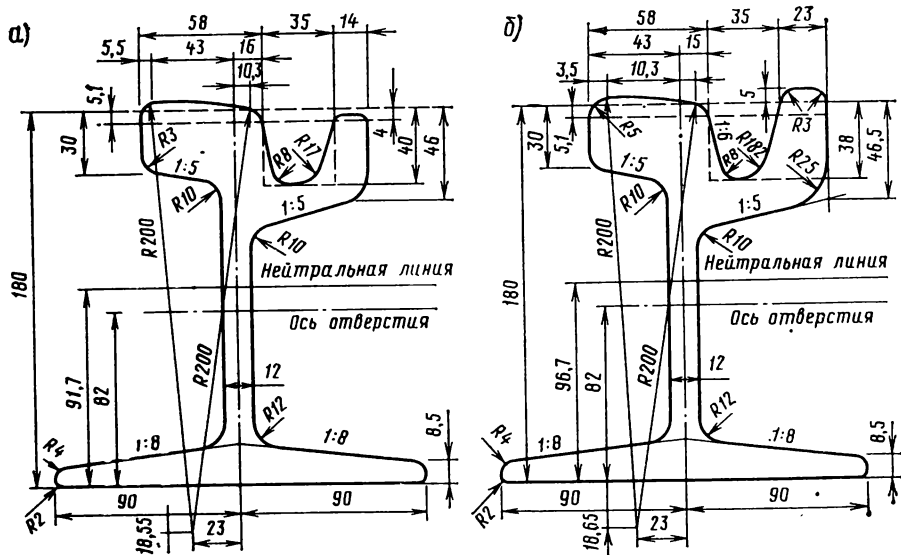


Рис. 20. Поперечные профили трамвайных рельсов:

а — Т_б60; б — Т_б65

Поперечный профиль рельса, его очертания и размеры определяются требованиями прочности и наиболее полного согласования с конструкцией колеса. Для большей центральности передачи давления колес и одновременного увеличения площади контакта поверхность катания головки рельса делается слегка выпуклой и очерчивается по кривой переменного радиуса. Средней части этой кривой на железнодорожных рельсах в зависимости от их типа соответствует радиус 300—500 мм, крайним частям — радиус 80—100 мм. Сопряжение поверхности катания головки рельса с боковыми гранями выполняется радиусом, близким к радиусу перехода поверхности катания бандажа к внутренней грани колесной реборды. Для железнодорожных рельсов этот радиус равен 13 и 15 мм, для трамвайного — 5,6 мм. Это сделано для того, чтобы воспрепятствовать всползанию колес на рельсы. В профилях трамвайных рельсов головка выполняется по кривой радиусом 200 мм.

Современные железнодорожные рельсы имеют наклонные боковые грани головки. В трамвайных рельсах наружная грань головки — вертикальная, внутренняя — наклонная. Сопряжение боковых граней головки с нижними также криволинейно. Это помогает снизить концентрацию напряжений, хотя чем больше радиус такого сопряжения, тем меньше опорная поверхность для стыковых накладок. То же самое можно сказать и о форме верхней поверхности подошвы рельсов, плоскость соприкасания которой с накладкой имеет уклон 1:8 для трамвайных рельсов и 1:4 для

железнодорожных (на рельсах старых железнодорожных типов — Р43 и легче — подошва имеет два уклона).

Шейки рельсов ограничены вогнутыми плоскостями, которые сопрягаются с головкой и подошвой также по криволинейному очертанию. Такая конструкция снижает опасность появления изломов в местах сопряжений, особенно при остывании рельса после проката. В трамвайных рельсах грани шейки вертикальны.

Большое значение для прочности, устойчивости и долговечности рельса имеет распределение металла по сечению рельса. Оно влияет, кроме того, и на равномерность послепрокатного остывания рельсов. В железнодорожных рельсах металл распределяется так: в головке — 34,1—42,8%, в шейке — 21,3—28,5%, в подошве — 35,9—37,4%. В трамвайных рельсах распределение металла по сечению еще более неравномерно.

Механические свойства рельсов характеризуются временным сопротивлением разрыву, которое определяет предел прочности рельсовой стали при растяжении. Временное сопротивление разрыву должно быть не менее: для рельсов Р75 и Р65 из мартеновской стали — 900 МПа (90 кгс/мм²); для рельсов Р50 из мартеновской стали — 880 МПа (88 кгс/мм²); для рельсов Р43 из конверторной стали — 770 МПа (77 кгс/мм²). Трамвайные рельсы из среднемарганцовистой и углеродистой стали должны иметь временное сопротивление не меньше 800 МПа (80 кгс/мм²). Современные рельсы способны выдерживать весьма значительные напряжения сжатия до 700—1000 МПа (70—100 кгс/мм²), а также изгиба (подошва) до 200—250 МПа (20—25 кгс/мм²).

Размеры, очертания, химический состав, механические свойства и другие технические требования к рельсам регламентируются государственными общесоюзными стандартами. ГОСТы определяют также правила приемки, методы испытаний, допуски по размерам и дефектам, порядок маркировки рельсов.

Применение того или иного типа рельсов на внутризаводских путях определяется максимальными нагрузками от колесной пары на рельсы, скоростью движения и грузонапряженностью соответствующего участка пути. В большинстве случаев допускается также использование старогодных рельсов с ограниченной величиной износа.

На трамвайных путях железнодорожные рельсы должны применяться преимущественно при обособленном и самостоятельном полотне, а также в тоннелях скоростного трамвая, желобчатые рельсы Т_в 60 — преимущественно при совмещенном полотне. Рельсы Т_в 65 используются при укладке пути в кривых участках радиусом менее 75 м и в более пологих кривых при наличии продольного уклона (при R от 75 до 200 м и при уклоне более 20‰ — оба рельса, при уклоне 20‰ и менее — внутренний рельс; при R от 200 до 400 м и при уклоне более 20‰ — внутренний рельс), а также на мостах, путепроводах и насыпях высотой более 2 м. Следует отметить, что при соответствующем обосновании допускается как укладка железнодорожных рельсов на совмещен-

ном полотне, так и укладка рельсов желобчатых на обособленных или самостоятельных трамвайных путях.

Старогодные рельсы в трамвайных хозяйствах, как правило, находят применение на грузовых, отстойных, ремонтных и других второстепенных путях. Укладка их в путях пассажирского движения может быть разрешена начальником управления лишь в порядке исключения.

Потребное количество рельсов для укладки 1 км пути легко определить, зная их длину и массу. Кое-где еще встречаются в пути рельсы типов Р38, IА, IIА, IIIА и IVА. Тип IА по своим параметрам близок к описанному выше рельсу Р43. Другие типы являются еще более облегченными. В настоящее время они не выпускаются металлургической промышленностью и повсеместно заменяются рельсами более тяжелых типов.

12. РЕЛЬСОВЫЕ СТЫКОВЫЕ СКРЕПЛЕНИЯ

Понятие «рельсовые скрепления» включает в себя детали, с помощью которых рельсы соединяются между собой (стыковые скрепления), с рельсовыми опорами (промежуточные скрепления), а также путевые тяги и противоугоны.

Соединение рельсов друг с другом по длине называется *рельсовым стыком*. Стык — место перерыва рельсовой нити — является самым напряженным местом пути. Упругие и остаточные деформации стыка при проходе подвижного состава вызывают расстройства пути и повышенную трудоемкость его содержания. Наличие стыка вызывает увеличение динамических и ударных воздействий подвижного состава на путь, а также рост дополнительного сопротивления движению экипажей. Поэтому крайне желательно сократить число стыков. А сделать это можно только увеличив стандартную длину рельсов.

Рельсовый стык должен обеспечить непрерывность рельсовой нити, компенсировать изменения длины рельса при температурных перепадах или воспринять связанные с этим напряжения, не допускать боковых и вертикальных ступенек при соединении разнотипных рельсов, иметь достаточную, но не чрезмерную упругость, наконец, в зависимости от условий обеспечивать либо надежную изоляцию, либо хорошую проводимость рельсовых электрических цепей. В зависимости от этих требований различают: сборные (механические) и сварные стыки, переходные стыки, изолирующие и токопроводящие стыки.

Стык на весу принят в качестве стандартного (рис. 21). Он не только обеспечивает наибольшую упругость и создает меньшие ударно-динамические нагрузки, но еще и более удобен для подбивки стыковых шпал. Расположение стыка на сдвоенных шпалах не получило распространения.

Стыки на одной нити могут располагаться относительно друг-ой: «по наугольнику» (т. е. на одном перпендикуляре к продоль-

ной оси пути) и «в разбежку» (с относительным смещением по длине пути). Первый тип расположения обязателен для прямых участков, второй — применяется в кривых, а также в границах стрелочных переводов.

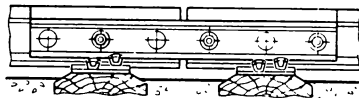


Рис. 21. Сборный рельсовый стык на весу

На подъездных путях допускается укладка сварных плетей длиной не более 950 м. Такая конструкция может применяться на внутризаводских подъездных путях и на прямых участках, а также в кривых радиусом не менее 350 м. Однако на участках с неустойчивым земляным полотном, подвергающимся изысточному увлажнению летом и пучению зимой, с интенсивным засорением щебеночного балласта лучше применять сборные стыки.

На трамвайных линиях с дорожным покрытием все стыки следует предусматривать сварными. Возможно применение сварных стыков и на открытых путях, при этом через каждые 50 м должны устраиваться сборные стыки. Если пути засыпаны балластом до головки рельса, длину участка со сварными стыками можно увеличить до 200 м. На границах таких участков устанавливаются температурные компенсаторы. Однако на большинстве трамвайных предприятий страны широко используются сборные стыковые соединения.

Основные элементы сборного стыка — стыковые накладки, болты с гайками и пружинные шайбы. На трамвайных стыках иногда применяются и так называемые обхваты. Но главное отличие сборного соединения трамвайных рельсов от железнодорожных в том, что наружная накладка трамвайного стыка отлична от внутренней. Железнодорожные накладки одинаковы.

Между рельсами пути, не имеющего дорожного покрытия, устанавливаются *стыковые зазоры* в зависимости от температуры рельсов. На железнодорожных путях в качестве максимального принят стыковой зазор 23 мм для рельсов Р65 и 21 мм для Р50 и более легких рельсов. Наличие таких зазоров позволяет рельсам изменять длину при изменениях температуры. С этой целью болтовые отверстия в рельсах устраиваются таким образом, чтобы допускалось свободное перемещение рельсовых концов. Кроме того, ограничивается натяжение стыковых болтов.

Наиболее часто применяются *двухголовые стыковые накладки* постоянного сечения (рис. 22). Они обеспечивают наиболее рациональный тип стыка, однако неудобство прикрепления рельса к стыковой шпале является его недостатком.

Двухголовые накладки бывают с четырьмя и шестью болтовыми отверстиями. Эти отверстия со стороны головки болта имеют эллипсообразное очертание. В него входит соответствующее утолщение стержня болта, препятствующее его проворачиванию. В отдельных хозяйствах, где в пути уложены рельсы типов IА, IIА, IIIА и IVА, до сих пор встречаются фаргучные накладки. Эти накладки имеют весьма сложное поперечное сечение, подвержены

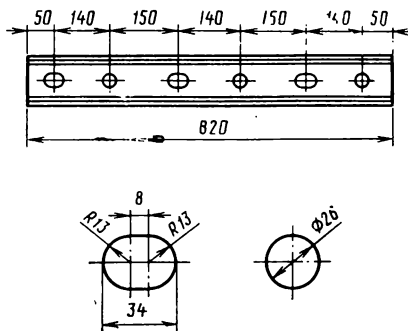


Рис. 22. Двухголовая стыковая накладка к железнодорожным рельсам Р50

Накладки к трамвайным рельсам (рис. 23), наружные и внутренние, имеют переменное сечение за счет изменяющейся конфигурации нижней полки. Это облегчает прикрепление рельсов к стыковым шпалам. Такие накладки имеют по четыре болтовых отверстия.

Накладки стягиваются стыковыми болтами (рис. 24). Диаметр болтов зависит от типа рельсов и изменяется в интервале от 22 до 27 мм. Гайки для болтов обычно шестигранного сечения, высотой на 3 мм больше диаметра болта. Саморазвинчиванию гаек препятствуют пружинные шайбы, вставляемые между накладкой и тайкой. Иногда пружинные шайбы дополняют обычными плоскими.

Таблица 13. Основные характеристики стыковых накладок

Типы накладок	Число отверстий	Длина, мм	Максимальная высота, мм	Минимальная толщина, мм	Площадь сечения, см ²	Масса, кг	Число накладок в 1 т ок-руженно
P75, P65	6	1000	130	21	38,75	29,50	34
P76, P65	4	800	130	21	38,75	23,78	42
P50	6	820	107	19	30,05	18,77	53
P43	6	790	95,64	20	26,65	16,01	62
T _в 65, T _в 60 наружная	4	640	153,5	20	40,37	20,295	49
T _в 65, T _в 60 внутренняя	4	640	119,8	20	33,18	16,672	60

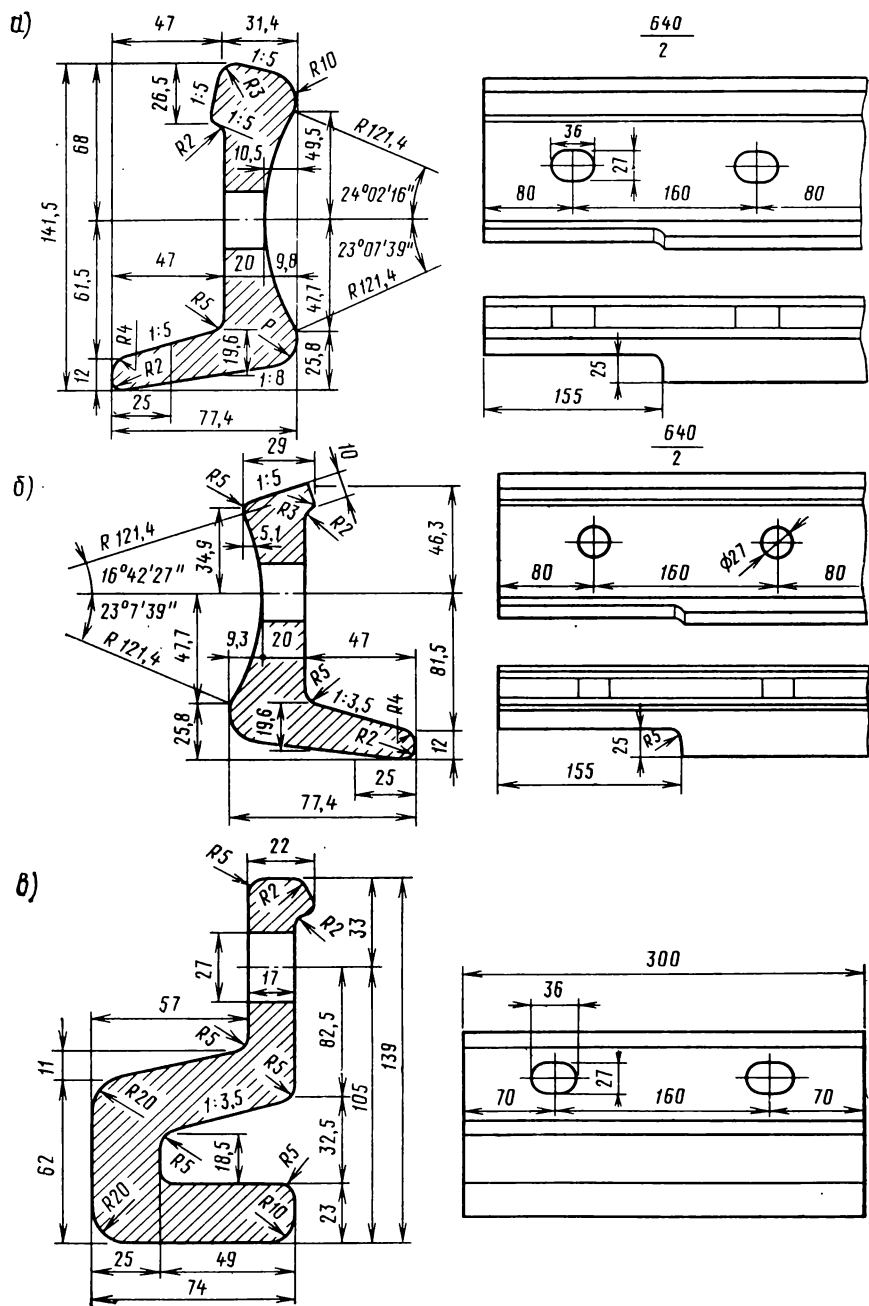


Рис. 23. Накладки к трамвайным рельсам:

а — наружная накладка; б — внутренняя накладка; в — сбхват

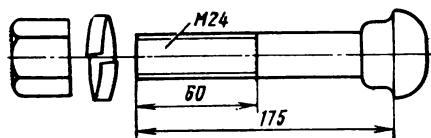


Рис. 24. Стыковой болт с гайкой и пружинной шайбой

В табл. 14 приведены данные о расходе стыковых креплений на устройстве 1 км однопутного пути.

Если необходимо в механическом стыке соединить рельсы разных типов, то их соединяют накладками, как бы соединенными из двух половинок, каждая из которых соответ-

ствует соединяемым типам рельсов. Такие *переходные накладки* изготавливают кузнечным способом или сваркой. Они неудобны в эксплуатации, часто ломаются в переходном сечении. Более рационально переходный стык делать сварным.

Переходные стыки приходится делать и при сопряжении рельсов трамвайного и железнодорожного типов. В этом случае два разнотипных рельсовых куска выравнивают по поверхности катания и рабочему канту, сваривают и с двух сторон соединяют соответствующими накладками с трамвайным и железнодорожными рельсами. В тех случаях, когда рельсы входят в состав электрических цепей тягового тока или устройств автоблокировки, устраивают токопроводящие и изолирующие стыки. На трамвайных путях рельсы всегда входят в электрическую цепь. В этом случае устраиваются только токопроводящие стыки.

Назначение *токоподводящего стыка* — обеспечить достаточную проходимость тока. С этой целью конструкция сборного стыка дополняется специальными электрическими соединениями (рельсовыми соединителями) или графитовой смазкой, которая наносится на хорошо очищенные и промытые керосином поверхности со-

Таблица 14. Потребное количество стыковых креплений¹ на 1 км пути

Наименование креплений	Длина рельсов, м	Тип рельсов					
		P75	P65	P50	P43	T _B 60	T _B 65
Накладки	25	160/3,8	160/3,8	160/3,01	160/2,5	—	—
	12,5	320/7,6	320/7,6	320/6,01	320/5	160/5,92	160/5,92
Болты с гайками	25	320/0,34	320/0,34	480/0,36	480/0,29	—	—
	12,5	640/0,69	640/0,67	960/0,72	960/0,59	640/0,48	640/0,48
Шайбы пружинные	25	320/0,03	320/0,03	480/0,033	480/0,024	—	—
	12,5	640/0,06	640/0,06	960/0,065	960/0,047	640/0,045	640/0,045

¹ В числителе приводится количество в штуках, в знаменателе — масса в тоннах.

прикосновения рельса и накладки. Установлено, что электрическое сопротивление сборного стыка не должно превышать сопротивление целого рельса длиной 2,5 м.

Изолирующий стык должен, наоборот, исключить прохождение тока от одного рельса к другому. Для этого применяют изолирующие фибровые или полиэтиленовые прокладки и втулки в стыковом зазоре, между рельсом и накладкой, между накладкой и болтом. Иногда металлические и изолирующие детали стыка соединяются эпоксидным клеем, образуя надежную монолитную конструкцию. Применяются также накладки и прокладки в стыковом зазоре из неэлектропроводного материала — лигнофоля.

13. РЕЛЬСОВЫЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ СКРЕПЛЕНИЯ

С рельсовыми опорами рельсы связывают промежуточные крепления. Они должны обеспечить фиксированное во всех направлениях положение рельсов, стабильно сохранять ширину колеи и подуклонку, создавать необходимую упругость подрельсового основания, а при железобетонных шпалах еще и обладать электроизолирующими свойствами. Кроме того, как и все другие элементы верхнего строения пути, крепления должны обладать высокой ремонтопригодностью, т. е. простотой сборки и разборки, возможностью замены отдельных деталей без остановки движения, сравнительно небольшой трудоемкостью эксплуатации. К промежуточным креплениям относятся подкладки, костыли, шурупы, закладные болты, клеммы, клеммные болты и шайбы.

Конструкция промежуточных креплений зависит от материала шпалы, вида прикрепителя и способа соединения рельса с опорой. Соответственно этим признакам выделяются виды промежуточных креплений:

для деревянных и железобетонных шпал;

с костыльными, шурупными и пружинными прикрепителями;

раздельные, нераздельные и смешанные.

Нераздельные крепления предусматривают прикрепление рельса и подкладок, на которые он опирается одними и теми же прикрепителями — костылями или шурупами (рис. 25). Это наиболее распространенный тип промежуточного крепления, достаточно полно отвечающий предъявляемым к нему требованиям. Он обладает сравнительно небольшой массой и вместе с тем

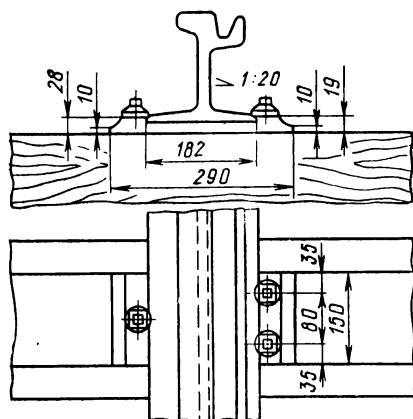


Рис. 25. Нераздельное промежуточное крепление

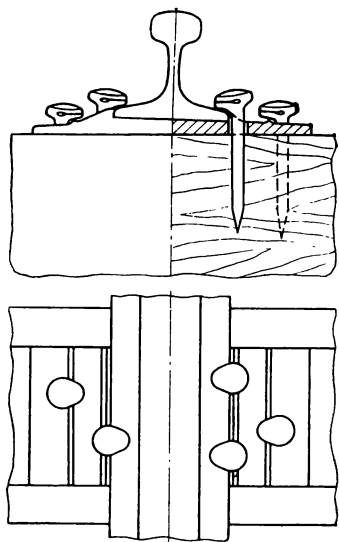


Рис. 26. Смешанное промежуточное костыльное крепление

достаточной площадью опоры на шпалу; удобен при перешивке рельсовой колеи; хорошо сопротивляется поперечному сдвигу рельса. Однако в процессе эксплуатации костыли и в меньшей степени шурупы наддергиваются, требуют частой добивки или подкручивания и со временем перестают удерживать подошву рельса в первоначальном положении. Такому наддергиванию не подвержены пружинные костыли, упруго прижимающие рельс к шпале, но они не получили широкого распространения.

Если нераздельные скрепления, включающие два, три или четыре основных костыля, соединяющих рельс, подкладку и шпалу, дополнить двумя пришивочными костылями, которые прикрепляют к шпале только подкладку, получится смешанное крепление (рис. 26). *Смешанные скрепления*, не теряя преимуществ нераздельного, имеют весьма существенное дополнительное достоинство. Дело в том, что при движении поездов вследствие упругого изгиба рельса и происходящего при этом наддергивания прикрепителей, подкладка начинает вибрировать. Вибрация подкладки, с одной стороны, способствует быстрому износу шпал, а с другой стороны, по этой же причине подкладка может смещаться, нарушая центральность передачи нагрузки от рельсов. Пришивочные костыли практически не подвержены наддергиванию и удерживают подкладку в первоначальном положении.

Обычные путевые костыли (рис. 27) изготавливаются из мягкой стали, имеют четырехгранное сечение и, как правило, овальную головку с заплечиками. Эти заплечики воспринимают рабочее усилие от инструмента при выдергивании костыля из шпалы. Шурупы (рис. 28) имеют стержень конической формы, квадратную головку, исполненную под раструб торцового ключа или шуруповерта, утолщение под головкой, предохраняющее отверстия в шпалах от попадания влаги. Сопротивление шурупов выдергиванию в 1,5—2 раза больше, чем у костылей, однако вдвое меньше сопротивление боковому отжатию.

Шпалы перед забивкой костылей или завинчиванием шурупов должны рассверливаться, а в отверстия (диаметром 12 мм) засыпается или заливается антисептик. Эта мера не только продляет срок службы шпалы, но и не допускает уменьшения сопротивления прикрепителей выдергиванию и отжатию. Основные характеристики прикрепителей приводятся в табл. 15.

Кроме того, при перешивке пути на пучинистых местах применяются удлиненные костыли — 205, 230, 255 и 280 мм. Выпускаются также и удлиненные шурупы — 170 мм (для стрелочных переводов).

При нераздельном и смешанном скреплениях на деревянных шпалах применяются в настоящее время исключительно двухребордчатые подкладки (рис. 29 и 30), с уклоном подрельсовой площадки равным 1:20. Изготавливают подкладки из стального проката марки Ст. 3. Применявшиеся ранее плоские и клинчатые одноребордчатые подкладки сейчас не выпускаются промышленностью. Основные данные о подкладках приводятся в табл. 16.

Нераздельное крепление железобетонных шпал существенно отличается от конструкций, применяемых при деревянных шпалах. Попытки использовать при укладке пути на железобетонных шпалах обычные прикрепители — костыли и шурупы — успехом не увенчались. Деревянные дюбели — закладные детали шпалы, в которые забивались или ввинчивались прикрепители, быстро разрушались, возникали недопустимые расстройки пути.

Более надежным оказалось клеммно-болтовое крепление ЖБ (рис. 31). Вместо металлической подкладки рельсы в этом случае укладываются на резиновые и крепятся к шпале двумя закладными болтами с пружинными клеммами. Болты вставляются сверху в удерживающие шайбы, которые наглухо заделаны в шпалу и закрепляются поворотом на 90°. Клемма одним концом прижимает рельс к проклад-

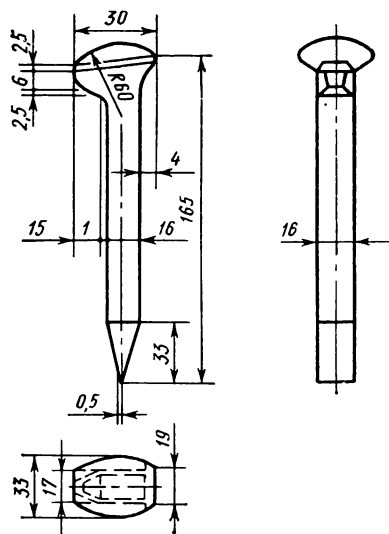


Рис. 27. Костыль путевой

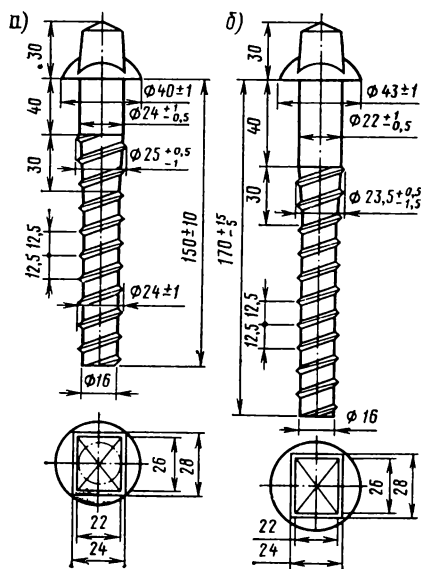


Рис. 28. Шурупы:

а — путевой; б — стрелочный

Таблица 15. Характеристики костылей и шурупов

Вид крепежителя	Длина, мм	Сечение, мм	Толщина по нарезке, мм	Масса, кг	Число в 1 т
Костыль путевой	165	16×16	—	0,378	2645
Шуруп путевой	150	—	24	0,53	1887
Шуруп стрелочный	170	—	22	0,54	1852

Таблица 16. Основные характеристики подкладок

Тип рельсов	Ширина, мм	Длина, мм	Толщина по оси, мм	Масса подкладки, кг	Число 1 т
P75	360	175	19,5	7,90	127
P65	360	170	19,8	7,66	131
P50	310	170	18,8	6,20	161
P43	290	160	18,4	5,26	190
T _B 65, T _B 60	290	150	16,0	5,66	176

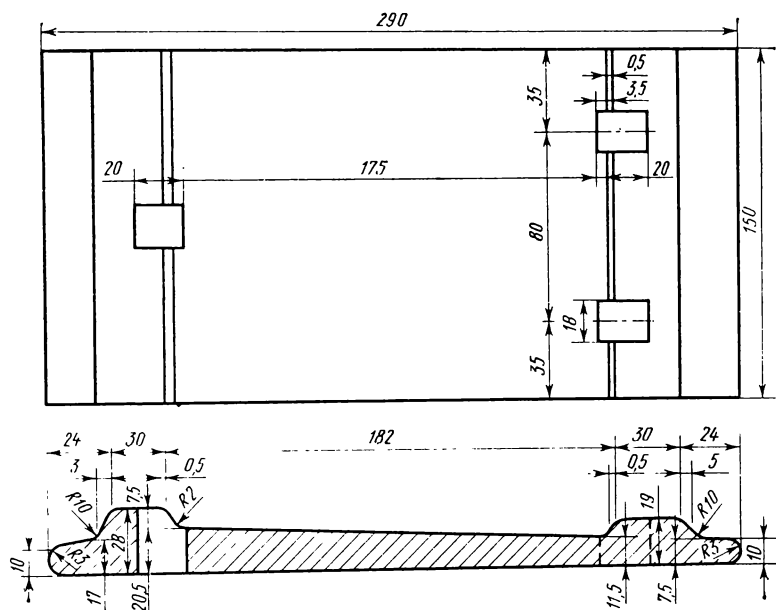


Рис. 29. Подкладка двухребордная для желобчатых рельсов Т_Б60, Т_Б65

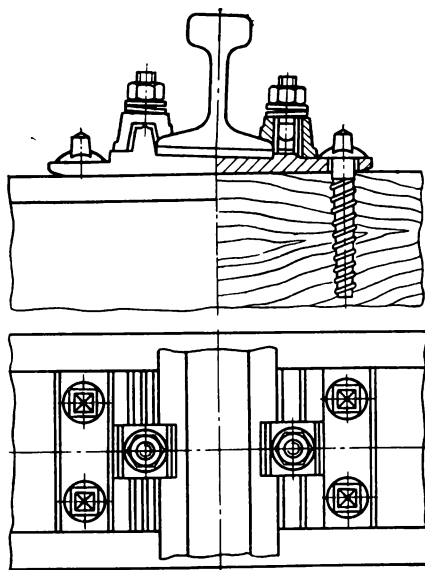


Рис. 32. Раздельное крепление Д2

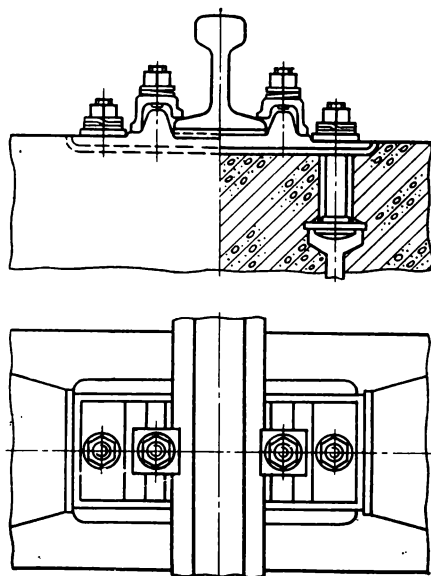


Рис. 33. Раздельное крепление КБ

На деревянных шпалах получили распространение раздельные крепления типа Д. Один из вариантов этого типа (Д2) показан на рис. 32. Специальная подкладка, отличающаяся от описанных выше, прикрепляется к шпале четырьмя путевыми шурупами. Рельс, уложенный на амортизирующую прокладку, закрепляется на подкладке независимо от путевых шурупов с помощью двух клемм и двух клеммных болтов. Аналогичный вариант для железобетонных шпал оказался ненадежным, так же, как и нераздельное крепление из-за разрушения деревянных втулок-дюбелей, в которые завинчивались шурупы.

При железобетонных шпалах на внутризаводских путях применяется клеммно-болтовое крепление КБ (рис. 33). Подкладка здесь прикрепляется к шпале двумя закладными болтами, которые крепятся в удерживающей шайбе так же, как и в креплении типа ЖБ. Закладная шайба с прямоугольным отверстием устанавливается в шпалу, в нее заводится закладной болт, поворачивается на 90° и захватывает «плечиками» своей головки закладную шайбу. Однако рельс крепится к подкладке независимо от этих болтов двумя клеммами и двумя клеммными болтами. Между подкладкой и подошвой рельса укладывается амортизирующая прокладка. Эта прокладка и текстолитовая втулка, отделяющая закладной болт от подкладки, обеспечивают электрическую изоляцию рельса от шпалы.

С целью снижения жесткости крепления типа КБ применяют дополнительные упругие прокладки. Испытываются и другие варианты раздельных и нераздельных креплений для железобетон-

ных шпал: упругие прутковые клеммы типа «краб», болтовые подкладочные крепления БП, бесподкладочные — ЖБР.

Для железобетонных шпал трамвая предназначены крепления ЛС-053 и не получившие широкого распространения ЛС-054 и ЛС-072 (рис. 34). Крепления типа ЛС-053 обеспечивают устойчивость рельса за счет жесткой прижимной клеммы специального профиля, которая крепится к шпале закладным болтом с Т-образной головкой. Клемма, прижатая болтом, жестко располагается в выемке между подошвой рельса и уступом в шпале, создавая тем самым для рельса боковой упор. Клеммы выпускаются разных размеров, подбором их сочетаний можно обеспечить укладку всех применяемых типов рельсов, а также регулировать ширину колеи от 1521 до 1532 мм. Электрическая изоляция рельса от шпалы решается применением резиновой прокладки под подошвой рельса и текстолитовых втулок для закладных болтов. Следует отметить, что ослабление прижатия клеммы нарушает ее боковой упор, обеспечивающий стабильность колеи. Это снижает надежность конструкции в путях с дорожным покрытием.

Крепления ЛС-053 применяются со шпалами ЛШ-5 и всеми типами рельсов (Т_в 60, Т_в 65, Р65, Р50, Р43) на прямых и кривых участках радиусом более 400 м. Крепления железнодорожных типов КБ и ЖБ применяются на прямых участках открытого пути только с железнодорожными шпалами соответственно типов ШС-1, ШС-1у и ШС-2, ШС-2у.

Для постоянства и большей устойчивости рельсовой колеи отдельные рельсовые нити соединяют между собой поперечными

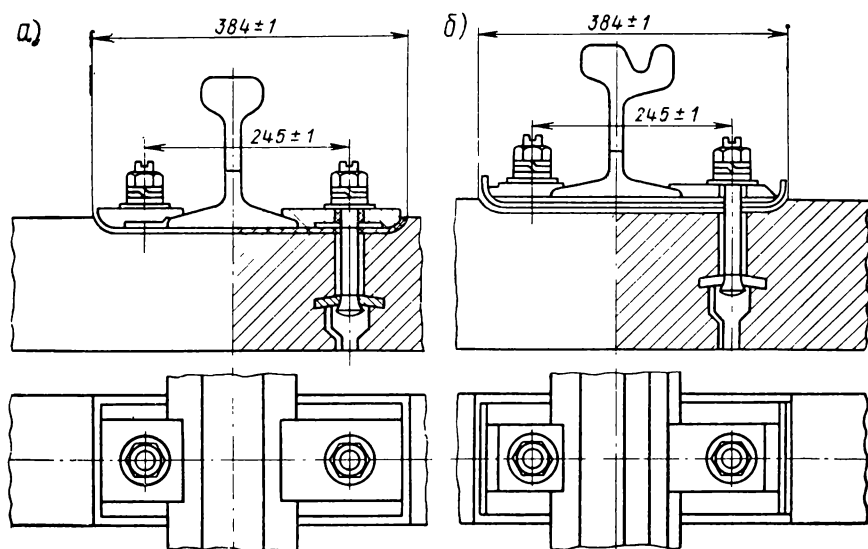


Рис. 34. Промежуточные крепления для трамвайных железобетонных шпал:
а — ЛС-053; б — ЛС-054

путевыми тягами (рис. 35). Тяги закрепляют в специальных отверстиях в шейках рельсов при помощи гаек, контргаек и пружинных шайб или приваривают сверху к подошвам рельсов. Диаметр и параметры нарезки круглых тяг применяются такими же, как у стыковых болтов.

Тяги должны устанавливаться через определенные промежутки. При наличии дорожного покрытия эти промежутки составляют: на прямых участках пути и в кривых радиусом более 200 м при упругом основании (в шпально-балластных конструкциях) — 2,5 м; на прямых участках пути и в кривых радиусом более 200 м при жестком основании (безбалластные бетонные конструкции) и радиусом 75—200 м при упругом и полужестком основании — 2,0 м; на кривых участках пути радиусом менее 200 м при жестком основании и менее 75 м при упругом и полужестком основании — 1,5 м.

На открытых путях тяги следует устанавливать только в кривых радиусом до 200 м с теми же промежутками, что и на путях, имеющих дорожные покрытия. Если дорожные покрытия выполняются из сборных железобетонных плит, расстояния между тягами могут изменяться так, чтобы тяги совмещались с зазорами между плитами. Кроме того, тяги должны размещаться над шпалами, чтобы они (тяги) не мешали выполнению подбивочно-выправочных работ. Для путей, уложенных на железобетонных шпалах с раздельными промежуточными скреплениями, разрешается не применять установку поперечных тяг.

В табл. 17, 18, 19 приведены сведения о расходе промежуточных скреплений для укладки 1 км рельсового пути.

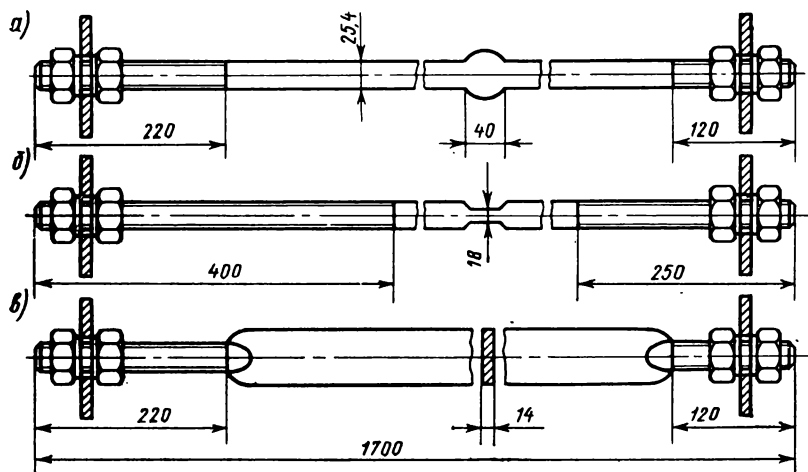


Рис. 35. Путевые тяги:
а, б — круглые; в — плоская

Т а б л и ц а 17. Потребное количество элементов промежуточных креплений¹ на 1 км пути при смешанном креплении

Элементы крепления	Число шпал на 1 км	Тип рельсов					
		P75	P65	P50	P43	T _Б 60	T _Б 65
Подкладки	2000	4000/31,6	4000/30,6	4000/24,8	—	—	—
	1840	3680/29,1	3680/28,2	3680/22,8	3680/19,4	3680/20,8	3680/20,8
	1680	3360/26,5	3360/25,7	3360/20,8	3360/17,7	3360/19,0	3360/19,0
	1600	—	—	3200/19,8	3200/16,8	3200/18,1	3200/18,1
	1520	—	—	3040/18,8	3040/16,0	3040/17,2	3040/17,2
	1440	—	—	2880/17,9	2880/15,2	2880/16,3	2880/16,3
	—	—	—	—	—	—	—
Костыли или шурупы ²	2000	20000/7,6 (10,6)	20000/7,6 (10,6)	20000/7,6 (10,6)	—	—	—
	1840	18400/6,96 (9,8)	18400/6,96 (9,8)	18400/6,96 (9,8)	18400/6,96 (9,8)	18400/6,96 (9,8)	18400/6,96 (9,8)
	1680	16800/6,35 (8,9)	16800/6,35 (8,9)	16800/6,35 (8,9)	16800/6,35 (8,9)	18400/6,35 (8,9)	18400/6,35 (8,9)
	1600	—	—	16000/6,0 (8,5)	16000/6,0 (8,5)	16000/6,0 (8,5)	16000/6,0 (8,5)
	1520	—	—	15200/5,75 (8,1)	15200/5,75 (8,1)	15200/5,75 (8,1)	15200/5,75 (8,1)
	1440	—	—	14400/5,4 (7,6)	14400/5,4 (7,6)	14400/5,4 (7,6)	14400/5,4 (7,6)
	—	—	—	—	—	—	—

¹ В числителе количество в штуках, в знаменателе — масса в тоннах.

² Масса шурупов указана в скобках.

Таблица 18. Потребное количество элементов промежуточных креплений¹ на 1 км пути при раздельном креплении на внутризаводских путях

Элементы креплений	Число шпал на 1 км	Типы креплений		
		КБ	Д2	ЖБ
Подкладки Р65	1840	3680/23,92	3680/35,33	—
	1600	3200/20,8	3200/30,72	—
Подкладки Р50	1840	3680/23,74	3680/31,1	—
	1600	3200/20,64	3200/27,04	—
Клеммы	1840	7360/4,86	7360/4,86	7360/4,03
	1600	6400/4,22	6400/4,22	6400/6,33
Болты клеммные с гайками	1840	7360/3,39	7360/3,39	—
	1600	6400/2,95	6400/2,95	—
Болты закладные с гайками	1840	7360/5,08	—	7360/5,08
	1600	6400/4,42	—	6400/4,42
Шурупы	1840	—	7360/3,9	—
	1600	—	6400/6,78	—
Шайбы пружинные двухвитковые	1840	7360/0,66	7360/0,66	—
	1600	6400/0,58	6400/0,58	—
Прокладки под рельсы ²	1840	3680/0,7	3680/0,77	3680/0,18
	1600	3200/0,61	3200/0,67	3680/0,16
Прокладки на шпалы ²	1840	3680/1,55	—	3680/0,81
	1600	3200/1,34	—	3200/0,71
Втулки	1840	7360/0,15	—	7360/0,11
	1600	6400/0,13	—	6400/0,09
Шайбы круглые	1840	7360/0,29	—	7360/0,29
	1600	6400/0,26	—	6400/0,26

¹ В числителе количество в штуках, в знаменателе — масса в тоннах.

² Масса подрельсовых прокладок для креплений КБ и Д2 и напильных прокладок для крепления ЖБ указана для рельсов Р65.

Таблица 19. Потребное количество элементов промежуточных креплений¹ на 1 км трамвайного пути при железобетонных шпалах

Элементы креплений	Число шпал на 1 км		
	1840	1680	1520
Клемма прижимная № 101	3680/3,54	3360/3,4	3040/2,92
То же № 102	3680/3,12	3360/2,84	3040/2,56
Болт закладной с гайкой	7360/5,52	6720/5,04	6080/4,56
Шайба пружинная	7360/0,66	6720/0,61	6080/0,55
Прокладка	3680/1,78	3360/1,63	3040/1,47
Втулка	7360/0,18	6720/0,16	3080/0,15
Шайба круглая	7360/0,29	6720/0,27	6080/0,25

¹ В числителе — количество в штуках, в знаменателе — масса в тоннах.

14. БЕССТЫКОВОЙ ПУТЬ. СВАРКА РЕЛЬСОВ

Внедрение бесстыкового пути позволяет значительно сократить количество сборных рельсовых стыков. На таком пути по сравнению с обычным значительно уменьшаются сопротивление движению, расход электроэнергии и металла, трудоемкость ремонта и содержания пути и подвижного состава; возрастают при этом межремонтные периоды, надежность эксплуатации, комфортность самой поездки.

На внутри заводских путях бесстыковые рельсовые плети укладывают на прямых участках и на кривых радиусом более 350 м. Их максимальная длина 950 м. На путях трамвая бесстыковой путь при наличии дорожного покрытия может иметь длину, ограниченную лишь стрелочными переводами. На открытых путях сборные стыки должны устанавливаться, как уже указывалось, через 50 м, однако в ряде хозяйств имеется опыт укладки более длинных рельсовых плетей. Для трамвайных путей действует следующая классификация: рельсы укороченные — длиной не менее 6 м, нормальные — 12,5 и 25, длинные — 37, 50, 75, 100, бесстыковые плети короткие — 101—250, длинные — 251—2000, сверхдлинные — более 2000 м.

Длинные рельсы имеют стыковые зазоры, однако размер их не позволяет при наибольшей расчетной температуре свободно реализовать полное удлинение рельса. Рельсы в этом случае испытывают дополнительное сжатие, возрастают соответствующие внутренние напряжения. При низких температурах укорочение длины рельса увеличивает до максимума стыковые зазоры, при превышении этого максимума стыковые болты начинают работать на срез.

Аналогично в бесстыковых плетях под влиянием температурных перепадов развиваются продольные сжимающие и растягивающие усилия, которые достигают 1300—1500 кН (130—150 тс). Особенно опасны сжимающие усилия. При недостаточной горизонтальной поперечной жесткости пути эти усилия могут привести к выбросу рельсо-шпальной решетки.

Бесстыковой путь применяется двух типов: температурно-напряженный и температурно-ненапряженный с сезонными разрядами.

Температурно-напряженный бесстыковой путь отличается тем, что его рельсы, исключая концевые участки плетей, не имеют продольных температурных перемещений. Перепады температур отражаются на состоянии конструкции лишь в изменениях внутренних напряжений в рельсах и других элементах пути. Надежность конструкции повышается при укладке более мощного пути: тяжелых типов рельсов, щебеночного балласта, железобетонных шпал, раздельных скреплений, балластной призмы увеличенной ширины. В кривых участках для обеспечения необходимой устойчивости осуществляются дополнительные меры их усиления.

Для трамвайных путей длина рельсовых плетей назначается с учетом местных ограничений. Местные ограничения — это узловые соединения и кривые радиусом менее 200 м, которые не рекомендуется включать в длинные рельсовые плети. Уравнительные пролеты, разделяющие соседние плети, представляют собой участки из трех обычных рельсовых звеньев длиной 12,5 м. Стыковые зазоры в этих пролетах позволяют концам рельсовых плетей свободно перемещаться и тем самым погашать избыточные температурные напряжения в рельсах. Вместо уравнительных пролетов могут быть применены уравнительные приборы острякового типа (рис. 36).

Температурно-ненапряженный бесстыковой путь применяется при более легких конструкциях верхнего строения пути, имеющих меньшее сопротивление поперечному сдвигу при деревянных шпалах и костыльном скреплении, на любом, в том числе песчаном, балласте. У такого пути почти на всей длине плети имеют место продольные температурные перемещения. В связи с этим длина рельсовых плетей температурно-ненапряженного пути ограничивается (не более 500 м) и назначается с учетом местных условий. По концам плети устанавливают уравнительные приборы — температурные компенсаторы (рис. 37). Температурные компенсаторы дают возможность свободного перемещения рельсов при изме-

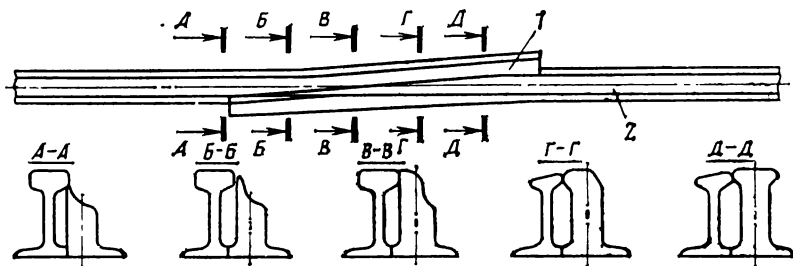


Рис. 36. Схема уравнительного прибора:

1 — рамный рельс; 2 — остряк



Рис. 37. Накладочный температурный компенсатор:

1 — путевой рельс с полуголовкой; 2 — накладка; 3 — подвижной вкладыш из полуголовки

нении их длины и исключают возникновение чрезмерных напряжений.

На линиях скоростного трамвая применяется только температурно-напряженный бесстыковой путь.

Для того чтобы температурные напряжения в рельсовой плети были бы минимальными, бесстыковой путь следует укладывать при определенных температурных условиях. Эти условия определяются так:

по данным соответствующего СНиПа устанавливаются наибольшая (летняя $t_{лв}$) и наименьшая (зимняя $t_{зв}$) расчетные температуры воздуха для соответствующего города;

вычисляются наибольшая ($t_{лр}$) и наименьшая ($t_{зр}$) расчетные температуры рельса по формулам

$$t_{лр} = 1,67t_{лв} + 3^{\circ}; \quad t_{зр} = 0,87t_{зв} - 3^{\circ};$$

подсчитывается расчетный температурный диапазон, в котором предстоит работать рельсам в бесстыковом пути, $T_d = t_{лр} + t_{зр}$ и средняя температура для данного диапазона $t_0 = T_d/2$. Эта средняя температура называется нейтральной. Укладку и закрепление плетей бесстыкового пути целесообразно производить при температурах, близких к нейтральным (табл. 20).

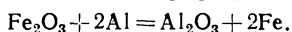
Сварка рельсов. Известно несколько способов сварки металлических конструкций. При сварке рельсов наиболее удовлетворительные результаты дают газопрессовый, термитный, электродуговой, а также электроконтактный.

Газопрессовая сварка основана на нагреве торцов соединяемых рельсов до температуры пластического состояния и последующего их стягивания до выдавливания разогретого металла. Нагрев осуществляется с помощью многопламенных горелок, головки которых по форме повторяют очертания рельса. Для стягивания применяется специальный пресс. Сложность необходимого для такой сварки оборудования и высокая трудоемкость процесса ограничивают его применение.

Таблица 20. Нейтральные температуры рельсов

Город	$t_0, ^{\circ}\text{C}$	Город	$t_0, ^{\circ}\text{C}$	Город	$t_0, ^{\circ}\text{C}$
Алма-Ата	19	Иркутск	7	Пермь	11
Архангельск	8	Казань	13	Рига	15
Астрахань	20	Кемерово	6	Ростов	17
Баку	26	Киев	19	Свердловск	10
Владивосток	15	Куйбышев	12	Ташкент	22
Волгоград	19	Ленинград	11	Тбилиси	23
Воронеж	17	Львов	15	Уфа	13
Горький	12	Минск	12	Харьков	16
Днепропетровск	15	Москва	13	Челябинск	13
Ереван	19	Новосибирск	20	Ярославль	9
Иваново	12	Одесса	18		

Термитная сварка долгое время являлась основным способом сварки рельсов. Этот вид сварки основан на химической реакции, происходящей при взаимодействии тщательно перемешанных и нагретых до 1300°C порошкообразного алюминия и окиси железа. При этом железо восстанавливается, свободный кислород и алюминий образуют окись алюминия с выделением большого количества тепла. Реакция подчиняется формуле



Смесь порошкообразного алюминия и окиси железа (иногда окалины) носит наименование термита. Реакция происходит в закрытом тигле, что увеличивает тепловой эффект. Более тяжелое железо вытекает в установленную на заранее выверенном стыке сварочную форму и заполняет стыковой зазор, расплавляя одновременно рельсовые торцы. Концы рельсов перед этим очищаются от ржавчины и подогреваются до температуры 850—900°C. Свариваемые рельсы стягиваются, часть расплава при этом выжимается, образуется сварной стык по всему сечению рельса. Окись алюминия выходит в шлак. Готовый стык зачищается кузнечным зубилом и обрабатывается шлифовальным станком. Известно несколько видов термитной сварки. Описанный выше метод промежуточного литья обеспечивает наибольшую прочность стыка. Тем не менее, сложность и трудоемкость процесса термитной сварки постепенно вызвали опережающее развитие методов электрической сварки и особенно электродуговой (электрованной).

Этот способ сварки не требует выполнения трудоемких подготовительных работ, он может применяться даже без полного закрытия движения в отличие от термитной сварки, возможен и при минусовых температурах, обеспечивает достаточно высокую прочность сварного стыка. При *электродуговой сварке* ванным способом соединение рельсов происходит за счет расплавления рельсовых торцов, заполнения зазора расплавленным металлом электрода и его сплавления с металлом рельса. Для жидкого металла создается сборная ванна (отсюда и название способа). Ванна (рис. 38) образуется из стыковой планки 4, которая приваривается к подошве рельса 1 и закрывает зазор снизу, двух боковых медных форм 2, сжимаемых струбиной 3, и медного вкладыша 5, который перекрывает желоб трамвайных рельсов. Процесс сварки ведется так, что верхний слой наплавляемого металла находится постоянно в жидком состоянии, а нижний слой металла постепенно застывает. Это обеспечивает более высокое качество сварного шва. После сварки стык зачищается и шлифуется. Для производства электрованной сварки применяются электроды УОНИ-13/55А при сварочном токе 325—400 А.

Высококачественную сварку рельсов обеспечивает электроконтактный способ. Он основан на электрическом разогреве торцов свариваемых рельсов до пластического состояния, их оплавлении и последующем сжатии. *Электроконтактная сварка* может производиться как стационарными, так и передвижными установками.

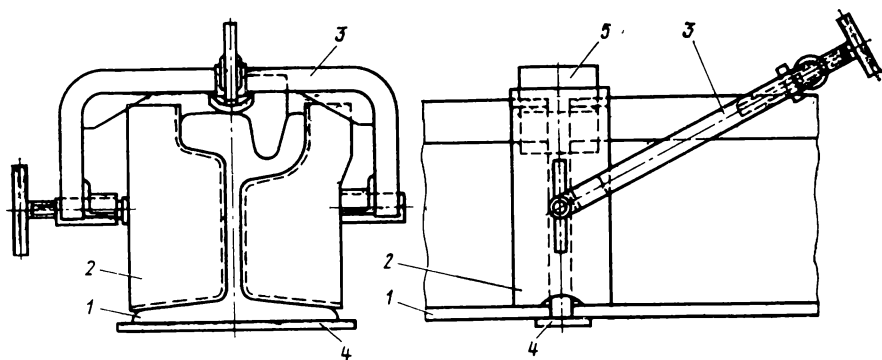


Рис. 38. Схема сборной ванны при электродуговой сварке ванным способом:
1 — рельс; 2 — боковые формы; 3 — струбцина; 4 — стыковая планка; 5 — вкладыш

Для сварки рельсов непосредственно в трамвайных путях созданы специальные передвижные рельсосварочные машины (ПРСМ) со сварочными агрегатами (К-155, К-255, К-355), работающими в автоматическом режиме. Оборудование вместе с дизельной электростанцией может размещаться в специально реконструированном для этой цели трамвайном вагоне. Процесс контактной сварки осуществляется в такой последовательности: промежуточные крепления ослабляются, чтобы обеспечить свариваемым рельсам возможность продольных перемещений; рельсы очищаются от грязи и ржавчины, их концы зачищаются рельсошлифовалками, стык регулируется в плане и профиле; сварочный вагон подъезжает к стыку, головка сварочной машины опускается на стык и зажимает рельсы, машина включается и по заданной программе выполняет сварку и стягивание рельсов. После окончания процесса сварочная головка перемещается на следующий стык, а готовый сварной стык зачищается и шлифуется.

15. УГОН ПУТИ И БОРЬБА С НИМ

В процессе эксплуатации рельсы в большинстве путевых конструкций перемещаются в продольном направлении в сторону движения поездов. В некоторых случаях можно наблюдать продольное смещение даже шпал. Это явление носит наименование угона пути. Его последствия проявляются в форме остаточных деформаций, вызывающих серьезные расстройства пути. Так, угон приводит к образованию на одном участке пути нулевых зазоров в сборных стыках, а на другом — предельно растянутых. Это при определенных условиях может привести к боковому выбросу пути (при нулевых зазорах) или к срезу стыковых болтов и разрыву стыка (при растянутых). Неодинаковый угон левой и правой нитки вызывает перекосы шпал в плане, что нередко приводит к недопустимому сужению колеи. Угон может стать причиной наруше-

ния работы стрелок, изменения угла и направления в глухих пересечениях.

Угон возникает под воздействием подвижного состава, вследствие изгиба рельсов под нагрузкой, ударов колес в стыках, сил трения торможения, температурных перепадов. Очевидно, что угон тем больше, чем выше интенсивность движения. Влияет на величину угона и конструкция пути, а также величина и направление продольного уклона. Наиболее интенсивно угон развивается на внутризаводских путях с поездным режимом движения, на затяжных уклонах, на тормозных участках. Это же относится к трамвайным путям, расположенным на самостоятельном полотне, и в меньшей степени на обособленном и совмещенном полотне на деревянных шпалах и на железобетонных при нераздельном скреплении. Следует подчеркнуть, что при плохом содержании промежуточных скреплений и недостаточном уплотнении балласта в шпальных ящиках угон и в этих случаях достигает опасных значений. При укладке железобетонных шпал с раздельным скреплением, обеспечивающим надежное прижатие рельса, угона почти не бывает.

Для закрепления пути от угона применяются специальные детали, которые устанавливаются на подошве рельса и, упираясь в шпалу, передают на нее усилия угона. Эти детали называются противоугонами. Известны два вида противоугонов: пружинные и клиновые (самозаклинивающиеся).

Пружинные противоугоны (рис. 39, а) представляют собой металлические скобы, которые защемляются на подошве рельса и при работе упираются в верхнюю часть боковой поверхности шпалы. Противоугоны хорошо сопротивляются сдвигу по подошве рельса. Их защемляющая сила складывается из первоначального сжатия, зависящего от пружинящих свойств скобы, и сил трения, которые возникают при перекосе скобы, упирающейся в шпалу. Эта сила обеспечивает сопротивление сдвигу каждого противоугона не менее 5—6 кН (500—600 кгс).

Самозаклинивающиеся противоугоны состоят из скобы, свободно охватывающей подошву рельса, и клина с якорем (рис. 39, б). Клин переменного сечения 2 входит между подошвой рельса и скобой 1 таким образом, что при сдвиге рельса скоба движется от узкой части клина к широкой и закрепляется на подо-

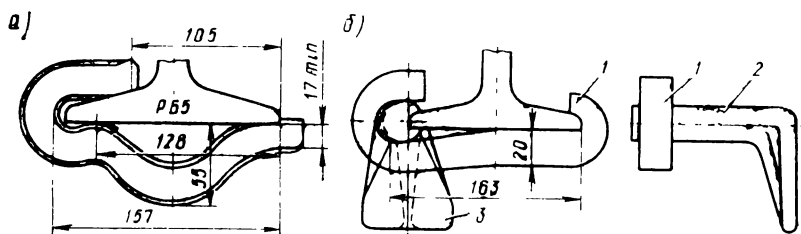


Рис. 39. Противоугоны

Т а б л и ц а 21. Количество пар противоугонов на одном звене трамвайного пути¹ при одностороннем движении

Вид противоугонов	Звено 12,5 м		Звено 25 м	
	Нетормозные участки	Тормозные участки	Нетормозные участки	Тормозные участки
Пружинные	9/10	14/17	18/20	28/34
Самозаклинивающиеся	9/10	12/14	18/20	24/28

¹ В числителе—для пути на щебне, в знаменателе — на песке.

шве. Якорь 3 клина при этом упирается в боковую поверхность шпалы.

На внутризаводских и станционных путях одностороннего поезда движения следует устанавливать на каждое 25-метровое звено 18 пар противоугонов при балласте из щебня или сортированного гравия и 20 пар при любом другом виде балласта. На путях двустороннего движения ставятся по 14 пар противоугонов на 25-метровое звено в каждом направлении движения. При длине звена в 12,5 м число противоугонов уменьшается вдвое. Противоугоны должны устанавливаться в средней части звена симметрично относительно рельсовых стыков. На малодеятельных путях закрепление от угона производится по мере необходимости.

На открытых путях трамвая с уклоном, превышающим 20‰ на длине более 200 м при железнодорожных рельсах и костыльном или шурупном скреплении, на подходах к мостам и путепроводам с жесткой (безбалластной) проезжей частью противоугоны устанавливаются в количествах, указанных в табл. 21.

Масса пружинных противоугонов для рельсов Р65, Р50 и Р43 соответственно составит 1,28; 1,15 и 1,01 кг, а самозаклинивающих для рельсов Р50, Р43 будет соответственно в пределах 2,1—2,2; 1,3—1,4 кг.

16. ШПАЛЫ И ПЕРЕВОДНЫЕ БРУСЬЯ

Шпалы, как и другие рельсовые опоры, предназначены для распределения воспринимаемой ими нагрузки от рельсов на поверхность балластного слоя, а также для поддержания постоянства рельсовой колеи. Рельсы, соединенные со шпалами, образуют путевую решетку. Путевая решетка состоит из отдельных звеньев, длина которых соответствует стандартной длине рельса.

Наибольшее распространение получили шпалы, изготовленные из дерева, преимущественно сосны и ели. Деревянные шпалы упруги, обладают хорошими электроизолирующими свойствами, просты в изготовлении, удобны в эксплуатации. Они допускают значительные перегрузки, устойчивы к действию химически агрессивной среды. Главные их недостатки — большой расход древесины и короткий срок службы, не превышающий 15—18 лет.

Деревянные шпалы неодинаковы по их поперечному сечению, упругости и жесткости: физические и механические свойства древесины со временем заметно меняются. Вынужденно частая одиночная смена шпал вызывает неоднородность и неравноупругость рельсового основания в целом. Тем не менее, пока деревянные шпалы широко применяются как на путях трамвая, так и на внутризаводских путях.

Длина шпалы устанавливается из условий ее изгиба под действием вертикальных сил так, чтобы просадки шпалы во всех сечениях были бы одинаковы. Для деревянных шпал всех типов принята длина 2750 мм. В поперечном сечении шпалы имеют шесть типоразмеров: обрезные шпалы IА, IIА, IIIА, необрезные — IБ, IIБ, IIIБ (рис. 40).

Все типы деревянных шпал находят свое применение. На внутризаводских путях при грузонапряженности до 10 млн. т·км брутто/км в год применяются шпалы III типа (IIIА и IIIБ), при большей грузонапряженности — шпалы II типа, а при нагрузке от колесной пары на рельсы, превышающей 250 кН (25 тс), могут применяться шпалы I типа.

На путях пассажирского движения скоростного и обычного трамвая можно применять шпалы I и II типов, шпалы III типа следует использовать на путях грузового движения, на вспомогательных и технологических путях депо и заводов.

До укладки в путь шпалы должны быть антисептированы, причем на трамвайных путях и внутризаводских с электротягой антисептик не должен быть проводником электрического тока.

Применявшиеся в течение ряда лет, особенно на небольших предприятиях, имеющих свои подъездные пути, методы диффузионной пропитки водорастворимыми солями, механической обмазки пастами и маслянистыми антисептиками, а также пропитка выдерживанием в холодных или горячих ваннах из креозотового или антраценового масла не дают необходимого качества антисептирования. Основным способом пропитки шпал следует считать пропитку шпал под давлением в условиях шпалопроточного завода и, лишь как исключение, в автоклавных установках малой производительности непосредственно в транспортных хозяйствах.

Различают два способа пропитки шпал под давлением: пол-

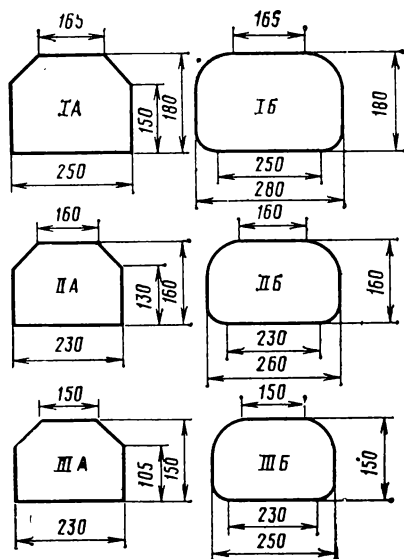


Рис. 40. Поперечные сечения деревянных шпал

ного и ограниченного поглощения. Процесс пропитки в первом случае выполняется в специальном шпалопропиточном цилиндре. Шпалы в этом цилиндре предварительно подогреваются, а затем подвергаются вакуумированию. При этом вода, воздух, древесные соки в значительной мере удаляются из шпал. Подготовленные таким образом шпалы выдерживаются в подогретом до 90°C антисептике под давлением до 0,8—1,0 МПа. При втором способе шпалы не подвергаются предварительному вакуумированию, зато после пропитки вакуумом извлекают из шпалы избыток антисептика. Принципиальная разница между способами состоит в том, что если при полном поглощении сосулы в древесине шпалы целиком заполняются антисептиком, то при ограниченном антисептик лишь обмазывает стенки наиболее крупных сосулов.

Число шпал на 1 км пути или на одно рельсовое звено, а также их раскладка по длине звена — так называемая *шпальная эпюра* — зависят от назначения пути, конструкции и особенностей его эксплуатации. На соединительных путях (перегонах) и главных станционных путях промышленных железных дорог в зависимости от грузонапряженности, скорости движения, нагрузки от колесной пары на рельсы укладывается 1440, 1600, 1840 шпал на 1 км прямого участка. На прочих станционных путях — 1360, 1440, 1600, а на погрузочно-выгрузочных путях — 1360 и 1440 шпал на 1 км. На кривых участках пути радиусом менее 300 м при скорости движения свыше 40 км/ч и радиусом менее 200 м при меньшей скорости движения число шпал на 1 км увеличивается с 1360 до 1440, с 1440 до 1600, с 1600 до 1840, с 1840 до 2000 шт. На путях скоростного трамвая на прямых участках и в кривых радиусом 1200 м и более укладывается 1680 шпал на 1 км и 1840 шпал при радиусе кривых менее 1200 м. На открытых путях обычного трамвая — 1520, на путях, имеющих дорожное покрытие, — 1680, на грузовых, ремонтных и других вспомогательных путях — 1440 шпал на 1 км. Легко заметить, что все перечисленные варианты количества шпал на километр делятся на 40 и 80, т. е. кратны количеству стандартных звеньев на километр. Число шпал на одно звено также характеризует шпальную эпюру. Эти данные, а также характеристики расположения шпал приведены в табл. 22. Следует иметь в виду, что в кривых расстояние между шпалами измеряется по наружному рельсу.

При определении объемов работ, связанных с устройством путевой решетки, важно знать не только количество шпал, но и их объем. Это бывает необходимо и при подсчете потребного количества балластных материалов, так как занимаемый шпалами объем должен исключаться из теоретического объема балластной призмы. Необходимые для этого подсчета данные приведены в табл. 23.

Стрелочные переводы укладываются на специальные *переводные брусья* (на узловых соединениях трамвайных путей допускается укладка обычных шпал). Переводные брусья изготавливаются также шести типов, обозначения которых совпадают с установлен-

Таблица 22. Раскладка шпал по длине звена¹

Тип рельсов	Число шпал		Расстояние между осями шпал, мм	
	на 1 км	на 1 звено	стыковых	промежуточных
P75, P65, T _B 65, T _B 60	2000	50/25	420/420	501—502/503—504
P75, P65, T _B 65	1840	46/23	420/420	546—547/549—550
P65, T _B 65, T _B 60	1680	42/21	420/420	599—600/604
T _B 65, T _B 60	1520	38/19	420/420	664—665/671—672
P50	2000	50/25	440/440	501—502/502—503
P50	1840	46/23	440/440	545—546/548—549
P50	1680	42/21	440/440	599/603
P50	1600	40/20	440/440	629—630/634—635
P50	1520	38/19	440/440	663—664/670
P50	1440	36/18	440/440	701—702/709—710
P43	1840	46/23	500/500	544—545/545—546
P43	1680	42/21	500/500	597—598/600
P43	1600	40/20	500/500	628—629/631—632
P43	1520	38/19	500/500	662—663/666—667
P43	1440	36/18	500/500	700/705—706

¹ В числителе — при длине звена 25 м, в знаменателе — 12,5 м.

Таблица 23. Объем шпал на 1 км пути, м³

Тип шпал	Число шпал на 1 км						
	2000	1840	1680	1600	1520	1440	1360
IA	242	223	204	194	184	174	165
IIA	206	190	177	165	157	149	141
IIIA	186	171	156	148	141	134	127
IB	252	232	212	202	192	182	171
IIB	218	201	183	174	166	157	148
IIIB	200	184	168	160	152	144	136

ными для шпал. На внутризаводских и трамвайных путях применяются брусья типов IIIA и IIIB. Размеры их поперечного сечения: толщина — 160, ширина верхней постели — 175, нижней постели — 230 мм. Длина брусьев переменная — от 3 до 5,5 м (через каждые 25 см). Раскладка брусьев и шпал (расстояние между ними) определяется индивидуальными эякурами.

Из дерева изготавливаются и некоторые другие элементы подрельсового основания: продольные деревянные лежни, брусья для шпально-брусковых и бесшпальных конструкций.

Металлические шпалы на трамвайных путях в нашей стране не применяются. Они сравнительно недолговечны из-за быстрой коррозии, сложны в эксплуатации, хорошо проводят электрический ток, являются источником повышенного шума, требуют большого расхода металла. Однако в некоторых случаях они находят достаточно широкое применение на промышленных железных дорогах. Металлические шпалы могут применяться на разгрузочных эстакадах с металлическими пролетными строениями, передвижных отвалных путях, путях перевозки горячего металла и шлака, где существует угроза возгорания. Кроме того, металлические шпалы используются для звеньев переносных узкоколеек.

Металлические шпалы изготавливают из чугуна и стали. Они обычно имеют форму перевернутого корыта с утолщенными краями. Для повышения устойчивости такая пустотелая шпала заполняется балластом.

Большое распространение получили шпалы из предварительно напряженного железобетона. Такие железобетонные шпалы наиболее долговечны, они обеспечивают повышенную устойчивость пути во всех направлениях, большую однородность и равноупругость основания, достаточно высокую трещиностойкость. Им свойственны и недостатки: значительная масса, большая жесткость, высокая электропроводимость.

На внутризаводских и внешних путях промышленных железных дорог без ограничений допускается применение железобетонных шпал с укладкой их по тем же эшюрам, что и деревянных. С железнодорожными рельсами применяются брусковые железобетонные шпалы массой 255 кг ШС-1 и ШС-2 (шпалы струнотонные), а также их усовершенствованные модификации ШС-1у и ШС-2у. Эти же шпалы могут быть использованы и на трамвайных путях, однако только с железнодорожными рельсами на прямых и кривых участках радиусом не менее 400 м. На более крупных кри-

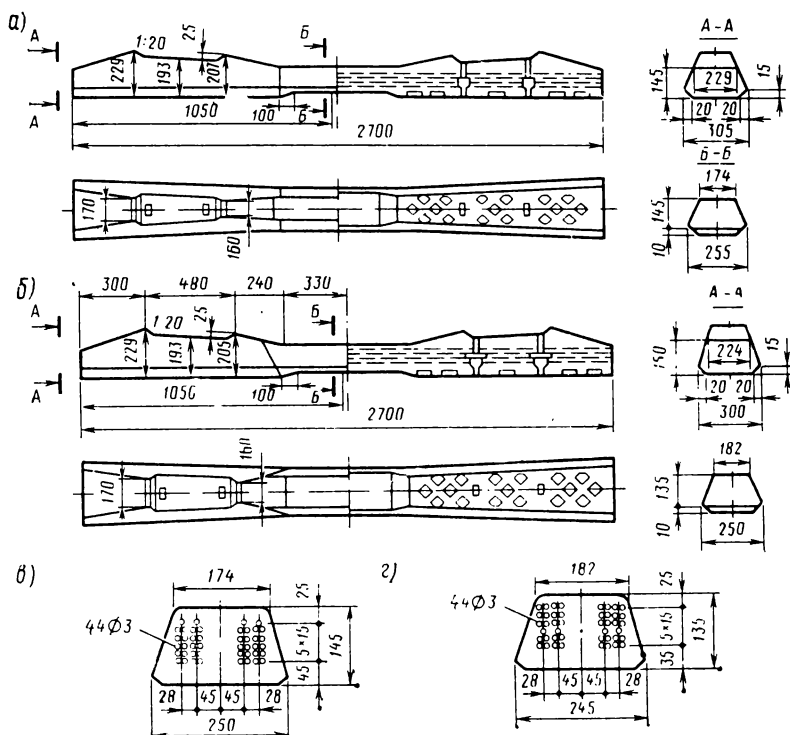


Рис. 41. Железобетонные железнодорожные шпалы:

а — ШС-1; б — ШС-1у; в — поперечное сечение и армирование шпалы ШС-1; г — поперечное сечение и армирование шпалы ШС-1у

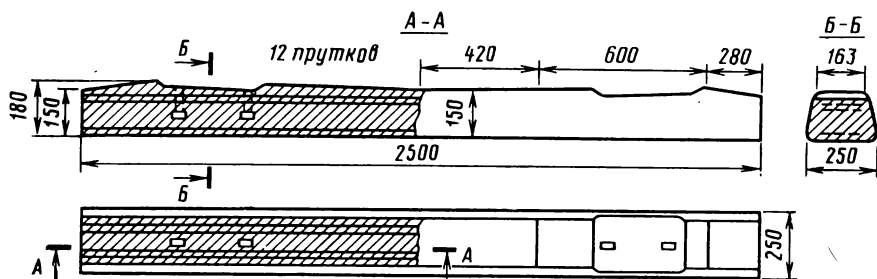


Рис. 42. Железобетонная трамвайная шпала ЛШ-5

вых эти рельсы не применимы. Со шпалами ШС-1 (рис. 41) применяется раздельное скрепление КБ, со шпалами ШС-2 — нераздельное скрепление ЖБ.

Специально для трамвайных путей разработан ряд вариантов железобетонных шпал. Один из них — ЛШ-5 — принят в качестве типового (рис. 42). Эта шпала массой 170 кг может быть применена на прямых и кривых участках радиусом более 400 м с любым типом нормального или желобчатого рельса. Она применима и на более крутых кривых, однако только с желобчатыми рельсами.

В трамвайных хозяйствах Украины применяются шпалы КШ-63П и КШУ-65К.

На путях специального назначения (пути слива жидких или выгрузки сыпучих грузов, ремонтные пути со смотровыми канавами), а иногда и на ходовых внутризаводских и трамвайных путях, если внутри колеи оказываются колодцы подземных коммуникаций, шпалы могут заменяться деревянными полушпалами.

Несмотря на указанные преимущества шпал, по мере роста нагрузки от колесной пары на рельсы и грузонапряженности, а на путях трамвая — интенсивности движения начинает проявляться неравноупругость подрельсового основания прежде всего из-за неодинакового уплотнения балласта под шпалами. Эта неравноупругость быстро приводит к расстройству пути в целом. Поэтому при соответствующем технико-экономическом обосновании оказывается целесообразным применение бетонных и железобетонных подрельсовых оснований.

17. БАЛЛАСТНЫЙ СЛОЙ И БАЛЛАСТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Балласт или балластный слой укладывается непосредственно на земляное полотно и, в свою очередь, служит упругой подушкой для рельсо-шпальной решетки. Это слой сыпучих материалов, уплотненный под рельсовыми опорами с помощью специальных машин или механизмов. Назначение балластного слоя: распределять давление от рельсовых опор так, чтобы на основную площадку земляного полотна приходилось бы давление, вызывающее только

упругую осадку и не оставляющее деформации после снятия нагрузки; оказывать сопротивление вертикальным, продольным и поперечным перемещениям пути; амортизировать ударно-вибрационные воздействия подвижного состава; отводить от пути (с поверхности балластного слоя и основной площадки земляного полотна) поверхностную воду, препятствовать проникновению капиллярной воды из земляного полотна; защищать земляное полотно от промерзания; обеспечивать ремонтнопригодность путевой конструкции, т. е. возможность исправного содержания пути в плане, продольном и поперечном профилях.

Такое многостороннее назначение балласта определяет требования, которые предъявляются к балластным материалам. Балласт должен быть достаточно прочным, хорошо противостоять механическому разрушению и износу, пропускать воду, не изменять в значительной степени своих свойств под влиянием атмосферных воздействий, обладать большим внутренним трением и сцеплением частиц. Кроме того, частицы балласта не должны быть слишком крупными, чтобы шпалы и брусья равномерно опирались на поверхность балласта и вместе с тем в процессе эксплуатации и при производстве ремонтных работ они не должны измельчаться. Таким требованиям в разной степени отвечают щебень, гравий, песок, ракушечник, гранулированные металлургические и топливные шлаки, отходы асбестового производства. Эти материалы и применяются для балластного слоя.

Щебень готовится дроблением камня твердых горных пород и поэтому отличается от других балластных материалов своими острыми гранями. Это обеспечивает достаточно высокое сопротивление сдвигу и прочное механическое сцепление с деревянными шпалами.

Щебень из изверженных скальных пород (базальт, гранит, диорит, диабаз и др.) должен иметь временное сопротивление не менее 100 МПа (1000 кгс/см^2), а щебень из осадочных пород — не менее 70 МПа (700 кгс/см^2). Размеры частиц путевого щебня должны находиться в интервалах от 25 до 70 мм, хотя в полужестких основаниях и в качестве подстилающего слоя для сборных дорожных покрытий применяются более мелкие фракции (от 5 до 25 мм). Содержание более крупных и более мелких частиц ограничивается в зависимости от сорта щебня. Щебень должен быть чистым, без примеси грязи и мусора.

На внутризаводских путях допускается применение щебня, изготовленного дроблением искусственно охлажденных или отвалных шлаков доменного производства. По гранулометрическому составу и механическим свойствам к нему предъявляются те же требования, что и к обычному щебню. Кроме того, *шлаковый щебень* не должен содержать серы, вызывающей ускоренную коррозию металла, и посторонних примесей (жиряча, глины, угля и т. п.). Шлаковый щебень должен быть изготовлен из кислого или нейтрального шлака и вполне применим в качестве балласта и на трамвайных путях.

Гравий карьерный — естественный продукт разрушения невыветривающихся каменных пород — имеет округлую форму. Поэтому он менее устойчив в пути, чем щебень. Естественный гравий должен содержать не менее 50% гравийно-галечных частиц размером от 3 до 60 мм, не более 5% частиц гравия более 60 мм, песчаных частиц до 3 мм от 20 до 50% и пылеватых частиц менее 0,1 мм не более 6—8%. *Гравий сортированный* — искусственная смесь карьерного гравия и щебня с частицами более 40 мм. Сортированный гравий близок по качеству к щебеночному балласту.

В качестве балласта может применяться также *речной или горный (карьерный) песок*. По гранулометрическому составу пески разделяются на крупные, средние и мелкие. Крупный или крупнозернистый песок должен содержать не менее 50% зерен размером более 1 мм и не более 10% зерен менее 0,25 мм. Средний песок — не менее 50% зерен размером более 0,5 мм и не более 25% менее 0,25 мм. Максимальное количество частиц менее 0,1 мм допускается для крупного песка 12%, в том числе глины 3%, для среднего песка соответственно 10 и 2%. Мелкие пески не рекомендуются для использования в качестве балластного материала. Такие пески плохо пропускают воду и обильно пылят при проходе подвижного состава.

Можно использовать *гравийно-песчаную смесь*. Применение такого балласта дает вполне удовлетворительные результаты, хотя трудоемкость содержания пути на гравийно-песчаном балласте выше, чем на щебеночном или гравийном.

В городах и промышленных узлах, расположенных в приморских районах, целесообразно использовать *ракушечный балласт*. Ракушечник добывается при разработке ракушечных морских отложений. По своим качествам он значительно лучше песка, однако со временем отдельные ракушки истираются в цементирующуюся пыль и перестают пропускать воду.

Хорошим балластным материалом является *асбестовый балласт* — дробленая гравийно-песчаная масса с примесью до 5% мелких волокон асбеста. Несущая способность асбестового балласта несколько уступает несущей способности щебня, зато асбест не допускает засорения балластной призмы и не подвержен пучинообразованию.

При отсутствии лучших балластов на внутризаводских путях могут найти применение некоторые местные материалы: гранулированные металлургические шлаки кристаллической и стекловидной структуры (в последнем случае с добавлением 25—30% песка), топливные каменноугольные шлаки (кроме линий с токопроводящими рельсами), а также горелая земля — отходы литейного производства. Следует отметить, что все эти материалы обладают неплохими теплоизолирующими свойствами и могут оказаться полезными в предупреждении появления пучин.

Балластный слой — один из наиболее уязвимых элементов верхнего строения пути. Значительная доля работ по текущему содер-

жанию пути связана именно с его расстройками. Поэтому размеры балластной призмы целесообразно увеличивать, во всяком случае до пределов, допускаемых шириной основной площадки земляного полотна. Повышенные расходы на балласт быстро окупаются. Ширина балластной призмы поверху на соединительных линиях и внутризаводских путях принимается равной 3,1 м. Крутизна ее откосов независимо от вида балластного материала — 1:1,5 или 1:1,25. Уровень верха балластного слоя обычно равен уровню верхней постели шпалы и лишь там, где рельсы используются в качестве токопроводящих цепей, он должен быть на 3 см ниже. При укладке железобетонных шпал верх балластной призмы должен быть в одном уровне с верхом средней части шпалы.

На рис. 43 приведены основные варианты поперечных профилей балластной призмы на внутризаводских путях. На трамвайных путях, имеющих самостоятельное полотно, балластная призма имеет такие же очертания, что и на незаглубленных железнодорожных путях. Разница лишь в ширине плеча балластной призмы — расстоянии от торца шпалы до балластной бровки. На трамвайных путях она должна быть равна 25 см, увеличиваясь на кривых до 35 см.

Наиболее часто на внутризаводских путях встречается заглубленная балластная призма (рис. 44). На путях трамвая балластная призма заглубляется при размещении пути на совмещенном полотне. В этих случаях балластный слой с обеих сторон ограничен вертикальными (на трамвайных путях) и слегка наклоненными

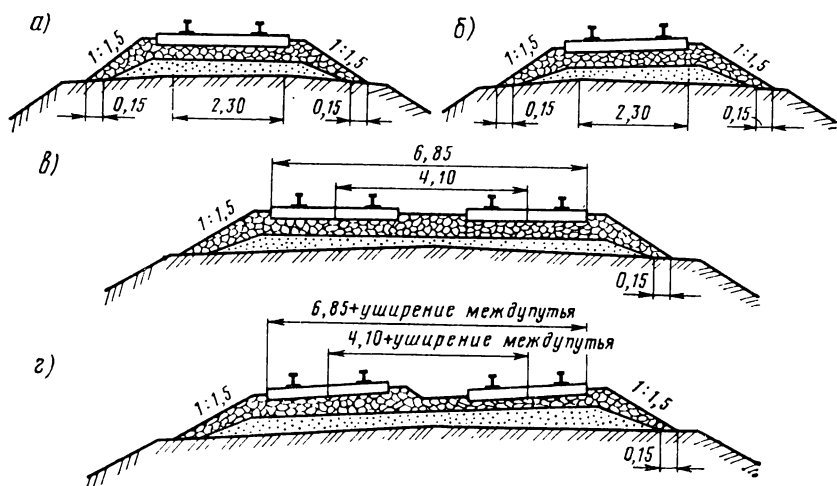


Рис. 43. Поперечные профили незаглубленной балластной призмы:

а — на прямом однопутном участке; б — на кривом однопутном участке; в — на прямом двухпутном участке; г — на кривом двухпутном участке

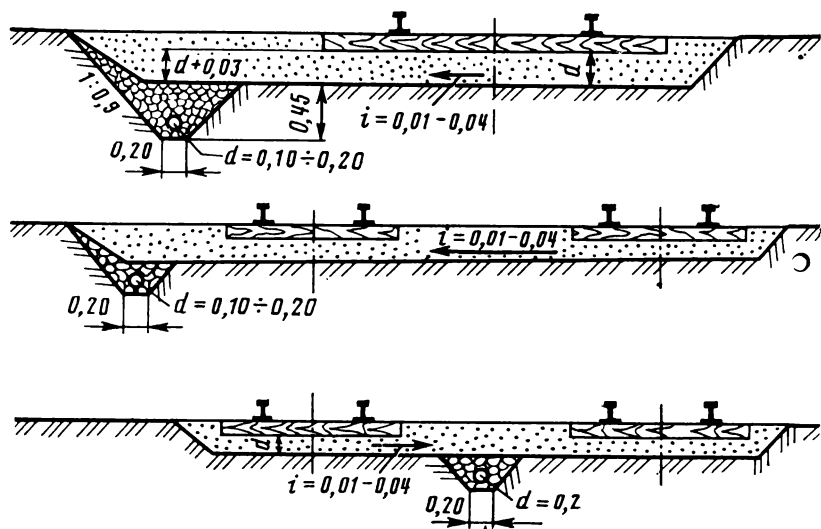


Рис. 44. Поперечные профили заглубленной балластной призмы

ми наружу (на внутризаводских) стенками. Стенки поддерживают стабильность очертаний балластной призмы.

Толщина балласта на внутризаводских путях принимается в зависимости от принятого типа рельсов (табл. 24).

При обращении локомотивов с нагрузкой от колесной пары на рельсы менее 230 кН (23 тс) и вагонов менее 260 кН (26 тс) железобетонные шпалы могут укладываться на однослойном гравийном балласте толщиной не менее 35 см. На передвижных путях, кроме отвальных, где балласт может не предусматриваться, толщина балластного слоя под шпалой должна быть не менее 15 см. Толщину балласта под шпалой на трамвайных путях можно принимать, руководствуясь табл. 25.

Таблица 24. Толщина балластного слоя на внутризаводских путях при поездном движении

Тип рельса	Толщина под шпалами, см			Тип рельса	Толщина под шпалами, см		
	щебня при деревянных шпалах	щебня при железобетонных шпалах	песчаной подушки		щебня при деревянных шпалах	щебня при железобетонных шпалах	песчаной подушки
P75	35	40	20	P50	25—30*	30—35*	20
P65	25—35*	30—40*	20	P43	25	30	20

* В зависимости от грузонапряженности и нагрузки от колесной пары на рельсы.

Примечание. На внутризаводских путях с маневровым характером движения толщина балласта уменьшается на 5 см.

Таблица 25. Толщина балластного слоя на трамвайных путях

Назначение путей	Толщина балласта под шпалой, см, при земляном полотне из грунтов		
	глинистых и недренирующих песков		скальных, крупно-обломочных и дренирующих песков
	Щебень или асбестовый балласт	Другие балласты	Все виды балласта
Скоростные пассажирские	20	30	20
Обычные пассажирские	15	25	15
Грузовые, ремонтные и др.	—	15	15

Подстилающий слой (подушка) устраивается лишь под щебень при земляном полотне из недренирующих грунтов. Его толщина 10 см.

На кривых участках пути толщина балластной призмы (балластного слоя) должна учитывать возвышение наружного рельса. Нормы, указанные в таблицах, в этом случае относятся к сечению под внутренним рельсом.

На внутризаводских путях применимы все виды описанных материалов, если они удовлетворяют требованиям технических условий на балласт. В зависимости от грузонапряженности брутто и нагрузки от колесной пары на рельсы меняется лишь толщина балласта и подстилающего слоя под шпалой. При грузонапряженности, превышающей 25 млн. т·км брутто/км в год, допускается укладывать в путь только щебеночный или асбестовый балласт. Щебень или асбестовые отходы должны применяться также при нагрузке от колесной пары на рельсы более 230 кН независимо от грузонапряженности.

Применение тяжелых балластов на путях трамвая может определяться технико-экономической целесообразностью. Оказывается, что наряду с некоторым увеличением первоначальных расходов при замене балласта на более тяжелый при этом снижаются затраты, связанные с содержанием пути и подвижного состава, оплатой электроэнергии и другими эксплуатационными нуждами. Эти зависимости неодинаковы для разных вариантов путевой конструкции, грузонапряженности линии, скорости движения поездов. Так, для трамвайных путей подсчитано, что замена песчаного балласта на щебеночный становится оправданной, начиная с грузонапряженности в 2,2—3,0 млн. т·км брутто/км в год при замощенной и в 2,6—3,5 млн. т·км брутто/км в год при открытой конструкции верхнего строения пути.

При некотором упрощении можно считать, что давление шпалы на балласт распространяется от ее нижней постели по наклонным прямым, составляющим с горизонтом некоторый угол β . Этот угол зависит от вида и качества балластного материала, точнее

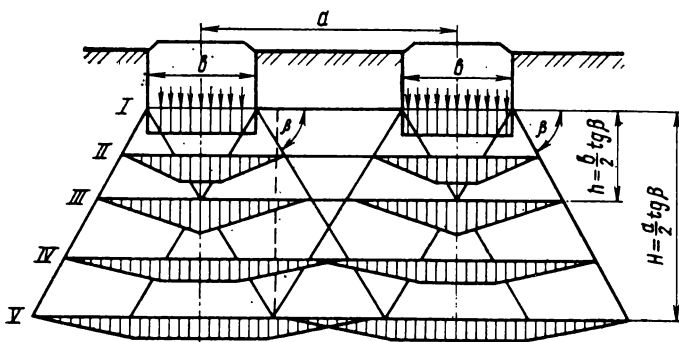


Рис. 45. Схема распределения давлений в балластном слое

от формы частиц и зерен балласта и степени шероховатости их поверхности. Строго говоря, линии распространения давления прямолинейны лишь в идеальном случае, обычно они представляют собой гиперболы. Однако в практических расчетах можно принять, что давление от шпалы на балласт распространяется конусообразно.

Для построения эпюры распределения давлений в балластном слое на любой его глубине проведем из граничных точек нижней постели шпалы (в поперечном сечении) линии распределения (рис. 45). Непосредственно под шпалой (сечение I) давление распределяется равномерно в пределах проекции шпалы и имеет величину

$$p = \frac{2P}{lb},$$

где P — давление от рельса на шпалу, кН; l — длина шпалы, см; b — ширина нижней постели шпалы, см.

Как видно из построения, в сечении II эпюра давлений представляет собой трапецию, а в сечении III — треугольник. При этом можно определить глубину h , соответствующую третьему сечению $h = \frac{b}{2} \operatorname{tg} \beta$. На уровне сечения IV начинает сказываться влияние соседних шпал, постепенно выравнивающее величину удельного давления. В работу включается весь слой, однако напрузки пока еще неравномерны: под шпалой — давление максимально, а между шпалами — постепенно уменьшается; в средней части шпального пространства оно минимально. Наконец, в сечении V давление почти полностью выравнивается. Выравненное давление $P_1 = \frac{b}{a} P$, а глубина сечения V $H = \frac{a}{2} \operatorname{tg} \beta$, где a — расстояние между осями соседних шпал, мм.

Неравномерность давления, которая вызывается недостаточной толщиной балластного слоя, особенно при слабых грунтах земляного полотна, может стать причиной выпирания грунта между

шпалами, образования балластных корыт и других неисправностей.

Если по приведенным выше формулам при средних значениях β (60°), b (237 мм) и a (559 мм) подсчитать средние значения h (207 мм) и H (489 мм), то можно убедиться, что они близки соответственно к минимально и максимально рекомендуемой толщине балластного слоя.

Таблица 26. Объем балласта на 1 км промышленного пути с открытой однослойной призмой¹ без вычета объема шпал

Толщина балласта под шпалой, см	Объем, м³, при типах шпал			Толщина балласта под шпалой, см	Объем, м³, при типах шпал		
	I	II	III		I	II	III
<i>При земляном полотне из хорошо дренирующих грунтов (скальных, щебенистых, крупнопесочных)</i>				<i>При земляном полотне из прочих грунтов</i>			
30	1790	1700	1650	35	2180	2090	2040
	3770	3570	3210		4560	4320	4190
25	1570	1480	1440	30	1950	1850	1810
	3320	3140	3040		4080	3870	3750
20	1360	1270	1230	25	1720	1630	1580
	2870	2710	2630		3600	3410	3310
15	1150	1070	1040	20	1490	1410	1360
	2430	2300	2230		3140	2970	2880

¹ В числителе — для однопутной призмы с шириной поверху 3 м, в знаменателе — для двухпутной с шириной поверху 7,1 м при погружении шпал на полную их высоту.

Таблица 27. Объем балласта¹ на 1 км промышленного пути с открытой двухслойной призмой без вычета объема шпал

Толщина балласта под шпалой, см	Объем, м³, при типах шпал			Толщина балласта под шпалой, см	Объем, м³, при типах шпал		
	I	II	III		I	II	III
<i>Однопутная призма с шириной поверху 3 м</i>				<i>Двухпутная призма с шириной поверху 7, 1 м</i>			
35	1870	1770	1720	35	4210	3980	3860
20	960	910	880	20	2070	1960	1900
25	1570	1490	1440	25	3280	3100	3010
20	870	820	800	20	1970	1870	1810
20	1360	1290	1250	20	2730	2580	2500
20	830	780	760	20	1910	1810	1750

¹ В числителе — для щебеночного балласта, в знаменателе — для песчаной подушки.

Таблица 28. Объем балласта на 1 км промышленного пути с заглубленной балластной призмой без вычета объема шпал

Толщина балласта под шпалой, см	Объем, м³, однопутной призмы при типах шпал		
	I	II	III
30	2260	2130	2070
25	2010	1900	1840
20	1760	1670	1620

Таблица 29. Коэффициенты для подсчета объема балласта для трамвайных путей на самостоятельном полотне

Характеристика линии	Значения коэффициентов при	
	деревянных шпалах	железобетонных шпалах длиной 2500 мм
Однопутная	1,083	1,0
Двухпутная при междупутье 3200 мм	0,909	0,873
То же при междупутье 3550 мм	0,958	0,923

В табл. 26, 27, 28 приведены данные для определения объема балласта при различных конструкциях верхнего строения внутри-заводских и трамвайных путей.

При определении объемов потребного балласта для трамвайных путей на самостоятельном полотне при аналогичных условиях можно пользоваться данными табл. 26, 27 с учетом ориентировочных коэффициентов пересчета, приведенных в табл. 29.

Для подсчета необходимого объема балласта для трамвайных путей на обособленном и самостоятельном полотне следует воспользоваться табл. 30.

Дополнительные объемы балласта в кривых, связанные с устройством возвышения наружного рельса и увеличением ширины балластной призмы, подсчитываются в зависимости от радиуса кривой, скорости движения поездов и толщины балластного слоя под шпалой в сечении под внутренней рельсовой нитью.

Объем шпал, во всех случаях подлежащий исключению из теоретического объема балластной призмы, следует принимать по данным табл. 23.

18. ПОДРЕЛЬСОВЫЕ ОСНОВАНИЯ

Элементы верхнего строения пути, воспринимающие нагрузку от рельсов через систему промежуточных креплений и передающие ее на основную площадку земляного полотна, объединяются понятием подрельсовое основание.

Основания должны быть достаточно жесткими, чтобы не допускать избыточных деформаций путевой решетки и дорожного покрытия, и вместе с тем достаточно упругими, чтобы снизить удар-

Таблица 30. Объем балластной призмы 1 км прямого двухпутного участка трамвайной линии без вычета объема шпал*

Характеристика полотна	Вид призмы	Толщина балласта под шпалой, см	Объем, м³, при типах шпал			
			I	II	III	ЛШ-5
Обособленное	Двухслойная	20(10)**	2441,7	2312,5	2248	2179
		15(10)**	2138,7	2009,5	1945	1869
	Однослойная	30	3106,7	2977,5	2913	2798
		25	2783,7	2654,5	2590	2489
		20	2441,7	2312,5	2248	2179
		15	2138,7	2009,5	1945	1869
Совмещенное	Двухслойная	20(10)**	2385,5	2260,5	2198	2109
		15(10)**	2072,5	1947,5	1885	1809
	Однослойная	30	3010,5	2885,5	2823	2709
		25	2697,5	2572,5	2510	2409
		20	2385,5	2260,5	2198	2109
		15	2072,5	1947,5	1885	1809

* Объем балластной призмы указан без учета рекомендуемой в отдельных случаях засыпки до головки рельса.

** В скобках указана толщина подстилающего слоя. Объем его на 1 км пути на совмещенном полотне составит при деревянных шпалах 625 м³, при железобетонных ЛШ-5 600 м³, на обособленном полотне соответственно 645 и 620 м³.

ные нагрузки, шум, замедлить износ рельсов; основание должно либо хорошо дренировать воду, либо быть практически водонепроницаемым.

В зависимости от степени жесткости основания делятся на упругие (шпалы, укладываемые на балластный слой), полужесткие (сборные или монолитные железобетонные и бетонные конструкции над балластным слоем), жесткие (безбалластные бетонные). По конструктивным признакам выделяются шпальные и бесшпальные основания. Шпальные основания могут разделяться еще и материалом применяемых шпал (деревянные, железобетонные, металлические), а также материалом балластного слоя (шпально-песчаные, шпально-гравийные, шпально-щебеночные и т. д.).

На некоторых внутризаводских путях, которые подвергаются частым передвижкам (например, отвалыные пути металлургических производств, пути открытых горных разработок и т. п.), разрешается применение шпальных оснований без балластного слоя.

Точно так же временные трамвайные пути при устройстве объездов могут укладываться непосредственно на дорожное покрытие проезжей части улицы. К бесшпальным основаниям относятся различные монолитные сборные, сборно-совмещенные и другие варианты конструкций.

Таким образом, подрельсовые основания включают в себя шпалы, балласт и бесшпальные опорные конструкции.

Наибольшее распространение на железных дорогах и в трамвайных хозяйствах получили более простые, доступные для ремонта и содержания, надежные в работе шпальные основания. Они находят применение в самых различных эксплуатационных условиях. На путях трамвая шпальные основания применяются как на обособленном (с дорожным покрытием и без него), так и на совмещенном полотне. На самостоятельном полотне шпально-балластные конструкции устраиваются по типовым поперечным профилям железнодорожного пути.

Шпально-песчаные основания (рис. 46, а) наиболее дешевы и доступны. Однако повышенная загрязняемость песка, быстрая потеря несущей способности при его увлажнении, значительная интенсивность накопления остаточных деформаций пути на песчаном балласте ограничивают его применение. Кроме того, запрещается укладка на песок железобетонных шпал.

При укладке песка в балластный слой следует иметь в виду, что его недостаточная мощность может стать причиной перемешивания песка с грунтом, развития под шпалами воздушных зазоров и других неисправностей. Поэтому толщина слоя песчаного балласта должна составлять в обычных условиях не менее 25 см и лишь на песчаном земляном полотне может быть снижена до 15 см.

Более устойчива шпально-щебеночная конструкция. Она обеспечивает лучшую фильтрацию воды, в меньшей степени

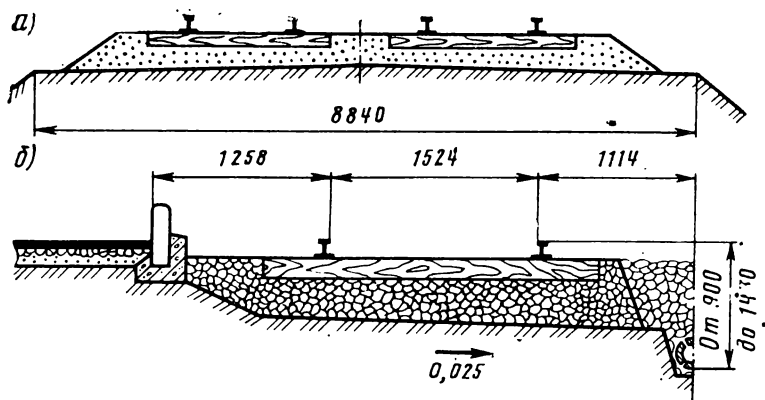


Рис. 46. Шпальные основания трамвайного пути:

а — шпально-песчаное на самостоятельном полотне; б — шпально-щебеночное на обособленном полотне

теряет несущую способность при увлажнении, реже требует производства ремонтных работ, что особенно важно при наличии дорожного покрытия. Конструкция щебеночного балластного слоя более сложна. Она состоит из трех слоев. Непосредственно на основную площадку земляного полотна укладывается подстилающий слой — песчаная подушка толщиной 50 мм. Ее назначение — предохранить щебень от вдавливания в грунт, а земляное полотно от деформирования щебнем. Далее следуют несущий слой щебня (частицы размером от 25 до 60 мм) и подбивочный слой щебня (частицы размером от 15 до 40 мм), обеспечивающий плотность опирания шпалы на балласт. Общая толщина щебеночной балластной призмы под шпалой должна составлять не менее 20 см на водонепроницаемых и не менее 15 см на водопроницаемых грунтах. При этом подбивочный слой составляет примерно половину или несколько меньше половины этой величины. Конструкция пути на шпально-щебеночном основании показана на рис. 46, б.

Шпальные основания, выполненные с применением других балластных материалов (гравия, правой смеси, ракушечника, шлака и т. д.), не имеют существенных отличий от описанных.

Для повышения несущей способности пути предусмотрены в необходимых случаях полужесткие конструкции основания. В недалеком прошлом с этой целью щебень укладывался на так называемый *пакеляж-постель* из перевернутых булыжных камней на подстилающем песчаном слое. Позднее была предложена конструкция типа В — шпально-бетонное основание. Его отличительной особенностью явилась укладка между основной площадкой земляного полотна и щебеночным балластным слоем монолитной бетонной плиты или сборных железобетонных плит на песчаной подушке. Наличие таких плит, изготовленных из бетона марки 200 при толщине 150 мм и ширине, превышающей длину шпалы, обеспечивает высокую устойчивость пути и хороший водоотвод. Достаточную упругость и возможность качественной подбивки определяет слой щебня (около 120 мм) из частиц размером от 15 до 40 мм. Тем не менее, широкого применения шпально-бетонные основания в трамвайных путях не нашли. Основная причина этого — высокая трудоемкость и стоимость работ по их укладке и ремонту.

Помимо описанных выше вариантов, которые можно считать типовыми, на трамвайных путях применялись и другие разновидности шпальных оснований. К их числу можно отнести шпально-обрускового конструкции: между шпалами и подошвой рельса укладывались продольные брусья толщиной 80—110 мм, которые закреплялись удлиненными костылями. Такое решение позволяло увеличить слой песка под замощением и за счет этого обеспечить большую устойчивость дорожного покрытия. Применялись также укороченные шпалы (полушпалы или коротыши), рамные железобетонные шпалы и рамно-панельные блоки. Длительная эксплуатация таких опор показала, что, несмотря на сложность изготовления, они также имеют существенные недостатки.

Следует отметить, что на путях, имеющих самостоятельное полотно, возможно применение всех типовых вариантов шпального основания.

Наиболее простым вариантом бесшпального основания пути является бесшпально-щебеночное основание. Рельсы в этом случае укладываются непосредственно на слой щебеночного балласта, выполненного либо по всему поперечнику под обе рельсовые нитки, либо в отдельных канавках под каждый рельс. Стабильность колеи при этом поддерживается только путевыми тягами и замощением междурельсового пространства. Очевидна недостаточная устойчивость такой конструкции, поэтому допустить ее применение можно только на временных путях с незначительными интенсивностью и скоростью движения.

До сих пор в Москве и Ленинграде имеются участки трамвайных путей на монолитном бесшпально-бетонном основании. Известны три основных варианта таких конструкций. Конструкция типа А представляет собой монолитную бетонную плиту, в которой забетонированы рельсы, установленные на специальные монтажные брусья (иногда монтажные кубики). Конструкция типа Б отличается от описанной прежде всего двухслойностью бетонной плиты и наличием анкерного закрепления рельсов. Предварительно укладывается нижний слой бетона (марки 300), в который заделываются анкерные болты. Для снижения жесткости рельсы располагаются не прямо на бетоне, а на асфальтовой (асфальтобетонной) прослойке. Затем конструкция также бетонируется и покрывается асфальтом. В конструкции типа Г рельсы укладываются на продольные лежни, которые представляют собой удвоенные брусья ($0,15 \times 0,17$ м), соединенные удлиненными болтами. Выпущенные концы этих болтов выполняют функцию арматуры и связывают лежни с бетоном (марки 200), заполняющим все междурельсовое и междупутное пространство. Рельсы к брусьям прикрепляются при помощи шурупов.

Опыт эксплуатации монолитных бетонных оснований также выявил их недостатки: высокую жесткость и, как следствие, быстрый износ рельсов, в том числе волнообразный, повышенное шумообразование. Кроме того, бесшпально-бетонные основания имеют значительную электропроводимость, большую трудоемкость сооружения, ремонта и текущего содержания.

Более перспективными оказались сборные бесшпальные основания. Академией коммунального хозяйства предложены два варианта таких конструкций: плитно-лежневое и блочное совмещенные основания. В первом варианте основание и дорожное покрытие соединены шарнирно, во втором — жестко. Плитно-лежневое основание (рис. 47) представляет собой четыре лежажа трапецидального сечения, которые укладываются под каждую рельсовую нитку. На эти лежни опираются железобетонные плиты дорожного покрытия: путевые и междупутные. Рельс крепится к лежням отдельными скреплениями анкерного типа с прижим-

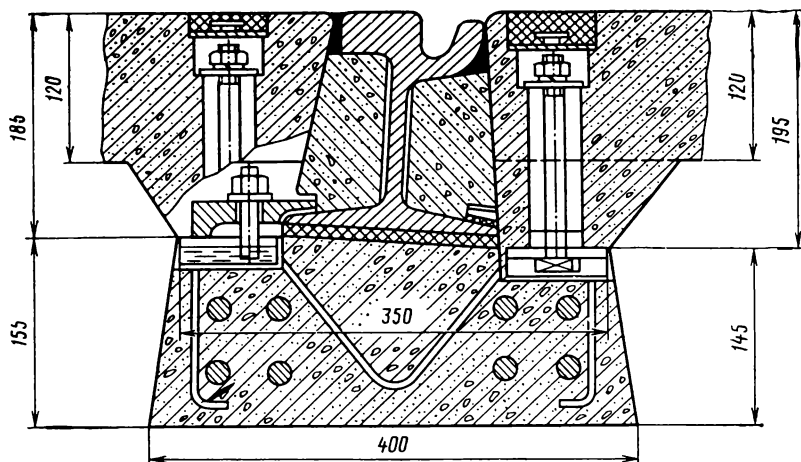


Рис. 47. Совмещенное плитно-лежневое основание пути

ной клеммой. В закладные детали лежней вставляются болты, с помощью которых крепятся плиты.

Блочное совмещенное основание (рис. 48) выполняется в виде железобетонного блока размером 2040×2150 мм. Средняя часть этого блока выполняет функции дорожного покрытия. В продольные желоба боковых частей на сплошные упругие подкладки укладываются рельсы. Крепление рельсов осуществляется с помощью закладных деталей и клемм с болтовыми прижимами. Пространства между головкой и подошвой рельса, а также между рельсом и стенками желоба заполняются продольными железобетонными брусками.

Высокий уровень индустриализации строительства обеспечивает совмещенная плитная конструкция пути, разработанная в ГДР (рис. 49). Железобетонная плита, по краям ограниченная связанными с ней рельсами, служит одновременно и дорожным покрытием, и основной конструкцией пути. Плиты выпускаются в двух прямолинейных вариантах длиной 12500 и 6250 мм. Ширина таких плит 1650 мм, толщина 180 мм, масса 9,3 т. Кроме того, выпускаются плиты для кривых с минимальным радиусом 100 м.

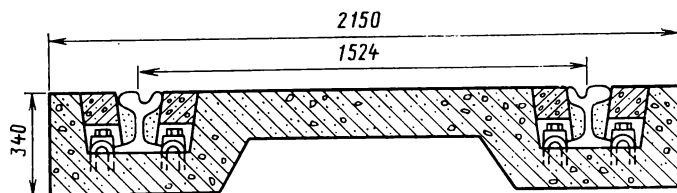


Рис. 48. Совмещенное блочное основание пути

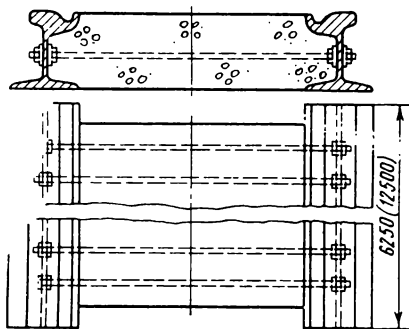


Рис. 49. Совмещенная плитная конструкция пути (ГДР)

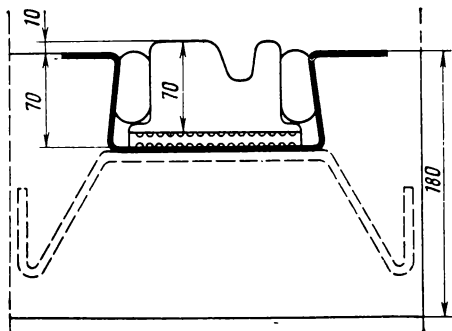


Рис. 50. Сборно-совмещенная конструкция пути (ВНР)

В Венгерской Народной Республике применяется сборно-совмещенное основание, в котором также плиты из предварительно напряженного железобетона одновременно служат и путевой и дорожной конструкцией. Плиты имеют стандартную длину 6000 мм, а по ширине различаются. Путевые плиты выпускаются шириной 2180 мм, а набор плит междупутья шириной 800, 1000, 1200 мм позволяет приспособляться к разным стандартам его ширины. Высота плиты 180 мм. Рельсы укладываются на резиновые прокладки в металлические желоба трапециoidalного сечения, которые забетонированы в плиты. Закрепление рельсов выполняется машинной запрессовкой между рельсом и стенкой желоба специальной резиновой ленты (рис. 50). В этой конструкции использованы бесшпечные рельсы, которые в нашей стране не нашли применения.

Следует отметить, что применение сборных железобетонных и монолитных бетонных оснований ограничивается величиной продольного уклона трамвайных путей. Так, они не допускаются при уклонах более 60‰ при щебеночном и более 40‰ при гравийном и песчаном балластах.

На внутризаводских железнодорожных путях также применяются различные варианты железобетонных блочных подрельсовых оснований. Испытываются основания в виде плитно-лежневых блоков, отдельных для каждой рельсовой нити; рамно-лежневых секций, состоящих из двух продольных и двух соединительных элементов; железобетонных плит с прерывистым и сплошным опиранием рельсов. В последнем случае под подошву рельсов укладывается сплошная резиновая полоса. Доказано, что в этом случае напряжения в рельсах в 1,5—2 раза меньше. Уменьшаются также средние значения прогибов рельсов под нагрузкой. Такие основания из железобетонных плит рекомендуются к укладке на постоянных путях для перевозки горячих пружин с нагрузкой от колесной пары на рельсы более 250 кН.

Работа подстилающего слоя при сборном или монолитном основании из железобетонных плит отличается от работы балласта. Водяные пары при обычном шпальном основании, поднимаясь из более теплых слоев, могут свободно уходить в атмосферу. Охлажденная поверхность практически водонепроницаемой плиты конденсирует эти пары и таким образом собирает дополнительную влагу. Должен быть обеспечен ее быстрый и свободный сток.

19. РЕЛЬСОВЫЕ ПУТИ, РАБОТАЮЩИЕ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ

В необычных эксплуатационных условиях конструкции верхнего строения пути имеют особенности, отличающие их от типовых вариантов. На внутризаводских путях это связано прежде всего с технологическими процессами основного производства. Так, на металлургических заводах (на путях перевозки разлитой по изложницам стали) возникает необходимость защиты основания от высоких температур. Такая защита достигается засыпкой поверхности шпал и балласта слоем шлака и песка. На путях, расположенных непосредственно в разливочных пролетах, воздействие температур дополняется еще и попаданием брызг расплавленного металла и шлака. Верхнее строение таких путей защищается мощным двухслойным покрытием. Нижний слой выполняется из песка или шлака, верхний — из огнеупорного кирпича, а иногда из чугунных плит (рис. 51). Характерно, что железобетонные шпалы на этих участках не применяют из-за высокой трудоемкости ремонтных работ. В некоторых случаях пути горячих пружов выполняют из металлических плит толщиной 50—70 мм, к которым привариваются рельсы.

Аналогично устроены пути на рабочих площадках мартеновских цехов.

На передвижных путях слива жидкого шлака вместо шпал применяют рельсы, непригодные для укладки в путь. Иногда к подошве таких рельсов-поперечин приваривают пластины, изогнутые подобно лыжам, — это значительно облегчает их передвижку.

Конструкция путей, расположенных на бункерных эстакадах, должна пропускать между рельсами и шпалами сыпучие пружы как холодные, так и горячие.

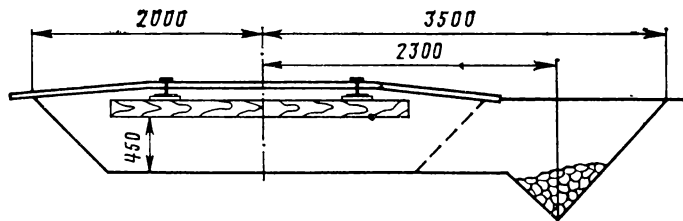


Рис. 51. Верхнее строение внутризаводского пути с защитным покрытием из чугунных плит

Свою конструктивную специфику имеют узкоколейные пути лесной, торфодобывающей, угольной промышленности, а также открытых горных разработок.

Конструкции верхнего строения пути в кривых особо малых радиусов также имеют некоторые особенности, описанные в гл. 6, п. 28.

На путях трамвая нет ярко выраженных технологических различий, поэтому в большинстве случаев применяются типовые конструкции.

В цехах депо, вагоноремонтных мастерских и на заводах, где выполняются ремонты и осмотры трамвайных вагонов, устраиваются смотровые канавы. В их пределах рельсы укладываются наверху бетонных стенок с анкерным или раздельным промежуточным скреплением типа КБ. Иногда между верхом стенки и подошвой рельса размещается продольный деревянный брус. К нему рельс прикрепляется с помощью путевых шурупов. В некоторых депо пол производственной зоны размещается на эстакадной конструкции. В этом случае вместо бетонных стенок опорой для рельсов служат металлические стойки эстакады. К стойкам крепятся горизонтальные прогоны, а к ним в свою очередь сваркой, болтами или также с помощью раздельного промежуточного скрепления прикрепляются рельсы.

Трамвайный путь на мостах и путепроводах должен иметь наименьшую строительную высоту и массу путевой конструкции. Это требование вызвано ограниченностью несущей способности сооружений, а также высотой пролетного строения, на котором совмещенно размещаются путь и проезжая часть. В большинстве городов нашей страны при сооружении мостов и путепроводов применялись бесшпальные основания, конструкция которых близка к уже описанным типам А, Б и Г. Монолитные конструкции, аналогичные типу А, сравнительно быстро выходят из строя и, что особо важно, не обеспечивают надежной связи рельса с основанием. Более устойчивы конструкции с анкерным креплением рельса к бетонному основанию. Однако повышенная жесткость такого пути ведет к ускоренному износу рельсов и необходимости их частой смены. Трудоемкость такого ремонта, нежелательность дополнительных ремонтных вмешательств на мостах определяют ограниченность применения этих конструкций. Несколько лучше проявляют себя на мостах бесшпальные конструкции на продольных деревянных брусках, обеспечивающих необходимую упругость пути. Однако при этом уменьшается устойчивость асфальтовых покрытий.

В Ленинграде при сооружении трамвайных путей на мостах применена облегченная конструкция (рис. 52). Рельсы с помощью специальных хомутов и прижимных клем прикрепляются к дубовым пластинам толщиной 70 мм. Пластины, выполняющие функцию шпал, укладываются на слой мелкого (10—15 мм) щебня. Мощность этого слоя также около 70 мм. Таким образом, строительная высота пути уменьшается почти вдвое.

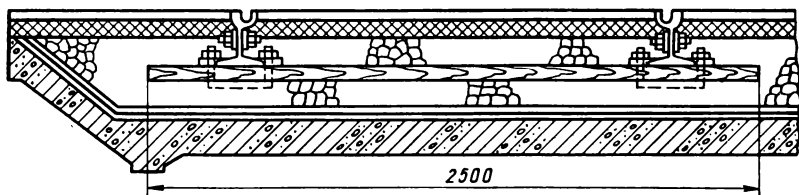


Рис. 52. Пластино-щебеночная конструкция трамвайного пути на мостах

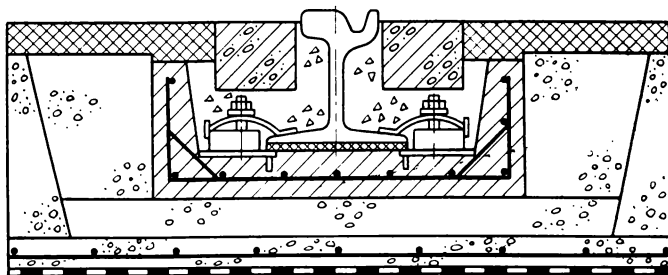


Рис. 53. Сборное подрельсовое основание для мостов

Специалисты Академии коммунального хозяйства разработали сборное железобетонное тонкостенное подрельсовое основание для мостов (рис. 53). Оно состоит из коробчатых железобетонных блоков, уложенных на растворе на поверхность плиты проезжей части моста. Рельс укладывается в этот короб на амортизирующую прокладку и крепится пружинными клеммами с помощью прижимных болтов. Большим достоинством этой конструкции является сравнительно небольшая строительная высота — 29 см.

Во всех случаях, когда это допускается конструкцией моста (путепровода), путь может быть уложен на обычное балластное основание, при этом лишь увеличивается число шпал или брусьев (по 2 шт. на звено длиной 25 м). Если на мосту нет проезжей части для безрельсового транспорта, в пути устанавливаются охранные устройства: брусья вне рельсовой колеи и контррельсы внутри. В пределах моста допускается только один перелом продольного профиля. Все стыки на мосту свариваются, обязательно устанавливаются уравнильные приборы.

Верхнее строение железнодорожного пути на мостах с железобетонным пролетным строением в виде корыта в принципе не отличается от обычной конструкции. Шпалы несколько приподнимаются над стенками корыта для удобства их одиночной замены. Внутри колеи укладываются охранные контррельсы с шириной желоба 200 мм. Очень важно при такой укладке пути обеспечить надежный водоотвод. Вся вода, проникающая через балластный слой, должна за счет продольных уклонов и специальных водоотводных трубок выводиться за пределы пролетного строения. На

металлических мостах путь, как правило, укладывается без балласта. Вместо шпал при этом применяются мостовые брусья прямоугольного сечения. На выступающих концах мостовых брусьев, а также внутри колеи укладывают дощатый настил. Кроме контрольных, при такой конструкции вне колеи должны быть предусмотрены охранные брусья, которые выполняют противоупонные функции, обеспечивая постоянство расстояния между мостовыми брусьями. Аналогично выполняются путевые конструкции на деревянных мостах.

В очень сложных условиях работает путь перед искусственными сооружениями. В местах перехода от обычной путевой конструкции к безбалластному полотну на пролетном строении моста (путепровода) или в тоннелях резко изменяется жесткость конструкции, возрастают напряжения в рельсах, давление на подрельсовое основание. Из-за этого заметно увеличиваются упругие деформации и темпы накопления остаточных. В настоящее время испытываются несколько вариантов конструкций переходных участков. Основной принцип этих конструкций — усиление пути перед сооружением за счет значительного увеличения шпальной эпюры, укладки бетонных плит под балластной призмой и тому подобных мероприятий, с одной стороны, и устройство упругих опорных частей в местах примыкания безбалластной конструкции к балластной — с другой.

На скоростных линиях трамвая отдельные участки выполняют в тоннелях. В тоннелях прямоугольного сечения применяются обычные шпально-щебеночные конструкции с железобетонными или деревянными шпалами; в тоннелях круглого сечения, так же как и на путях метрополитена, устраиваются шпально-бетонные основания с водоотводным лотком внутри колеи. На перегонах при этом укладываются деревянные шпалы полной длины, в пределах остановочных пунктов — укороченные полушпалы.

20. БЛУЖДАЮЩИЕ ТОКИ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

Рельсы и некоторые другие элементы верхнего строения трамвайных путей, а также электрифицированных участков железных дорог, в том числе внутризаводских, как известно, являются проводниками обратного тягового тока. Как правило, рельсы не изолированы от балластного слоя и, следовательно, от земли. Поэтому в землю и через нее в находящиеся в земле металлические сооружения (трубопроводы, кабели и др.) проникают токи утечки. Эти токи утечки называются блуждающими токами.

В земле, как бы в растворе электролита, находятся два электрода: рельсы и подземные сооружения, между которыми при определенных условиях возникает разность потенциалов. Когда по этой цепи проходит ток, то отдающий электрод — анод (в данном случае это может быть кабель или трубопровод) отдает частицы

металла в электролит (землю). В местах выхода тока из подземных металлических сооружений в землю эти сооружения постепенно разрушаются. Электрохимический процесс, который является причиной разрушений, называется *электрокоррозией*. Такая коррозия дополняет и усиливает влияние почвенной коррозии, вызванной химическим действием среды. Понятен вред, который блуждающие токи могут принести кабельным линиям, водопроводу, газовому хозяйству. Ведь постоянный ток силой в 1 А за год непрерывного действия может разрушить до 3 кг алюминия, до 9—10 кг меди и стали, более 33 кг свинца. При этом повреждения могут носить как местный, так и общий характер. Действительная величина блуждающего тока переменна. Она зависит от степени электропроводности пути, т. е. от его конструкции, материалов и состояния; от влажности и электрических характеристик грунта, от числа и сечения кабелей, по которым тяговый электрический ток возвращается на подстанцию. Под влиянием непрерывных изменений тяговой нагрузки величина потенциала постоянно меняется.

Вредное воздействие блуждающих токов может быть снижено с помощью специально разрабатываемых и осуществляемых мер защиты подземных металлических сооружений. Большое значение имеют и активные меры, направленные на предотвращение возникновения токов утечки.

Как защитные, так и активные меры борьбы с блуждающими токами предусматривают:

- по сооружениям — удаление их от рельсовых путей, устройство различных изолирующих сопряжений (муфт, фланцев, переходников), прокладку кабелей или трубопроводов в изолирующих каналах, желобах, гильзах, защиту сооружений изолирующими покрытиями;

- по пути — увеличение переходного сопротивления от рельсов к основанию, осушение балластной призмы, уменьшение сопротивления рельсовых стыков, равномерное распределение электрической нагрузки на все рельсовые нити;

- по электрическим цепям — уменьшение потенциала рельсов относительно земли за счет устройства специальных отсасывающих фидеров, уменьшение расстояния между подключениями питающих, а также отсасывающих фидеров, позволяющее уменьшить величину обратного тока в рельсовой цепи, устройство так называемого электрического дренажа.

Электрическим дренажем называется присоединение подземного сооружения к отсасывающему кабелю, рельсам или непосредственно к минусовой шине подстанции в местах наибольшего положительного потенциала. В этом случае токи из сооружений переходят в обратную сеть, почти не попадая в грунт.

Для обеспечения необходимой электропроводности рельсовых цепей и равномерного распределения электрической нагрузки на все четыре нитки пути (на двухпутном участке) применяются электрические соединения рельсов. При высоком сопротивлении

сборного стыка электрический ток как бы находит «путь наименьшего сопротивления» и уходит в землю. Поэтому на каждом сборном рельсовом стыке должен быть установлен *стыковой соединитель* (рис. 54). Применение такого соединителя должно обеспечить электрическое сопротивление стыка на уровне, не превышающем сопротивление целого рельса длиной 2,5 м. Соединитель выполняется из медного провода (пучка медных проволок) или медной пластины сечением не менее 70 мм^2 . Медь можно заменить сталью, но сечение соединителя должно быть эквивалентно медному по сопротивлению. Сопротивление стали примерно в шесть раз больше сопротивления меди, следовательно, сечение стального стыкового соединителя должно быть не менее 420 мм^2 (70×6).

Медные соединители по концам имеют прочно закрепленные стальные обоймы, которые и привариваются к нерабочей боковой поверхности железнодорожного рельса или к гребке трамвайного рельса. Поверхность контакта с рельсом при этом должна быть не менее 500 мм^2 . Длина соединителя должна обеспечивать его устойчивость при температурных изменениях длины рельсов. Для этого устраивается компенсирующий изгиб соединителя — провисание не менее 30 мм.

Кроме стыковых соединителей устанавливаются *путевые, междупутные и обводные* (рис. 55). Путевые соединители — через каждые 150 м на трамвайных путях и через 300 м на внутризаводских, междупутные — через каждые 300 м на трамвайных путях и через 600 м на внутризаводских, обводные — в спецчастях в обход стрелок и сборных крестовин.

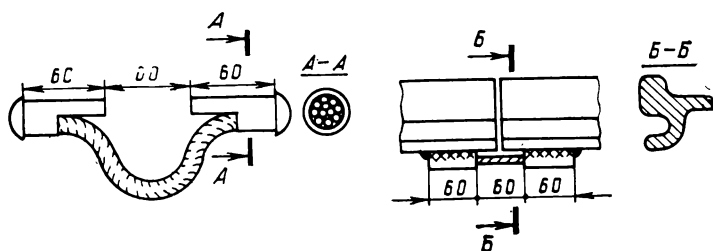


Рис. 54. Стыковой медный соединитель

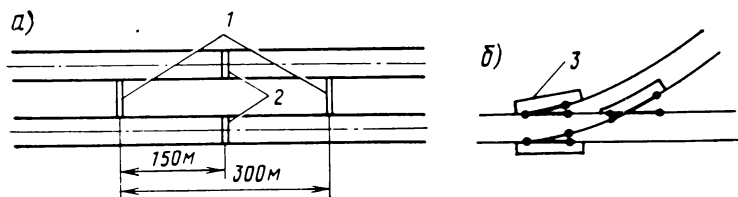


Рис. 55. Схема электрических соединений рельсов:

а — на перегоне; *б* — на стрелочном переводе; 1 — междупутные соединители; 2 — путевые соединители; 3 — обводные соединители

Все эти соединители должны выполняться из медных проволок или пластин общим сечением не менее 35 мм². Допускается применение стальных соединителей с эквивалентным по сопротивлению сечением. Соединители привариваются к рельсу в месте перехода шейки в наклонную полку подошвы рельса. Поверхность контакта при этом должна быть не менее 250 мм².

В пунктах присоединения отсасывающих фидеров между всеми нитями рельсовых путей также устанавливаются электрические соединения из медных проволок или пластин сечением не менее 70 мм² или из стальных с соответствующим эквивалентным сечением. Поверхность контакта соединений с рельсом в местах приварки должна быть не менее 500 мм².

21. ВИДЫ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Дорожные покрытия сооружаются на трамвайных путях, расположенных на совмещенном полотне в одном уровне с проезжей частью улицы, на переездах через трамвайные пути при любом полотне, а также на территориях депо и вагоноремонтных заводов (мастерских).

На обособленном и самостоятельном полотне дорожное покрытие может устраиваться при песчаном балласте в пределах жилой застройки и на продольных уклонах более 50‰; при щебеночном балласте — в пределах остановочных пунктов. Кроме того, покрытия применимы в случаях, когда это необходимо или целесообразно по архитектурным или санитарно-гигиеническим соображениям. В этих случаях покрытия могут быть облегченными, не рассчитанными на нагрузку от безрельсового транспорта. В общем случае, кроме пропуска автомобильного движения, дорожное покрытие должно обеспечить отвод поверхностных вод и внешнее благоустройство городской улицы.

На внутризаводских путях дорожные покрытия применяются реже, преимущественно на переездах или в стесненных межцеховых проездах, где поперечники недостаточны для независимого размещения железнодорожного пути и автомобильной дороги. Иногда при размещении путей внутри цехов или складов в одном уровне с полом также устраиваются дорожные покрытия, предусматривающие пропуск автомобилей, грузоподъемных средств и технологического транспорта. На путях горячих цехов металлургических заводов выполняются специальные покрытия с целью защиты путевой конструкции от механического и теплового воздействия продуктов плавки.

Дорожные и специальные покрытия рельсовых путей в соответствии с задачами, которые они выполняют, должны быть достаточно прочными и износостойкими, должны обеспечивать необходимое сцепление для колес безрельсовых экипажей, отвечать требованиям благоустройства. Кроме этого, очень важно обеспечить

ремонтпригодность, технологичность конструкции дорожного покрытия, возможность применения машин и механизмов при строительстве и эксплуатации, наконец, сравнительную экономичность его применения.

Покрытие проезжей части улицы, имеющее обычно одинаковую продольную и поперечную жесткость, под колесной нагрузкой от безрельсового транспорта работает сравнительно равномерно. Рельсо-шпальная решетка под более сложным комплексным воздействием колес трамвая, а также колес безрельсовых экипажей упруго деформируется независимо от деформации покрытия. Эта несогласованность нагрузок во времени и характере действия, а также значительно различающаяся жесткость основания приводят к тому, что дорожное покрытие в пределах трамвайного полотна быстро разрушается. Особенно интенсивно нарушается покрытие в зоне непосредственного контакта с рельсом. Постоянные вертикальные перемещения рельса под нагрузкой, продольный угон, боковые отжатия, вибрация при проходе транспорта и другие факторы неизбежно приводят к разрушениям покрытия. Действие силовых факторов усугубляется еще и тем, что при эксплуатационном уплотнении балласта под шпалами и в ящиках он оседает и постепенно, опять-таки особенно в прирельсовой зоне, нарушается целостность основания дорожного покрытия.

Поверхностная вода, проникая в прирельсовые разрывы покрытия, ведет к увеличению размеров упругих и к ускорению накопления остаточных деформаций балластного слоя, основания покрытия и пути в целом. При этом следует иметь в виду неравнопрочность основания. В самом деле, сопротивляемость нагрузке основания дорожного покрытия в сечениях над шпалой и над шпальным ящиком будет неодинаковой. Кроме того, сама мощность слоя покрытия, ограниченная высотой рельса, будет меньше, чем это требуется типовыми конструкциями уличной проезжей части. Дорожное покрытие в пределах стрелочных переводов будет еще менее долговечным. Все это необходимо учитывать при выборе вида дорожного покрытия для рельсовых путей.

Можно выделить три группы, объединяющие все применяемые в настоящее время виды дорожных покрытий: штучные, сплошные и сборно-совмещенные.

К группе штучных покрытий относятся мостовые из каменных материалов и плиты, бетонные и железобетонные. Для замощения трамвайных путей применялись естественные камни из твердых пород; брусчатка, мозаика, булыжник, а также искусственные камни: клинкер и брусчатка, изготовленная из шлака. Камни, применяемые для этой цели, имеют форму, близкую к параллелепипеду (клинкер и брусчатка), кубическую (мозаика), неправильную (булыжник); высота их колеблется от 10 до 18 см. Основание под каменные мостовые чаще всего выполняется из песка слоем от 40 до 90 мм. Мостовые из штучного камня довольно устойчивы и сравнительно недороги, особенно булыжные. Однако большая трудоемкость укладки и ремонта, необходимость

высокой квалификации укладчиков, сложность механизации работ по сооружению и содержанию такого пути приводят к тому, что эти покрытия находят все меньшее и меньшее распространение.

Наиболее перспективным видом штучного покрытия является покрытие из железобетонных плит. Экспериментальные работы в области покрытий такого рода в нашей стране ведутся уже давно (с 1957 г). Накопленный опыт и проведенные исследования позволили ввести ГОСТ 19231.1—83 и ГОСТ 19231.0—83 на плиты железобетонные для покрытий трамвайных путей. Утвержденная этими стандартами конструкция плит применима практически со всеми типами верхнего строения пути: на совмещенном, обособленном и самостоятельном полотне; в междупутье, на обочине и в междурельсовом пространстве; с железнодорожными и трамвайными рельсами; при нормальной и увеличенной ширине междупутья. Кроме того, плиты могут быть использованы при сооружении остановочных площадок, переездов и переходов через пути.

Железобетонные плиты для покрытия трамвайных путей рассчитываются на автомобильную нагрузку Н30 (на проезд автомобилей массой 30 т) для совмещенного полотна и переездов и на нагрузку Н10 (соответственно массой 10 т) для самостоятельного и обособленного полотна, переходов и остановочных площадок. Важно, что размеры плит в плане унифицированы: один и тот же тип плит может быть уложен в междупутье и в колее (при повороте на 90°).

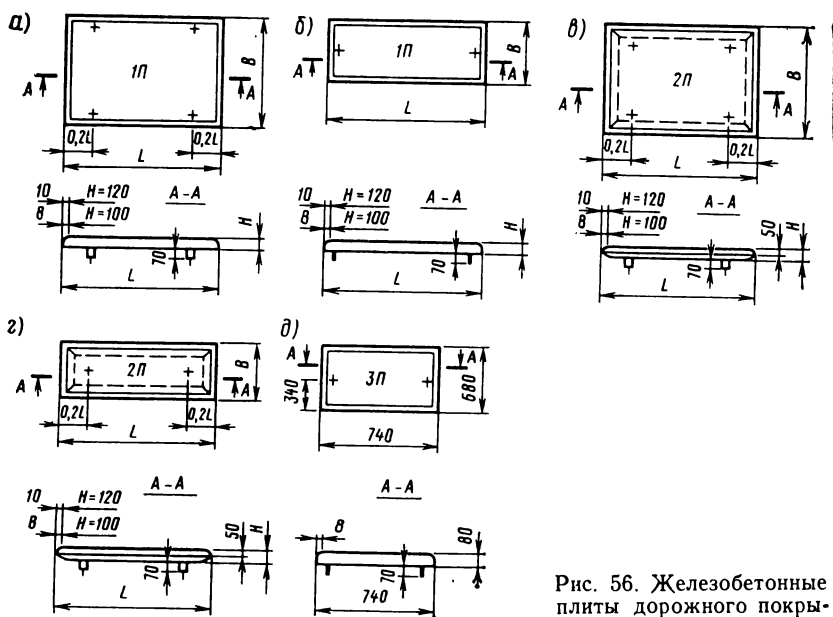


Рис. 56. Железобетонные плиты дорожного покрытия

Плиты в зависимости от назначения подразделяются на типы: 1П — для путей на деревянных шпалах; 2П — для путей на железобетонных шпалах; 3П — для путей на деревянных и на железобетонных шпалах. Кроме того, плиты 1П и 2П выпускаются двух размеров: для укладки в колее и междупутье на прямых участках пути (рис. 56, а и в) и для укладки на обочине и на кривых участках пути в колее (рис. 56, б и г). Плиты 3П предназначаются для укладки на обочине и на кривых участках пути в междупутье (рис. 56, д).

Плиты обозначаются марками (табл. 31), состоящими из буквенно-цифровой группы, которая содержит обозначения типа плиты и ее номинальные размеры: длину и ширину в дециметрах (округленно до целых) и толщину в сантиметрах. Например, марку 1П 14.21.12 следует расшифровывать так: плита типа 1П шириной 1400 мм, длиной 2070 мм, толщиной 120 мм, предназначенная для укладки в колее и междупутье на прямых участках пути. Плиты укладываются на специально подготовленное основание из щебня мелких фракций (от 5 до 20 мм), гранитного отсева, а при песчаном балласте — из песка, стабилизированного цементом.

Применение железобетонных плит позволяет ввести элементы индустриализации в устройство дорожных покрытий, комплексно его механизировать, обеспечить устойчивость, долговечность, высокий уровень благоустройства. Однако наличие дорожного покрытия существенно затрудняет работы по выправке пути, исключает свободный доступ к рельсовым скреплениям, повышает трудоемкость перешивки пути, подкрепления болтов, добивки костылей и некоторых других технологических операций.

Таблица 31. Характеристики железобетонных плит дорожного покрытия

Марка плиты	Размер плиты, мм			Масса плиты, т	Марка плиты	Размер плиты, мм			Масса плиты, т
	Ширина В	Длина L	Толщина Н			Ширина В	Длина L	Толщина Н	
1 П 14.15.12	1400	1510	120	0,63	2 П 14.15.12	1400	1510	120	0,55
1 П 14.15.10			100	0,93	2 П 14.15.10			100	0,50
1 П 14.17.12		1730	120	0,73	2 П 14.17.12		1730	120	0,65
1 П 14.17.10			100	0,60	2 П 14.17.10			100	0,58
1 П 14.19.12		1860	120	0,78	2 П 14.19.12		1860	120	0,70
1 П 14.19.10			100	0,65	2 П 14.19.10			100	0,60
1 П 14.21.12		2070	120	0,88	2 П 14.21.12		2070	120	0,78
1 П 14.21.10			100	0,73	2 П 14.21.10			100	0,68
1 П 7.14.12*	680	1390	120	0,28	2 П 7.14.12*	680	1390	120	0,23
1 П 7.14.10*			100	0,23	2 П 7.14.10*			100	0,20
					3 П 7.7.8*	680	740	80	0,10

* Только для укладки на прямых участках пути и кривых радиусом 20 м и более.

Следует отметить, что на участках пути с тяжелыми условиями эксплуатации применение дорожных покрытий из железобетонных плит не допускается.

Наиболее широко в настоящее время применяются сплошные покрытия (иногда их называют бесшовными). Сплошные асфальтовые (асфальтобетонные) покрытия трамвайных путей должны устраиваться двухслойными: нижний слой толщиной 40 мм из крупнозернистого асфальтобетона, верхний толщиной 30 мм — мелкозернистый асфальтобетон. При этом прирельсовую зону покрытия рекомендуется на всю толщину выполнять из мелкозернистого асфальтобетона.

Крупнозернистый асфальтобетон — смесь щебня (фракции 25—40 мм), песка и минерального порошка-наполнителя на битумной основе. Мелкозернистый асфальтобетон отличается в основном размерами частиц щебня (до 15 мм). Применение мелкозернистого песчаного асфальта, не содержащего щебня вообще, для устройства дорожных покрытий трамвайных путей не рекомендуется.

Внутри колеи покрытие должно укладываться в одном уровне с верхом губки желобчатого рельса, с наружной стороны колеи — на 4—5 мм ниже верха головки рельса. Если путь уложен из железнодорожных рельсов, покрытие не должно мешать свободному проходу реборды.

Сплошное покрытие имеет ряд бесспорных преимуществ. Процесс укладки асфальта может быть почти полностью механизирован, а асфальтовое покрытие обеспечивает вполне удовлетворительный поверхностный водоотвод, однотипность проезжей части улицы по всему поперечнику. Однако асфальтовые покрытия в трамвайных путях неустойчивы, они служат не более 3—5 лет. Кроме того, ремонт трамвайных путей с асфальтовым покрытием, их текущее содержание и контроль за их состоянием весьма трудоемки, так как требуют вскрытия и последующего восстановления асфальтового слоя.

В ряде городов страны испытывались в качестве дорожного покрытия асфальтобетонные кирпичи — мелкозернистый асфальтобетон, спрессованный в специальных формах. Уложенные на уплотненном щебеночном основании, они вскоре сливаются и перестают отличаться от сплошного покрытия.

Для предохранения асфальта от разрушений в прирельсовой зоне пробовали укладывать вдоль рельса ленты из рядов брусчатки, фасонных керамических или бетонных блоков, рейки из битумных смесей, резины и др. Все эти варианты не получили широкого распространения.

На переездах — пересечениях трамвайных путей с городскими улицами — независимо от вида дорожного покрытия — должны укладываться желобчатые рельсы или железнодорожные рельсы с контррельсами.

На внутризаводских путях могут быть применены все описанные выше виды дорожных покрытий. Кроме того, как уже указы-



Рис. 57. Устройство контрольного желоба на переезде

валось, возможно применение покрытий из чугунных плит или огнеупорного кирпича, уложенных на основание из песка или гранулированного шлака. На пересечениях внутризаводских путей с безрельсовыми дорогами при небольших размерах движения наряд

ду с обычными дорожными покрытиями допускается укладка переездных настилов из брусев, шпал и других деревянных материалов. Необходимый для прохода подвижного состава желоб на внутризаводских переездах обеспечивается особой «опрокинутой» укладкой контррельса головкой под головку путевого рельса и подошвой к обрезу деревянного настила (рис. 57). Ширина желоба при этом должна быть в пределах 70—90 мм, а глубина — 50 мм.

Сборно-совмещенные покрытия — основания, в которых функции покрытия выполняются одним из элементов бесшпального основания пути, описаны в п. 18.

При выборе варианта дорожного покрытия, как, впрочем, и других элементов конструкции пути, необходимо учитывать архитектурно-градостроительные требования. Путь и его элементы должны хорошо «вписываться» в архитектурный ансамбль города и украшать, а не ухудшать его внешний облик.

Контрольные вопросы

1. Какие типы рельсов преимущественно применяются при строительстве трамвайных (внутризаводских) путей?
2. Перечислите детали стыкового скрепления.
3. Как устроены изолирующие и токопроводящие стыки?
4. Перечислите основные виды и детали промежуточного скрепления.
5. В чем различие температурно-напряженного и температурно-ненапряженного пути?
6. Назовите основные виды сварки рельсовых стыков.
7. Что такое угон пути?
8. Что такое шпальная эпюра?
9. В чем состоят достоинства и недостатки деревянных (железобетонных) шпал?
10. Каково назначение балластного слоя?
11. Перечислите основные виды шпальных и бесшпальных оснований.
12. В каких случаях устраиваются дорожные покрытия на трамвайных (внутризаводских) путях?
13. Какие виды дорожных покрытий применяются?

Глава IV

СОЕДИНЕНИЯ И ПЕРЕСЕЧЕНИЯ РЕЛЬСОВЫХ ПУТЕЙ

22. СТРЕЛОЧНЫЕ ПЕРЕВОДЫ, ИХ НАЗНАЧЕНИЕ И СХЕМЫ РАБОТЫ

Для того чтобы обеспечить переход подвижного состава с одного пути на другой, а также осуществить взаимное пересечение путей в одном уровне или изменить направление движения экипа-

жа, предусматриваются соединения и пересечения рельсовых путей. Все многообразие соединений и пересечений в зависимости от их назначения и конструкции можно подразделить на три основные группы: стрелочные переводы, глухие пересечения, комбинированные соединения (в практике трамвайных хозяйств их называют узловыми соединениями или узлами). К классу соединений и пересечений относятся также некоторые механические устройства: поворотные круги, траверзные тележки и др.

Стрелочный перевод служит для соединения двух или трех путей, сходящихся в один; разветвления одного пути на два или на три; для ответвления или слияния боковых направлений с основным, а также для соединения четырех направлений движения. По этим признакам различаются одиночные, двойные и перекрестные стрелочные переводы.

Одиночные стрелочные переводы соединяют два пути в один или разветвляют один путь на два направления (рис. 58, а). Если основное прямое направление сохраняется и после стрелочного перевода — такой стрелочный перевод называют *односторонним*, правым или левым. Если оба пути расходятся от основного направления — перевод называется *разносторонним*, при этом, если угол расхождения делится пополам продолжением оси прямого пути, — это *симметричный* стрелочный перевод, если ответвления идут под разными углами, — *несимметричный*. В некоторых конструкциях оба ответвляющиеся пути отходят в одну сторону от основного направления — такой перевод называют *криволинейным*.

Двойные стрелочные переводы (рис. 58, б), в которых основной путь разветвляется на три направления, также могут быть *односторонними* и *разносторонними*. Разносторонние двойные стрелочные переводы в свою очередь могут быть *симметричными* и *несимметричными*.

Перекрестные стрелочные переводы представляют собой как бы сочетание двух односторонних стрелочных перево-

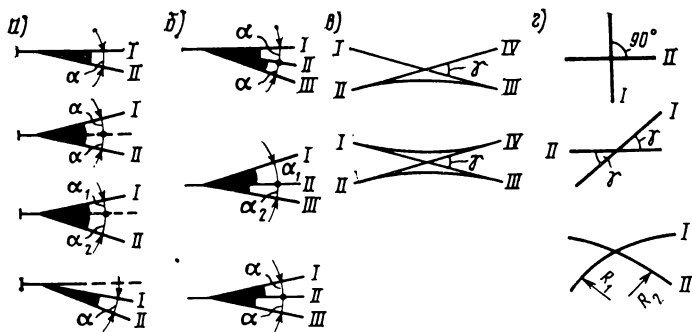


Рис. 58. Схемы стрелочных переводов и пересечений (в осях)

дов, правого и левого. На рис. 58, в показаны две схемы перекрестных стрелочных переводов: с одним боковым направлением и с двумя.

Глухие пересечения применяются при пересечении рельсовых путей в одном уровне. Глухие пересечения бывают *прямоугольные, косоугольные и криволинейные* (рис. 58, г).

Основной разновидностью стрелочного перевода является одиночный односторонний. Такие стрелочные переводы составляют абсолютное большинство всех укладываемых в пути соединений. Симметричные стрелочные переводы обычно применяют на сортировочных путях железнодорожных станций, на путях локомотивных и вагонных депо, на пружовых и служебных путях трамвая. Следует отметить, что симметричные стрелочные переводы по сравнению с обыкновенными при одном и том же угле крестовины имеют вдвое меньший угол отклонения пути от прямого направления и больший радиус переводной кривой. Кроме того, они короче обычных односторонних переводов. Это дает определенные преимущества.

Несимметричные разносторонние стрелочные переводы (рис. 59, а) применяются весьма редко. Криволинейные переводы (рис. 59, б) находят применение лишь в кривых участках станционных путей при неблагоприятных условиях плана станции. Также лишь в особо стесненных условиях укладываются двойные стрелочные переводы (рис. 59, в, г, д). Применение перекрестных переводов (рис. 59, е) также сокращает длину соединений, уменьшает количество кривых, позволяет осуществить пересечение двух путей в стесненных условиях. Однако из-за сложности конструкции они

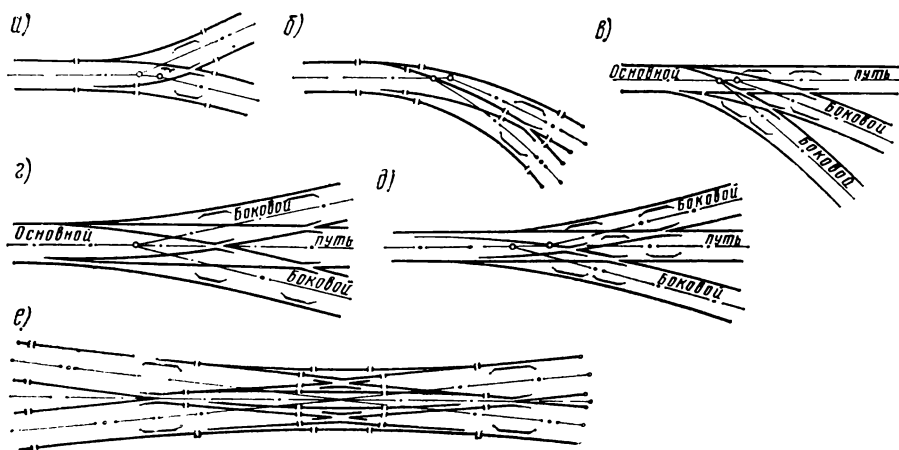


Рис. 59. Стрелочные переводы:

а — одиночный разносторонний несимметричный; б — одиночный криволинейный; в — двойной односторонний; г — двойной разносторонний симметричный; д — двойной разносторонний; е — перекрестный

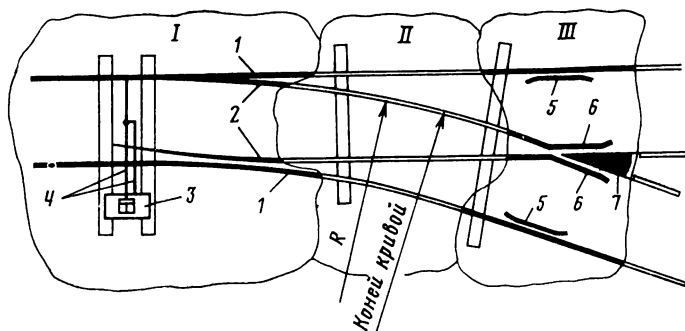


Рис. 60. Схема железнодорожного стрелочного перевода

требуют снижения скорости движения и весьма трудоемки при ремонте и содержании.

На заводских станциях примыкания узкой колеи к железной дороге нормальной (широкой) колеи приходится применять *совмещенные стрелочные переводы* с двойной колеей. В этом случае перевод имеет три рельсовых нити: одну общую и две для раздельного прохода колес. Узкоколейный перевод располагается как бы внутри ширококолейного стрелочного перевода. На путях трамвая применяются односторонние (правые и левые) и сравнительно редко симметричные стрелочные переводы.

Конструкции стрелочных переводов для трамвайных и железнодорожных путей неодинаковы. Иногда бывает необходимо обеспечить проход трамваев и железнодорожного подвижного состава по одним и тем же путям. Однако трамвайные стрелочные переводы не применимы для пропуска железнодорожных вагонов из-за недостаточной ширины желобов; в свою очередь, трамвайные вагоны не могут проходить по железнодорожным переводам, в частности по крестовинам железнодорожной конструкции. Поэтому в таких случаях необходима укладка специально спроектированного стрелочного перевода для совмещенного движения.

Стрелочные переводы трамвайного типа, а также переводы для совмещенного движения могут укладываться независимо от наличия дорожного покрытия. Железнодорожные переводы укладывают только в открытых путях.

Стрелочный перевод (рис. 60) состоит из трех основных частей: стрелки I, крестовины с контррельсами III и соединительных путей между ними II. Кроме того, в состав перевода включается и подрельсовое основание — комплект переводных брусьев или шпал.

В состав железнодорожной *стрелки* входят два неподвижных рамных рельса 1, два соединенных между собой подвижных острия 2, переводной механизм 3 и стрелочные тяги 4. Именно стрелка направляет колеса движущегося подвижного состава с одного пути на другой. *Крестовины* обеспечивают беспрепятственный про-

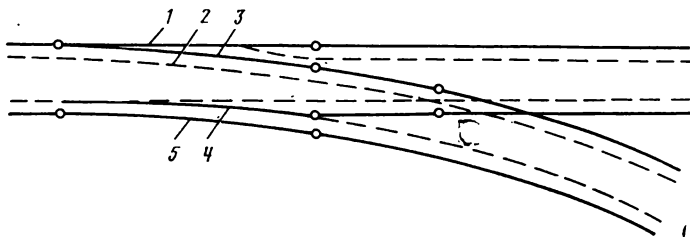


Рис. 61. Схема трамвайного стрелочного перевода

ход колес в местах пересечения рельсов. Основная часть крестовины — сердечник 7 с двумя усовиками 6. Колесные реборды при проходе крестовины направляются в соответствующие желоба с помощью двух контррельсов 5. Соединительные пути — наружные нити от задних стыков рамных рельсов до контррельсов и внутренние нити от корней остряков до крестовины.

Вагон или локомотив направляются на тот или иной путь перемещением остряков. Остряк либо прижимается к «своему» рамному рельсу и отводит от противоположного рамного рельса второй, связанный с ним тягой остряк, либо, наоборот, отходит от «своего» рамного рельса, прижимая к противоположному рамному рельсу второй остряк. Движение колесной пары таким образом происходит соответственно по наружному остряку и внутреннему рамному рельсу или по наружному рамному рельсу и внутреннему остряку. Также происходит движение и при проходе подвижного состава в обратном направлении, т. е. от крестовины к стрелке.

Такое движение обычно называют «пошерстным» в отличие от «противошерстного».

В трамвайной стрелке, помимо рамных рельсов и остряков, имеются еще и контррельсы. Остряки (здесь они называются перьями) перемещаются между рамными рельсом и контррельсом, также направляя движение колес подвижного состава. Если в железнодорожной стрелке работают один рамный рельс и один остряк, то в трамвайной — одновременно оба пера. Трамвайная стрелка является как бы продолжением желобчатых путевых рельсов. При движении на боковой путь (рис. 61) работают внутреннее перо 4 стрелки, которое служит контррельсом (или губкой) внутреннего рамного рельса 5, и наружное перо 3; при движении по прямой стрелка переводится и внутреннее перо 4, прижимаясь к кривому рамному рельсу 5, становится продолжением рабочего внутреннего рельса прямого пути, а наружное перо 3 отодвигается от прямого рамного рельса 1, прижимается к контррельсу 2 и становится его продолжением. Такая схема должна обеспечить беспрепятственный проход вагона при движении в «пошерстном» направлении при любом положении перьев.

Назначение трамвайных крестовин такое же, как и железнодорожных. Однако специальные контррельсы для них не приме-

няются, так как путевые рельсы в пределах стрелочного перевода, в том числе и в соединительных путях, за редкими исключениями укладываются желобчатые.

23. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ СТРЕЛОЧНЫЕ ПЕРЕВОДЫ

Рамные рельсы, входящие в состав железнодорожной стрелки, — обычные стандартные рельсы длиной 12,5 м, подвергнутые незначительной механической обработке. Эта обработка заключается в сверлении отверстий для дополнительных болтовых креплений, подстрожке головки рельса в зоне прилегания остряков, а иногда — при использовании остряков одной высоты с рамным рельсом — и подстрожке его подошвы. Рамные рельсы 2 (рис. 62) устанавливают на специальные стрелочные подкладки 6, к которым с помощью болтов крепятся боковые упорки 1 и приклепываются *стрелочные подушки* 5, по которым и перемещается остряк 4. Иногда башмаки выполняются единой отливкой со стрелочными подкладками. *Упорные накладки* 3 или болты, которые устанавливаются над каждой стрелочной подушкой в зоне от корня до начала строжки головки остряка, воспринимают и передают рамному рельсу боковые давления от остряка при проходе колес подвижного состава. В трех или четырех местах по длине рамного рельса укладываются *связные полосы*, соединяющие рамные рельсы друг с другом и поддерживающие постоянство расстояния между ними.

Встречаются также так называемые лафетные стрелки, в которых рамные рельсы и остряки укладываются не на одиночные подкладки, а на сплошной металлический лист — лафет.

Остряки, как правило, изготавливают из специальных остряковых рельсов боковой и вертикальной строжкой. Боковая строжка позволяет придать остряку переменное сечение, как бы «заострить» его, чтобы обеспечить плотное прилегание и постепенное приближение к рамному рельсу, а также плавность перекачивания колес с рамного рельса на остряк и наоборот. Острие — передний конец остряка до ширины головки 50 мм — плавно понижается вертикальной строжкой, чтобы колесо не опиралось на остряк в наиболее ослабленном сечении. Остроганная, как указывалось выше, головка рамного рельса также способствует укрытию острия остряка и тем самым исключает удары колес в торец остряка. Задний конец остряка — его корневая часть — выпрессовывается под нормальный рельсовый профиль и стыкуется с примыкающим соединительным рельсом через так называемое корневое устройство. На внутризаводских путях применяются преимущественно два основных типа корневых устройств: шквор-

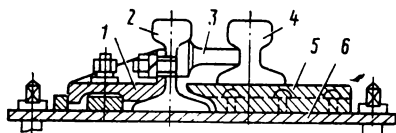


Рис. 62. Стрелочный башмак

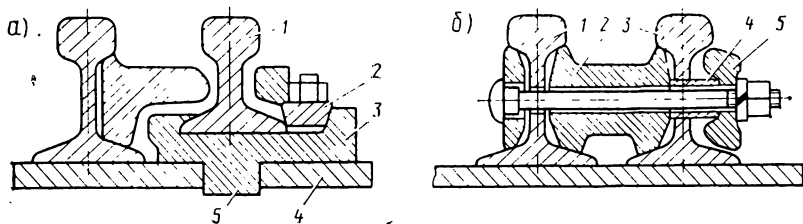


Рис. 63. Типы корневого крепления остяков

ное и вкладышно-накладочное. При *шкворневом* креплении (рис. 63, а) остяк 1 поворачивается относительно шкворня 5, который отливается вместе со шкворневым башмаком 3 и крепится на корне остяка с помощью клино-болтового крепления 2. Шкворень входит в гнездо корневого мостика 4. Это сравнительно простое крепление, однако оно не долговечно, быстро расстраивается от эксплуатационных воздействий. Более сложно *вкладышно-накладочное* крепление — именно в этом случае должна осуществляться выпressовка корня остяка до профиля путевого рельса. Эта сложность компенсируется большей износостойкостью и надежностью корневого узла. При этом креплении (рис. 63, б) остяк 3 крепится к рамному рельсу 1 с помощью стыковой накладки 5, корневого вкладыша 2 и распорной втулки 4. Накладка при этом несколько отгибается и образует зазор, допускающий перемещение остяка из одного положения в другое.

В стрелках старых типов оба остяка прямолинейны. В современных стрелочных переводах остяк, ведущий на боковой путь, имеет в плане криволинейное очертание. Это обеспечивает более плавный поворот подвижного состава, лучшее взаимодействие пути и ходовых частей, допускает более высокие скорости движения.

Эксплуатационные характеристики взаимодействия пути и экипажей при проходе остяков зависят во многом от их геометрических параметров. Важное значение при этом имеют размеры углов между сопрягающимися элементами стрелки (рис. 64). Угол между рабочими гранями рамного рельса и прямолинейного остяка в его начале называют *стрелочным углом*. То же название в стрелках с криволинейным остяком носит угол между рабочей гранью рамного рельса и касательной к рабочей грани остяка в его кор-

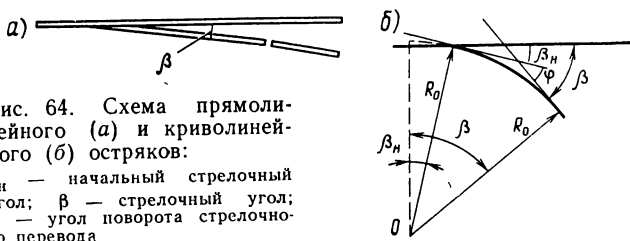


Рис. 64. Схема прямолинейного (а) и криволинейного (б) остяков:

β_n — начальный стрелочный угол; β — стрелочный угол; φ — угол поворота стрелочного перевода

не. Угол между рабочими гранями рамного рельса и острьяка (в его начале) в этом случае будет называться *начальным углом*. Именно под этим углом происходит соприкосновение реборды колеса с рабочей гранью острьяка. Поэтому его еще называют *углом удара*. Чем меньше перечисленные углы, тем плавнее движение, тем благоприятнее условия прохождения подвижного состава по стрелке.

Острьяки соединяются между собой *стрелочными тягами*. Их крепление осуществляется через серьги, склепанные или сболченные с острьяками при помощи зашплинтованного болта. При электрической централизации стрелок или автоблокировке рядом с первой стрелкой (рабочей) тягой устанавливают еще контрольную тягу (рис. 65). В этом случае места присоединения серег к острьякам изолируют диэлектрическими прокладками. Длина стрелочных тяг, которая может быть постоянной или изменяющейся при вращении стяжных муфт, регулируется так, чтобы расстояние между внутренней гранью головки рамного рельса и отведенным острьяком напротив первой тяги составило 152 ± 8 мм. Это расстояние — *шаг острьяка* — обеспечивает проход колесных пар без ударов и нажатий реборды на нерабочую грань острьяка в самых неблагоприятных условиях. Стрелочные тяги делятся на соединительные, обеспечивающие устойчивость острьяков под колесными нагрузками, и переводные, осуществляющие перевод острьяков из одного крайнего положения в другое.

Сам перевод острьяков в нужное положение осуществляется на величину шага острьяка вокруг корневого крепления. Усилие передается на переводную тягу от централизованно управляемых электрических приводов или ручных рычажных переводных механизмов. Электрические приводы обеспечивают закрепление переведенных острьяков в нужном положении. Стрелки ручного управления с этой целью оборудуются шарнирно-коленчатыми замыкателями. Иногда на малодействительных стрелочных переводах внутризаводских путей устанавливаются откидные закладки с обычными висячими замками.

Крестовины позволяют колесам подвижного состава пересекать рельсовые нити разветвляющихся или соединяющихся путей. Они различаются: по углу пересечения — на острые и тупые, по очертанию в плане — на прямолинейные и криволинейные, по конструкции — на сборные (рис. 66, а), сборные с литыми сердечниками в общей отливке с изнашиваемой частью усовиков (рис. 66, в) и цельнолитые (рис. 66, г).

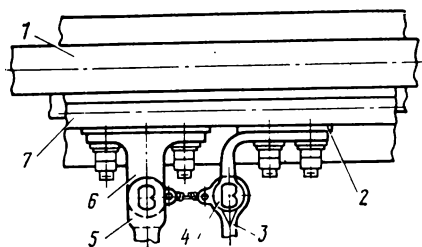


Рис. 65. Крепление стрелочной и контрольной тяг к острьяку:

1 — рамный рельс; 2 — серьга контрольной тяги; 3 — контрольная тяга; 4 — звено; 5 — рабочая тяга; 6 — серьга рабочей тяги; 7 — острьяк

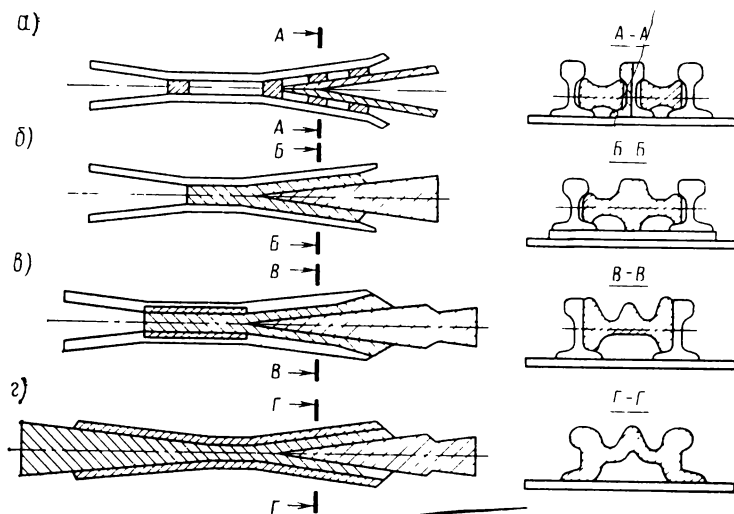


Рис. 66. Конструкции крестовин

В обычных стрелочных переводах крестовины всегда остроугольны. Тупые крестовины применяются лишь в перекрестных стрелочных переводах, а также в глухих пересечениях.

Основная часть любой крестовины — сердечник с двумя усовиками. Между сердечником и усовиками — желоба, по которым при движении экипажей проходят колесные реборды. Наименьшее расстояние между усовиками в месте их изгиба называется *горлом крестовины*. Точка пересечения рабочих граней сердечника является *математическим центром крестовины*¹. Расстояние от горла до острия крестовины, на котором реборда не имеет бокового упора, называется *вредным пространством*. Рабочие грани сердечника пересекаются под некоторым углом, который называется *углом крестовины*. Тангенс этого угла, или отношение $1/N$, где N — число, показывающее во сколько раз длина сердечника больше его ширины, определяет *марку крестовины*. Иначе определяется марка криволинейной крестовины — здесь это тангенс угла между касательными к рабочим граням крестовины в ее конце. Чем больше марка крестовины, тем короче стрелочный перевод и меньше радиус переводной кривой. Следовательно, чем больше марка крестовины, тем меньше допускаемая скорость движения по переводу в боковом направлении.

Для того чтобы и в пределах вредного пространства колесные реборды направлялись строго в соответствующие желоба, в комплекте с крестовиной устанавливаются контррельсы. *Контррельсы* выполняются из проката специального профиля и соединяются с

¹ Практически острие не совпадает с математическим центром из-за вертикальной и боковой острожки сердечника.

путевым рельсом удлиненными контррельсовыми болтами и вкладышами.

Наиболее просты в изготовлении сборные крестовины, детали которых изготавливают из обычных рельсов и с помощью накладок, вкладышей и крестовинных болтов собирают в общую конструкцию. Такие крестовины недолговечны, быстро расстраиваются и их применение ограничивается.

Наибольшее распространение получили цельнолитые крестовины из высокомарганцовистой стали, а также сборные крестовины с сердечником, монолитно отлитым с наиболее изнашиваемыми частями усовиков.

Криволинейный соединительный путь называется *переводной кривой*, а кривая на ответвлении после заднего стыка крестовины — *закрестовинной кривой*.

Все основные размеры стрелочного периода указываются на чертежах, называемых *эпюрой стрелочного перевода*. На эпюре указываются ширина колеи в различных сечениях, длины острьков, крестовин и контррельсов, радиусы и разбивочные ординаты кривых участков, длины переводных брусьев и расстояния между их осями, некоторые другие сведения.

Исходными признаками для классификации железнодорожных стрелочных переводов для внутризаводских путей являются его основная конструкция (одиночный, односторонний и т. п.), тип (Р65, Р50, Р43) и марка (1/5, 1/6, 1/7, 1/9 и т. п.).

24. ТРАМВАЙНЫЕ СТРЕЛОЧНЫЕ ПЕРЕВОДЫ

Трамвайные стрелки бывают сборными и литыми.

Сборная стрелка состоит из рамных рельсов, контррельсов и перьев, которые изготавливают из стандартных трамвайных или железнодорожных рельсов. Рамные рельсы и контррельсы соединяют болтами через литые вкладыши или сваривают (рис. 67). Чупунные или стальные вкладыши 4 не только обеспечивают неизменность расстояния между рамным рельсом 1 и контррельсом 3, но и служат подушками, на которые опирается и по которым перемещается перо 2. Кроме того, в рельсах выпрессовываются изпибы, укрывающие острие пера от ударов набегающей реборды. Перо в сборных стрелках имеет сечение, близкое к уголкового, постепенно уменьшаясь к острию до толщины 18—19 мм. Сборная стрелка, как и всякая конструкция, состоящая из многих деталей, не надежна в эксплуатации, требует большой затраты труда на содержание, недолговечна. Ее применение на напряженных путях пассажирского движения возможно лишь в порядке исключения.

Литые стрелки изготавливают из

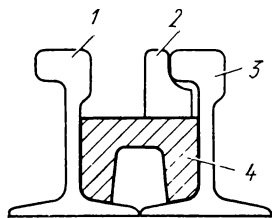


Рис. 67. Разрез сборной трамвайной стрелки

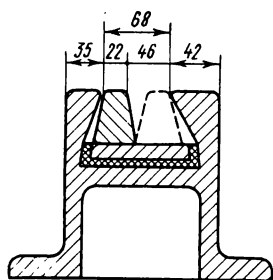


Рис. 68. Разрез стрелочного тела литой трамвайной стрелки

высокомарганцовистой стали. Каждая стрелка состоит из двух самостоятельных стрелочных тел и двух подвижных перьев, соединенных переводной тягой. *Стрелочное тело* — отливка сложного коробчатого сечения, в верхней своей части повторяющая принципиальную схему желобчатого рельса. Так, в начале стрелки отливка имеет форму стандартного рельса трамвайного типа. Затем он переходит в коробчатую форму (рис. 68), обе стенки которой представляют собой значительно раздвинутые увеличенный желобом головку и губку рельса, между которыми размещается перо. В конце стрелки отливка имеет форму двух рельсов

трамвайного типа, которые могут быть состыкованы с прилегающими путевыми рельсами в обычном порядке. Перо размещается непосредственно на горизонтальной полке стрелочного тела. Иногда перо укладывается на сменный лафет из обычной стали, который устанавливается на поверхность отливки. Перья литых стрелок имеют трапециевидальное сечение. Острые пера обрабатываются до размеров, обеспечивающих его надежное укрытие за изгиб рабочих граней головки или губки литого рельса. Эта мера предотвращает удар реборды в острие пера. Очевидно, что головка и губка стрелочной отливки выполняют те же функции, что и рамный рельс с контррельсом в сборной стрелке.

Переводная тяга, соединяющая перья, может быть сплошной (неподвижной) и составной (регулируемой по длине). Последняя состоит из двух отдельных частей, соединенных резьбовой муфтой. Концы тяги, имеющие круглые отверстия, крепятся к перу с помощью специального кольца, приваренного к нижней поверхности пера и валиков, пропускаемых в отверстия вилок тяги и ушек перьев. В стрелочном теле предусматриваются соответствующие проемы. Тяга размещается в закрытой коробке в междурельсовом пространстве. Коробка оберегает тягу и другие детали от механических повреждений и загрязнения, а также обеспечивает поверхностный водосбор и водосток. Известны и другие способы крепления тяги к перу, однако описанные выше наиболее целесообразны.

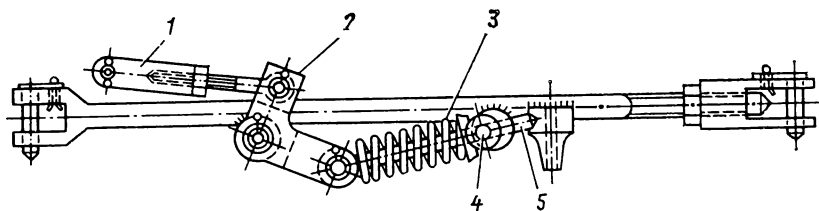


Рис. 69. Трамвайная стрелочная тяга с замыкателем

В крайних положениях переведенное перо фиксируется с помощью *стрелочного замыкателя* (рис. 69). Замыкатель в виде Г-образного рычага 2 соединяется поводком 1 со стрелочным телом, а поводком 5 — с закрепленной на тяге осью 4. На поводок 5 одевается пружина 3, которая и обеспечивает плотное прилегание пера к внутренним вертикальным плоскостям стрелочного тела: «рельсу» или «контррельсу».

Аналогично работает и другая конструкция пружинного замыкателя (рис. 70). Такой замыкатель (отдельный для каждого пера) размещается также в закрытой коробке, либо отлитой вместе со стрелочным телом, либо прикрепленной к нему болтами.

Корневое крепление пера трамвайной стрелки должно обеспечивать его перевод из одного положения в другое с минимальным усилием и высокой точностью совпадения всех рабочих кантов взаимодействующих деталей. Кроме того, оно должно исключить продольные, поперечные и вертикальные перемещения пера. Наиболее распространенным является крепление с помощью корневой закладки, аналогичное шкворневому креплению на железнодорожных стрелках. Пята трамвайного пера имеет форму цилиндра, диаметр которого больше ширины основания пера в его корневой части, а нижняя плоскость на 30 мм ниже опорной поверхности пера. В стрелочном теле или в корневом вкладыше делается такое же цилиндрическое гнездо. Сверху на край пяты накладывается корневая закладка, которая болтами крепится к стрелке. Другие виды корневого крепления, ранее применявшиеся в стрелках старых конструкций, были сложнее и менее надежны в эксплуатации.

Некоторое распространение в путевом хозяйстве трамвая получили *одноперые стрелки*. В этих стрелках подвижное перо имеется только по внутренней нити, по наружной устраивается так называемое *глухое перо*. Глухое стрелочное тело в этом случае представляет собой единую отливку с неподвижным пером при более мелком желобе. Верхняя поверхность пера в начальной его части на 3 мм ниже головки рамного рельса. Колесо в этом месте катится бандажом по рамному рельсу или ребордой по дну

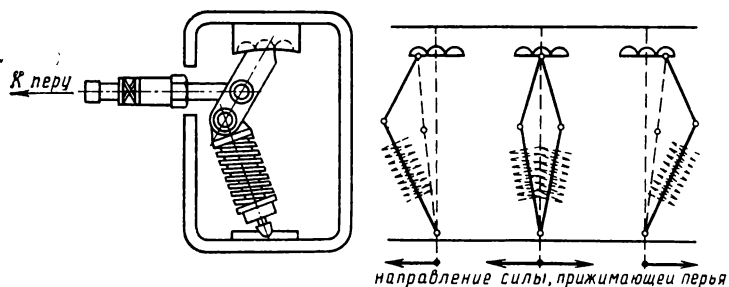


Рис. 70. Пружинный замыкатель

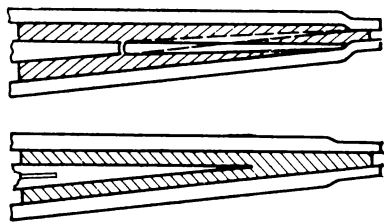


Рис. 71. Схема работы одноперой литой стрелки

желоба. Это несколько улучшает плавность движения, которая из-за увеличенного угла удара хуже, чем в обычных двуперных стрелках. При необходимости перевода стрелки на боковой путь подвижное перо (по внутренней нити) переводится в крайнее левое по направлению хода трамвая положение, а глухое перо (по наружной нити) работает так же,

как и сердечник крестовины (рис. 71). При движении вагона по прямому пути подвижное перо находится в крайнем правом положении. Преимуществом одноперых стрелок является их сравнительная простота и меньшая трудоемкость содержания.

Определенные перспективы для применения имеют стрелки с пружинящими перьями. В таких стрелках корневое крепление осуществляется сваркой пера с путевым рельсом, а перевод пера — за счет его пружинящих свойств.

Крестовины трамвайных стрелочных переводов, так же как и железнодорожные, различаются по углу пересечения на острые и тупые, по очертанию рабочих кантов — на прямые и кривые. Кроме того, по способу изготовления крестовины могут быть литые, сварные и сборные. Литые крестовины изготавливают из высокомарганцовистой стали одной отливкой. В средней части литая крестовина имеет коробчатое сечение. Концевые части — их называют хвосты — имеют сечение обычных желобчатых рельсов.

Сварные и сборные крестовины делают соответствующим образом из остроганных рельсов, закрепленных между собой и на сплошном лафете. Разница лишь в способе крепления: детали сборной крестовины соединяются при помощи чугунных или стальных вкладышей и крестовинных болтов; детали сварных крестовин — термитной или дуговой электросваркой. Очевидно, что наиболее целесообразно применение литых крестовин. Сварные и особенно сборные быстро изнашиваются, расстраиваются и требуют ремонта или замены.

Характерной особенностью трамвайных крестовин является наличие мелкого желоба (глубиной 12—14 мм), допускающего качение колеса на ребре. Это предохраняет острие сердечника от ударов.

В качестве соединительных рельсов могут применяться желобчатые рельсы как прокатанные, так и литые.

Все основные характеристики и размеры трамвайных стрелочных переводов также указываются на типовых эпюрах. Обычно для каждого варианта разрабатываются две эпюры — разбивочная и сборочная. На эпюрах указываются все геометрические параметры: углы, размеры металлических частей, радиусы и другие элементы кривых, данные о ширине колеи, расстоянии между осями шпал и брусьев и некоторые другие сведения.

Исходными данными для классификации трамвайных стрелочных переводов являются радиусы стрелки (50, 30 и 20 м), крестовины (50, 30, 25 и 20 м), иногда пересечений (50, 30, 25 и 20 м), а также в тех случаях, когда применяются прямые крестовины железнодорожного типа, марка крестовины (1/6, 1/4, 5).

Перевод трамвайных стрелок может быть ручным и механизированным. Вручную стрелка переводится специальным ломиком, которым стрелочник отжимает стрелочное перо в нужное положение. Механизированный перевод осуществляется при помощи тягового электрического тока. Все остальные системы механизированного перевода оказались менее удобными. Механизированный перевод стрелок бывает автоматическим и централизованным. Автоматический перевод стрелки осуществляет водитель движущегося вагона; централизованный перевод, как правило, нескольких стрелок производит стрелочник-оператор с объединенного поста.

Автоматический перевод стрелки осуществляется электромагнитом, который питается от трамвайного контактного провода. Переводной стрелочный электромагнит состоит из двух катушек-соленоидов: серийной, расположенной справа, и шунтовой — слева по ходу вагона. Обе катушки, заключенные в чугунную коробку, обеспеченную водоотводными устройствами, имеют общий сердечник. Сердечник жестко соединяется с переводной тягой. Оба соленоидных привода включаются в электрическую цепь: серийный — последовательно, а шунтовой — параллельно цепи вагона.

На контактном проводе перед стрелкой (за 18 м) расположены серийные контакты (салазки), изготовленные из контактного провода и подвешенные ниже него на 50 мм. За стрелкой через 25 м на боковом пути в одной плоскости с контактным проводом находятся шунтовые контакты из 5-миллиметровой стальной проволоки. Если трамваю нужно следовать направо, то водитель под серийными салазками ведет его за счет инерции с выключенными двигателями: дуга не замыкает электрическую цепь, в серийной катушке нет тока, перья остаются в первоначальном положении, вагон поворачивает направо. Если нужно повернуть налево, двигатели включаются, дуга замыкает цепь и ток идет через серийный привод, который втягивает сердечник и переводит перья в противоположное положение. При проходе после поворота под шунтовыми салазками (независимо от работы двигателя, так как включение параллельно) шунтовой привод втягивает сердечник обратно и возвращает перо в исходное положение.

Ток от контактных салазок поступает к электромагнитным приводам через распределительное устройство, участки воздушного провода и кабеля. Применяются и другие схемы включения автоматических стрелок. Так, при централизованном управлении переводом ток от контактного провода по проводам воздушной подвески передается на пульт управления, а от него подземным ка-

белем к электромагнитным приводам. Переводной механизм в этом случае применяется такой же, как и для автоматических стрелок, только обе катушки шунтовые.

25. ГЛУХИЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

При пересечении в одном уровне железнодорожных или трамвайных путей, а также при пересечении железнодорожного и трамвайных путей между собой применяются глухие пересечения.

Глухие пересечения могут быть прямолинейными и криволинейными, в свою очередь, прямолинейные делятся на прямоугольные и косоугольные. Любое пересечение состоит из четырех крестовин. В прямоугольном пересечении все крестовины одинаковы. В косоугольном пересечении (рис. 72) независимо от величины угла две крестовины имеют острые, две крестовины — тупые углы. Особенность тупых крестовин состоит в том, что против них нельзя уложить контррельс и при проходе вредного пространства реборда может удариться в сердечник или усовик. В какой-то мере, тупые крестовины при проходе колесной пары выполняют друг для друга функции отсутствующего контррельса.

В тупых крестовинах пересечений на внутризаводских путях с большими углами глубина желоба постепенно от концов к середине уменьшается так, чтобы в месте разрыва рабочего канта колеса катилось на реборде. Внутренние усовики глухих крестовин продолжают по всему периметру пересечения, образуя как бы сплошные по всей длине всех четырех направлений контррельсы с разрывами лишь для пропуска колесных реборд.

Иногда при пересечении достаточно напряженного внутризаводского пути с малодействительным основным направлением глухого пересечения выполняется без разрывов, а второй путь, укладываемый выше первого на высоту реборды, прерывается.

В трамвайных пересечениях тупые крестовины выполняются из желобчатых рельсов (сборные и сварные) или литые коробчатого сечения. Как и в острых крестовинах, в трамвайных пересечениях устраивается мелкий желоб, допускающий качение на реборде.

Пересечения железнодорожного и трамвайных путей обычно делаются сборно-сварные из стандартных рельсов на сплошном листовом лафете со специальными уголковыми и обычными стыковыми

накладками, вкладышами и удлиненными контррельсовыми болтами. По трамвайному направлению укладываются желобчатые рельсы с повышенным наплавкой дном желоба, по железнодорожному направлению — рельсы железнодорожного типа и соответствующие им контр-

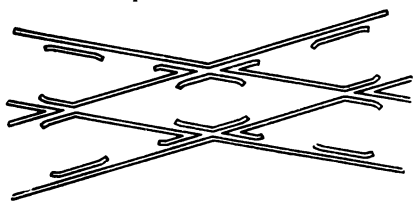


Рис. 72. Косоугольное глухое пересечение

рельсы (сборные или сварные крестовины) с уширенным (до 55 мм) и углубленным (до 50 мм) желобом.

Так же как и стрелочные переводы, глухие пересечения имеют свою расчетную эпюру, на которой приводятся значения углов и радиусов пересечения, длины рельсовых отрезков, характеристики тупых и острых крестовин, расстояния между осями брусьев или шпал. Брусья и шпалы в пределах пересечения могут располагаться по направлению, перпендикулярному к оси одного из путей, или по биссектрисе угла пересечения.

Исходными данными для классификации железнодорожных пересечений являются угол пересечения и соответствующая ему марка крестовины (2/11, 2/9, 2/6). В связи с этим имеется ограниченное количество типовых углов, для которых выпускаются пересечения.

Исходными данными для трамвайных пересечений, применяющихся в основном в составе стрелочных узлов (двухпутных ответвлений) являются радиусы кривых (преимущественно 50, 30, 25 и 20 м) и некоторые данные, характеризующие ответвление в целом.

Пересечения железнодорожного и трамвайных путей обычно проектируются индивидуально.

Для соединения (пересечения) одного или нескольких направлений внутризаводских путей, если перевести с пути на путь нужно не целый состав или маневровую подачу, а одиночный вагон или локомотив, применяют механические устройства.

На узкоколейных путях применяется простейший поворотный круг, состоящий из плиты, к которой приварены отрезки рельсов, стыкующиеся с путевыми рельсами, и металлической рамы с неподвижной осью и круговыми катками. При необходимости плита с размещенным на ней вагоном поворачивается на неподвижной оси на 90 или 180°.

Более сложен поворотный круг, предназначенный для разворота локомотивов или вагонов большой грузоподъемности. Такой поворотный круг — это металлическая ферма мостового типа с уложенными по верхнему поясу фермы рельсами. Середина фермы опирается на центральную опору, вокруг которой и поворачивается круг. Вращение осуществляется на катках или подшипниках, а иногда при помощи гидравлического опирания. В некоторых конструкциях особо больших поворотных кругов на круговом фундаменте укладывается круговой рельс, по которому движутся опорные концевые колеса поворотной фермы. Поворотные круги приводятся в движение электродвигателями.

В заводских цехах, на крупных складах, а также в ремонтных заводах или мастерских (как локомотивных и вагонных, так и трамвайных) соединение параллельных путей может быть осуществлено с помощью передвижной траверзной тележки, на которую устанавливается вагон. Тележка вместе с вагоном передвигается на колесах по специальному рельсовому пути, уложенному перпендикулярно к соединяемым путям в поперечном корыте. Глуби-

на корыта рассчитывается таким образом, чтобы головки рельсов, уложенных на тележке, и рельсов всех соединяемых путей находились в одном уровне.

26. КОМБИНИРОВАННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПУТЕЙ

Стрелочные переводы и глухие пересечения в различных сочетаниях образуют комбинированные соединения. Применение разных вариантов таких соединений позволяет формировать путевое развитие железнодорожных станций, а также узлов, конечных и промежуточных станций трамвая.

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся варианты трамвайных узлов. *Однопутное ответвление* (рис. 73, а) состоит из одиночного стрелочного перевода и глухого пересечения; *двухпутное ответвление* (рис. 73, б) — из двух одиночных стрелочных переводов и одного пересечения, оно может быть решено как в одностороннем, так и в симметричном варианте (рис. 73, в). Шесть стрелочных переводов и три пересечения могут составить сложный треугольный узел, не только соединяющий три различных направления движения, но и позволяющий развернуть трамвайный вагон на 180°. Такой узел называется *треугольником* (рис. 73, г). Наконец, восемь симметричных стрелочных переводов и четыре пересечения образуют сложный четырехугольный узел, соединяющий уже четыре направления. Этот узел может быть еще более сложным, если требуется соединить пересекающиеся направления еще и напрямую. Такое решение потребует применения восьми двойных стрелочных переводов, четырех криволинейных и четырех прямолинейных однопутных пересечений.

Основные виды комбинированных соединений, применяемые на внутризаводских путях, можно подразделить на конечные соединения, съезды и стрелочные улицы. К соединениям относятся также сплетения и совмещения путей. Кроме того, иногда для разворота вагонов используются поворотные треугольники и петли.

Конечное соединение — это, по существу, одиночное ответвление (рис. 74, а). С конечного соединения начинается или заканчивается каждый отдельный путь.

Съезды соединяют друг с другом два параллельных или непараллельных пути. Обыкновенные (нормальные) съезды (рис. 74, б) располагаются на одной прямой под углом стрелочного перевода. При широком междупутье нормальный съезд

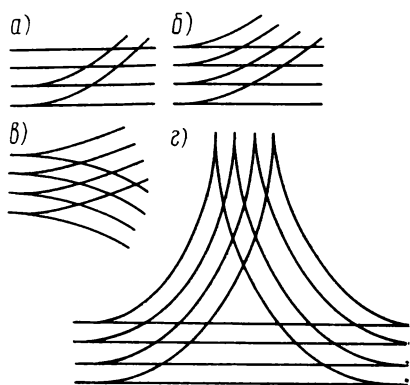


Рис. 73. Основные типы трамвайных узлов

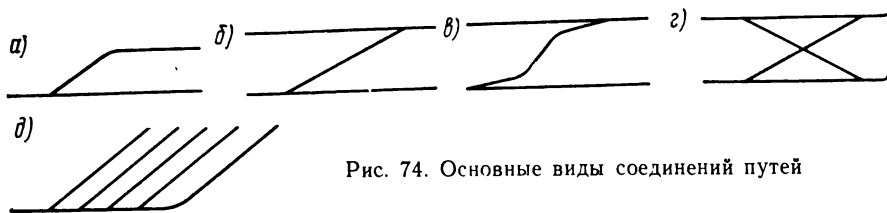


Рис. 74. Основные виды соединений путей

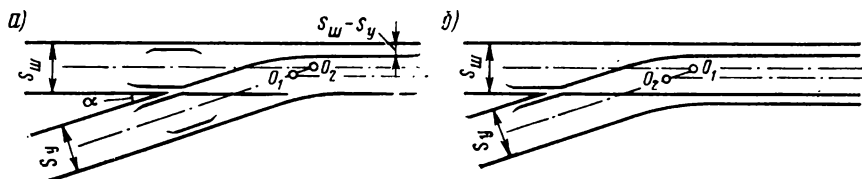


Рис. 75. Совмещение путей с разной шириной колес

растягивается на большую длину. Для ее уменьшения может укладываться сокращенный съезд, состоящий из прямых и кривых элементов (рис. 74, в). Иногда сокращение длины соединения достигается совмещением двух съездов в один перекрестный (рис. 74, г) с глухим пересечением в центре. Съезды могут укладываться как между прямыми, так и между кривыми направлениями.

Стрелочные улицы устраиваются при необходимости соединить с главным путем два и более ответвляющихся направления. Они представляют собой группы последовательно расположенных на главном пути и одинаково направленных стрелочных переводов (рис. 74, д).

При необходимости разместить на одном основании пути с разной шириной колес укладываются совмещения из трех рельсовых нитей, одна из которых является общей (рис. 75, а), или четырехниточные сплетения (рис. 75, б).

Для разбивки на местности, укладки и определения объемов работы комбинированные соединения и стрелочные узлы рассчитывают в каждом конкретном случае. Методы таких расчетов приведены в гл. VIII.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные разновидности стрелочных переводов.
2. Как осуществляется изменение направления движения при проходе экипажа по железнодорожному (трамвайному) стрелочному переводу?
3. Назовите основные элементы стрелочных переводов и их назначение.
4. Как работает автоматическая трамвайная стрелка?
5. Назовите возможные варианты комбинированных соединений рельсовых путей.

УСТРОЙСТВО РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕНИ В КРИВЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ

27. ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЭКИПАЖЕЙ В КРИВЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ

Работа рельсового пути в кривой, т. е. на участке, где кривизна отлична от нуля, а радиус имеет конечное значение, во многом отличается от работы на прямом участке. При переходе экипажа на кривой участок пути более или менее резко изменяется направление его движения. Экипаж под действием сил инерции в любом сечении кривой стремится двигаться прямолинейно по направлению своей продольной оси. Рельсовые нити, имеющие в плане криволинейное очертание, противодействуют этому стремлению, поворачивают колеса и направляют движение экипажа в нужную сторону. При этом происходит следующее: при входе на кривую двигающийся прямолинейно экипаж встречает ребордой колеса передней оси изогнутый по некоторому радиусу наружный рельс (рис. 76, а). В точке набегания реборды на рабочий кант этого рельса B возникает реакция рельса F_p , направление которой меняется в зависимости от кривизны пути и положения экипажа по длине кривой. Задняя ось экипажа (или тележки) в начале движения находится еще на прямой, но по мере поступательного движения экипажа реборда внутреннего колеса задней оси также набегает на рабочий кант внутреннего рельса (рис. 76, б) и в точке этого набегания B' также возникает реакция. Реакция рельса F_p может быть разложена по правилу параллелограмма сил на касательную F_k и нормальную F_n составляющие. Нормальная составляющая реакции рельса, вызванной набеганием колесной реборды на рельс, называется *радиальным давлением*. Именно радиальное давление вызывает перемещение передней оси внутрь кривой по направлению ее радиуса и одновременно задней оси — наружу кривой (также по направлению радиуса). Это создает вращательное движение экипажа около мгновенных центров — точек пересечения продольных осей экипажа и перпендикулярных им радиусов кривой. Так осуществляется поворот вагона или локомотива. Их движение по кривому участку пути и складывается из поступательного движения вокруг центра кривой и вращения вокруг указанных выше мгновенных центров.

Радиальное давление может быть определено по формуле

$$F_n = (n - 1) \left(0,59 - \frac{R + 200l}{10\,000} \eta \right) P_k,$$

где n — количество колес экипажа; 0,59 — число, полученное опытным путем; R — радиус кривой, м; l — длина жесткой базы, м; P_k — нагрузка от колеса на рельс, Н; η — коэффициент трения бандажа по рельсу (в нормальных условиях — 0,25; при влажных рельсах — 0,2; при морозе — 0,17; при гололеде — 0,1).

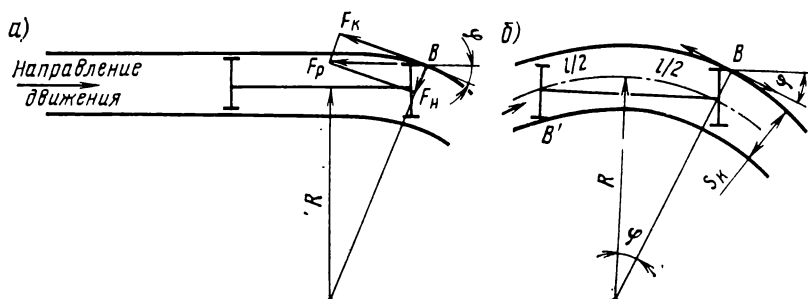


Рис. 76. Положение в кривой двухосного вагона (тележки)

Величина радиального давления связана также с угловой скоростью вращения экипажа. Угловая скорость, в свою очередь, зависит от угла набегания реборды на рельс (иногда его называют углом удара). Этот угол измеряется между направлением продольной оси экипажа и направлением касательной к рельсу в точке набегания B (см. рис. 76, а). Пользуясь правилом равенства углов, образованных взаимно перпендикулярными сторонами, можно считать, что угол набегания φ равен углу между радиусом, проходящим через точку B , и радиусом, перпендикулярным продольной оси экипажа. Если же сделать некоторое допущение, то за образующие угла можно принять радиусы, проходящие через середину жесткой базы экипажа и через середину передней оси (см. рис. 76, б). Тогда очевидно, что с увеличением угла возрастет не только угловая скорость, но и горизонтальные боковые воздействия, которые испытывает экипаж при входе в кривую.

При движении экипажа по кривой возникает центробежная сила, также влияющая на величину радиального давления. Центробежная сила увеличивает радиальное давление передней оси на наружный рельс и уменьшает это давление от задней оси на внутренний рельс кривой. Центробежная сила

$$F_{ц.б} = \frac{mv^2}{R} = \frac{Gv^2}{gR},$$

где m — масса экипажа; G — вес экипажа; v — скорость движения; g — ускорение свободного падения; R — радиус кривой.

Особенности силового взаимодействия пути и экипажа этим не исчерпываются. В точке набегания реборды на рельс, особенно при наличии свободного зазора, может произойти удар колеса о рельс. При этом усиливается действие всех горизонтальных сил, продольных и поперечных. Боковые силы суммируются также с силами трения от вертикального давления колеса на рельс. Дополнительные динамические воздействия на путь вызываются еще и влиянием экипажа при наличии отступлений от проектного направления пути в целом и рельсовых нитей в отдельности.

Боковые давления на рельс могут вызывать динамические отжатия рельсов, которые приводят к остаточному увеличению ши-

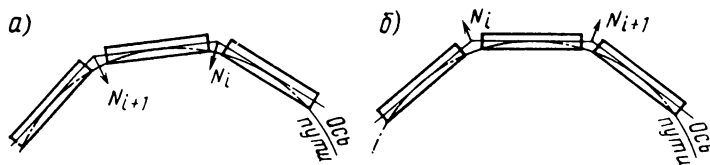


Рис. 77. Действие радиальных составляющих от сцепных устройств в кривых участках пути

рины колеи. Это зачастую становится причиной схода подвижного состава. Кроме того, наличие отжатий рельсов требует частых перешивок пути.

Исходя из условий обеспечения минимального покрытия головки рельса колесом максимально допускаемое остаточное отжатие рельса на внутривозовских путях принимается равным 11 мм. Исключение составляют лишь специальные пути горячих перевозок на металлургических заводах, где величина отжатий не должна превышать 5—6 мм. Такое же ограничение отжатия должно быть установлено для трамвайных путей, уложенных железнодорожными рельсами. Для уменьшения величины отжатий следует увеличить боковую жесткость рельсо-шпальной решетки.

В кривых малых радиусов может возникнуть опасность схода экипажа из-за возможности всползания колеса на рельс. Однако на практике такие случаи имеют место лишь при значительных отклонениях в содержании пути или превышении максимально допускаемой скорости движения.

При движении поезда, состоящего из двух и более экипажей, приходится считаться и с появлением дополнительных радиальных составляющих от сцепных устройств. При движении поезда или маневровой подачи с локомотивом впереди, трамвайного поезда, составленного из моторного вагона и одного или двух прицепов, эти составляющие направлены внутрь кривой (рис. 77, а). Сами сцепные устройства при этом работают на растяжение. При толкании, т. е. при движении с локомотивом в конце поезда, дополнительные радиальные составляющие направлены наружу кривой, а сцепные устройства в этом случае работают на сжатие (рис. 77, б). При движении трамвайных поездов, работающих по системе многих единиц, действие дополнительных радиальных составляющих от сцепных устройств выражено в меньшей степени.

Дополнительные силовые воздействия в кривых отрицательно влияют на устойчивость пути, вызывают ускоренный износ рельсов и интенсивное накопление остаточных деформаций в других элементах верхнего строения пути.

Все это определяет конструктивные особенности устройства внутривозовских и трамвайных путей в кривых участках.

Конструкция пути влияет также на характер вписывания экипажа в криволинейную рельсовую колею. Рассмотрим возможные варианты. Различаются два основных вида вписывания: динами-

ческое и статическое. Каждый из этих видов может быть, в свою очередь, свободным (если достаточна ширина колеи) и принудительным (если ширина колеи недостаточна). Если совместное действие всех действующих в кривой сил (включая и боковое давление ветра) настолько относит экипаж наружу кривой, что реборды наружных колес крайних осей тележки прижимаются к наружному рельсу, наблюдается *динамическое вписывание* (рис. 78). Если этого действия недостаточно и реборды наружных колес крайних осей прижаты к наружному рельсу не все — это *статическое вписывание*. В этом случае реборда наружного колеса передней колесной пары набегают на наружный рельс, а реборда внутреннего колеса приближаются к внутреннему рельсу (рис. 79). Если ширина колеи достаточна, то реборда внутреннего колеса, касаясь рельса, не оказывает на него давления и задняя ось может разместиться радиально. Такое вписывание называется *свободным статическим*. Если же ширина колеи для этого недостаточна, то радиального размещения задней колесной пары не происходит, ее реборда внутреннего колеса вплотную прижимаются к рельсу. Происходит *принудительное статическое вписывание*. Возможен при минимальной ширине колеи предельный случай принудительного статического вписывания, когда все реборды задней и передней колесной пары прижимаются к рельсам. Это — *заклиненное статическое вписывание*. Такая форма вписывания обычно не допускается, так как горизонтальные силы могут оказаться чрезмерными и при этом может возникнуть опасность распора колеи.

Если при динамическом вписывании между ребордами внутренних колес и внутренним рельсом имеются зазоры — такое вписывание называется свободным динамическим вписыванием. При отсутствии зазора имеет место принудительное динамическое вписывание. Принудительное динамическое вписывание возможно только в своей предельной форме — заклиненного вписывания, так как наличие даже самого небольшого зазора делает динамическое вписывание свободным. Так же как и статическое, заклиненное вписывание обычно не допускается в эксплуатации.

Следует также отметить, что динамическое вписывание, требующее значительных скоростей движения, не реализуется на внутризаводских и трамвайных путях. Основными видами вписывания,

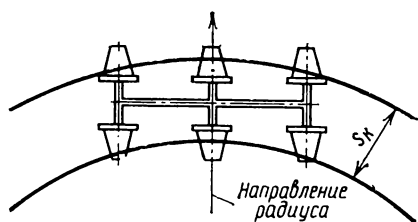


Рис. 78. Пример динамического вписывания экипажа в кривую

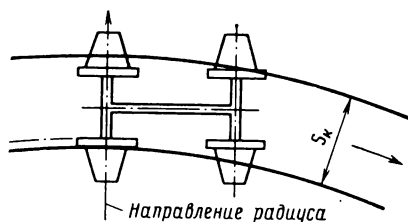


Рис. 79. Пример статического вписывания экипажа в кривую

таким образом, остаются свободное и принудительное статическое вписывание. Кроме того, установлено, что в кривых радиусом менее 200 м ширина рельсовой колеи, допускающая свободное статическое вписывание, заведомо больше максимальной ширины колеи, достаточной для опирания колес подвижного состава на рельсы. А так как на внутривозовых и трамвайных линиях именно такие радиусы являются наиболее распространенными, то типичным для рассматриваемых условий будет принудительное статическое вписывание.

Если кривой участок пути уложен желобчатыми рельсами или железнодорожными рельсами с контррельсами, схемы вписывания изменяются. При движении экипажа по такой кривой при различных сочетаниях размеров ходовых частей, рельсовой колеи и расстояния между рельсом и контррельсом (или желоба в рельсе трамвайного типа) возможны набегания: реборды переднего наружного колеса на головку наружного рельса, реборды переднего внутреннего колеса — на губку внутреннего рельса (внутренний контррельс), реборды заднего наружного колеса — на губку наружного рельса (наружный контррельс), реборды заднего внутреннего колеса — на головку внутреннего рельса.

При наличии контррельсов различают три варианта взаимодействия колесной пары с рабочими кантами рельсовой колеи: движение направляется только рабочими кантами головок рельсов, губки или контррельсы при этом не работают; движение направляется рабочими кантами головки одного рельса и губки противоположного рельса (контррельса); движение направляется только рабочими кантами губок или контррельсов, головки рельсов при этом не работают.

В процессе эксплуатации важно обеспечить такое взаимодействие колес и рельсов, при котором темп достижения головкой и губкой (рельсом и контррельсом) предельных величин износа был бы примерно одинаков. Это не всегда удается, так как по мере развития бокового износа меняются размеры колеи и желоба и, как следствие, схемы контакта колеса и рельсов.

Таким образом определяется общий характер вписывания. Конкретные задачи на вписывание решаются раздельно для каждой кривой и для каждого типа подвижного состава. Они сводятся в основном к определению геометрических соотношений между размерными характеристиками пути и ходовых частей (геометрия вписывания) и определению сил взаимодействия пути и подвижного состава при проходе кривых (динамика вписывания).

28. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ В КРИВЫХ.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ КОЛЕИ

Особенности движения экипажа по кривой, характер взаимодействия при этом пути и ходовых частей подвижного состава вызывают необходимость изменения конструкции пути и некоторых его конструктивных размеров.

На трамвайных путях в кривых радиусом менее 75 м, а при продольном уклоне более 20‰ и при радиусе от 76 до 200 м (на скоростных линиях до 400 м) либо применяют усиленные желобчатые рельсы (Т_в65), либо укладывают железнодорожные рельсы с контррельсами. Если уклон не превышает 20‰ при радиусе от 76 до 200 м, ставится только один контррельс с внутренней стороны кривой.

Один контррельс ставится и на кривых радиусом от 201 до 400 м при уклоне свыше 20‰.

Желательно в пределах городской улицы, особенно на совмещенном полотне, применять для кривых только желобчатые рельсы с утолщенной и повышенной губкой, болтовое крепление контррельса, доступ к которому затруднен дорожным покрытием, не обеспечивает надежности конструкции; поверхностные воды в этом случае не отводятся, а проникают в балластный слой и основание пути.

Значительно возрастает при применении контррельсов сопротивление движению.

Контррельсы устанавливают и на кривых малых радиусов внутризаводских путей. Необходимость их укладки при радиусах меньших чем 149 м определяет отраслевое министерство, к которому относится предприятие — владелец пути.

Смысл укладки контррельсов состоит в том, что при их наличии, как и при наличии губки в желобчатом рельсе, появляется возможность увеличить ширину колеи, необходимую для вписывания экипажа, сверх максимально допустимых размеров. Кроме того, контррельс, уложенный у внутренней нити, воспринимая боковое давление колеса, тем самым ограничивает воздействие другого колеса той же колесной пары на наружный рабочий рельс. При этом следует лишь обеспечить такое соотношение геометрических характеристик, при котором колеса не будут заклиниваться между рабочими рельсами, между контррельсами и внутри желобов, а также не смогут проваливаться в желобе с учетом изгиба осей и упругого отжатия рельсов. Основными геометрическими характеристиками, определяющими выполнение перечисленных условий, являются ширина колеи и ширина желоба.

Условия вписывания зависят также от расстояния между крайними осями экипажа или тележки, которые остаются параллельными при движении как в прямых, так и в кривых участках пути. Это расстояние называют жесткой базой экипажа.

Ширина колеи на кривых участках внутризаводских путей определяется по положению колес экипажа при наиболее типичном варианте вписывания — при-

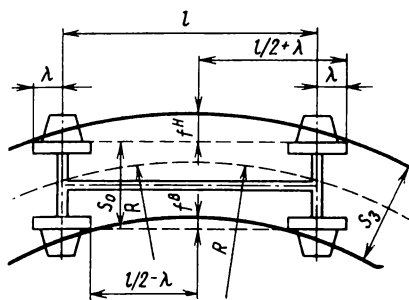


Рис. 80. Расчетная схема определения ширины колеи в кривой

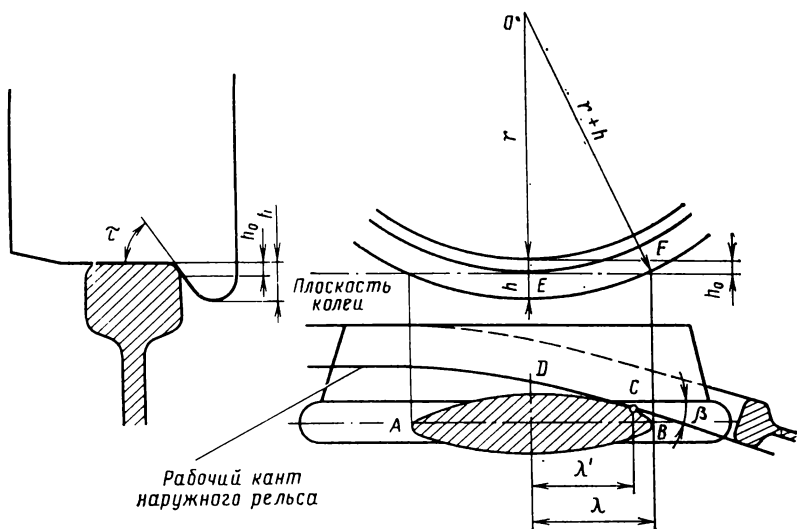


Рис. 81. Определение забега реборды

нудительном статическом. В этом случае расчетная ширина колеи $S_{кр} = S_3 + \delta/2$, где S_3 — ширина колеи при заклиненном вписывании, а $\delta/2$ — половина нормального зазора между колесной и рельсовой колеями в прямых (при неизношенных бандажах). При проходе по кривой при заклиненном вписывании двухосного вагона или двухосной тележки основание радиуса, перпендикулярного продольной оси тележки, лежит посередине жесткой базы, реборды наружных колес упираются в наружный рельс, реборды внутренних — во внутренний. Из рис. 80 видно, что $S_3 = S_0 + f^n - f^в$ где S_0 — колесная колея, а f^n и $f^в$ — так называемые наружная и внутренняя стрелки (расстояния от линии, соединяющей точки набегания на рельс реборд, до соответственно рабочего канта наружного или внутреннего рельсов). Зная, что перпендикуляр, опущенный на диаметр из любой точки окружности, есть среднее геометрическое между частями, на которые он делит диаметр, можно вычислить величину стрелок:

$$\frac{f^n}{\frac{l}{2} + \lambda} = \frac{\frac{l}{2} + \lambda}{2\left(R + \frac{S_0}{2}\right)}, \quad \text{откуда } f^n = \frac{(l + 2\lambda)^2}{8\left(R + \frac{S_0}{2}\right)};$$

$$\frac{f^в}{\frac{l}{2} - \lambda} = \frac{\frac{l}{2} - \lambda}{2\left(R - \frac{S_0}{2}\right)}, \quad \text{откуда } f^в = \frac{\left(\frac{l}{2} - \lambda\right)^2}{2\left(R - \frac{S_0}{2}\right)}.$$

Или если принять во внимание, что $S_0/2 \ll R$, то

$$f^H = \frac{(l+2\lambda)^2}{8R}; \quad f^B = \frac{\left(\frac{l}{2} - \lambda\right)^2}{2R}.$$

Таким образом, величина стрелок, определяющая ширину колеи в кривой при заклиненном вписывании, зависит только от радиуса кривой, жесткой базы вагона или тележки l и некоторой величины λ — так называемого забега реборды. Радиус R при этом определяется до оси пути. *Забегом реборды* называется расстояние от проекции оси колеса на плоскость колеи до точки набегания реборды на рельс. Иначе — это половина длины горизонтального сечения реборды в плоскости колеи. Забег можно определить различными методами, в том числе по приближенной формуле, очевидной из рассмотрения треугольника EOF (рис. 81).

$$\lambda = \sqrt{(r+h)^2 - (r+h_0)^2},$$

где r — радиус круга катания бандажа; h — высота реборды; h_0 — расстояние от поверхности рельса до плоскости колеи.

Можно подсчитать забег с точностью, достаточной для практических целей, и по формуле, предложенной Г. М. Шахунянцем:

$$\lambda = \frac{l(r+h_0) \operatorname{tg} \tau}{2R},$$

где τ — угол наклона реборды к горизонту, равный для неизношенных железнодорожных вагонных колес 60° ; l — длина жесткой базы.

Теперь можно вычислить ширину колеи при заклиненном вписывании

$$S_3 = S_0 + \frac{(l+2\lambda)^2}{8R} - \frac{\left(\frac{l}{2} - \lambda\right)^2}{2R} = S_0 + \frac{l\lambda}{2R}.$$

Аналогично рассчитывается ширина колеи для прохода подвижного состава с нечетным числом осей — локомотивов разных типов. Несколько усложняется расчетная схема, но общий принцип расчета тот же. Однако истинное очертание поперечного сечения реборды в плоскости колеи будет криволинейным (см. рис. 81). Соответственно в расчеты при определении ширины колеи должна вводиться поправка k , которая зависит от угла набегания β .

Действительное положение точки C контакта реборды и рельса будет отличаться от расчетного положения этой точки B , а действительный забег реборды λ' от расчетного λ на величину искажения $\lambda - \lambda'$.

При изменении угла набегания от 0° до 30° поправка практически равномерно возрастает от 0 до 2 мм, при больших значениях угла поправка увеличивается несколько быстрее. Так что колесную колею для рассматриваемого варианта вписывания двухосной тележки следует принимать

$$S_0 = b + 2(d - k),$$

где b — насадка; d — ширина реборды.

Таблица 32. Значения искаженных насадок и реборд

Радиус кривой, м	Жесткая база, м	Угол набегания	Искаженная реборда, мм	Искаженная насадка, мм
16	2,7	4°37'10"	30,00	1461,93
20	2,7	3°43'41"	28,35	1464,33
30	2,7	2°30'55"	24,95	1470,41

При постановке внутреннего контррельса набегание передней реборды может происходить не на наружный рельс, а на внутренний контррельс, который ставится выше рабочего рельса. В этом случае точка набегания оказывается в плоскости контррельсовой колеи, т. е. несколько выше. Поэтому поправка в этом случае будет несколько меньше, а забег реборды — больше¹.

Так же как и для определения ширины колеи на кривых железнодорожных путей, существует целый ряд методов расчета этой величины для кривых участков путей трамвая.

Кривые малых радиусов трамвайных путей имеют четыре рабочих канта и, следовательно, два желоба, в которых должны размещаться реборды всех колес. Криволинейность сечения реборды в плоскости контррельсовой колеи приводит к тому, что в кривой оно занимает большую часть желоба, чем то же сечение на прямом участке. Кроме того, изменяется в кривой (становится меньше) и проекция колесной насадки на плоскость поперечного сечения пути. Чем круче кривая или чем больше угол набегания — тем меньше будет проекция насадки. Поэтому в расчет вводятся так называемые «искаженные» величины насадки и толщины реборды (табл. 32).

Как уже указывалось в предыдущем пункте, возможны три схемы движения трамвайных вагонов по кривым в зависимости от вариантов контактирования колесных реборд и рабочих кантов желобчатых рельсов. Эти варианты определяются размерами колеи, рельсового желоба и колесной пары. Переход от одного варианта к другому является следствием увеличения ширины колеи. Это наглядно видно из приведенных схем (рис. 82) и анализа зависимостей между размерами элементов рельсовой и колесной S_0 колеи:

$$S = 2d + b + V = 2c + S_{кр};$$

$$S_{кр} = S - 2c = b - W; \quad S_0 = S - V = 2d + b;$$

$$b = S - 2d - V = S_{кр} + W;$$

$$W = W_H + W_B; \quad V = V_H + V_B,$$

где c — ширина рельсового желоба; $S_{кр}$ — расстояние между рабочими кантами губок (контррельсовая колея); W_H — зазор между губкой наружного

¹ Контакт реборды переднего колеса с наружным рельсом при наличии внутреннего контррельса может осуществиться лишь при сужении колеи или при боковом износе контррельса.

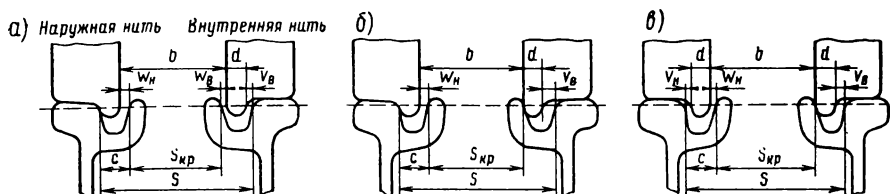


Рис. 82. Варианты взаимодействия колесной пары с рабочими канатами рельсовой колеи

рельса и ребордой; W_b — то же для внутреннего рельса; V_n — зазор между рабочим кантом наружного рельса и ребордой; V_b — то же для внутреннего рельса.

С учетом уже известных искажений элементов колесной колеи в кривой

$$S = c + b + d + V.$$

При движении и контактировании по I варианту (см. рис. 82, а) в случае сужения рельсовой колеи против расчетной колесная пара может заклинить между рабочими рельсами. При увеличении ширины колеи (за счет уменьшения W_b на его величину) реборда внутреннего колеса вступит в контакт с губкой внутреннего рельса и движение начинается уже по II варианту (см. рис. 82, б). Если продолжать увеличение ширины колеи, то возникнет зазор V_n и реализуется III вариант (см. рис. 82, в). При дальнейшем увеличении колеи также может произойти заклинивание колесной пары, но уже между губками.

Очевидно, что для каждого типа подвижного состава и даже для вагонов и локомотивов одного и того же типа, но с разной степенью износа ходовых частей теоретическая ширина колеи в кри-

Таблица 33. Нормы ширины колеи в кривых

Путь	Радиус кривой, м	Ширина колеи, мм	Допуски, мм
Внутризаводской	349—150	1535	+6; —4
	149—100	1545	+6; —4
	99 и менее	1550	+3; —3
Трамвайный при железнодорожных рельсах	Более 200	1524	При эксплуатации +12; —2
	200—76	1528	
	75 и менее	1532	
Трамвайный при желобчатых рельсах	Более 200	1524	При ремонте и строительстве +3; —2
	200—76	1528	
	75—26	1532	
	25—20	1528	
	Менее 20	1524—1526	

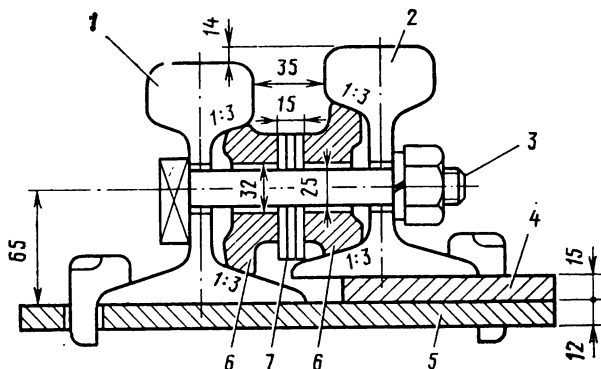
вых участках будет различной. Поэтому устанавливается унифицированная нормативная ширина колеи, величина которой зависит только от радиуса (табл. 33).

Увеличение ширины колеи в кривых производится за счет смещения внутреннего рельса к центру кривой. Однако если в кривой имеются два контррельса, смещается наружный рельс (наружу кривой). Так делается потому, что в этом случае движение колеса направляется контррельсом внутренней нити.

Ширина желоба, так же как и ширина рельсовой колеи в кривых, определяется расчетом. Известно несколько разных способов расчета для различных условий движения и конструкций пути. При расчете ширины желобов для кривых участков железнодорожных путей исходят из уже приводившихся требований: колеса не должны заклиниваться между рабочими рельсами, в желобе, а также между контррельсами; колеса не должны проваливаться в желобе. Для кривых малых радиусов, наиболее типичных для внутризаводских условий и для путей трамвая, необходимо, кроме того, учитывать разницу в радиусах наружных и внутренних нитей и несовпадение плоскостей рельсовой и контррельсовой колеи. В общем случае ширина желоба $c = S - (d + b)$. Это значение должно находиться в пределах $c_{\min} < c < c_{\max}$. Аналогично $c_{\min} = S_{\min} - (d_{\max} + b_{\max})$, а $c_{\max} = S_{\max} - (d_{\min} + b_{\min})$. По этим формулам можно определить ширину желоба для кривой любого радиуса и ходовых частей любых размеров. Максимальная величина желоба на железнодорожных путях ограничивается 87 мм — наибольшей допустимой величиной отхода реборды от рельсовой нити. Если желоб больше, должно быть применено качение на реборде такое же, как в литых трамвайных крестовинах. При ширине колеи менее 1540 мм обычно контррельсы на внутризаводских путях ставят лишь в случаях, когда нужно предохранить от износа наружный рельс (при угле набегания $\geq 1^\circ 30''$). Если же такой величины достигает и угол набегания реборды на внутренний рельс, то для уменьшения его износа и для предотвращения всползания колеса на рельс устанавливают контррельс и у наружной нитки. Наибольшая ширина колеи, при которой возможна укладка двух контррельсов, 1557 мм. Если же требуется бо́льшая ширина колеи — от 1558 до 1575 мм, — применяется качение на реборде.

На трамвайных путях контррельсы или желобчатые рельсы Т_б65 на обеих нитках кривых устанавливаются независимо от уклона при радиусах менее 75 м и на уклонах, превышающих 20‰, при радиусах от 76 до 200 м. На уклонах менее 20‰ при радиусах от 76 до 200 м ставится только внутренний контррельс (или Т_б65 только на внутренней нитке). В кривых радиусом от 201 до 400 м на уклонах более 20‰ также ставится только внутренний контррельс (или Т_б65 на внутренней нитке). При тех же радиусах на меньших уклонах контррельсы не ставятся, а желобчатые рельсы применяются предназначенные для прямых — Т_б60. Ширина желоба в трамвайных рельсах во всех случаях должна быть не менее 35 мм. Допускается лишь увеличение этого размера на 5 мм при

Рис. 83. Крепление контррельса к рабочему рельсу



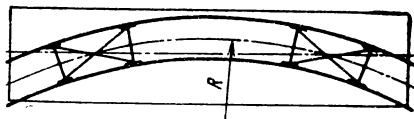
укладке новых путей старогодными рельсами и на 15 мм в процессе эксплуатации.

На внутризаводских путях контррельсовые нити должны заходить за начало кривой не менее чем на длину жесткой базы. Концы их должны быть отогнуты внутрь колеи. Рельсовые стыки в кривых лучше располагать вразбежку — это позволит предупредить одновременный горизонтальный удар в обе нити и снизить опасность образования ударов углов в стыках. На путях трамвая концы контррельсов также должны быть отогнуты на длине 0,8 м и понижены до уровня рабочего рельса (в пределах кривой контррельс на 100 мм выше). Ширина желоба у конца контррельса должна быть доведена до 60 мм. Вход в желоб рельса трамвайного типа также целесообразно сделать уширенным.

Стабильность ширины желоба и положения контррельса в пути обеспечивается конструкцией крепления контррельса 2 (рис. 83) к рабочему рельсу 1. Крепление включает в себя составной вкладыш (два фасонных полувкладыша 6 и располагаемые между ними три плоские прокладки 7, позволяющие регулировать ширину желоба) основной 5 и дополнительной 4 подкладок, контррельсовых болтов 3 с гайками и шайбами. При сооружении трамвайных путей обычно применяют неразрезные вкладыши. Если необходимо применить качение на ребре, по всей длине контррельса устраивается в желобе сплошной настил, перекрытый стальной полосой (или непрерывный ряд повышенных вкладышей), и скрепляется с рельсом и контррельсом удлиненными контррельсовыми болтами.

При необходимости путь в кривых усиливается за счет применения тяжелых балластов, увеличения числа шпал на 1 км (на

Рис. 84. Схема отклонений оси вагона от оси пути на кривой



звено), укладки более мощных железнодорожных рельсов, установки с внешней стороны наружного рельса специальных упоров. Кроме того, на трамвайных путях усиление достигается установкой путевых тяг независимо от типа рельсов и наличия дорожной покрытия. В отдельных случаях в кривых с особенно интенсивным движением могут укладываться литые рельсы из высокомарганцовистой стали.

Расстояние между внешними очертаниями кузовов подвижного состава, движущегося во встречных направлениях на двухпутной линии, должно оставаться одинаковым на прямых и кривых участках. Однако прямолинейная продольная ось вагона (локомотива) неизбежно отклоняется от криволинейного направления продольной оси пути в кривой. При этом середины экипажей отклоняются внутрь кривой от оси пути, а концы экипажей — наружу кривой. Возникают так называемые свес кузова внутрь кривой и вынос угла наружу (рис. 84). Величины свеса и выноса зависят от радиуса кривой R и от геометрических характеристик подвижного состава (длины вагона L , его жесткой базы l , ширины кузова в середине a и в лобовой части b).

Наибольший вынос кузова

$$q = R_1 - \left(R + \frac{S}{2} \right).$$

Наибольший свес кузова

$$p = R - \left(R_2 + \frac{S}{2} \right),$$

где R_1 — радиус дуги, описываемой точкой выноса угла; R_2 — радиус дуги, описываемой точкой свеса кузова:

$$R_1 = \sqrt{\frac{L^2}{4} + \left[R_2 + \frac{1}{2}(a+b) \right]^2}; \quad R_2 = \sqrt{R^2 - \frac{l^2}{4} - \frac{a}{2}}.$$

Сумма $p+q$ и определяет величину, на которую в кривых должны быть увеличены ширина междупутья, габарит приближения строений, ширина земляного полотна, балластной призмы и другие размеры, приведенные в п. 5 учебника.

29. ВОЗВЫШЕНИЕ НАРУЖНОГО РЕЛЬСА В КРИВЫХ

В кривых участках пути центробежная сила, увеличивая давление на наружный рельс, вызывает его ускоренный износ. Этим не ограничивается вредное действие центробежной силы. В определенных условиях (например, при расположении кривой в конце затяжного уклона) она может содействовать сходу вагона через наружный рельс и даже его опрокидыванию. Пассажиры трамвая при действии центробежной силы подвергаются воздействию непогашенного ускорения и испытывают весьма неприятные ощущения. Влияние центробежной силы может быть усилено совпадаю-

щим по направлению давлением ветра. Однако в расчетах влиянием ветра обычно пренебрегают, считая, что его повторяемость наружу и внутрь кривой практически одинакова.

Опрокидывающий момент от центробежной силы $F_{ц.б}$, приложенной к центру тяжести вагона,

$$M_0 = F_{ц.б}H = \frac{Gv^2}{gR} H,$$

где G — вес вагона, тс; H — расстояние от центра тяжести вагона до уровня головки рельса, м.

Удерживающий момент (рис. 85, а) $M_y = GS/2$. Приравняв эти два момента, можно найти критическую скорость, при превышении которой возможно опрокидывание:

$$\frac{Gv^2}{gR} H = \frac{GS}{2}; \quad v^2 = \frac{gRS}{2H}.$$

Принимая числовые значения H и S , незначительно отличающиеся для разных радиусов кривых и типов подвижного состава, можно считать, что $v = 1,8\sqrt{R}$ м/с; $v = 6,5\sqrt{R}$ км/ч. Иначе, равенство моментов наступает при минимальных радиусах на трамвайных путях при $v = 29$ км/ч, на внутризаводских путях при $v = 50$ км/ч. Очевидно, что такие скорости на кривых практически не реализуются. Поэтому расчеты противодействия центробежной силе ведутся только по условиям перегрузки наружного рельса. С этой целью предусматривается некоторое превышение уровня головки наружного рельса над уровнем головки внутреннего. При этом вагон несколько наклоняется и часть его веса направляется в сторону, противоположную направлению центробежной силы.

Так же как и сама центробежная сила, величина возвышения наружного рельса зависит от радиуса кривой и скорости движения. Эта зависимость одинаково справедлива для всех разновидностей рельсовых путей: железнодорожных (магистральных и внутризаводских) и трамвайных. Однако величина возвышения на них будет различаться даже при одинаковых R и v . Это видно из самого расчета.

Если наружный рельс приподнять над внутренним на h (мм) (рис. 85, б), то плоскость колеи окажется наклонной к горизонту под углом α , а $\operatorname{tg} \alpha = h/S_0$, где S_0 — расстояние между осями рельсов. Разложив вес экипажа G на G_1 (перпендикулярно плоскости колеи) и G_2 (параллельно ей), можно увидеть, что для уравновешивания действия $F_{ц.б}$ необходимо, чтобы проекция $F_{ц.б}$ на направление, параллельное плоскости колеи, была бы равна G_2 :

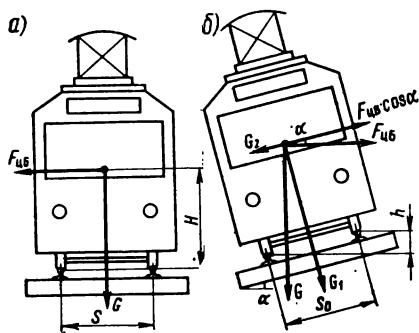


Рис. 85. Действие центробежной силы при движении вагона по кривой: а — при отсутствии возвышения наружного рельса; б — при его наличии

$$G_2 = G \sin \alpha = Gv^2/gR \cos \alpha.$$

Разделим обе части на $G \cos \alpha$, тогда $\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{v^2}{gR}$ или $\frac{h}{S_0} = \frac{v^2}{gR}$, а $h = \frac{S_0 v^2}{gR}$. Если подставить в формулу числовые значения расстояния между осями рельсов S_0 и ускорения свободного падения g и выразить v в км/ч, а h в мм, то в общем случае $h = Kv^2/R$. Коэффициент K можно определить в зависимости от ширины колеи в кривой и типа применяемых рельсов (ширины головки). Его величина может находиться в пределах 12,3—12,7 (округленно). В практических расчетах принимают $h = 12,5 v^2/R$. Для узкой колеи 1000 мм $h = 8,3 v^2/R$; для узкой колеи 750 мм $h = 6 v^2/R$.

На магистральных железных дорогах и на внутризаводских путях скорость для расчета возвышения наружного рельса принимается средневзвешенная по грузообороту. Кроме того, на скоростных участках железных дорог вводится поправка к расчетному возвышению, увеличивающая его на 20—30 мм. Такая же поправка (от 5 до 40 мм) вводится на внутризаводских путях, где обращается специальный подвижной состав с нагрузкой от колесной пары на рельсы 25—60 тс. Однако во всех случаях максимальное возвышение наружного рельса не должно превышать 150 мм. На узкоколейных путях, где возвышение делается в кривых радиусом 1000 м и менее, $h_{\max} = 40$ мм.

На трамвайных линиях расчет ведется по максимальной скорости. Следует иметь в виду, что перегрузка внутреннего рельса при избыточном возвышении опаснее для пути, чем увеличенное давление на наружный рельс при недостаточном возвышении. Поэтому, а также с учетом ограничений, связанных с планировкой проезжей части улицы, размеры возвышения устанавливаются в ряде случаев ниже расчетных.

При строительстве, реконструкции и капитальном ремонте на кривых участках трамвайного пути устанавливается возвышение

Таблица 34. Нормы возвышения наружного рельса в кривых для путей скоростного трамвая, мм

Радиус кривой, м	Расчетная скорость движения, км/ч							Радиус кривой, м	Расчетная скорость движения, км/ч						
	80	70	60	50	40	30	20		80	70	60	50	40	30	20
2000	40	30	25	15	10	—	—	500	—	—	90	65	40	25	10
1500	55	40	30	20	15	10	—	400	—	—	100	80	50	30	15
1200	70	55	40	25	15	10	—	300	—	—	—	100	65	40	15
1000	80	60	45	30	20	10	—	200	—	—	—	—	100	55	25
800	100	70	55	40	25	15	—	150	—	—	—	—	—	75	35
600	—	100	75	50	35	20	10	100	—	—	—	—	—	100	50

Примечание. При радиусах свыше 2000 м возвышение на скоростных трамвайных линиях не предусматривается.

Таблица 35. Нормы возвышения наружного рельса в кривых трамвайных путей, мм, расположенных на спусках

Радиус кривой, м	Путь на сов- мещенном полотне	Путь на обособленном или самосто- ятельном полотне	Радиус кривой, м	Путь на сов- мещенном полотне	Путь на обособленном или самосто- ятельном полотне
До 50 включи- тельно	100	150	101—250	60	90
51—100	80	120	251—500	40	40
			501—1000	30	30

для радиусов до 100 м включительно 70 мм, от 101 до 200 м — 50 мм, от 201 до 500 м — 40 мм, от 50 до 1000 м — 30 мм. При радиусах свыше 1000 м возвышение не предусматривается. Если кривая расположена в проезжей части улицы или площади (включая переезды), допускается уменьшение этих значений до 50%. Такое же уменьшение возможно в пределах остановочных площадок и в обратных кривых на оборотных кольцах и петлях.

Головки внутренних рельсов на кривых участках двухпутных трамвайных линий должны быть на одном уровне, однако на переездах необходимо и при этом условии обеспечить достаточную плавность движения безрельсового транспорта. При трассировке двухпутных кривых могут быть применены разные радиусы и, следовательно, разные возвышения. Это надо учитывать и при определении величины уширения междупутья. Иные нормы возвышения устанавливаются для путей скоростного трамвая (табл. 34).

Особые нормы действуют в условиях, когда при входе в кривую могут развиваться высокие скорости: на спусках с уклоном, превышающим 50‰, на затяжных (более 200 м) спусках с уклоном более 35‰ или на кривой непосредственно за таким спуском при радиусе 75 м и менее (табл. 35).

Отклонения возвышения от установленных норм не должны превышать 20 мм (в эксплуатации). Для того чтобы осуществить возвышение, следует при укладке рельсо-шпальной решетки одновременно поднять наружный рельс и опустить внутренний.

Отвод возвышения должен выполняться плавно, постепенно и за пределами круговой кривой. Иначе, уже в самом начале круговой кривой и до самого его конца возвышение должно иметь полную расчетную величину. Уклон этого отвода должен быть на внутризаводских путях в пределах 1—3‰ и лишь в особо стесненных условиях не более 5‰. На путях трамвая он также не должен превышать 5‰, а в стесненных условиях. 7‰. Это означает, что на каждом метре отвода возвышение увеличивается соответственно на 1—7 мм.

Контрольные вопросы

1. Какие дополнительные усилия появляются при движении экипажа по кривой?
2. Как происходит вписывание экипажа в рельсовую колею?

3. Что такое забег реборды?
4. В каких случаях требуется установка контррельсов?
5. Как усиливается путь в кривых?
6. Когда и с какой целью устраивается возвышение наружного рельса?

Глава VI

РАСЧЕТЫ ПУТИ НА ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ

30. РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ. ОСНОВЫ СТАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА РЕЛЬСА

Расчеты рельсового пути на прочность заключаются в определении напряжений, возникающих в элементах пути под влиянием вертикальных нагрузок от движущегося подвижного состава, и сравнении этих напряжений с допускаемыми. На основе этого сравнения выполняется выбор таких параметров (размеров, количества, прочности) элементов пути, которые обеспечивают надежность и долговечность всей конструкции.

Все многообразие путевых конструкций можно разделить на две группы: пути на упругих основаниях, распространяющие давление от рельсов только в поперечном направлении, т. е. с нулевой продольной жесткостью, и пути на жестких основаниях, распределяющих давление и поперек пути и вдоль пути, т. е. обладающих и поперечной и продольной жесткостью. Обычные рельсошпальные конструкции относятся к первой группе.

На путь в процессе его взаимодействия с движущимися вагонами или локомотивами действуют, кроме нагрузки от колеса, различные дополнительные вертикальные и горизонтальные силы. Характер их действия, как уже говорилось, зависит не только от величины самой нагрузки, но и от целого ряда эксплуатационных особенностей пути, подвижного состава, условий их содержания. Однако расчеты рельсовой нити на прочность ведутся только по вертикальным силам, действующим на рельс центрально, в плоскости симметрии. Рельсы обеих нитей при этом считаются равнозагруженными. Для учета действия горизонтальных поперечных сил, а также внецентренности приложения вертикальных из-за наличия подуклонки расчетные напряжения в подошве рельса умножаются на некоторый экспериментально определенный коэффициент. Значения этого коэффициента возрастают по мере увеличения радиусов кривой, скоростей движения и уменьшаются с повышением мощности рельса. Они всегда больше единицы. Непосредственно рассчитываются лишь горизонтальные воздействия на наружный рельс в кривой и напряжения, возникающие от продольных горизонтальных сил при изменениях температуры.

При расчете элементов пути вводится еще ряд допущений. Так, рельс принимается за неразрезную балку бесконечно большой дли-

ны, неизменного сечения, лежащую, на сплошном равноупругом основании (механический стык при этом рассчитывается отдельно). Собственный вес путевой решетки не учитывается в расчете, так как его влияние на величину напряжений в элементах пути крайне незначительно. Считается далее, что между удельным давлением на основание шпалы и его упругой просадкой существует линейная зависимость; что движущиеся колеса нигде не отрываются от головки рельса и не создают ударных воздействий; что балласт сопротивляется прогибу путевой решетки не только вниз, но и вверх. Эти допущения незначительно влияют на точность расчетов, но зато дают возможность проводить их по достаточно строгим формулам теории упругости.

При расчетах пути на прочность необходимо установить его основные расчетные характеристики. К ним относятся коэффициент постели шпалы (коэффициент податливости основания) C , модуль упругости подрельсового основания U , коэффициент относительной жесткости рельса и его основания K , коэффициент относительной жесткости шпалы и ее основания K_1 , а также коэффициент изгиба шпалы α . В расчетных формулах фигурируют также знакомые нам момент инерции I и момент сопротивления W .

Коэффициент C характеризует упругие свойства балласта под шпалой. Его можно рассматривать как силу, приходящуюся на 1 см^2 площади основания шпалы и вызывающую ее осадку на 1 см :

$$C = P/y,$$

где P — давление, МПа (кгс/см^2); y — упругая осадка шпалы, см.

Модуль упругости U характеризует упругие свойства подрельсового основания в целом. Это величина, равная распределенной нагрузке, приходящейся на 1 см длины рельса, которая вызывает осадку рельса на 1 см . Модуль упругости, МПа (кгс/см^2),

$$U = C\alpha \frac{ab}{2l},$$

где α — коэффициент изгиба шпалы (отношение средней осадки основания к осадке в подрельсовом сечении); a и b — длина и ширина шпалы, см; l — расстояние между осями шпал, см.

Значения коэффициентов относительной жесткости K и K_1 становятся ясны в ходе самого расчета.

Следует отметить, что закон Гука, распространяющийся на упругие тела, не бесспорен в отношении грунтов. Грунт практически не работает на растяжение. Для него характерны значительные остаточные деформации, которые в ряде случаев даже превышают упругие. Поэтому правильнее говорить не о модуле упругости, а о модуле деформации.

Численные значения основных расчетных характеристик для новых рельсов приведены в табл. 36. При выполнении практических расчетов для их определения необходимо подсчитать момент инерции для рельсов с соответствующим износом.

Из табл. 36 видно, что значения модуля упругости U для пути на деревянных шпалах в зависимости от их типа и эпюры меняются сравнительно в небольших пределах (до 19%) и лишь переход к более тяжелому балласту заметно увеличивает диапазон

Таблица 36. Основные расчетные характеристики пути

Тип рельса	Тип шпалы	Число шпал на 1 км	Модуль упругости U , МПа (кгс/см ²)		Коэффициент изгиба шпалы α		Коэффициент относительной жесткости рельса и его основания K , см ⁻¹	
			на щебне	на песке или гравии	на щебне	на песке или гравии	на щебне	на песке или гравии
Р65	IA, IB	1600	27 (270)	19 (190)	0,904	0,930	0,00976	0,00893
		1840	31 (310)	22 (220)	0,904	0,930	0,01010	0,00927
	IIA, IIB	1600	26 (260)	18 (180)	0,874	0,905	0,00966	0,00881
		1840	30 (300)	21 (210)	0,874	0,905	0,1	0,00916
	IIIA, IIIB	1600	26 (260)	18 (180)	0,856	0,897	0,00966	0,00881
		1840	29 (290)	22 (220)	0,856	0,897	0,00993	0,00916
Р50	IA, IB	1600	27 (270)	19 (190)	0,904	0,930	0,01125	0,0103
		1840	31 (310)	22 (220)	0,904	0,930	0,01159	0,01069
	IIA, IIB	1600	26 (260)	18 (180)	0,874	0,905	0,01115	0,01017
		1840	30 (300)	21 (210)	0,874	0,905	0,01155	0,01057
	IIIA, IIIB	1600	26 (260)	18 (180)	0,856	0,897	0,01115	0,01017
		1840	29 (290)	21 (210)	0,856	0,897	0,01146	0,01057
Р43	IA, IB	1600	27 (270)	19 (190)	0,904	0,930	0,01216	0,01114
		1840	31 (310)	22 (220)	0,904	0,930	0,01255	0,01152
	IIA, IIB	1600	26 (260)	18 (180)	0,874	0,905	0,01204	0,01082
		1840	30 (300)	21 (210)	0,874	0,905	0,01244	0,01142
	IIIA, IIIB	1600	26 (260)	18 (180)	0,856	0,897	0,01204	0,01082
		1840	29 (290)	21 (210)	0,856	0,897	0,01234	0,01142
Т _в 65	IA, IB	1680	28,3 (283)	20 (200)	0,904	0,930	0,00968	0,00887
		1840	31 (310)	22 (220)	0,904	0,930	0,00999	0,00909
	IIA, IIB	1680	27,3 (273)	19 (190)	0,874	0,905	0,00959	0,00876
		1840	30 (300)	21 (210)	0,874	0,905	0,00982	0,00899
	IIIA, IIIB	1680	27 (270)	19 (190)	0,856	0,897	0,00959	0,00876
		1840	29 (290)	21 (210)	0,856	0,897	0,00974	0,00909
Т _в 60	IA, IB	1680	28,3 (283)	20 (200)	0,904	0,930	0,00986	0,00905
		1840	31 (310)	22 (220)	0,904	0,930	0,0101	0,00927
	IIA, IIB	1680	27,3 (273)	19 (190)	0,874	0,905	0,00966	0,00893
		1840	30 (300)	21 (210)	0,874	0,905	0,01002	0,00916
	IIIA, IIIB	1680	27 (270)	19 (190)	0,856	0,897	0,00966	0,00893
		1840	29 (290)	21 (210)	0,856	0,897	0,00993	0,00916

возможных изменений U (до 42 %). Установлено значительное увеличение жесткости пути при переходе балласта в замороженное состояние. Модуль упругости на деревянных шпалах достигает при этом 80—90 МПа (800—900 кгс/см²). Особенно ощутимо меняется жесткость пути при укладке железобетонных шпал. На щебеночном балласте в этом случае U достигает 200 МПа (2000 кгс/см²). Очевидно, что на величину модуля деформации (модуля упругости) подрельсового основания влияет степень уплотнения балласта. Все данные, приведенные в табл. 36, относятся к исправному, прошедшему длительную обкатку пути.

Если на рельс, который мы условились принимать за балку, лежащую на сплошном упругом основании, в некоторой точке O действует одиночная сосредоточенная нагрузка P (рис. 86), то для расчета этой балки можно применять формулы, известные из курса «Сопrotивление материалов».

Изгибающий момент в балке равен второй производной функции ординат изогнутой оси балки, умноженной на жесткость балки, т. е. на произведение модуля упругости материала E (для рельсовой стали $E=2,1 \cdot 10^5$ МПа $=2,1 \cdot 10^6$ кгс/см²) и момента инерции ее сечения I , см,

$$M = -EI \frac{d^2 y}{dx^2}.$$

Поперечная сила, действующая на рельс, равна третьей производной той же функции, умноженной на жесткость балки:

$$Q_p = -EI y'''.$$

Реактивный отпор упругого основания на единицу длины балки q равен четвертой производной, умноженной на жесткость:

$$q = -EI y^{IV}.$$

Вместе с тем $q = Uy$, где U — модуль упругости подрельсового основания; y — фактическая упругая осадка. Если приравнять правые части, можно получить основное линейное дифференциальное уравнение для расчета:

$$Uy = -EI y^{IV} \text{ или } y^{IV} + \frac{U}{EI} y = 0.$$

Если ввести равенство $\frac{U}{EI} = 4K^4$, то уравнение примет вид $y^{IV} + 4K^4 y = 0$, где $K = \sqrt[4]{\frac{U}{4EI}}$ — коэффициент относительной жесткости рельса и его основания.

Проинтегрировав основное дифференциальное уравнение расчета по очевидным граничным условиям (при $x = \infty$, $y \neq 0$, при

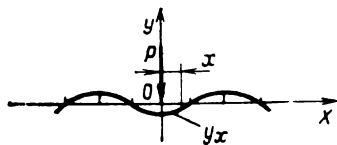


Рис. 86. Схема статического расчета рельса на прочность

$x=0, y=\max$, при $x=0, Q_p = \frac{P}{2}$), получим зависимости, которыми обычно пользуются при статическом расчете пути: изгибающий момент

$$M = \frac{P}{4K} \mu;$$

упругий прогиб в любой точке

$$y = PK/2U\eta;$$

давление на шпалу

$$Q_{ш} = ql = Uyl = U \frac{PK}{2U} l\eta = \frac{PKl}{2} \eta,$$

где l — расстояние между осями шпал; μ и η — функции безразмерных координат, получающиеся в процессе интегрирования и зависящие от величины K и расстояния x .

Одновременно это ординаты линии влияния M и Q . Для их определения имеются специальные таблицы. Вообще же

$$\mu = e^{-Kx} (\cos Kx - \sin Kx);$$

$$\eta = e^{Kx} (\cos Kx + \sin Kx),$$

где x — расстояние по длине рельса до расчетного сечения; e — основание натуральных логарифмов.

Так как на рельс обычно действует система нагрузок, то расчетные формулы примут вид:

$$M = \frac{1}{4K} \sum P_i \mu_i; \quad y = \frac{K}{2U} \sum P_i \eta_i;$$

$$Q = \frac{Kl}{2} \sum P_i \eta_i.$$

Быстрое убывание ординат μ и η позволяет принимать во внимание влияние только трех соседних осей. Причем в некоторых случаях соседние оси могут не увеличивать, а уменьшать расчетную нагрузку, как бы разгружая рельс.

31. ОСНОВЫ ДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА РЕЛЬСА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ ПУТИ

На внутризаводских путях в большинстве случаев вагонная нагрузка не меньше, а зачастую больше нагрузок от колес различных локомотивов. Если при этом учесть, что количество вагонных нагрузок (иначе, вагонных колес) заметно превышает количество нагрузок (колес) локомотивных, то очевидно, что основным преобладающим является воздействие вагона. На путях трамвая подавляющее большинство нагрузок, а на пассажирских трамвайных путях — все определяются также действием вагонных колес.

К статическому давлению колеса на рельс при движении экипажа добавляются различные дополнительные вертикальные силы, значения которых меняются по мере изменения скорости, а иногда носят просто случайный характер. Однако взять их равнодействующую — динамическое давление колеса на рельс, нельзя. Даже если принять в расчет максимальные значения составляющих, получатся такие большие напряжения, которых на практике никогда не будет.

В одном и том же месте все действующие силы одновременно не достигают наибольшего значения. А если это допустить, то придется выбирать рельс неоправданно большим сечения и все другие элементы пути брать с ненужно большим запасом прочности. Проф. М. Ф. Вериго и другие ученые-путейцы, пользуясь методами теории вероятности, нашли в случайных комбинациях действующих сил наиболее вероятное значение равнодействующей силы. Доказано, что такая сумма всех действующих на рельс вертикальных сил получится, если к среднему арифметическому значению вертикального давления колеса на рельс добавить 2,5 так называемого среднего квадратичного отклонения переменных случайных дополнительных сил, а также величину, учитывающую влияние соседних колесных нагрузок. Следовательно, динамический расчет сводится к тому, чтобы найти одну такую силу, статически нагружающую расчетное сечение, действие которой на путь было бы равнозначно динамическому воздействию всей системы нагрузок. Такая сила называется эквивалентной $P_{\text{экв}}$. В расчет вводятся два значения $P_{\text{экв}}$: $P_{\text{экв}}^I$ принимается при определении изгибающего момента, $P_{\text{экв}}^{II}$ — при вычислении упругого прогиба рельса и давления на шпалы. При динамическом расчете формулы будут выглядеть так:

$$M_{\text{дин}} = \frac{P_{\text{экв}}^I}{4K}; \quad u_{\text{дин}} = \frac{K P_{\text{экв}}^{II}}{2U};$$

$$Q_{\text{дин}} = Kl/2P_{\text{экв}}^{II}.$$

Профессор М. А. Фришман и К. Д. Белых рекомендуют для внутризаводских путей определять $P_{\text{экв}}^I$ и $P_{\text{экв}}^{II}$ следующим образом (упрощенно):

$$P_{\text{экв}}^I = P_{\text{ст}} + 0,75P_p + 2,5 \sqrt{S_p^2 + S_{\text{нп}}^2} + \Sigma P_{\text{срп}};$$

$$P_{\text{экв}}^{II} = P_{\text{ст}} + 0,75P_p + 2,5 \sqrt{S_p^2 + S_{\text{нп}}^2} + \Sigma P_{\text{срп}};$$

$$S_p = 0,08P_p; \quad S_{\text{нп}} = 0,707P_{\text{нп}};$$

$$P_{\text{нп}} = 0,8 \cdot 10^{-8} \beta \gamma P_{\text{ср}} \sqrt{\frac{Uq}{K}} v,$$

где S_p — среднее квадратичное отклонение дополнительных сил от колебания кузова на рессорах; $S_{\text{нп}}$ — то же от неровностей пути; $P_{\text{ср}}$ — среднее давление колеса на рельс ($P_{\text{ср}} = P_{\text{ст}} + 0,75 P_p$); P_p — максимальное давление от

колебаний наддрессорного строения [$P_p = KZ_{\max}$, K — жесткость рессоры, приведенная к колесу; для специальных вагонов: $K = 8700$ Н/мм (890 кгс/мм) — чугуновозы, $K = 6950$ Н/мм (708 кгс/мм) — слитковозы, $K = 3200$ Н/мм (531 кгс/мм) — четырехосный полувагон, $K = 1157$ Н/мм (118 кгс/мм) — электровоз ВЛ8 и т. д.; Z_{\max} — максимальный прогиб рессоры; для четырехосного полувагона $Z_{\max} = 2,44 + 0,0065 v^2$; для крытого $Z_{\max} = 1,9 + 0,00076 v^2$; для цистерны $Z_{\max} = 2,01 + 0,00087 v^2$; для электровоза $Z_{\max} = 10,9 + 0,0007 v^2$]; $P_{\text{нп}}$ — максимальное инерционное усилие при движении колеса по неровности пути; 0,8 — усредненный коэффициент формы неровности; β — коэффициент, учитывающий влияние типа рельса (Р65—0,85, Р50—1,0, Р43—1,1); γ — коэффициент, учитывающий род балласта (щебень — 1,0, гравий и ракушка — 1,1, песок и шлак — 1,5); l — расстояние между осями шпал, см; q — неподрессоренный вес экипажа, приходящийся на одно колесо; v — скорость движения, км/ч; K — коэффициент относительной жесткости рельса и рельсового основания; $\Sigma P_{\text{ср}\mu}$ и $\Sigma P_{\text{ср}\eta}$ — эквивалентная нагрузка, учитывающая влияние колес, смежных с расчетным.

Канд. техн. наук О. Н. Садиков, используя исследования проф. М. Ф. Вериго, предложил при расчете трамвайных путей определять расчетное вертикальное давление по формуле:

$$P_{\text{дин}}^I = P_{\text{ср}} + 2,5 \sqrt{S_{\text{р}}^2 + S_{\text{нп}}^2 + 0,95 S_{\text{ннк}}^2 + 0,055 S_{\text{нер}}^2 + S_{\text{ср}\mu}^2},$$

где $S_{\text{ннк}}$ — среднее квадратичное отклонение давления колеса на рельс от сил инерции неподрессоренных масс из-за наличия на колесе непрерывных плавных неровностей; $S_{\text{ннк}}$ — то же из-за наличия на колесе изолированных плавных неровностей; $S_{\text{нер}}$ — среднее квадратичное отклонение реакций на шпалах из-за неравноупругости пути.

Эти величины можно определить по следующим формулам:

$$S_{\text{нп}} = 0,565 \cdot 10^{-8} \beta \gamma l P_{\text{ср}} \sqrt{\frac{Uq}{K}} \cdot v;$$

$$S_{\text{ннк}} = 0,125 \cdot 10^{-4} q \frac{v^2}{d^2} \frac{U}{K};$$

$$S_{\text{нер}} = 0,167 P_{\text{ср}}; S_{\text{ннк}} = 0,5 y_{\text{max}} \frac{U}{K} a_1,$$

где d — диаметр колеса; y_{max} — максимальный дополнительный прогиб рельса, равный отношению времени, в течение которого колесо проходит длину неровности, к периоду собственных колебаний системы колесо—рельс. В наиболее неблагоприятном случае $y_{\text{max}} = 1,47$; a_1 — глубина изолированной неровности на колесе.

Для расчета прогибов и давлений на шпалу $P_{\text{дин}}^{\text{II}}$ определяется по той же формуле, но вместо μ в определении эквивалентной нагрузки подставляют η^1 .

Зная действительные величины вертикальных нагрузок, мы сможем определить напряжения в элементах пути. Напряжения в рельсах

$$\sigma_p = \frac{M_{\text{дин}}}{W} = \frac{P_{\text{экр}}^I}{4KW},$$

где W — момент сопротивления рельса.

¹ Силы, приложенные на расстоянии от расчетного сечения, близком к 3,5 м, практически не влияют на величину $P_{\text{экр}}$.

Таблица 37. Значения коэффициента f для рельсов

Радиус кривой, м	Р43			Р50			Р65		
	Полувагоны	Ситко-вазы	Чугуно-вазы	Полувагоны	Ситко-вазы	Чугуно-вазы	Полувагоны	Ситко-вазы	Чугуно-вазы
100—175	1,43	1,98	2,06	1,42	1,76	1,78	1,40	2,48	2,24
∞	1,19	1,20	1,12	1,19	1,19	1,09	1,20	1,78	1,57

Для учета действия горизонтальных сил получаемые значения умножаются на коэффициент f (табл. 37). Напряжения в рельсах трамвайных путей обычно вычисляются без этой поправки.

Прогибы рельсов под нагрузкой $y = \frac{K \cdot P_{\text{экв}}^{\text{II}}}{2U}$. Давление рельса на шпалу $P_{\text{ш}} = \frac{Kl}{2} P_{\text{экв}}^{\text{II}}$, а напряжение в шпале под подкладкой (на смятие)

$$\sigma_{\text{ш}} = \frac{P_{\text{ш}}}{\omega} = \frac{Kl}{2\omega} P_{\text{экв}}^{\text{II}},$$

где ω — площадь подкладки, см².

Предполагается при этом, что нагрузка от подкладки на шпалу передается равномерно. На самом деле это не так. Поэтому расчет будет несколько приближенным. Напряжения в балластном слое под постелью шпалы

$$\sigma_6 = \frac{Kl}{2\Omega\alpha} P_{\text{экв}}^{\text{II}},$$

где Ω — площадь полушпалы, см²; α — коэффициент изгиба шпалы.

Напряжения на основной площадке земляного полотна можно принимать с учетом их зависимости от отношения глубины залегания балласта к ширине нижней постели шпалы n ; при $n=0,5$; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 напряжения на этой глубине составят от напряжения под постелью шпалы соответственно 90, 55, 35, 30 и 25%.

Следует отметить, что в действительной оценке работы рельса и через него других элементов пути серьезное значение имеют также местные и контактные напряжения. Местные напряжения проявляются в местах резкого изменения сечения рельса, а также вследствие недостатков содержания пути. Контактные напряжения возникают в зоне непосредственного контакта колеса и рельса.

Полученные в результате расчета значения напряжений в элементах пути следует сопоставить с допускаемыми напряжениями. Имея эти данные, можно решить конкретную задачу: допустимо ли по данному пути (определенной конструкции, радиуса кривой и т. п.) движение данного подвижного состава (определенного типа, при определенной скорости и т. п.).

При прочностных расчетах пути, еще не стабилизировавшегося после его сооружения или ремонта, следует принимать уменьшенное значение модуля упругости в зависимости от пропущенного тоннажа. Так, если тоннаж не превышает 25 тыс. т брутто в год, то для песчаного балласта принимается 25—30 %, для щебеночного — 40—50 % нормативного значения U . Если тоннаж находится в пределах от 26 тыс. до 140 тыс. т брутто, то соответственно принимаются 40—60 и 75—80 %.

Иногда приходится выполнять расчеты для разового пропуска отдельных больших нагрузок. В этом случае можно пренебречь влиянием неровностей на колесах и неравноупругостью пути. Кроме того, допускаемые напряжения в таких случаях можно принимать по пределу выносливости за вычетом температурных напряжений. Если напряжения в рельсах не выйдут за пределы подсчитанного таким образом допускаемого, то давление на шпалы, балласт и основную площадку земляного полотна не ограничивают.

32. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПУТИ НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛАХ И БЕСШПАЛЬНО-БЕТОННЫХ ОСНОВАНИЯХ

При расчете на прочность пути, конструкция которого отличается от наиболее часто встречающейся (путь на упругом основании из деревянных шпал), следует учитывать некоторые особенности. Так, при железобетонных шпалах расчеты в основном ведутся теми же методами, что и при деревянных шпалах. Однако в этом случае следует учитывать, что неравномерность опирания рельсов на железобетонные шпалы из-за наличия зазоров между рельсами, прокладкой, подкладкой и шпалой ведет к неравноупругости пути. В расчет $P_{эжв}$ вводится $S_{пер}$ — среднее квадратичное отклонение реакций шпал, которое, так же как и при расчете трамвайных путей, равно $0,167 P_{ср}$. Существенно отличаются в этом случае значения U и K от их величин при деревянных шпалах. Путь на железобетонных шпалах в три-четыре раза жестче, чем на деревянных.

Законченного метода расчета пути на бесшпально-бетонных основаниях пока нет. Последние разработки рекомендуют рассматривать, в частности, блочное железобетонное подрельсовое основание как плиту постоянного поперечного сечения и как пространственную систему, лежащую на упругом основании. В основе расчета — вариационный метод расчета изгиба прямоугольных пластинок. Сделаны некоторые допущения — распределение балласта принято по схеме нормального опирания конструкции, вертикальные силы от трамвайной нагрузки считаются равными и симметричными и т. д. Сравнение методов расчета и экспериментальных данных, проведенное в АКХ, показало, что этот способ наиболее точно отражает работу железобетонных подрельсовых оснований трамвайного пути в эксплуатационных условиях.

Бетонное основание пути (А и Б) также рассматривают как балку бесконечной длины, лежащую на сплошном упругом основании. Расчетные параметры грунтов, как мы уже знаем, характеризуются их модулями деформации. Но в геологическом строении, и степень уплотнения, и влажностный режим в условиях городской улицы переменны, поэтому обычно принимают модули, указанные в инструкциях по расчету нежестких дорожных одежд. В качестве расчетного параметра, характеризующего грунт по СНиП, принимают расчетное сопротивление грунта сжатию.

Требование устойчивости: давление основания на грунт не должно превосходить расчетного сопротивления. Это требование распространено на расчеты бетонных конструкций трамвайных путей применительно к насыпным грунтам с расчетным сопротивлением сжатию от 0,05 до 0,2 МПа (от 0,5 до 2 кгс/см²). При этом в расчет вводится коэффициент уменьшения расчетного сопротивления грунта m (для сооружений, расположенных на поверхности земли $m=0,5$). В этом случае толщина плиты

$$h = 0,866 \frac{P}{b} \left(\frac{1}{R_0 R_{гр}} \right)^{1/2},$$

где P — сосредоточенная нагрузка, кг, $P = P_{ст} n$ (n — коэффициент перегрузки, равный 1,2); b — ширина плиты, см (конструктивно 220 см); R_0 — расчетное сопротивление бетона растяжению при изгибе, кгс/см² (порядка 16 для бетона марки 300); $R_{гр}$ — расчетное сопротивление грунта $R_{гр} = R_0 m$ (нормальное сопротивление грунта R_0 берется из специальных таблиц).

При этом

$$R_0 = m_1 R_n; \quad R_n = 1,7 R_p,$$

где m_1 — коэффициент условий работы (0,9); R_n — расчетное сопротивление бетона растяжению при изгибе; R_p — нормальное сопротивление растяжению, зависящее от марки бетона.

33. РАСЧЕТ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ

С точки зрения распределения нагрузок бесстыковой путь отличается от обычного наличием в рельсах значительных горизонтальных продольных сил. Возникновение этих сил связано с невозможностью рельсовых плетей изменять свою длину при изменениях температуры. Температурные напряжения, которые при этом возникают в рельсах,

$$\sigma_t = E \alpha \Delta t,$$

где E — модуль упругости рельсовой стали; α — коэффициент линейного расширения, равный $11,8 \cdot 10^{-6}$; Δt — разность между температурой, при которой определяется σ_t , и температурой закрепления рельсовой плети.

Допускаемое напряжение при этом принимается равным минимальному значению предела выносливости 320 МПа (3200 кгс/см²).

По мере увеличения сжимающей силы в рельсовых плетях может наступить потеря устойчивости путевой решетки и так называемый *температурный выброс* пути. Величина сжимающей силы, при которой это происходит, называется критической для пути

Таблица 38. Значения множителей для расчета устойчивости бесстыкового пути

В				С		D			
Балласт	Обочина	Шпальная эпора, шт/км		Тип скрепления		Рельс	Вертикальный износ рельса, мм		
		1520	1840				0	20	22
Щебень	С плечом 25 см	2,76	3,04	Костыль- ное ЖБ, ЛС-053	1,32	Т _в 65	20,2	—	18,9
	» » 45 »	3,14	3,45		1,46	Т _в 60	19,5	—	18,3
	» бордюром	3,90	4,30			P50	15,0	13,0	—
	» дорожным покрытием	6,70	7,40						
Песок	С плечом 30 см	2,47	2,72	КБ ЛС-072	1,50	P43	13,0	11,7	—
	» » 45 »	2,68	2,94		1,57				

данной конструкции. Для железнодорожных путей наибольшая сжимающая сила

$$P_0 = \frac{A}{i_0^\alpha} K_1 K_2 K_3 K_4,$$

где A и α — параметры, зависящие от типа рельсов и плана линии (для прямой при рельсах P50 $A=517$, $\alpha=0,6$; при рельсах P65 $A=583$, $\alpha=0,585$); i_0 — средний уклон начального искривления (для прямых — 2‰, для кривых — 2,5—3,0‰); K_1 — коэффициент формы искривления (1,0 и 1,1); K_2 — коэффициент, учитывающий степень уплотнения балласта (от 0,28 до 1,17 по мере повышения плотности); K_3 — коэффициент, учитывающий эпору шпал (при 1600 шт/км — 0,9, при 1840 шт/км — 1,00); K_4 — коэффициент, отражающий степень затяжки гаек клеммных болтов промежуточного скрепления (от 0,9 до 1,07).

Критическая сила с учетом коэффициента запаса $P_k = P_0/1,5$. При расчете устойчивости бесстыкового пути трамвая Ленинградский научно-исследовательский институт Академии коммунального хозяйства определяет критическую силу произведением множителей: $P_k = ABCD$, где $A=2900$, а B , C и D находятся из табл. 38. Наибольшая допускаемая сжимающая сила $P_{\text{доп}} = P_k/1,5$.

Особые требования предъявляют к прочностным характеристикам элементов рельсового пути в условиях высокоскоростного движения. Установлено, в частности, наличие зависимости между максимальной скоростью движения (v_{max} , км/ч) и массой 1 м рельса (q , кг/м): $v_{\text{max}} = 2,2 q$.

Однако на внутризаводских путях высокие скорости обычно не реализуются. Для скоростных линий трамвая выполняется по приведенным выше формулам определение напряжений в рельсах по эквивалентным нагрузкам, критической силы по условиям устойчивости и температурного интервала для закрепления рельсовых плетей.

При расчетах скоростного трамвайного движения неприменимы значения U , вычисленные по железнодорожным нагрузкам. АКХ рекомендует для щебеночного уплотненного основания прини-

мать среднюю величину U при железобетонных шпалах летом 100, зимой 200 МПа, при деревянных — летом 20, зимой 60 МПа (соответственно 1000, 2000, 200, 600 кг/см²). Если возникает необходимость рассчитать допускаемые скорости движения на перегоне, то сначала находят расчетные напряжения в элементах пути при различных скоростях и строят графики зависимости напряжений от скорости. Если расчетные напряжения оказываются ниже линии допускаемых напряжений, может быть допущено движение с максимальной конструктивной скоростью, если кривые зависимости пересекают линию допускаемых напряжений хотя бы для одного из элементов пути, скорость должна быть соответственно ограничена. В кривых участках пути, кроме допускаемых напряжений, скорость может быть ограничена и по величине непогашенного ускорения (в зависимости от радиуса кривой и возвышения наружного рельса), по сопряжению обратных кривых, по стрелочным переводам и некоторым другим дополнительным условиям.

На внутризаводских и трамвайных путях обычно скорости движения ограничиваются наличием пересечений с транспортными и пешеходными потоками, размещением остановочных пунктов, требованиями городского движения, величиной уклонов и другими местными условиями.

Контрольные вопросы

1. Какие основные допущения принимаются при расчете рельса на прочность?
2. Как при расчете осуществляется переход от статического давления колеса на рельс к динамической нагрузке?
3. Что такое температурный выброс пути?
4. Как определить допускаемую скорость движения по рельсовому пути?

Глава VII

ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАМВАЙНЫХ И ВНУТРИЗАВОДСКИХ ЛИНИЙ

34. ИЗЫСКАНИЯ И СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Внутренние железнодорожные пути промышленных и других предприятий должны проектироваться в строгом соответствии с проектами планировки и застройки промышленных узлов, зон и отдельных предприятий в увязке со схемами развития магистральных железных дорог и внешних подъездных путей, а в необходимых случаях и с учетом генеральных планов населенных пунктов. Основой для проектирования трамвайных линий является *комплексная транспортная схема города*, основанная на материалах гене-

рального плана, отчетных данных и сведениях, полученных при проведении специальных обследований. Во всех случаях проектированию новых или реконструкции существующих линий, путей, их отдельных устройств и сооружений должно предшествовать сравнение технико-экономических показателей и выбор лучшего варианта проектного решения.

Для того чтобы сравнение вариантов имело необходимую базу, прежде всего необходимо провести инженерные изыскания. Изыскания подразделяются на экономические и технические, причем первые выполняются на предварительном этапе.

Цель экономических изысканий — обосновать необходимость и целесообразность строительства линии, пути или другого объекта, наметить возможные варианты и определить их технико-экономические показатели. При такой предварительной проработке вариантов внутризаводского пути изучают грузопотоки и грузонапряженности, их неравномерности, особенности возможной трассы, предполагаемый вид тяги (электрической или тепловозной).

Проводя предварительные изыскания трамвайных линий, определяют их возможные и целесообразные направления, данные о пассажиропотоках, тип размещения пути относительно проезжей части улицы. В рамках экономических изысканий выполняется также предварительный выбор трассы или вариантов трасс. Эта задача решается по-разному. При проектировании магистральных железных дорог или большинства внешних подъездных путей, особенно на вновь строящихся предприятиях, выбор трассы сводится к свободному изысканию наиболее удобного и выгодного направления. При проектировании подъездных путей в городской черте, внутризаводских или трамвайных путей возможность выбора ограничена условиями городской планировки, застройки, размещением цехов, проездов и т. п.

Очевидно, что в любом случае наиболее экономичным оказался бы вариант, обеспечивающий минимум затрат времени на перевозку, т. е. вариант кратчайшего направления. Однако возможны случаи, когда достаточно плотно заселенные жилые районы окажутся в стороне от этого направления. Тогда оправданным может оказаться отклонение от кратчайшего пути и линия с большей строительной стоимостью будет предпочтительнее. Итоги экономических изысканий могут приниматься за исходные данные для проведения технических изысканий.

Технические изыскания в общем случае заключаются в проведении топографо-геодезических, инженерно-геологических и гидрологических работ, уточняющих наиболее целесообразное расположение проектируемой линии на карте, генеральном плане и на местности; в сборе всех данных и исходных материалов, необходимых для проектирования, в обследовании существующих объектов, а также в различных согласованиях с заинтересованными организациями. При изыскании подъездных и внутризаводских путей определяют трассу и основные элементы линии, типы и кон-

струкции элементов пути и искусственных сооружений, наличие и характеристики коммуникаций, снимают поперечные профили, намечают предварительный продольный профиль и его элементы, изучают характер грунта и уровень залегания грунтовых вод, рассчитывают стоимость строительства. Как правило, изыскания идут с максимальным использованием имеющегося съемочного материала, инструментальная съемка на месте выполняется лишь для необходимых уточнений.

При проведении технических изысканий трамвайных путей уточняют и наносят на план планировочные характеристики улиц и проездов, выбранных для трассировки линии (ширину, уклоны, характер застройки, наличие подземных коммуникаций, зеленых насаждений); корректируют или обновляют геодезическую основу трассы и всей подробной ситуации с уточнением и привязкой вертикальных отметок, нужных для составления продольного и поперечных профилей, а также для проектирования водоотвода. Для проектирования обычного трамвая или наземных участков СЛТ глубина геологических изысканий обычно ограничивается двумя метрами, для проектирования подземных участков скоростного трамвая — десятью.

Обычно разрабатывают несколько местных вариантов трассы. Сравнительную оценку им дают по стоимостным (денежным) показателям: строительной стоимости, эксплуатационным расходам, приведенным затратам, а также по некоторым натуральным и качественным показателям: общей длине линии, длине прямых и кривых участков, величине уклонов, а для трамвая еще и по наличию участков с тяжелыми условиями движения, пересечений с другими транспортными потоками, пешеходных подходов.

Вариантные разработки в ходе технических изысканий могут подтвердить или опровергнуть возможность осуществления выбранного решения. Так, например, кажущаяся оптимальной трасса самого короткого варианта может оказаться неприемлемой из-за чрезмерной величины продольного уклона, наличия перспективной застройки или естественных и искусственных рубежей: рек, оврагов, насыпей или выемок других сооружений. В этих случаях оправданными, в том числе и по денежному показателю, могут оказаться варианты большей строительной длины.

Данные для сравнения стоимостных показателей получают на этом этапе в результате проведения укрупненных расчетов по элементам затрат. Для учебных целей можно пользоваться средними (приближенными) цифрами, приведенными в табл. 39 и 40.

Ориентировочная стоимость укладки стрелочных переводов, пересечений и других отдельных объектов и обустройств пути, тыс. руб., приведена ниже:

Стрелочный перевод трамвайный (комплект)	3—4
Стрелочный перевод трамвайный с пересечением (комплект)	7—8
Стрелочный перевод железнодорожный (комплект)	6—7
Пересечение железнодорожное (комплект)	4

Контактная сеть (1 км) одиночного пути:	
на кронштейнах при железобетонных опорах	6—11
на кронштейнах при металлических опорах . . .	8—14
на растяжках при железобетонных опорах . . .	5—7
на растяжках при металлических опорах	7—12

Земляные работы в обычных грунтах (м³)	0,002
Железобетонный продольный лоток (1 м)	0,025
Пешеходный мост (1 м)	0,5
Пассажирский тоннель (1 м)	2
Путепровод (1 м)	5—6
Пассажирский павильон	14
Железобетонные трубы параметром 1,5 м (1 м) . . .	0,4
Светофор	0,2
Тупиковый упор	0,2

Т а б л и ц а 39. Основные виды эксплуатационных расходов

Статья расхода	Измеритель	Стоимость, руб.
Пробег локомотива (тепловоза) по станции или промышленной площадке	1 локомотиво-км	0,4
Простой грузового состава или маневровой подачи (без локомотива)	1 составо-ч	1,5
Маневровая работа	1 ч	5,4
Пробег трамвайного вагона	1 вагоно-км	0,28—0,33*
Полезная работа трамвайного вагона	1 пассажиро-км	0,009—0,016*
Содержание в год:		
станционных или грузовых путей	1 км	3200
стрелочного перевода железнодорожного	1 шт.	400
трамвайного пути	1 км	4000
стрелочного перевода трамвайного	1 шт.	500

* В зависимости от типа подвижного состава.

Сравнение двух вариантов по стоимостным показателям следует проводить, сопоставляя дополнительные строительные затраты на осуществление более дорогого варианта со снижением эксплуатационных расходов, которое ожидается в этом случае. Срок окупаемости T дополнительных единовременных капитальных затрат K за счет ежегодной экономии на эксплуатационных расходах C определится так

$$T = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2}.$$

Полученное значение T следует сравнить с нормативным сроком окупаемости T_n , который для железнодорожного транспорта установлен равным 8—10 годам, а для трамвая — 6—8 годам. При $T < T_n$ предпочтительнее по денежным показателям более дорогой (K_2) вариант, при $T > T_n$ следует выбрать более дешевый (K_1),

Таблица 40. Ориентировочная стоимость строительства 1 км прямого пути, тыс. руб.

Характеристика пути				Стои- мость	Характеристика пути				Стои- мость		
Рельсы	Число шпал на 1 км	Вид шпал	Вид бал- ласта		Рельсы	Число шпал на 1 км	Вид шпал	Вид балласта			
Р65	1680	ЖБ	ЩГ	115	Тв60	1520	ЖБ	ЩГ	112		
			ГП	106				ГП	103		
			КП	96				КП	103		
Р65	1680	Д	ЩГ	97	Тв60	1520	Д	ЩГ	95		
			ГП	89				ГП	87		
			КП	80				КП	78		
Р50	1520	ЖБ	ЩГ	105	Р65 с одним контр- рельсом	1680	Д	ЩГ	112		
			ГП	96				ГП	104		
			КП	87				КП	96		
Р50	1520	Д	ЩГ	89	Р50 с одним контр- рельсом	1520	Д	ЩГ	108		
			ГП	80				ГП	100		
			КП	71				КП	91		
Р43	1520	ЖБ	ЩГ	102	Р43 с одним контр- рельсом	1520	Д	ЩГ	99		
			ГП	93						ГП	91
			КП	84							
Р43	1520	Д	ЩГ	93				ГП	91		
			ГП	85						КП	82
			КП	70							
Тв60	1680	ЖБ	ЩГ	112	Тв65	1680	Д	ЩГ	118		
			ГП	103				ГП	108		
			КП	94				КП	98		
Тв60	1680	Д	ЩГ	113	Тв65	1520	Д	ЩГ	101		
			ГП	102				ГП	93		
			КП	92				КП	83		

Примечание. ЖБ — железобетонные, Д — деревянные, ЩГ — щебень, гравий, ГП — гравийно-песчаный, КП — крупнозернистый песок.

при $T=T_n$ решение принимается с учетом натуральных и качественных показателей.

Сравнение вариантов можно проводить и по годовым приведенным расходам $\mathcal{E}_п = E_n K + C$, где нормативный коэффициент эффективности $E_n = 1/T_n$. Лучшим является вариант с наименьшим значением $\mathcal{E}_п$.

При проектировании рельсовых путей необходимо руководствоваться соответствующими техническими, архитектурно-планировочными, эксплуатационными и экономическими требованиями.

Технические требования определяются необходимостью соблюдения норм, установленных соответствующими главами СНиПа, Правилами технической эксплуатации железных дорог Союза ССР (ПТЭ), Типовым положением по технической эксплуатации промышленного железнодорожного транспорта, Правилами технической эксплуатации трамвая и другими нормативными документами. Это прежде всего нормы ширины рельсовой колесной колеи, расстояния между осями смежных путей на прямых и кривых участках, основные габариты, допускаемые радиусы кривых, величины возвышения наружного рельса и некоторые другие характеристики пути, приведенные в тексте и в таблицах настоящего учебника. Кроме того, жесткие требования предъявляются и к трассировке и сопряжению кривых, особенно малых радиусов, к величине продольных уклонов и параметрам плана и профиля пути. Эти требования приводятся при изложении методов проектирования плана трассы, продольного и поперечного профилей внутризаводских и трамвайных путей.

Архитектурно-планировочные соображения диктуют необходимость проектных решений, которые позволили бы пути и его сооружениям как бы вписаться в архитектурный ансамбль промышленной или городской застройки, избежать излишнего загромождения улиц и проездов, улучшить, а не ухудшить, как иногда бывает, внешний облик улиц или заводской площадки, кроме того, путевые сооружения не должны создавать помех другим транспортным потокам, а также пешеходам.

Эксплуатационные требования к проекту рельсового пути — это прежде всего требования безусловной безопасности для пассажиров и пешеходов, а также для самого железнодорожного и трамвайного подвижного состава.

Запроектированный с учетом этих требований и построенный (или реконструированный) путь должен обеспечить возможность движения с необходимой скоростью, а также высокое качество грузовых и пассажирских перевозок (минимум затрат времени, надежность, удобство и комфорт для пассажира и поездной бригады).

Внутризаводские пути должны проектироваться таким образом, чтобы объем маневровой работы (перестановки груженых и порожних вагонов) был наименьшим, а длина грузовых фронтов (длина путей в пределах погрузочно-разгрузочных площадок) соответствовала местным условиям.

Особое значение имеют экологические требования, т. е. учет задач охраны природы еще на стадии проектирования. Важнейшие из них — сокращение площади земель, занимаемых под строительство подъездных путей и вылетных трамвайных линий; охрана воздушного бассейна от загрязняющих выбросов маневровых тепловозов, шпалопропиточных установок и т. п., а также от повышенного пылеобразования при движении трамваев по путям, совмещенным с проезжей частью улицы; борьба с шумом, особо актуальная для всех видов рельсового транспорта. Звук, издаваемый даже исправным подвижным составом, движущимся с обычной для него средней скоростью (до 40 км/ч для трамвая, до 30 км/ч для внутривозводской маневровой подачи) по исправному пути, в непосредственной близости от него может достигать 40—50 дБ и более, что в отдельных случаях даже превышает допускаемые пределы.

Снижение шума достигается уменьшением числа сборных стыков, применением амортизирующих подрельсовых прокладок, использованием шумозащитных экранов, а также высоким качеством содержания пути и подвижного состава.

Разработке проекта на строительство пути предшествует *техническое задание на проектирование*, которое выдает предприятие-владелец подъездного пути или трамвайно-троллейбусное управление города. Задание на проектирование должно включать данные о назначении линии, ее начальном, конечном и основных промежуточных пунктах, сроках строительства, источниках энергоснабжения, интенсивности движения, типах подвижного состава, роде тяги (для внутривозводских путей). В состав задания обычно входит также архитектурно-планировочное задание (АПЗ) или паспорт земельного участка, отведенного для проектирования и строительства в установленном порядке.

Поэтапная последовательность разработки проекта зависит от сложности проектируемого объекта. Новые или реконструируемые линии, внешние подъездные пути, трамвайные хозяйства, вновь создаваемые в городах, проектируют в две стадии. Вначале создается проект со сводным сметным расчетом стоимости. Его задача — уточнить на основе сравнения вариантов направление трассы, стоимость строительства и другие показатели пока без проработки деталей. На второй стадии составляется *рабочая документация*, уточняющая и детализирующая решения проекта. Менее сложные объекты, к которым относятся отдельные внутривозводские и трамвайные пути, проектируются в одну стадию — рабочий проект со сводным сметным расчетом.

Рабочий проект должен содержать: выкопировку из генерального плана города или промышленного предприятия с нанесением всех существующих линий, примыкающих к нему (в масштабе 1:2000—1:20 000); план трассы проектируемого пути в масштабе 1:500 с подробной ситуацией (красные линии застройки, здания и сооружения, наземные и подземные коммуникации, водопроводные сооружения, элементы кривых, стрелочных переводов и пе-

ресечений, а также вертикальные отметки рельефа, проезжей части, полов основных зданий); продольный профиль по оси линии (в горизонтальном масштабе 1:1000—1:2000, в вертикальном — 1:100—1:200); планировочные и рабочие поперечные профили на пикетах и в характерных сечениях (масштаб 1:100); типовые путевые конструкции в поперечном разрезе (масштаб 1:10—1:50); проекты искусственных сооружений и водоотводных устройств; разбивочные чертежи на круговые и переходные кривые; разбивочные и сборочные чертежи на стрелочные переводы и пересечения (масштаб 1:100—1:200).

В состав рабочего проекта входят также сводный сметный расчет, пояснительная записка с обоснованиями всех принятых решений, а также согласования со всеми заинтересованными организациями.

В результате этого, помимо уже упоминавшихся АПЗ и решений об отводе участков, должны быть получены согласования от городских организаций (а при строительстве на промышленной площадке — от соответствующих служб предприятия), ведающих электрическими сетями, линиями связи, водопроводом и канализацией, внешним благоустройством, а также от органов ГАИ, пожарной охраны, санитарной инспекции и т. д.

Весьма важным вопросом при проектировании рельсовых путей как внутризаводских, так и трамвайных является выбор конструкции пути. Этот выбор заключается в определении типа рельса, промежуточных креплений, варианта основания, типа шпал и их количества на 1 км, материала и размеров балластной призмы, наличия и вида дорожного покрытия. Решение принимается с учетом технологического назначения пути, интенсивности и скорости движения, нагрузок от колесной пары на рельсы и других характеристик подвижного состава, размещения пути относительно проезжей части улицы или покрытия промышленной площадки, требований внешнего благоустройства. Кроме того, на выбор влияют геологические и гидрогеологические условия, решения, принятые в процессе проектирования (продольные уклоны, радиусы кривых), местные условия объекта, а также результаты сравнения по годовым приведенным затратам.

35. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА ТРАССЫ

План трассы в рабочем проекте выполняется дважды: на генеральном плане города или промышленной площадки одной или двумя линиями, обозначающими соответственно ось междупутья или оси одиночных путей, и на плане самого рельсового пути, где отдельной линией изображается каждая рельсовая нить. План определяет направление пути, его кривизну, характер сопряжения отдельных его участков.

Любая трасса в плане представляет собой чередование прямых и криволинейных участков. Кривые появляются при необходи-

мости изменить направление трассы в зависимости от относительного расположения заводских цехов, размещения городской застройки, положения улиц и проездов. Устройство кривых участков может быть также вызвано необходимостью обойти препятствия по ходу трассы, уменьшить стоимость строительства за счет сокращения объема земляных работ или работ по искусственным сооружениям, а также очертаниями плана станционных, деповских и аналогичных путей. Как правило, следует стремиться к наибольшей величине радиуса кривой, но обычно условия генерального плана города или предприятия ограничивают эту возможность. Применение малых радиусов и особенно радиусов меньше рекомендуемых должно быть обосновано, так как экономия на стоимости строительства может оказаться меньше дополнительных расходов на эксплуатацию таких кривых.

На трамвайных путях круговые кривые также должны иметь возможно большие радиусы. Наименьший радиус устанавливается для скоростного трамвая — 300 м, для обычного (на перегонах) — 30 м, для конечных станций, грузовых и деповских путей — 20 м. В стесненных условиях, когда применение этих норм вызывает необходимость сноса зданий и сооружений, а также существенное увеличение объемов строительных работ, допускаются радиусы соответственно не менее 100, 20 и 18 м. Величина радиуса не может назначаться произвольно, шаг ее изменения устанавливается следующим образом: от 18 до 34 м — через 1 м; от 35 до 80 — через 5; от 81 до 200 — через 10; от 201 до 1000 — через 50 и свыше 1000 м — через 100 м. Отступления от этих требований возможны лишь в пределах стрелочных переводов, пересечений и ограниченных ими узлов. Длина круговых кривых, опять-таки за

Рис. 87. Элементы круговой кривой

исключением кривых в узлах, должна быть не менее 8 м. Более короткие кривые не обеспечивают плавность движения.

Основными элементами круговой кривой являются (рис. 87) четыре опорные точки (центр кривой O , начало кривой $НК$, конец кривой $КК$, вершина угла поворота A), угол поворота Y_n , три линейных отрезка (радиус кривой R , тангенс T , биссектриса B) и собственно кривая S_k . Тангенсом называется отрезок касательной к кривой в точке $НК$ ($КК$) от $НК$ ($КК$) до вершины угла поворота, биссектриса есть отрезок продолжения радиуса, делящего пополам угол поворота Y_n , ограниченный кривой и вершиной угла.

Размеры элементов кривой, кроме опорных точек, могут быть определены по следующим формулам:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{Y_n}{2}; \quad S_k = \frac{2\pi R}{360} Y_n = \frac{\pi R}{180} Y_n;$$

$$R = \frac{T}{\operatorname{tg} \frac{Y_n}{2}}; \quad B = \sqrt{T^2 + R^2} - R.$$

Радиусы кривых на внутризаводских путях измеряются от центра кривой до оси пути, на путях трамвая — от центра до рабочей грани внутреннего рельса. На практике значения элементов кривых не рассчитываются, а принимаются по специальным таблицам.

При трассировании кривых участков пути могут встретиться два варианта их сочетаний: две соседние кривые направлены в одну сторону, две соседние кривые направлены в разные стороны (обратные кривые). Такие соседние кривые еще называют зависимыми, так как каждая из них оказывает влияние на условия движения по другой. Дело в том, что в этом случае экипаж входит в кривую, когда еще не стабилизировались колебания, возникшие при движении по предыдущей кривой. Чтобы при этих условиях

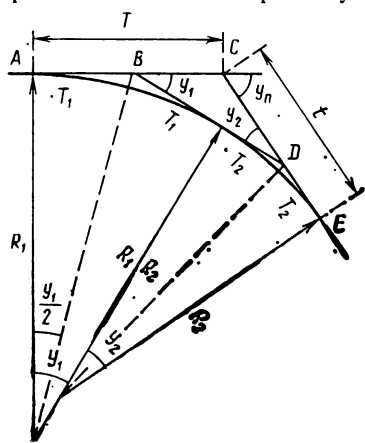


Рис. 88. Сопряжение круговых кривых разных радиусов

обеспечить необходимую плавность при движении подвижного состава, между обратными кривыми устраивают прямые вставки. На внутризаводских путях длина прямой вставки должна быть 30 м при поездном движении и не менее 20 м при маневровом, хотя в стесненных условиях разрешается не предусматривать такие вставки. На путях трамвая при радиусах 100 м и менее длина прямой вставки должна быть не менее 15 м на скоростных линиях и не менее 7 м на обычных. В стесненных условиях допускаются прямые вставки до 7 и 4 м соответственно.

Кривые, направленные в одну сторону, лучше заменять общей кривой, проектируя так называемые сопряженные кривые (рис. 88). При расчете сопряженных кривых задаются или принимаются по данным изысканий следующие значения: угол поворота линии Y_n , угол поворота первой кривой Y_1 , угол поворота второй кривой Y_2 , радиусы сопрягаемых кривых R_1 и R_2 .

Расчет в этом случае сводится к определению тангенсов сопрягаемых кривых T_1 и T_2 , а также большого (T) и малого (t) тангенсов общей кривой. Из треугольников, образованных элементами кривых, можно определить:

$$T_1 = R_1 \operatorname{tg} \frac{Y_1}{2}; \quad T_2 = R_2 \operatorname{tg} \frac{Y_2}{2}.$$

Из чертежа видно, что $T = AB + BC$, а $t = CD + DE$. Если $AB = T_1$, а $DE = T_2$, то BC и CD можно определить из рассмотрения треугольников BCD . Опираясь на известную теорему синусов, установим, что $BC = \frac{BD \sin Y_2}{\sin Y_n}$, а $CD = \frac{BD \sin Y_1}{\sin Y_n}$. Тогда,

так как $BD = T_1 + T_2$,

$$T = T_1 + \frac{(T_1 + T_2) \sin Y_2}{\sin Y_n}; \quad t = T_2 + \frac{(T_1 + T_2) \sin Y_1}{\sin Y_n}.$$

Трамвайные линии обычно проектируются двухпутными. Если радиус кривой не требует увеличения ширины междупутья, то кривые по обоим путям линий устраивают *концентрическими* (имеющими общий центр). При этом радиусы кривых внешнего и внутреннего путей различаются на величину междупутья. Если же ширина междупутья в кривой должна быть увеличена, то возможны две схемы решения задачи. Кривые могут быть описаны равными радиусами из разных центров (рис. 89, а). В этом случае смещение начала или конца наружной кривой относительно внутренней (забег) определится как $x = AB = m \operatorname{tg} \frac{Y_n}{2}$, где m — ширина междупутья, измеренная между осями путей.

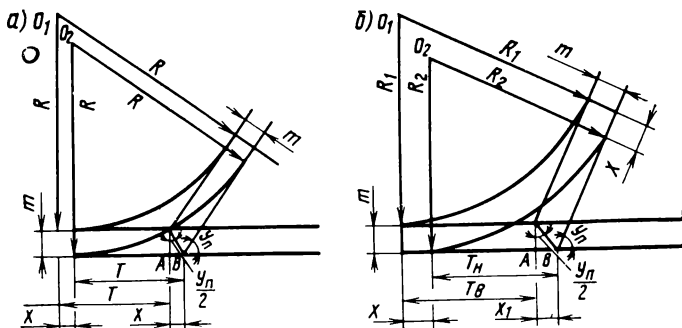


Рис. 89. Трассировка кривых одного радиуса из разных центров (а); разных радиусов из разных центров (б)

Кривые могут быть описаны разными радиусами из разных центров (при этом радиус внутренней кривой должен быть больше). В этом случае (рис. 89, б) $x = x_1 + T_{\text{в}} - T_{\text{н}} = m \operatorname{tg} \frac{\gamma_{\text{п}}}{2} + (T_{\text{н}} - T_{\text{в}})$, где $T_{\text{н}}$ и $T_{\text{в}}$ — тангенсы соответствующих кривых, а $x_1 = AB$.

Не всегда бывает удобна расчетная проверка соблюдения в кривых габаритного зазора между вагонами в условиях изменяющегося междупутья. Проще проверить это условие графически. Нужно в масштабе вычертить оси запроектированных путей и отдельно вырезать габаритное очертание вагона с указанием положения тележечных шкворней. Передвигая этот шаблон по путям так, чтобы шкворни все время оставались на оси пути, можно очертить габаритные полосы для наружного и внутреннего путей и определить фактический зазор между ними.

Изменение кривизны пути от нуля до весьма значительных величин при переходе значений радиусов от бесконечности (прямая) до малых величин в кривых, обычных для внутризаводских и трамвайных путей, бывает достаточно резким. Чтобы смягчить этот переход и сделать более плавным движение экипажа между прямым участком и круговой кривой, устраиваются переходные кривые. В пределах переходной кривой кривизна, радиус и связанные с особенностями движения по кривой силовые факторы изменяются постепенно. В этих же пределах плавно меняется ширина колеи и осуществляется возвышение наружного рельса.

На внутризаводских путях переходные кривые должны применяться при радиусе круговой кривой менее 600 м, если скорость движения составляет 25—40 км/ч, и при радиусе круговой кривой менее 200 м, если скорость движения менее 25 км/ч. Лишь в особо сложных условиях и при этих значениях скоростей и радиусов допускается не предусматривать переходные кривые.

На путях скоростного трамвая переходные кривые устраиваются при круговых кривых радиусом 1000 м и менее, на путях обычного трамвая — 100 м и менее.

В зависимости от радиуса круговой кривой и скорости движения поездов устанавливается наименьшая длина переходной кривой.

На внутризаводских путях переходные кривые чаще всего очерчиваются по *радиоидальной спирали* (клотоиде) или по *кубической параболе*. Применение кубической параболы ограничено рядом условий. Она дает достаточную точность, если угол поворота на протяжении переходной кривой $\gamma_{\text{пк}} \leq 24^\circ 5' 41''$, а конечный радиус переходной кривой $R \geq 1,6 C^5/9$, где C — параметр переходной кривой, определяемый по разбивочным таблицам ($C = Rl_0$, где l_0 — длина переходной кривой).

Уравнение радиоидальной спирали в прямоугольных координатах имеет вид

$$y = \frac{x^3}{6C} \left(1 + \frac{2x^4}{35C^2} + \frac{293}{237\,000} \frac{x^8}{C^4} + \dots \right).$$

Если принять $x \approx l_0$ и ввиду быстрой сходимости ряда ограничиться его первым членом, то $y = \frac{x^3}{6C} = \frac{l_0^3}{6C}$. Полученное выражение есть уравнение кубической параболы.

На трамвайных путях, а иногда и на внутризаводских с невысокими скоростями движения, переходная кривая выполняется по приближенной составной спирали. В этом случае кривизна изменяется ступенчато, а сама переходная кривая состоит из отдельных круговых дуг постепенно уменьшающегося радиуса.

Центральные углы переходной кривой, соответствующие круговым дугам, равномерно увеличиваются на величину начального угла. Таким образом,

$$\begin{aligned}\alpha_2 &= \alpha_1 + \alpha_1 = 2\alpha_1; \\ \alpha_3 &= \alpha_2 + \alpha_1 = 3\alpha_1; \\ &\dots \dots \dots \\ \alpha_n &= \alpha_{n-1} + \alpha_1 = n\alpha_1.\end{aligned}$$

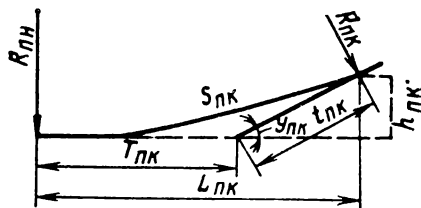
Точно так же равномерно увеличиваются и длины дуг, соответствующие центральным углам. Таким образом, углу α_1 соответствует дуга S_1 и радиус R_1 , углу α_2 —дуга $S_2=2S_1$ и радиус R_2 и т. д. Зная, что радиусы круговых дуг уменьшаются обратно пропорционально нарастающей от начала длине переходной кривой, можно установить, что

$$\begin{aligned}\frac{R_2}{R_1} &= \frac{S_1}{2S_1} = \frac{1}{2} \quad \text{или} \quad R_2 = \frac{R_1}{2}; \\ \frac{R_3}{R_1} &= \frac{S_1}{3S_1} = \frac{1}{3} \quad \text{или} \quad R_3 = \frac{R_1}{3}; \\ &\dots \dots \dots \\ \frac{R_n}{R_1} &= \frac{S_1}{nS_1} = \frac{1}{n} \quad \text{или} \quad R_n = \frac{R_1}{n}.\end{aligned}$$

Углы поворота, соответствующие определенной части переходной кривой (сумме элементарных круговых дуг), равны сумме соответствующих центральных углов:

Рис. 90. Элементы переходной кривой:

$\mathcal{U}_{\text{пк}}$ — угол поворота переходной кривой;
 $T_{\text{пк}}$ — большой тангенс переходной кривой;
 $t_{\text{пк}}$ — малый тангенс переходной кривой;
 $S_{\text{пк}}$ — длина переходной кривой;
 $R_{\text{пн}}$, $R_{\text{пк}}$ — начальный и конечный радиусы переходной кривой; $L_{\text{пн}}$, $h_{\text{пк}}$ — текущие значения координат переходной кривой



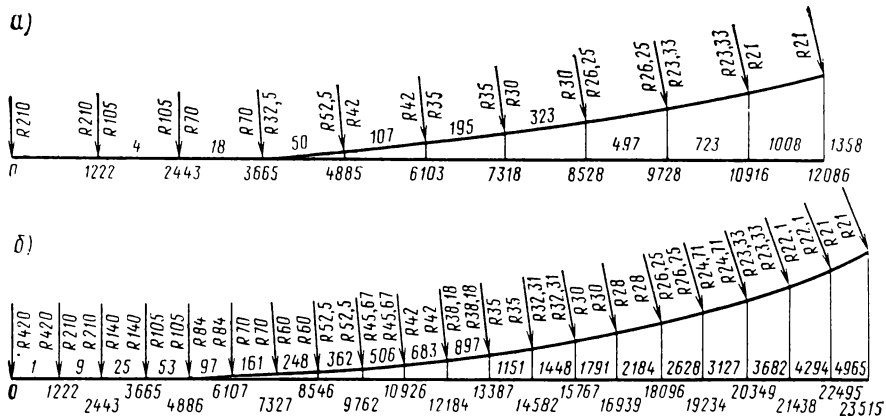


Рис. 91. Переходные кривые с начальным радиусом 210 м (а) и 420 м (б)

Таблица 41. Элементы переходной кривой с начальным радиусом 210 м

$R_{ПК}$, м	$У_{ПК}$	$T_{ПК}$, мм	$t_{ПК}$, мм	$S_{ПК}$, мм	$L_{ПК}$, мм	$h_{ПК}$, мм	$R_{ПК}$, м	$У_{ПК}$	$T_{ПК}$, мм	$t_{ПК}$, мм	$S_{ПК}$, мм	$L_{ПК}$, мм	$h_{ПК}$, мм
210	0°20'	611	611	1222	1222	4	35	7°	4688	2650	7332	7318	323
105	1°	1429	1014	2444	2443	18	30	9°20'	5503	3066	8554	8528	497
70	2°	2244	1421	2666	3665	50	26,25	12°	6329	3476	9776	9728	723
52,5	3°20'	3057	1832	4788	4885	107	23,33	15°	7155	3893	10998	10916	1008
42	5°	3871	2241	6110	6103	195	21	18°20'	7988	4318	12220	12086	1358

Таблица 42. Элементы переходной кривой с начальным радиусом 420 м

$R_{ПК}$, м	$У_{ПК}$	$T_{ПК}$, мм	$t_{ПК}$, мм	$S_{ПК}$, мм	$L_{ПК}$, мм	$h_{ПК}$, мм	$R_{ПК}$, м	$У_{ПК}$	$T_{ПК}$, мм	$t_{ПК}$, мм	$S_{ПК}$, мм	$L_{ПК}$, мм	$h_{ПК}$, мм
420	0°10'	611	611	1222	1222	1	38,18	11°	8775	4699	13439	13387	897
210	0°30'	1446	997	2443	2443	9	35	13°	9598	5115	14691	14582	1151
140	1°	2252	1413	3665	3665	25	32,31	15°10'	10428	5534	15882	15767	1448
105	1°40'	3061	1826	4887	4886	53	30	17°30'	11258	5957	17104	16939	1791
84	2°30'	3873	2236	6109	6107	97	28	20°	12096	6386	18326	18096	2184
70	3°30'	4688	2645	7330	7327	161	25,25	22°40'	12940	6821	19548	19234	2628
60	4°40'	5502	3094	8552	8546	248	24,71	25°30'	13794	7263	20769	20349	3127
52,5	6°	6318	3463	9774	9762	362	23,33	28°30'	14637	7716	21991	21438	3682
46,67	7°30'	7135	3874	10995	10976	906	22,1	31°40'	15933	8179	23213	22495	4294
42	9°10'	7954	4285	12217	12184	663	21	35°	16424	8636	24435	23515	4965

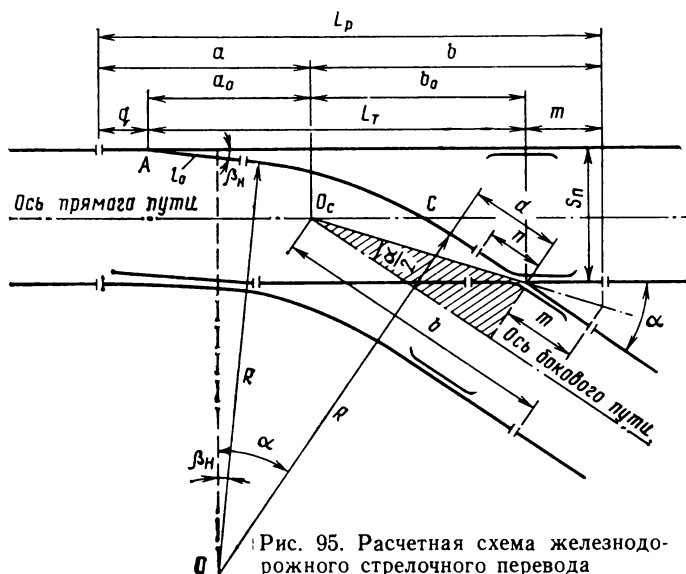


Рис. 95. Расчетная схема железнодорожного стрелочного перевода

ся к определению геометрических размеров перевода в целом и основных его элементов. Для железнодорожных стрелок расчет начинается с нахождения длины остряка, рамного рельса и крестовины, а также величины стрелочного угла и некоторых других размеров.

При проектировании путей эти работы обычно не выполняются, а все необходимые данные берутся из паспортных характеристик. Это понятно, так как все детали стрелочных переводов выпускаются типовыми. Зная размеры элементов или задаваясь ими, можно определить основные геометрические размеры стрелочного перевода в целом. Для железнодорожного стрелочного перевода с прямыми крестовинами расчет выполняют следующим образом (рис. 95).

Наружная нить бокового пути от начала остряка до математического центра крестовины проектируется на вертикальную и горизонтальные оси, при этом получают два уравнения:

$$l_0 \cos \beta_n + R (\sin \alpha - \sin \beta_n) + d \cos \alpha = L_r;$$

$$l_0 \sin \beta_n + R (\cos \beta_n - \cos \alpha) + d \sin \alpha = S_n,$$

где l_0 — длина остряка; β_n — начальный угол остряка; R — радиус переводной кривой; α — угол крестовины (угол пересечения рабочих граней сердечника); d — прямая вставка (расстояние от конца переводной кривой до математического центра крестовины); L_r — теоретическая длина стрелочного перевода (от начала остряка до математического центра крестовины); S_n — ширина колен в крестовине.

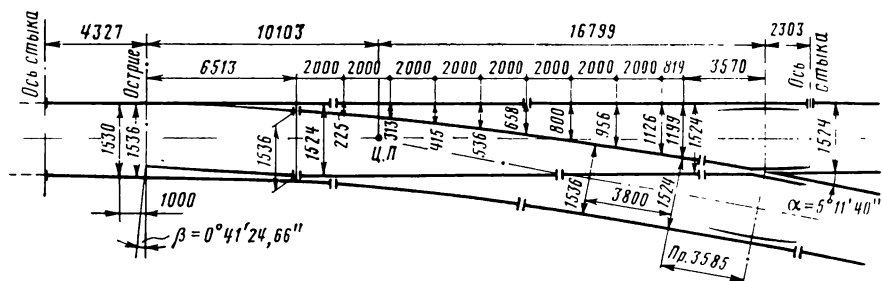


Рис. 96. Эпюра железнодорожного стрелочного перевода типа Р50 марки 1/11 (без раскладки шпал и брусьев)

По этим уравнениям определяют необходимые значения, причем полная длина перевода

$$L_{\text{п}} = L_{\text{т}} + q + m,$$

где q — передний вылет рамного рельса; m — длина хвостовой части крестовины.

Затем вычисляют осевые размеры стрелочного перевода, необходимые для его непосредственной разбивки:

$$b = \frac{S_{\text{п}}}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} + m; \quad a = L_{\text{п}} - b; \quad a_0 = a - m; \quad b_0 = b - q,$$

где a — расстояние от переднего стыка рамных рельсов до центра стрелочного перевода по оси прямого пути; b — расстояние от центра стрелочного перевода до хвостового стыка крестовины по оси прямого (бокового) пути; a_0 — расстояние от центра перевода до начала острьяков по оси прямого пути; b_0 — расстояние от центра перевода до математического центра крестовины по оси прямого (бокового) пути.

После этого находят ординаты переводной кривой, длины отдельных рельсов и komponуют эпюру стрелочного перевода.

Эпюра стрелочного перевода — схематический чертеж в масштабе 1:500 или 1:100, по которому на месте выполняют разбивку и укладку перевода. На эпюре указываются все принятые и полученные расчетом расстояния, размеры деталей, ширина колеи, а также расположение брусьев и шпал (рис. 96).

Важным элементом стрелочного перевода, который не предусматривается эпюрой, является *предельный столбик*. Это бетонный или металлический (может быть кусок рельса) столбик, устанавливаемый в междупутье за крестовиной там, где расстояние между осями путей достигает установленной величины. Столбик ограничивает полезную длину путей, в пределах которой может безопасно из условия соблюдения габаритов устанавливаться подвижной состав. Основные эпюрные размеры наиболее употребительных железнодорожных переводов приведены в табл. 43.

Рассмотрим более подробно расчетные схемы для построения эпюр трамвайных стрелочных переводов, основанных на анало-

Таблица 43. Основные размеры одиночных железнодорожных стрелочных переводов, м

Тип рельсов	Марка крестовины	Угол крестовины	Радиус переводной кривой по оси пути	Расстояние			Полная длина перевода L_n
				от стыка рамного рельса до начала острейка q	от стыка рамного рельса до центра перевода a	от центра перевода до заднего стыка крестовины b	
P65	1/11	5°11'40"	299,24	2,77	14,02	19,35	33,37
P65	1/9	6°20'25"	199,24	2,77	15,19	15,85	31,04
P65	1/7	8°07'48"	116,34	0,7	10	12,41	22,41
P50	1/11	5°11'40"	296,5	4,33	14,43	19,10	33,53
P50	1/9	6°20'25"	199,24	4,33	15,42	15,64	31,06
P50	1/7	8°07'48"	114,64	0,7	10,09	12,32	22,41
P43	1/11	5°11'40"	296,5	4,33	14,43	19,10	33,53
P43	1/9	6°20'25"	199,24	4,33	15,42	15,64	31,06
P43	1/7	8°07'48"	117,13	0,78	10,09	12,32	22,41
P43	1/6	9°27'45"	132,54	0,7	8,64	10,73	19,37

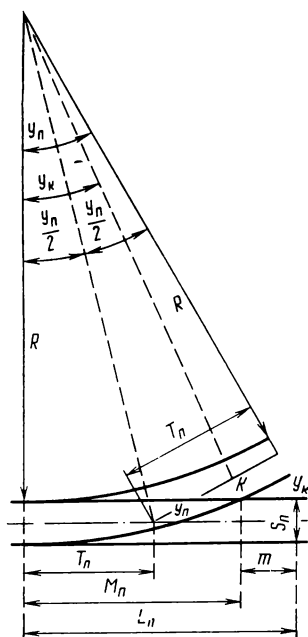


Рис. 97. Расчетная схема трамвайного стрелочного перевода, описанного по круговой кривой одного радиуса

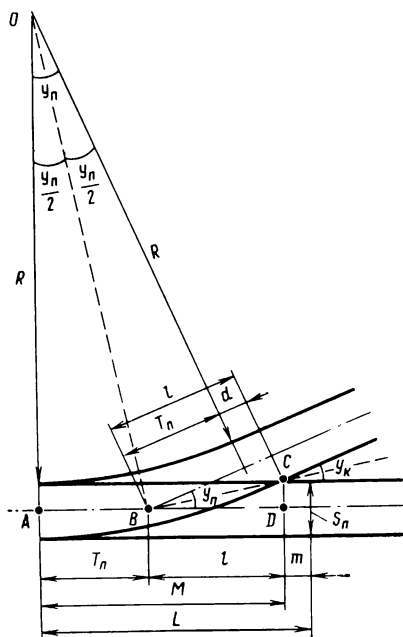


Рис. 98. Расчетная схема трамвайного стрелочного перевода с прямой крестовиной

гичных закономерностях. Следует иметь в виду, что в практике этих расчетов приняты обозначения и термины, несколько отличающиеся от тех, которые применяются в расчетах железнодорожных стрелочных переводов. Стрелочный перевод, описанный по круговой кривой одного радиуса (рис. 97), рассчитывается исходя из заданного или принятого при трассировке линии радиуса перевода (по внутренней рельсовой нити) R , известной ширины колеи S_n , длины хвостовой части (хвоста) крестовины m . Расчет ведется в следующем порядке:

определяют угол крестовины Y_k через $\cos Y_k = R/(R+S_n)$, а затем расстояние от начала стрелки до математического центра крестовины по прямой

$$M_n = \sqrt{(R+S_n)^2 - R^2} = \sqrt{S_n(2R+S_n)}$$

и полную длину стрелочного перевода по прямой

$$L_n = M_n + m;$$

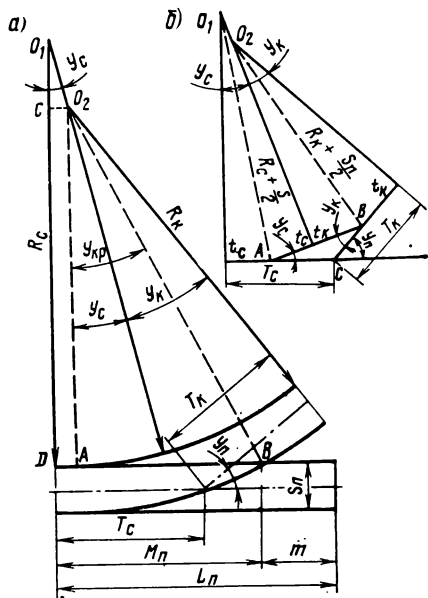
находят угол поворота стрелочного перевода

$$Y_n = Y_k + \frac{360}{2\pi(R+S_n)} m;$$

определяют длину тангенса кривой, по которой описан перевод,

$$T_n = \left(R + \frac{S_n}{2}\right) \operatorname{tg} \frac{Y_n}{2}.$$

Вычисляют расстояние от начала стрелки до математического центра крестовины по кривой



$$M_k = \frac{2\pi(R+S_n)}{360} Y_k.$$

Стрелочный перевод с прямой крестовиной (рис. 98) рассчитывается аналогично. Разница лишь в том, что, как видно из рисунка, R — радиус не кривой, по которой описан весь перевод, а лишь радиус (общий) стрелки и переводной кривой также по внутренней нити. В этом случае из паспорта крестовины берется не только m , но и Y_k — угол крестовины. Известна за-

Рис. 99. Расчетные схемы трамвайного стрелочного перевода, описанного по круговым кривым двух радиусов:

a — схема для общего расчета; *б* — схема для расчета тангенсов

ранее также ширина колеи и в стрелочном переводе S_{π} .

Очевидно, что $Y_{\pi} = Y_{\kappa}$. Определяем:

тангенс переводной кривой T_{π} из $\triangle AOB$

$$T_{\pi} = \left(R + \frac{S_{\pi}}{2} \right) \operatorname{tg} \frac{Y_{\pi}}{2};$$

расстояние от вершины угла поворота до математического центра крестовины l из $\triangle BCD$

$$l = \frac{S_{\pi}}{2 \operatorname{tg} \frac{Y_{\pi}}{2}};$$

расстояние от начала стрелки до математического центра крестовины

$$M = T_{\pi} + l = \left(R + \frac{S_{\pi}}{2} \right) \operatorname{tg} \frac{Y_{\pi}}{2} + \frac{S_{\pi}}{2 \operatorname{tg} \frac{Y_{\pi}}{2}};$$

прямую вставку a (расстояние между концом кривой и математическим центром крестовины)

$$a = l - T_{\pi} = \frac{S_{\pi}}{2 \operatorname{tg} \frac{Y_{\pi}}{2}} - \left(R + \frac{S_{\pi}}{2} \right) \operatorname{tg} \frac{Y_{\pi}}{2}.$$

Полная длина перевода

$$L = M + m.$$

Иначе определяются элементы эпюры стрелочного перевода, описанного по круговым кривым двух разных радиусов: R_c — в пределах стрелки (по внутренней нити) и R_{κ} — в пределах переводной кривой и крестовины (также по внутренней нити). Кроме радиусов, в этом случае должны быть известны S_{π} , m и задан угол поворота стрелки Y_c . Определяем (рис. 99, а) из $\triangle O_2AB$

$$\cos Y_{\kappa p} = \frac{R_c - (R_c - R_{\kappa}) \cos Y_c}{R_{\kappa} + S_{\pi}}$$

и через значения косинуса угол кривой $Y_{\kappa p}$.

Далее находим M_{π} — расстояние от начала стрелки D до математического центра крестовины B :

$$M_{\pi} = O_2C + AB.$$

Из $\triangle O_1CO_2$

$$O_2C = (R_c - R_{\kappa}) \sin Y_c,$$

а из $\triangle AO_2B$

$$AB = (R_{\kappa} + S_{\pi}) \sin Y_{\kappa p}.$$

Тогда

$$M_{\pi} = (R_c - R_{\kappa}) \sin Y_c + (R_{\kappa} + S_{\pi}) \sin Y_{\kappa p}.$$

Определяются углы крестовины Y_k через значения их косинусов

$$\begin{aligned}\cos Y_{k_1} &= \frac{R}{R+S_{\Pi}}; & \cos Y_{k_2} &= \frac{R-S_M}{R}; & \cos Y_{k_3} &= \frac{R-S_M}{R+S_{\Pi}}; \\ \cos Y_{k_4} &= \frac{R-(S_{\Pi}+S_M)}{R}; & \cos Y_{k_5} &= \frac{R-(S_{\Pi}+S_M)}{R+S_{\Pi}}\end{aligned}$$

и расстояния от начала стрелки до математических центров M отдельно для каждой из пяти крестовин узла (из соответствующих треугольников):

$$\begin{aligned}M_1 &= \sqrt{(R+S_{\Pi})^2 - R^2} = \sqrt{S_{\Pi}(2R+S_{\Pi})}; \\ M_2 &= \sqrt{R^2 - (R-S_M)^2} = \sqrt{S_M(2R-S_M)}; \\ M_3 &= \sqrt{(R+S_{\Pi})^2 - (R-S_M)^2} = \sqrt{S_{\Pi}(2R+S_{\Pi}) + S_M(2R-S_M)}; \\ M_4 &= \sqrt{R^2 - (R-S_{\Pi}-S_M)^2} = \sqrt{(S_{\Pi}+m)[2R-(S_{\Pi}+S_M)]}; \\ M_5 &= \sqrt{(R+S_{\Pi})^2 - (R-S_{\Pi}-S_M)^2} = \sqrt{(2S_{\Pi}+S_M)(2R-S_M)}.\end{aligned}$$

Затем вычисляются:

угол поворота стрелочного перевода

$$Y_{\Pi} = Y_{k_5} + \frac{360}{2\pi(R+S_{\Pi})}m;$$

длина тангенсов перевода

$$T = \left(R + \frac{S_{\Pi}}{2}\right) \operatorname{tg} \frac{Y_{\Pi}}{2};$$

полная длина стрелочного перевода

$$L_{\Pi} = M_5 + m.$$

Эпюры других разновидностей стрелочных переводов рассчитываются аналогично. Также решением элементарных треугольников определяются элементы эпюр глухих пересечений.

Например, эпюра прямолинейного пересечения (рис. 101) рассчитывается следующим образом. Исходя из данных значений S_{Π} , S_M и Y_{Π} (здесь угла пересечения) определяются расстояния между математическими центрами крестовин по рельсовым нитям внутри колеи L_c .

Из треугольника ABK $L_c = AB = \frac{S_{\Pi}}{\sin Y_{\Pi}}$. По подобию аналогично образованных треугольников

$$AB = CD = A'B' = C'D' = L_c = \frac{S_{\Pi}}{\sin Y_{\Pi}}.$$

Также определяем расстояния между математическими центрами крестовин в междупутье:

$$L_M = BC = B'C' = \frac{S_M}{\sin Y_{\Pi}}.$$

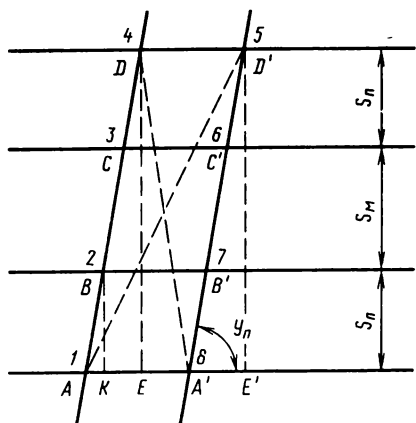


Рис. 101. Расчетная эпюра прямолинейного пересечения

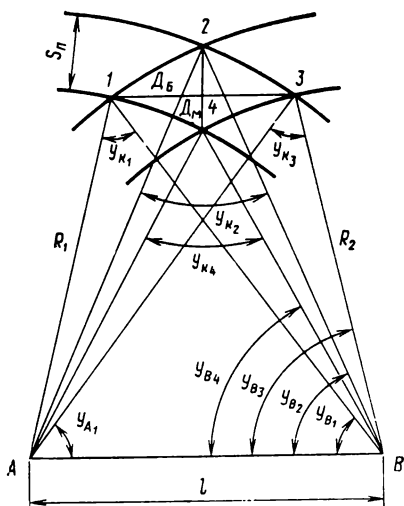


Рис. 102. Расчетная эпюра криволинейного пересечения

Длина большей диагонали пересечения D_6 находится из $\triangle AD'E'$ как его гипотенуза:

$$D_6 = AD' = \sqrt{(D'E')^2 + (A'E' + AA')^2} = \\ = \sqrt{(2S + S_m)^2 + \left[(2S + S_m) \operatorname{ctg} \gamma_n + \frac{S_n}{\sin \gamma_n} \right]^2} \quad (\text{при } AA' = L_c).$$

Длина малой диагонали D_m определяется из $\triangle A'ED$:

$$D_m = A'D = \sqrt{DE^2 + [AA' - A'E]^2} = \\ = \sqrt{(2S + S_m)^2 - \left[\frac{S_n}{\sin \gamma_n} - (2S_n + S_m) \operatorname{ctg} \gamma_n \right]^2}$$

Несколько сложнее расчет эпюры криволинейного пересечения (рис. 102). Известны R_1 и R_2 (радиусы пересекающихся путей по внутренним нитям), а также l — расстояние между центрами кривых. Необходимо определить углы всех четырех крестовин $\gamma_{k1}, \gamma_{k2}, \gamma_{k3}, \gamma_{k4}$, длины большой и малой диагоналей пересечения D_6 и D_m , а также расстояния между математическими центрами всех крестовин по рельсовым нитям.

Из анализа эпюры видно, что четыре треугольника $A1B$, $A2B$, $A3B$, $A4B$ имеют общее основание AB , так называемый базис l . Угол, противолежащий базису, равен углу крестовины, так как он образован перпендикулярами к рельсовым нитям в точке их пересечения. Его величину можно найти из известных тригонометрических зависимостей угла от длины сторон треугольника:

$$\operatorname{tg} \frac{y_{\kappa_1}}{2} = \sqrt{\frac{(P_1 - R_1)(P_1 - R_2 - S_n)}{P_1(P_1 - l)}},$$

где

$$P_1 = \frac{(R_2 + S_n) + R_1 + l}{2};$$

$$\operatorname{tg} \frac{y_{\kappa_2}}{2} = \sqrt{\frac{(P_2 - R_2 - S_n)(P_2 - R_1 - S_n)}{P_2(P_2 - l)}},$$

$$\text{где } P_2 = \frac{(R_2 + S_n) + (R_1 + S_n) + l}{2};$$

$$\operatorname{tg} \frac{y_{\kappa_3}}{2} = \sqrt{\frac{(P_3 - R_2)(P_3 - P_1 - S_n)}{P_3(P_3 - l)}},$$

где

$$P_3 = \frac{R_2 + (R_1 + S_n) + l}{2};$$

$$\operatorname{tg} \frac{y_{\kappa_4}}{2} = \sqrt{\frac{(P_4 - R_1)(P_4 - R_2)}{P_4(P_4 - l)}},$$

где

$$P_4 = \frac{R_2 + R_1 + l}{2}.$$

Из треугольника $1B3$ можно найти D_6 как сторону $1-3$ по известным двум другим сторонам и углу между ними:

$$D_6 = \sqrt{(R_2 + S_n)^2 + R_2^2 - 2(R_2 + S_n)R_2 \cos y_{B(1-3)}}.$$

Аналогично из треугольника $2A4$ находим

$$D_m = \sqrt{R_2^2 + (R_2 + S_n)^2 - 2R_2(R_2 + S_n) \cos y_{B(2-4)}}.$$

Расстояния между математическими центрами крестовин по рельсовым нитям есть дуги, на которые опираются соответствующие центральные углы, образованные радиусами кривых:

$$(1-2) = \frac{2\pi(R_2 + S_n)}{360} y_{B(1-2)};$$

$$(2-3) = \frac{2\pi(R_1 + S_n)}{360} y_{A(2-3)};$$

$$(3-4) = \frac{2\pi R_2}{360} y_{B(3-4)};$$

$$(4-1) = \frac{2\pi R_1}{360} y_{A(4-1)}.$$

В свою очередь, углы, опирающиеся на дуги, находятся аналогично определению углов крестовин и из тех же треугольников.

Величину каждого угла находим, зная тригонометрическую формулу тангенсов половины угла, определяемого по трем известным сторонам треугольника. Так, например,

$$y_{B(1-2)} = y_{B_2} - y_{B_1};$$

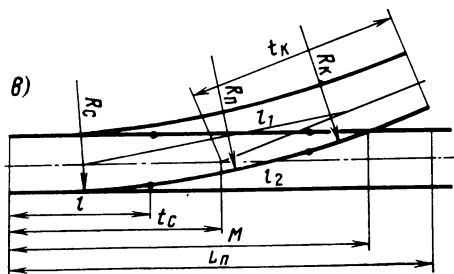
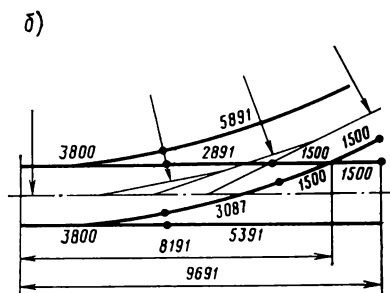
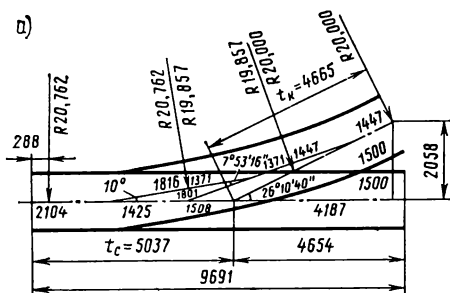


Рис. 103. Эпюры трамвайных стрелочных переводов

$$\operatorname{tg} \frac{y_{B_2}}{2} = \sqrt{\frac{(P_2 - R_2 - S_n)(P_2 - l)}{P_2(P_2 - R_1 - S_n)}}; \quad \operatorname{tg} \frac{y_{B_1}}{2} = \sqrt{\frac{(P_1 - l)(P_1 - R_2 - S_n)}{P_1(P_1 - R_1)}}$$

и т. д.

Рассчитанные таким образом *разбивочные эпюры* (рис. 103, а) сводятся в типовые альбомы, которыми и пользуются проектировщики, рассчитывая стрелочные узлы для трамвайных путей. Разбивочные эпюры для каждого случая, отличающиеся радиусами стрелки, крестовин и переводной кривой, углами и другими гео-

Таблица 44. Размеры основных элементов одиночных трамвайных стрелочных переводов

№ эпюры	R_c , мм	R_n , мм	R_k , мм	t_c , мм	$t_{\text{с.}}$, мм	y_n	l , мм	M , мм	L_n , мм	Соединительные рельсы	
										l_1 , мм	l_2 , мм
364	51524	51524	51524	6809	7059	15°49'58"	4800	12189	13864	5689	5813
640	51524	25509	26524	6906	5291	22°08'	4800	10690	12190	4390	4546
640А	31524	28323	26524	5703	5201	22°08'	4000	9502	11002	4002	4164
2398	21524	20619	20762	5037	4665	26°10'40"	3800	8191	9691	2891	3087
878	51524	51524	∞	3951	10882	9°27'44"	4800	13158	14833	6658	6765
2394А	31524	31524	∞	3787	7690	14°02'10"	4080	9977	11477	4477	4624
3191	21524	21524	∞	3393	6595	17°00'40"	3800	8488	9988	3188	3368
3191А	31524	23082	∞	4216	6595	17°00'40"	4000	9311	10811	3811	3978

Таблица 45. Размеры основных элементов трамвайных стрелочных переводов с пересечением

№ эюры	R_c , тм	$R_{п.}$, мм	R_k , мм	t_c , мм	t_k , мм	$\gamma_{п.}$	l , мм
481	51 525	29 404	29 948	11 179	9 630	35°56'43"	4800
481A	31 524	33 207	29 948	9 958	9 630	35°56'43"	4000
505	51 524	55 969	54 948	12 059	12 543	26°03'56"	4800
30330	31 524	24 618	20 762	9 847	8 350	43°18'30"	4000

Окончание табл. 45

№ эюры	M_1 , мм	M_2 , мм	M_3 , мм	M_4 , мм	M_5 , мм	$L_{п.}$, мм	Соединительные рельсы		
							l_1 , мм	l_2 , мм	l_3 , мм
481	18 186	25 190	15 565	11 810	10 982	12482	4 682	4832	5727
481A	16 959	13 963	14 338	10 583	9 762	11263	4 255	4412	5308
505	22 300	18 330	18 605	13 633	12 366	13866	6 066	6187	7505
30330	15 316	12 738	13 183	9 924	9 274	10774	3 774	3945	4675

Примечание. Расстояния от начала стрелки до математических центров каждой из пяти крестовин (M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5) смотри на рис. 100.

метрическими характеристиками, дополняются *сборочными эюрами* (рис. 103, б), на которых указываются длины соединительных рельсов, входящих в комплект стрелочного перевода. Кроме того, как уже указывалось, для трамвайных стрелочных переводов от-дельно дается схема раскладки шпал и переводных брусьев.

В табл. 44, 45 даны основные геометрические размеры наиболее часто применяемых трамвайных стрелочных переводов (радиусы кривых указаны по наружной нити). На рис. 103, в приведены обозначения элементов, относящиеся к этим таблицам (данные заимствованы из Альбома типовых эюр службы пути Московско-го трамвая).

Стрелочные переводы на внутризаводских путях иногда укладываются один за другим в различных сочетаниях. При этом между стыками рамных рельсов смежных переводов, между задними стыками их крестовин или между стыком рамного рельса одного перевода и задним стыком крестовины другого должны устраиваться прямые вставки. При встречной укладке стрелочных переводов такая вставка на приемо-отправочных путях заводских станций должна быть не менее 6,25 м, на прочих путях она может не предусматриваться. При попутной укладке стрелочных переводов прямая вставка должна быть во всех случаях не менее 4,5 м.

На путях трамвая прямые вставки предусматриваются между стыками рамных рельсов разнонаправленных смежных стрелочных переводов. Длина их должна быть не менее 10 м для линий

скоростного трамвая, 7 м для перегонных путей обычного трамвая и 4 м для путей конечных станций, грузовых и деповских путей.

37. РАСЧЕТЫ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАМВАЙНЫХ УЗЛОВ

Трамвайные узлы представляют собой сочетание стрелочных переводов, пересечений и соединяющих их участков пути. При проектировании узлов следует исходить из желательности применения типовых эпюр стрелочных переводов и пересечений, целесообразности обеспечения наименьшей протяженности узлов в целом, необходимости обеспечить достаточно плавное движение с необходимыми скоростями. Лишь в порядке исключения допускается использование нетиповых эпюр и нестандартных радиусов кривых.

Подбор эпюр выполняется графически на плане трассы исходя из условий планировки, габаритных расстояний, а также из заданной величины угла поворота и радиуса круговой кривой. Собственно расчет заключается в построении расчетных схем и определении необходимых для проектирования элементов узла. Часть параметров при этом принимается на основании действующих нормативов, часть определяется расчетом. В ходе проектирования все элементы узла должны быть геометрически взаимоувязаны.

При расчете узла из одиночного стрелочного перевода и застрелочной кривой (рис. 104) считаются данными или принимаются на плане трассы по местным планировочным условиям значения: $Y_{пл}$ — угол поворота линии и R — радиус круговой кривой. Кроме того, из подобранной для этого случая эпюры стрелочного перевода принимаются его элементы: R_c — радиус стрелки; R_k — радиус крестовины и переводной кривой; t_c — тангенс стрелочного перевода со стороны стрелки; t_k — тангенс стрелочного перевода со стороны крестовины; $Y_{п}$ — угол поворота перевода.

Определяем угол поворота круговой кривой

$$Y_{кк} = Y_{пл} - Y_{п}$$

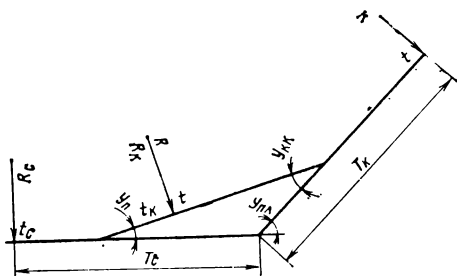


Рис. 104. Расчетная схема узла из одиночного стрелочного перевода и застрелочной кривой

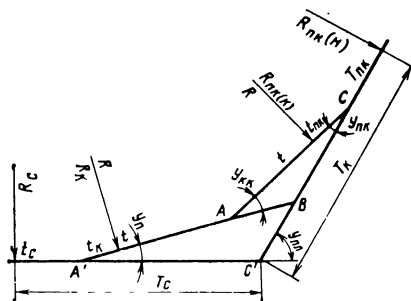


Рис. 105. Расчетная схема узла из одиночного стрелочного перевода с переходной кривой

и тангенс круговой кривой

$$t = R \operatorname{tg} \frac{Y_{\text{KK}}}{2}.$$

Затем вычисляются тангенс поворота со стороны стрелки

$$T_c = t_c + \frac{(t_k + t) \sin Y_{\text{KK}}}{\sin Y_{\text{пл}}}$$

и тангенс поворота со стороны кривой

$$T_k = t + \frac{(t_k + t) \sin Y_{\text{п}}}{\sin Y_{\text{пл}}}.$$

Расчетная схема одноколейного ответвления отличается от описанной только тем, что вместо элементов эпюры стрелочного перевода принимаются элементы эпюры ответвления.

Если узел из одиночного стрелочного перевода включает переходную кривую (рис. 105), то расчетная схема выглядит так:

задаются или приняты по плану трассы $Y_{\text{пл}}$, R , а также элементы переходной кривой $R_{\text{пк}}$, $Y_{\text{пк}}$, $t_{\text{пк}}$ и $T_{\text{пк}}$;

принимаются по соответствующей эпюре элементы стрелочного перевода R_c , R_k , t_c , t_k , $Y_{\text{п}}$;

определяются угол поворота и тангенс круговой кривой:

$$Y_{\text{KK}} = Y_{\text{пл}} - (Y_{\text{п}} + Y_{\text{пк}}); \quad t = R \operatorname{tg} \frac{Y_{\text{KK}}}{2};$$

из треугольников ABC и $A'BC'$ определяются значения сторон AB , $A'C'$, BC и BC' , входящих в длину тангенсов поворота,

$$\frac{AB}{\sin Y_{\text{пк}}} = \frac{AC}{\sin (Y_{\text{пл}} - Y_{\text{п}})} = \frac{t + t_{\text{пк}}}{\sin (Y_{\text{пл}} - Y_{\text{п}})};$$

$$AB = \frac{(t + t_{\text{пк}}) \sin Y_{\text{пк}}}{\sin (Y_{\text{пл}} - Y_{\text{п}})};$$

$$\frac{BC}{\sin Y_{\text{KK}}} = \frac{t + t_{\text{пк}}}{\sin (Y_{\text{пл}} - Y_{\text{п}})}; \quad BC = \frac{(t + t_{\text{пк}}) \sin Y_{\text{KK}}}{\sin (Y_{\text{пл}} - Y_{\text{п}})};$$

$$\frac{BC'}{\sin Y_{\text{п}}} = \frac{t_k + t + AB}{\sin Y_{\text{пл}}}; \quad BC' = \frac{(t_k + t + AB) \sin Y_{\text{п}}}{\sin Y_{\text{пл}}};$$

$$\frac{A'C'}{\sin (Y_{\text{пл}} - Y_{\text{п}})} = \frac{t_k + t + AB}{\sin Y_{\text{пл}}}; \quad A'C' = \frac{(t_k + t + AB) \sin (Y_{\text{пл}} - Y_{\text{п}})}{\sin Y_{\text{пл}}};$$

вычисляется длина тангенсов поворота со стороны стрелки

$$T_c = t_c + A'C'$$

и со стороны переводной кривой

$$T_k = T_{\text{пк}} + BC + BC'.$$

Расчет двухколейного ответвления (рис. 106, а) сводится к последовательному решению одиночного стрелочного перевода и одноколейного ответвления, а также определению забе-

гов между началами стрелок и кривых, позволяющих увеличить ширину междупутья.

Для расчета даны $Y_{пл}$, R_1 и R_2 — радиусы двух круговых кривых, S_M — ширина междупутья (по осям путей); приняты из соответствующих эпюр элементы стрелочного перевода R_{c1} , $R_{к1}$, t_{c1} , $t_{к1}$, $Y_{п1}$ и элементы одноколейного ответвления R_{c2} , $R_{к2}$, $t_{к2}$, $t_{к2}$, $Y_{п2}$.

Искомые величины углов поворота круговых кривых $Y_{кк1}$ и $Y_{кк2}$, их тангенсов t_1 и t_2 , а также тангенсов поворота со стороны стрелок T_{c1} и T_{c2} и со стороны кривых $T_{к1}$ и $T_{к2}$ находятся по формулам расчетной схемы для одиночного стрелочного перевода одноколейного ответвления.

Величина забегов x_1 и x_2 определяется из рассмотрения треугольников ABC и $A'B'C'$ (рис. 106, б):

$$BC = B'C' = S_M; \quad AC = A'C' = \frac{BC}{\sin Y_{пл}} = \frac{S_M}{\sin Y_{пл}};$$

$$AB = A'B' = BC \operatorname{ctg} Y_{пл} = \frac{S_M}{\operatorname{tg} Y_{пл}};$$

$$x = A'C' - A'B' = \frac{S_M}{\sin Y_{пл}} - \frac{S_M}{\operatorname{tg} Y_{пл}};$$

$$x_1 = T_{c1} + x - T_{c2} = T_{c1} - T_{c2} + S_M \left(\frac{1}{\sin Y_{пл}} - \frac{1}{\operatorname{tg} Y_{пл}} \right);$$

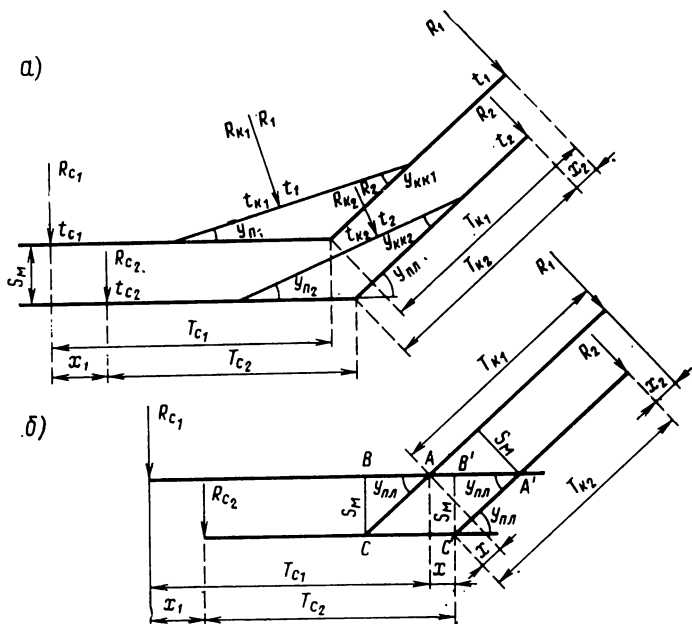


Рис. 106. Расчетная схема двухколейного ответвления:

а — общий расчет; б — расчет забегов

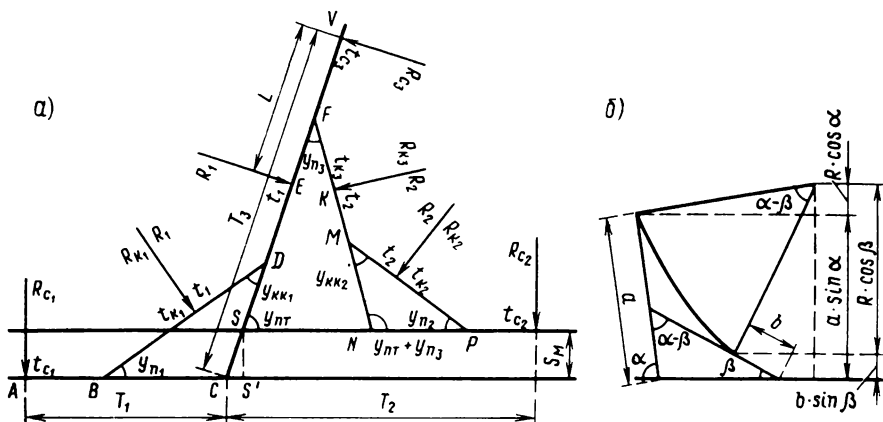


Рис. 107. Расчетная схема одноколейного треугольника:
а — общий расчет; б — расчет промежуточной кривой

$$x_2 = T_{\kappa_1} + x - T_{\kappa_2} = T_{\kappa_1} - T_{\kappa_2} + S_M \left(\frac{1}{\sin \gamma_{пл}} - \frac{1}{\operatorname{tg} \gamma_{пл}} \right).$$

Если рассчитываемый узел включает в себя переходные кривые, то схема соответственно дополняется их элементами, так же как и при расчете одиночного стрелочного перевода с переходной кривой.

Одноколейный треугольник (рис. 107, а) может быть приведен к составляющим его двум одиночным стрелочным переводам и одному одноколейному ответвлению, которые должны сопрягаться при трассировке двумя круговыми кривыми и прямыми участками пути.

Для расчета треугольника задается ширина междупутья S_M , принимаются по местным условиям угол поворота треугольника $\gamma_{пт}$ и радиусы круговых кривых R_1 и R_2 , из типовых эпюр — элементы трех стрелочных переводов (в том числе одного с пересечением) R_{c_1} , R_{κ_1} , t_{c_1} , t_{κ_1} , $\gamma_{п_1}$, R_{c_2} , R_{κ_2} , t_{c_2} , t_{κ_2} , $\gamma_{п_2}$, R_{c_3} , R_{κ_3} , t_{c_3} , t_{κ_3} , $\gamma_{п_3}$. Требуется найти значения T_1 , T_2 , T_3 — тангенсов треугольника, расстояние L от начала стрелки № 3 до начала круговой кривой № 1, углы и тангенсы обеих круговых кривых. Этих данных достаточно для разбивки:

$$\gamma_{\kappa\kappa_1} = \gamma_{пт} - \gamma_{п_1}; \quad \gamma_{\kappa\kappa_2} = 180^\circ - (\gamma_{пт} + \gamma_{п_2} + \gamma_{п_3});$$

$$t_1 = R_1 \operatorname{tg} \frac{\gamma_{\kappa\kappa_1}}{2}; \quad t_2 = R_2 \operatorname{tg} \frac{\gamma_{\kappa\kappa_2}}{2}.$$

Для дальнейшего расчета рассмотрим отдельные треугольники на расчетной схеме.

Из $\triangle MNP$

$$\frac{MN}{\sin \mathcal{Y}_{\pi_2}} = \frac{t_2 + t_{\kappa_2}}{\sin (\mathcal{Y}_{\pi\tau} + \mathcal{Y}_{\pi_3})}; \quad MN = \frac{(t_2 + t_{\kappa_2}) \sin \mathcal{Y}_{\pi_2}}{\sin (\mathcal{Y}_{\pi\tau} + \mathcal{Y}_{\pi_3})}.$$

Из $\triangle FNS$

$$\frac{FS}{\sin [180^\circ - (\mathcal{Y}_{\pi\tau} + \mathcal{Y}_{\pi_3})]} = \frac{FN}{\sin \mathcal{Y}_{\pi\tau}}; \quad FS = \frac{FN \sin [180^\circ - (\mathcal{Y}_{\pi\tau} + \mathcal{Y}_{\pi_3})]}{\sin \mathcal{Y}_{\pi\tau}}.$$

В свою очередь $FN = t_{\kappa_3} + t_2 + MN$.

Из $\triangle SCS'$

$$SC = \frac{S_M}{\sin \mathcal{Y}_{\pi\tau}},$$

тогда

$$T_3 = CV = t_{c_3} + FS + SC.$$

Из $\triangle BCD$

$$\frac{BC}{\sin \mathcal{Y}_{\kappa\kappa_1}} = \frac{t_{\kappa_1} + t_1}{\sin (180^\circ - \mathcal{Y}_{\pi\tau})};$$

$$BC = \frac{(t_{\kappa_1} + t_1) \sin \mathcal{Y}_{\kappa\kappa_1}}{\sin (180^\circ - \mathcal{Y}_{\pi\tau})}.$$

Теперь можно найти $T_1 = AC = t_{c_1} + BC$. Далее из $\triangle FSN$

$$\frac{SN}{\sin \mathcal{Y}_{\pi_3}} = \frac{FN}{\sin \mathcal{Y}_{\pi\tau}}; \quad SN = \frac{FN \sin \mathcal{Y}_{\pi_3}}{\sin \mathcal{Y}_{\pi\tau}}.$$

Из $\triangle MNP$

$$\frac{NP}{\sin \mathcal{Y}_{\kappa\kappa_2}} = \frac{MN}{\sin \mathcal{Y}_{\pi_2}}; \quad NP = \frac{MN \sin \mathcal{Y}_{\kappa\kappa_2}}{\sin \mathcal{Y}_{\pi_2}}.$$

Из $\triangle SCS'$

$$CS' = S_M \operatorname{ctg} \mathcal{Y}_{\pi\tau}.$$

Отсюда

$$T_2 = CS' + SN + NP + t_{c_2}.$$

Расстояние от начала стрелки № 3 до начала круговой кривой № 1 $L = T_3 - EC$. В свою очередь $EC = t_1 + DC$.

Из $\triangle BCD$

$$\frac{DC}{\sin \mathcal{Y}_{\pi_1}} = \frac{BD}{\sin (180^\circ - \mathcal{Y}_{\pi\tau})}; \quad DC = \frac{BD \sin \mathcal{Y}_{\pi_1}}{\sin (180^\circ - \mathcal{Y}_{\pi\tau})} =$$

$$= \frac{(t_{\kappa_1} + t_1) \sin \mathcal{Y}_{\pi_1}}{\sin (180^\circ - \mathcal{Y}_{\pi\tau})}.$$

В общем случае расстояние между вершиной угла круговой кривой $\mathcal{Y}_{\kappa\kappa_1}$ и началом стрелки № 3, определяющее размеры треугольника, может включать прямую вставку между концом кре-

стовины № 3 и концом круговой кривой № 1. Если требуется минимизация длины путей треугольника, то этой вставки не должно быть и конец крестовины № 3 должен совпасть с концом круговой кривой № 1. В этом случае R_2 не выбирается по месту, а определяется расчетом.

Из $\triangle SFN$

$$FS = FE + ED + (DC - SC) = (L - t_{c_3}) + t_1 + \left(\frac{(t_{\kappa_1} + t_1) \sin \gamma_{\pi_1}}{\sin (180^\circ - \gamma_{\pi\tau})} - \frac{S_M}{\sin \gamma_{\pi\tau}} \right).$$

Тогда

$$\frac{FN}{\sin \gamma_{\pi\tau}} = \frac{FS}{\sin [180^\circ - (\gamma_{\pi\tau} + \gamma_{\pi_3})]} \text{ и } FN = \frac{FS \sin \gamma_{\pi\tau}}{\sin [180^\circ - (\gamma_{\pi\tau} + \gamma_{\pi_3})]}.$$

Выполним построение круговой кривой R_2 на базе элементов расчетной эпюры KN и MP (рис. 107, б), введя обозначения сторон a и b (KN и t_{κ_2}) и углов α и β . Тогда

$$a \sin \alpha - b \sin \beta = R \cos \beta - R \cos \alpha = R (\cos \beta - \cos \alpha).$$

Отсюда

$$R = \frac{a \sin \alpha - b \sin \beta}{\cos \beta - \cos \alpha}.$$

Вернувшись к обозначениям расчетной эпюры треугольника, можно считать

$$R_2 = \frac{KN \sin [180^\circ - (\gamma_{\pi\tau} + \gamma_{\pi_3})] - t_{\kappa_2} \sin \gamma_{\pi_2}}{\cos \gamma_{\pi_2} - \cos [180^\circ - (\gamma_{\pi_1} + \gamma_{\pi_3})]},$$

при этом

$$KN = FN - t_{\kappa_3}.$$

Двухколейный треугольник (рис. 108) при расчете рассматривается как три двухколейных ответвления, соединяемые при трассировке прямыми и кривыми участками пути. При углах поворота от 80 до 100° может оказаться целесообразным применение симметричного варианта для одного из двухколейных ответвлений. Треугольник становится симметричным при угле поворота, равном 90° —такое решение является наиболее простым, так как при проектировании достаточно рассчитать лишь одну его половину.

При расчете двухколейного треугольника заданными считаются $\gamma_{\pi\tau}$ (угол поворота треугольника) и $S_{\text{ш}}$ (ширина междупутья), по типовым эпюрам выбираются элементы трех одиночных стрелочных переводов и трех одноколейных ответвлений.

Можно предварительно решить два двухколейных ответвления, соединенных между собой кривыми (по местным условиям при этом выбираются радиусы круговых кривых R_1 и R_2). После этого решается третье двухколейное ответвление, конец круговой кривой в котором совпадает с концом прямого направления пересечения. Возможен вариант, при котором по выбранным R_1 , R_3 и R_4

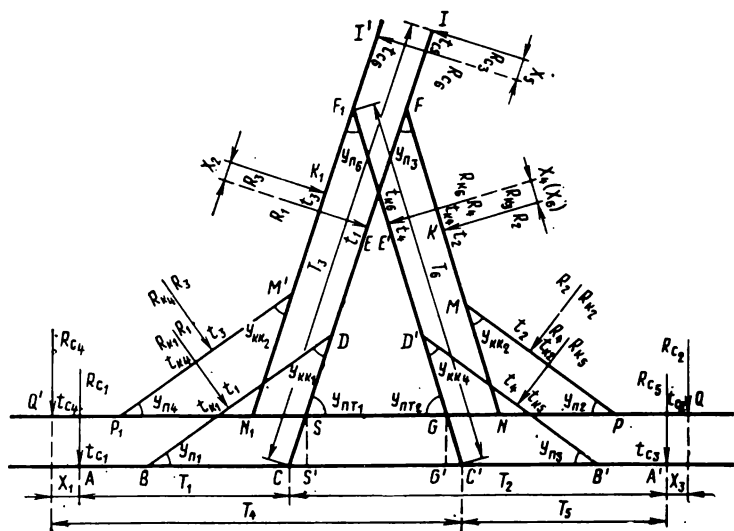


Рис. 108. Расчетная схема двухколейного треугольника

решается R_2 . Во всех случаях искомыми являются элементы соединительных кривых и большие тангенсы треугольника.

После выполнения расчетов элементов узлов надо выполнить их построение на плане трассы. Это построение должно выполняться в определенной последовательности. Рассмотрим эту последовательность на примере двухколейного ответвления

На базе, которым служит выполненный в осях план двухпутного участка трассы, вначале на том пути, который является внутренним относительно проектируемого поворота, намечается точка O — центр поворота ответвления, от нее под углом поворота линии $Y_{пл}$ откладывается направление тангенса со стороны кривой. Потом на базисном направлении влево от вершины угла $Y_{пл}$ откладывается длина T_{c1} . Полученная точка A есть начало одиночного перевода. Вправо от нее откладывается длина тангенса стрелочного перевода со стороны стрелки t_{c1} . Вновь полученная точка B есть центр стрелочного перевода, от нее под углом Y_{n1} откладывается направление тангенса стрелочного перевода со стороны крестовины и его длина t_{k1} , а затем и длина тангенса круговой кривой t_1 . Точка C , где заканчивается t_1 , должна совпасть с направлением, исходящим из точки O под углом $Y_{пл}$. Это вершина круговой кривой CD . Остается отложить второй тангенс той же кривой CD . Отрезок OD должен по длине совпасть с откладываемой от точки O длиной тангенса поворота со стороны кривой T_{k1} . В этом проверка правильности построения.

Затем строится стрелочный перевод с пересечением. Вначале на втором (наружном) базисном пути от проекции на него точки A (A'') надо отложить забег x_1 и затем от полученной точки A''

отложить по тому же направлению длину тангенса поворота со стороны стрелки $T_{с_2}$. Полученная точка O' есть центр поворота второго ответвления (с пересечением). От нее под углом поворота линии $У_{пл}$ откладывается также направление тангенса поворота со стороны кривой $T_{к_2}$. Затем от точки A'' (начало второго стрелочного перевода) вправо откладывается $A'B'$ — величина $t_{с_2}$ и из точки B' под углом $У_{п_2}$ — направление тангенса стрелочного перевода до пересечения в точке C' с линией, проведенной из точки O' . На $B'C'$ следует отложить длины $t_{к_2}$ и t_2 . Совпадение суммы этих длин с длиной отрезка $B'C'$ — вторая проверка правильности построения. Далее от вершины кривой C' следует отложить длину второго тангенса t_2 до точки D' . Расстояние от D' до D'' (проекция D на ось второго пути) должно быть равно X_2 — это третья проверка правильности расчета и построения.

Если одна из проверок показывает несовпадение, следует внимательно проверить расчеты и построения и при необходимости уменьшить радиус второй кривой, сместить вправо точку O' с учетом необходимого уширения междупутья в кривой, а иногда и подобрать другую эпюру стрелочного перевода.

38. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЦИОННЫХ И ДЕПОВСКИХ ПУТЕЙ

Трамвайные станции предназначены для приема, отправления, обгона, отстоя, а иногда и аварийного ремонта трамвайных поездов. *Промежуточные станции* (рис. 109, а, б, в) устраиваются обычно для разъезда встречных поездов на однопутных участках, накопления поездов для массовых перевозок у заводских проходных, диспетчерской регулировки и отстоя. *Конечные станции* устраиваются в форме петли (рис. 109, г) или кольца (рис. 109, д) с более или менее значительным путевым развитием.

Наиболее простой является трассировка однопутной оборотной петли, которая не включает в себя стрелочных узлов. Такая трассировка аналогична проектированию трассы перегонного пути. Выбирается такое чередование прямых и кривых участков пути, ко-

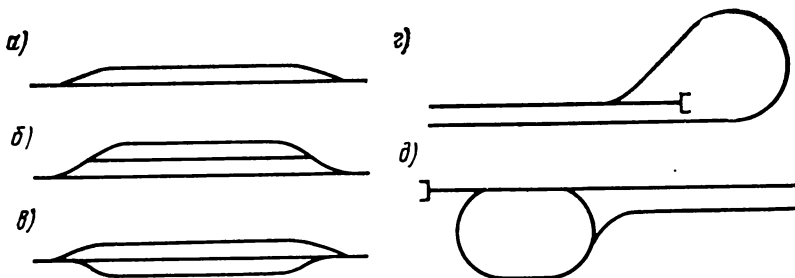


Рис. 109. Схемы путевого развития станций:

а — промежуточная с одним обгонным путем; б — односторонняя промежуточная с двумя обгонными путями; в — двусторонняя промежуточная с двумя обгонными путями; г — конечная в виде петли; д — конечная в виде кольца

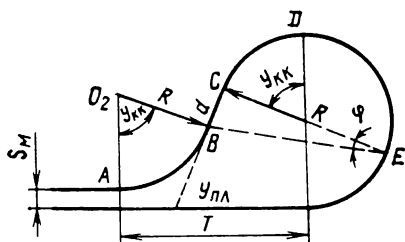


Рис. 110. Расчетная схема несимметричной петли

торое на имеющейся площади обеспечит поворот направления движения на 180° с учетом установленных требований и ограничений. Затем рассчитываются элементы круговых и переходных кривых.

Несимметричная петля, т. е. смещенная в одну сторону относительно оси междупутья (рис. 110), рассчитывается так:

$$Y_{пл} = 180^\circ + Y_{кк}.$$

Сначала нужно найти $Y_{кк}$. Спроектируем на вертикаль отрезок $ABCD$ и составим уравнение:

$$R - R \cos Y_{кк} + d \sin Y_{кк} + R - R \cos Y_{кк} = 2R - S_M,$$

где d — прямая вставка.

Решая это уравнение, получаем

$$2R - 2R \cos Y_{кк} + d \sin Y_{кк} = 2R - S_M;$$

$$d \sin Y_{кк} - 2R \cos Y_{кк} + S_M = 0.$$

Возможны два варианта:

при $d = 0$

$$2R \cos Y_{кк} = S_M;$$

$$\cos Y_{кк} = S_M / 2R,$$

отсюда определяется $Y_{кк}$ через значение его косинуса

$$\cos Y_{кк} = S_M / 2R;$$

при $d \neq 0$ дополнительно строим $\triangle BEC$, из которого

$$\frac{d}{2R} = \operatorname{tg} \varphi.$$

Тогда, разделив все члены уравнения на $2R$, получим

$$\frac{d}{2R} \sin Y_{кк} - \cos Y_{кк} + \frac{S_M}{2R} = 0$$

или

$$\cos Y_{кк} - \operatorname{tg} \varphi \sin Y_{кк} = \frac{S_M}{2R}.$$

Умножив все члены уравнения на $\cos \varphi$, получим

$$\cos Y_{кк} \cos \varphi - \sin \varphi \cos Y_{кк} = \frac{S_M}{2R} \cos \varphi.$$

По известной формуле функции суммы углов

$$\cos (Y_{кк} + \varphi) = \frac{S_M}{2R} \cos \varphi.$$

Так как угол φ нам известен, отсюда можно определить $Y_{кк}$.

Зная $Y_{\text{кк}}$ и принятый R , можно найти $t = R \operatorname{tg} \frac{Y_{\text{кк}}}{2}$, а также T — расстояние от конца обратной круговой кривой до начала основной по прямому направлению. Если на продолжение основного пути спроектировать $ABCD$, то

$$T = R \sin Y_{\text{кк}} + d \cos Y_{\text{кк}} + R \sin Y_{\text{кк}} = 2R \sin Y_{\text{кк}} + d \cos Y_{\text{кк}}.$$

Однако такие простые решения применяются сравнительно редко. Конечные станции трамвая должны иметь путевое развитие, т. е. несколько путей или групп путей, имеющих разное технологическое назначение. Это могут быть ходовые, обгонные, отстойные и ремонтные пути. Их число зависит от количества маршрутов, проходящих через станцию, интенсивности движения, а также от принятого режима обедненных перерывов для поездных бригад (водителей). Кроме того, на выбор числа путей косвенно влияет их возможная вместимость, определяемая размерами отведенной площадки и длиной обращающихся трамвайных поездов.

После определения числа путей составляется общая схема путевого развития, на которой пути размещаются относительно ходового пути и здания диспетчерской станции. Затем выделяются стрелочные узлы (одиночные, переводы, однокольные и двухколейные ответвления), которые и рассчитываются по формулам и в порядке, описанном в предыдущем пункте.

Так же решаются и схемы промежуточных станций (разъездов), которые устраиваются на напряженных направлениях для обгона или накопления трамвайных поездов. Путевое развитие на таких станциях обычно ограничивается одним дополнительным путем, который примыкает к ходовому с помощью двух разнонаправленных одиночных стрелочных переводов. Принципиальное отличие соединений таких станционных путей от обычных линейных узлов заключается в особенностях поворота, который на станционных путях в конечном счете оказывается нулевым. Дело в том, что в большинстве станционных схем каждое ответвление выходит на направление, параллельное основному (см. рис. 109, а, б, в).

Расчет такого конечного соединения (рис. 111, а) выполняется в следующем порядке. Дана величина междупутья $S_{\text{ш}}$;

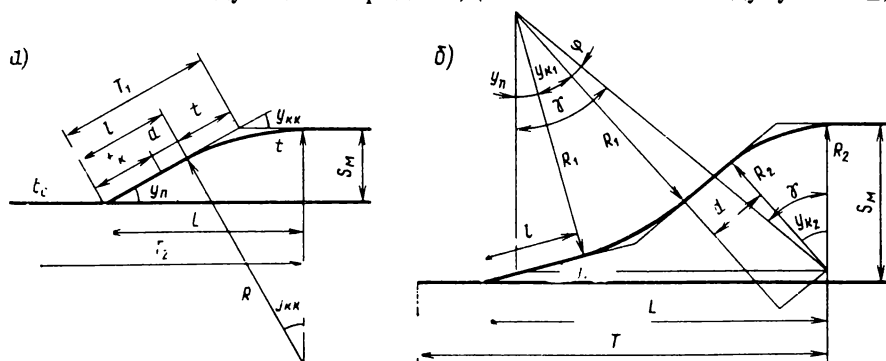


Рис. 111. Расчетные схемы конечных соединений

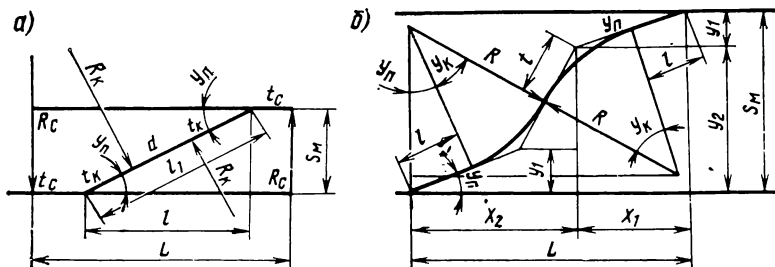


Рис. 112. Расчетные схемы съездов

приняты из эпюры стрелочного перевода Y_n , t_k , t_c и по условиям трассы радиус круговой кривой R и угол круговой кривой $Y_{kk} = Y_n$. Необходимо найти значения l , L , T_1 и T_2 :

$$l = \frac{S_m}{\sin Y_n} - t; \quad t = R \operatorname{tg} \frac{Y_{kk}}{2};$$

$$L = S_m \operatorname{ctg} Y_n + t;$$

$$T_1 = \frac{S_m}{\sin Y_n}; \quad T_2 = t_c + L = t_c + S_m \operatorname{ctg} Y_n + t.$$

Этих данных достаточно для разбивки (l может быть равно t_k , а может быть и больше t_k на величину конструктивной прямой вставки d).

Иногда (в стесненных условиях) необходимо уменьшить величины L и T_2 . В этом случае можно запроектировать сокращенное соединение (рис. 111, б). Зная S_m и приняв из эпюры стрелочного перевода Y_n , t_k , t_c , по условиям трассировки подбираем R_1 и R_2 , а также прямую вставку d ($d \geq 0$), $l_{\min} = t_k$; $\operatorname{tg} \varphi = \frac{d}{R_1 + R_2}$ (при $d=0$, $\varphi=0$). Необходимо определить углы круговых кривых Y_{k_1} и Y_{k_2} , а также L и T . Из расчетной схемы видно, что

$$\cos \gamma = \frac{l \sin Y_n + R_1 \cos Y_n + R_2 - S_m}{d \operatorname{cosec} \varphi};$$

$$Y_{k_1} = \gamma - \varphi - Y_n;$$

$$Y_{k_2} = \gamma - \varphi; \quad L = l \cos Y_n - R_1 \sin Y_n + (l \sin Y_n + R_1 \cos Y_n + R_2 - S_m) \operatorname{tg} \gamma;$$

$$T = L + t_c.$$

Для сокращения длины станционных путей, а иногда и на перегонах могут быть применены также съезды нормальные и сокращенные.

Нормальный съезд, в котором целесообразно оба стрелочных перевода принимать по одинаковым эпюрам (рис. 112, а), рассчитывают так.

По выбранной эпюре принимают элементы перевода, дана ширина междупутья S_m .

Определяют проекцию на ось прямого направления расстояния между центрами переводов

$$l = S_M \operatorname{ctg} \gamma_n;$$

расстояние между центрами переводов по направлению съезда

$$l_1 = \frac{S_M}{\sin \gamma_n};$$

прямую вставку

$$d = l_1 - 2t_K;$$

полную длину съезда

$$L = l + 2t_c = \frac{S_M}{\sin \gamma_n} + 2t_c.$$

При расчете сокращенного съезда без прямой вставки (рис. 112, б) считаются заданными γ_n , R , l , S_M , а нахождению подлежат L и γ_K .

Расчет ведем по формулам:

$$\cos (\gamma_n + \gamma_K) = \cos \gamma_n - \frac{S_M - 2l \sin \gamma_n}{2R};$$

$$t = R \operatorname{tg} \frac{\gamma_K}{2};$$

$$y_1 = (l + t) \sin \gamma_n;$$

$$y_2 = y_1 + 2t \sin (\gamma_K + \gamma_n);$$

$$x_1 = (l + t) \cos \gamma_n;$$

$$x_2 = x_1 + 2t \cos (\gamma_K + \gamma_n);$$

$$L = 2 [x_2 - t \cos (\gamma_K + \gamma_n)].$$

Правильность расчета следует проверить:

$$x_1 + x_2 = L; \quad y_1 + y_2 = S_M.$$

Определенные особенности имеет и проектирование путей депо, вагоноремонтных заводов и мастерских. Число и назначение таких путей определяется при разработке генерального плана депо с учетом технологии его эксплуатационной и ремонтной работы. По технологическому назначению выделяются те же ходовые, обгон-

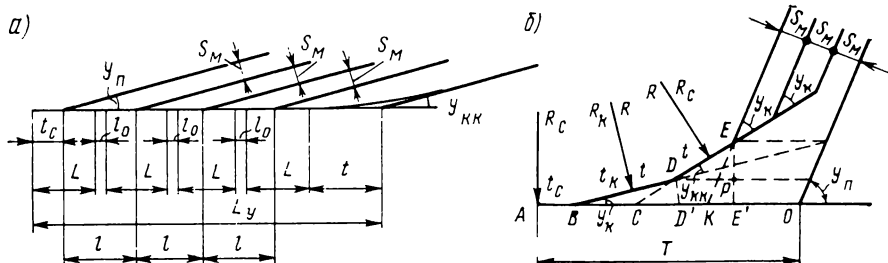


Рис. 113. Расчетные схемы стрелочных улиц

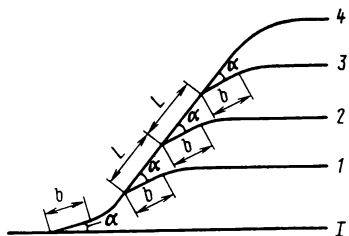


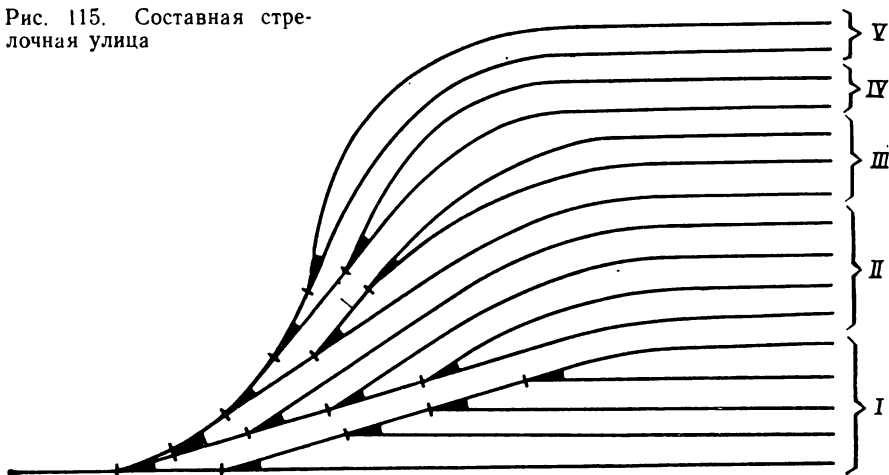
Рис. 114. Стрелочная улица под предельным углом наклона

количестве ответвляющихся путей стрелочную улицу укладывают с углом наклона, равным углу крестовины (рис. 113, а). При необходимости уменьшить длину стрелочной улицы применяется угол наклона, равный двойному углу крестовины, за счет двух последовательных поворотов при помощи первых двух стрелочных переводов (рис. 113, б). Иногда бывает целесообразным часть стрелочных переводов уложить вне стрелочной улицы. При соединении путей, подходящих к цехам, складам и аналогичным объектам, расстояния между которыми значительно превышают обычные междупутья, стрелочные переводы укладывают один за другим без обычно полагающихся вставок. Так получается еще одна разновидность — *стрелочная улица под предельным углом наклона* (рис. 114). Если угол, под которым стрелочная улица располагается к направлению ответвляющихся путей, еще больше, целесообразно применение *веерной стрелочной улицы*. При большом количестве станционных путей для сокращения длины горловины можно применить составную или пучковую стрелочную улицу. *Составная стрелочная улица* (рис. 115) укладывается из

ные и ремонтные пути, однако их компоновка на плане иная, обычно параллельные пути ответвляются от одного, образуя некоторое подобие веера. Часто эти пути так и называются *веерными*, а их последовательное ответвление — *стрелочной улицей*.

Тип стрелочной улицы и расположение на ней стрелочных переводов определяются углом ее наклона к остальным путям. При небольшом

Рис. 115. Составная стрелочная улица



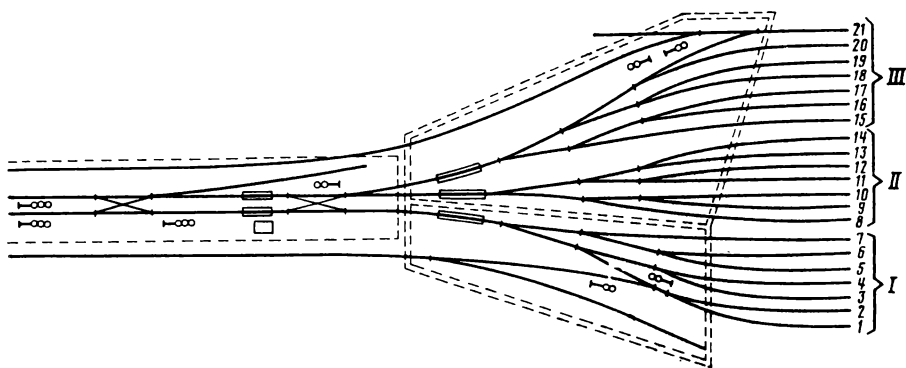


Рис. 116. Пучковая стрелочная улица

нескольких стрелочных улиц, угол наклона которых последовательно увеличивается на угол крестовины. *Пучковая стрелочная улица* (рис. 116) предполагает соединение всех станционных путей в отдельные пучки. Первые стрелочные переводы каждого пучка применяются симметричные, внутри пучка — составные стрелочные улицы.

Проектное решение зависит от производственной мощности депо (от количества вагонов, составляющих его инвентарный парк), а также от принятой конструкции деповских зданий. Здания трамвайных депо проектируются обычно прямоугольными, большинство ремонтных путей в них устраивается проходными (сквозными). Однако часть этих путей не имеет сквозного прохода — такие пути называются тупиковыми. Известны также решения деповских зданий, при которых все пути оказываются тупиковыми. Эти особенности и определяют характер расчетной схемы веерных путей и объединяющих их стрелочных улиц.

Наиболее часто применяются две схемы проектирования стрелочных улиц, различающиеся величиной угла поворота. Стрелочная улица с углом поворота Y_n , равным углу крестовины Y_k (см. рис. 113, а), включает в себя необходимое количество стрелочных переводов одной эпюры, из которой принимаются все необходимые значения элементов.

Расстояние между центрами переводов $l = \frac{S_m}{\sin Y_n}$. Расстояние между концом предыдущего и началом последующего стрелочного перевода

$$l_0 = l - L,$$

где L — полная длина стрелочного перевода по прямому направлению.

Последний путь веера примыкает к основному пути с помощью круговой кривой, угол поворота которой равен углу поворота стрелочной улицы ($Y_{kk} = Y_n = Y_k$), а радиус R принимается по местным условиям.

Тангенс круговой кривой

$$t = R \operatorname{tg} \frac{y_{\pi}}{2}.$$

Полная длина стрелочной улицы по основному пути

$$L_y = \Sigma l + t_c + t.$$

При расчете может получиться отрицательное значение l_0 . В этом случае следует изменить (увеличить) S_m или принять другую эпюру стрелочного перевода.

Иначе рассчитывается стрелочная улица с углом поворота, большим, чем угол крестовины ($y_{\pi} > y_k$) (см. рис. 113, б). Считаются заданными y_{π} , y_k , S_m , R . Принимаются по эпюре стрелочного перевода t_c , t_k , L . Определяются $y_{kk} = y_{\pi} - 2y_k$; $t = R \operatorname{tg} \frac{y_{\pi} - 2y_k}{2}$. Вычисляются элементы разбивки стрелочной

улицы.

Расстояние между вершинами углов поворота отдельных веерных пучков

$$OK = \frac{\Sigma n_{\pi} S_{m_{\pi}}}{\sin y_{\pi}},$$

где n_{π} — число междупутей в соединяемых путях; $S_{m_{\pi}}$ — величины междупутей, которые могут быть и неодинаковыми.

Расстояние между вершинами угла поворота первого стрелочного перевода и первого пучка стрелочной улицы $BK = BD' + DE' - KE'$.

В свою очередь

$$BD' = (t_k + t) \cos y_k;$$

$$D'E' = (t + t_c) \cos (y_{\pi} - y_k);$$

$$KE' = (EP + PE') \operatorname{ctg} y_{\pi};$$

$$EP = (t + t_c) \sin (y_{\pi} - y_k); PE' = (t_k + t) \sin y_k;$$

$$T = t_c + BK + OK; BC = BD' + D'E' - EE' \sin (y_{\pi} - y_k); EE' = EP + PE'.$$

Величина расстояния между вершиной угла поворота соединяемых путей и концом первой стрелки на основном пути стрелочной улицы может быть как положительной, так и отрицательной.

По аналогичной методике рассчитываются пути внутризаводских железнодорожных станций. Однако их расчетные схемы, варианты комбинаций стрелочных переводов, прямых и кривых участков пути, образующих соединения и пересечения, гораздо многообразнее.

39. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ЛИНИИ

Вертикальное положение трамвайного или внутризаводского пути определяется абсолютными или относительными отметками его конструктивных элементов (головки рельса, оси или бровки

земляного полотна) в характерных точках продольного или поперечного сечения. Эти отметки, естественно, неодинаковы и, следовательно, соединяющие их линии имеют уклоны разной величины и разного направления: спуски, подъемы, горизонтальные площадки.

Проектирование вертикального положения пути, т. е. определение его отметок в указанных характерных точках, соединяющих их уклонов и других характеристик, осуществляется составлением и расчетом продольных и поперечных профилей, а в некоторых случаях так называемых красных (проектных) горизонталей.

Если линия проектируется независимо от городской улицы или внутризаводского проезда, достаточно разработки продольного и поперечных профилей, если необходима увязка с существующей застройкой, вертикальной планировкой безрельсовых дорог и другими элементами городской или промышленной площадки, целесообразно составление профилей дополнить проектными горизонталями. Общие сведения о продольном профиле и содержащейся в нем информации приведены в гл. I.

Так же как и к трассированию линии в плане, к проектированию продольного профиля рельсовых путей предъявляют некоторые обязательные требования. Основные из них:

продольный профиль должен обеспечивать безопасность и плавность движения поездов. Для этого установлены ограничения по так называемому общему шагу проектирования (наименьшей длине элемента профиля — расстоянию между соседними точками его перелома), минимальной длине площадок, разделяющих соседние уклоны, а также по условиям сопряжения смежных элементов профиля. Наименее благоприятны по условиям плавности движения резкие «ямы», «горбы» или «уступы» — так называют участки пути с профилем вогнутого, выпуклого или ступенчатого очертания;

продольный профиль должен быть экономичен, т. е. при проектировании следует так подбирать уклоны и длины его элементов, чтобы приведенные расходы были бы минимальны. Кроме того, дополнительное сопротивление движению от подъемов нигде не должно превышать расчетных значений;

продольный профиль должен обеспечивать надежный водоотвод от пути, а при необходимости и всего примыкающего малого бассейна на улице, заводской площадке и т. д.;

положение элементов продольного профиля и особенно его переломов должно быть увязано с планом линии. Не следует допускать совпадения вертикальных и горизонтальных переходных кривых без специального технико-экономического обоснования. Переломы профиля должны размещаться вне переходных кривых в плане на расстоянии от их начала или конца не менее тангенса вертикальной кривой. В пределах круговых кривых такое размещение переломов профиля допускается во всех случаях.

Эти общие требования справедливы как для трамвайных, так

и для внутризаводских рельсовых путей. Однако нормы и ограничения, вытекающие из этих требований, различны.

На внутренних железнодорожных путях, по которым обращаются поезда и маневровые подачи, предельная крутизна (отношение разности соседних отметок к разделяющей их протяженности) определяется так называемым руководящим уклоном. *Руководящий уклон* — это наибольший уклон на прямом участке, по которому рассчитывается нормативная масса поезда при заданной тяге и скорости движения. Такой предельный уклон для соединительных путей устанавливается в 30‰, а для карьерных и лесовозных путей — в 40‰. Наибольший допускаемый уклон соединительного пути при условии оборудования поезда достаточными тормозными средствами может быть более 40‰, но не круче 60‰. Следует иметь в виду, что так как на кривых участках пути появляются дополнительные сопротивления движению, а сумма сопротивлений от кривых и от уклонов не должна превышать строго определенной величины, крутизну руководящего уклона на кривых нужно уменьшить. Величина этого уменьшения, которая называется эквивалентным уклоном (подъемом), определяется как $i_0 = 7 \cdot 10^3 Rg^{-1}$, где R — радиус кривой, м, а g — ускорение свободного падения, м/с².

Уклоны (спуски) на подходе к грузовым фронтам при наличии на вагонах включенных тормозов не должны превышать 20‰. Если тормоза не включаются, то наибольший уклон определяется в зависимости от массы подачи и типа локомотива (от 4 до 20‰).

Пути для перевозки горячих грузов, как правило, должны располагаться на горизонтальной площадке. Так же размещаются внутризаводские станции и разъезды, где выполняются маневровые работы. Лишь в трудных условиях допускается увеличение уклона станционной площадки до 2,5‰.

Постоянные пути в пределах грузовых фронтов также должны проектироваться на площадке или уклоне не круче 1,5‰ и лишь при необходимом обосновании до 2,5‰. Не круче 2,5‰ должны быть уклоны на передвижных погрузочно-выгрузочных путях, и лишь при производстве грузовых операций без отцепки локомотива они могут достигать 10‰.

Для уменьшения объемов земляных работ элементы продольного профиля следовало бы проектировать короткими элементами, однако такое решение, особенно при значительной разнице уклонов, заметно снижает плавность движения. При незначительной разности уклонов коротких элементов трудно содержать путь в проектном положении. Поэтому продольный профиль следует проектировать элементами возможно большей длины и с наименьшей алгебраической разностью соседних уклонов.

Для соединительных путей длина элемента (шаг проектирования) должна быть не менее 100 м и, как правило, не менее половины длины поезда или маневровой подачи и лишь в трудных условиях не менее 50 м. По тем же нормам принимается длина элементов профиля на станционной площадке.

Таблица 46. Условия сопряжения продольных уклонов
внутризаводского пути

Масса подачи брутто, т	Наибольшая алгебраическая разность смежных уклонов, ‰, при маневровом движении	Наименьшая длина раздели- тельных площадок и элементов переходной крутизны, м, при маневровом движении
4000—5000	13	200
3000—4000	16	200
2000—3000	21	100
1500—2000	30	100
1500	40	100

Продольный профиль, запроектированный из таких сравнительно длинных элементов, называется *прямолинейным* в отличие от *условно криволинейного* продольного профиля, длина элементов которого должна быть не менее 25 м, а алгебраическая разность смежных уклонов не более 2‰. При этом общая длина сопряжения должна быть не менее длины, указанной в табл. 46. По этим же нормам устраивают сопряжения элементов профиля, алгебраическая разность уклонов которых превышает указанные в табл. 46. Если эта разность меньше, то длина переходных элементов может быть уменьшена до 50 м.

Смежные элементы профиля соединительных путей при алгебраической разности уклонов 6‰ и более (при скорости движения более 40 км/ч, а также 8‰ и более (при меньшей скорости) должны сопрягаться вертикальной кривой радиусами соответственно не менее 3000 и 2000 м. В трудных условиях допускаются радиусы не менее 1000 м. На путях перевозки горячих грузов применяются вертикальные кривые радиусом не менее 1000 м, если алгебраическая разность уклонов более 5‰.

Радиус вертикальной кривой в пределах станций должен быть во всех случаях не менее 2000 м, а в пределах стрелочных горловин — не менее 5000 м.

На прямых участках трамвайных линий предельная величина продольного уклона установлена в 60‰ для обычного трамвая и в 50‰ для скоростного. Лишь в стесненных условиях (подходы к мостам, путепроводам, тоннелям) уклон на скоростных линиях может доводиться до 60‰. На кривых участках пути величина предельно допускаемого продольного уклона должна быть уменьшена на величину i_z , эквивалентную дополнительному сопротивлению от кривой радиусом $Ri_z = 1/2 R$. Нормируются и уклоны на путях отстоя вагонов, расположенных на территориях депо, заводов, конечных и промежуточных станций. Их величина не должна превышать 2,5‰ из условий самопроизвольного трогания вагона с места. Лишь в исключительных случаях при наличии специальных улавливающих устройств допускаются отступления от этого требования.

В ряде трамвайных хозяйств есть участки пути, имеющие бóльшие уклоны. На действующих линиях допускаются уклоны до 80‰

Таблица 47. Радиусы вертикальных кривых для трамвайного пути на самостоятельном полотне, м

Характер движения	Алгебраическая разность сопрягаемых уклонов, ‰	Расположение сопрягаемых уклонов			
		на перегоне		вблизи остановок	
		в обычных условиях	в стесненных условиях	в обычных условиях	в стесненных условиях
Скоростное	>5	3000	1500	2000	500
Обычное	>7	500	500	500	500

при движении трамвайных поездов, состоящих не более чем из двух вагонов, если один из них моторный, а другой прицепной, и не более трех при управлении трамвайного поезда по системе многих единиц. Уклоны до 90‰ допускаются при движении одновагонных или двухвагонных поездов, управляемых только по системе многих единиц.

Участки пути с уклоном более 50‰, затяжные (длиной более 200 м) спуски и подъемы с уклоном более 35‰, а также кривые радиусом менее 75 м, если они расположены непосредственно за такими уклонами, относятся к числу так называемых участков с тяжелыми условиями движения. Их эксплуатация должна осуществляться в соответствии с Типовой инструкцией, утверждаемой Минжилкомхозом РСФСР.

Элементы продольного профиля должны иметь возможно большую длину. Во всех случаях она должна быть не менее 50 м для скоростных линий и 20 м для обычного трамвая.

Соседние прямолинейные элементы продольного профиля путей, размещенных на самостоятельном полотне, сопрягают вертикальными кривыми в соответствии с табл. 47.

Между разнонаправленными вертикальными кривыми должны быть предусмотрены прямые вставки длиной не менее 7 м; если вертикальные кривые направлены в одну сторону, вставки можно не проектировать. Иначе сопрягаются смежные элементы продольного профиля путей, расположенных на совмещенном или обособленном полотне. В этом случае радиусы вертикальных кривых

Таблица 48. Радиусы вертикальных кривых для трамвайного пути на совмещенном или обособленном полотне, м

Класс дороги	Алгебраическая разность уклонов, ‰	Вертикальные кривые	
		выпуклые	вогнутые
Магистральные улицы и дороги:			
общегородского значения	>7	6000	1500
районного значения	>10	4000	1000
Улицы и дороги местного значения	>15	2000	500

вых следует принимать по нормам, установленным для соответствующих улиц и городских дорог (табл. 48).

Вертикальные кривые следует проектировать вне переходных кривых, вне пролетных строений мостов, путепроводов и эстакад с жестким освоением пути. Точно так же стрелочные переводы и глухие пересечения должны размещаться вне пределов вертикальных кривых и лишь в стесненных условиях в пределах вертикальных кривых радиусом не менее 2000 м.

Установлены ограничения по размещению на уклонах таких путевых устройств и сооружений, как стрелочные переводы, пересечения, остановочные пункты и разъезды. Стрелочные переводы не могут располагаться на уклонах более 40‰. Пересечения трамвайных линий с железными или автомобильными дорогами могут быть размещены на элементах продольного профиля с уклоном не более 2,5‰ и длиной не менее 15 м между соседними вертикальными кривыми. При этом уклон на подходах к пересечению не должен превышать 30‰ на протяжении 50 м. Остановочные пункты и разъезды следует располагать на прямых участках пути с продольным уклоном не более 30‰. В стесненных условиях этот уклон может быть увеличен до 40‰.

На практике процесс проектирования продольного профиля заключается в последовательном выборе его элементов (их длины, направления и уклона), а также в расчете вертикальных кривых. При этом необходимо соблюдать все установленные выше ограничения и требования.

Длина вертикальной кривой l , угол поворота вертикальной кривой α или разность уклонов смежных элементов Δi , а также радиус R_v сопрягающей кривой (рис. 117) взаимосвязаны:

$$l = 2R_v \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Радиус обычно настолько больше длины вертикальной кривой, что угол α достаточно мал. Поэтому можно считать $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \approx \frac{\operatorname{tg} \alpha}{2}$.

Так как $\operatorname{tg} \alpha = \frac{i_{n+1} - i_n}{1000} = \frac{\Delta i}{1000}$ (если уклон выражен в тысячных), то $l = \frac{R_v \Delta i}{1000}$.

Соответственно может быть определен тангенс вертикальной кривой:

$$T_v = \frac{l}{2} = \frac{R_v \Delta i}{2000}.$$

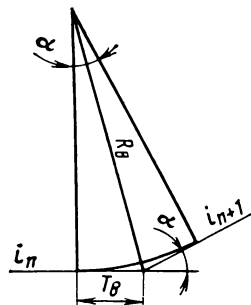


Рис. 117. Элементы вертикальной кривой

Изменение отметок красной линии продольного профиля в связи с применением сопрягающей кривой, или, иначе говоря, ординаты вертикальной кривой можно определять по приближенному уравнению параболической кривой $y = \frac{x^2}{2R_B}$, где x — расстояние от начала кривой, м.

При $x = T_B$

$$y_{\max} = \frac{T_B^2}{2R_B} = \frac{R_B \Delta i^2}{8 \cdot 10^6}.$$

Так определяется биссектриса вертикальной кривой.

При проектировании поперечного профиля разрабатывается планировочный поперечник, устанавливающий расположение пути относительно оси улицы, ее проезжей части, сооружений и коммуникаций, размеры существующих и проектируемых элементов улицы, положение красных линий застройки. Рабочие поперечные профили пути так же, как и продольные, определяют длину элементов поперечника, направление и величину уклонов основной площадки и откосов земляного полотна, балластной призмы, а также поверхности дорожного покрытия. Критериями при этом прежде всего являются габаритные ограничения, условия водоотвода, требования благоустройства и необходимость минимизации объемов земляных работ. Следует иметь в виду, что уровень головок рельсов на прямых участках двухпутных линий должен быть одинаков на открытых путях, а также в границах стрелочных переводов, пересечений и искусственных сооружений; на путях, имеющих дорожное покрытие, внутренние (ближние к оси междупутья) рельсы укладывают на 10 мм выше наружных. Таким образом, дорожное покрытие в междурельсовом пространстве имеет поперечный уклон 6,7‰. Аналогично ось междупутья выше внутренних ниток обоих путей на 5—7 мм (в зависимости от ширины междупутья). Отметки точек продольного и поперечных профилей должны быть взаимосвязаны.

Должно быть увязано и положение рельсовых путей в плане с вертикальной планировкой улиц, площадей и проездов. Наиболее наглядно решается эта задача применением метода проектных (красных) горизонталей. *Проектные горизонтали* — линии, соединяющие точки с одинаковыми отметками, — изображают проектируемые пути и проектное положение микрорельефа всей прилегающей зоны (улицы, проезда). Проектирование осуществляется на плане в масштабе 1 : 500, а для узлов и переездов — 1 : 200 или 1 : 100. Проектные горизонтали обычно наносятся через 0,10; 0,20 и 0,50 м. Удобнее осуществлять проектирование на плане, где нанесены заранее и черные горизонтали.

На рис. 118 показаны различные варианты планировки трамвайной линии в увязке с улицами и проездами, решенные в проектных горизонталях. Основными исходными данными для построения проектных горизонталей являются поперечные профили ули-

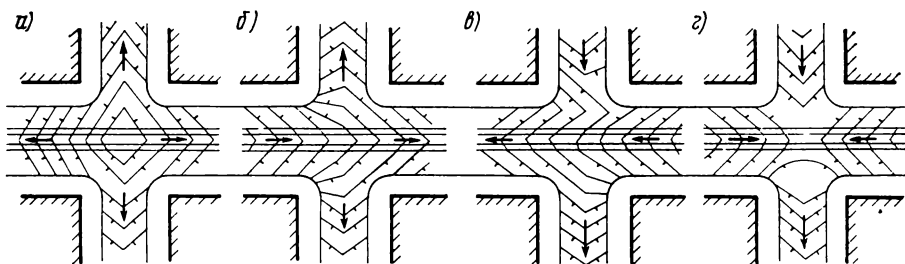


Рис. 118. Пересечения трамвайной линии с улицами:

а — на вершине возвышенности; б — на водоразделе; в — на косогоре; г — в низине

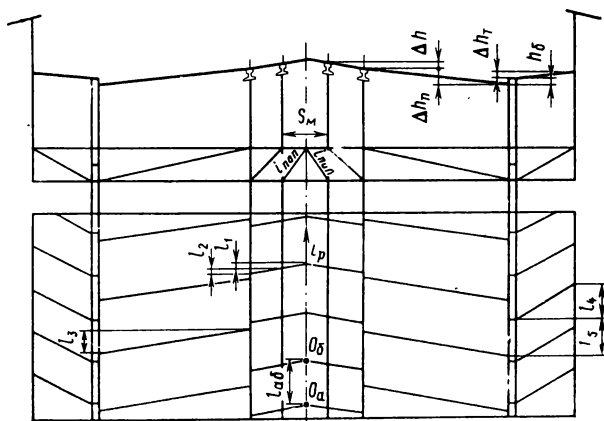
цы и пути, а также вертикальные отметки точек изменения продольных уклонов.

Проектирование начинается с определения положения проектных горизонталей по оси улицы, а в некоторых случаях по оси полосы движения или оси трамвайного междупутья (рис. 119). Принимается первая точка обычно на перекрестке или в другом определенном месте, от которого начинается построение. Определяется расстояние от нее до ближайшей по отметке горизонтали:

$$l_{ab} = \frac{O_b - O_a}{i_p},$$

где O_a , O_b — отметки первой точки и ближайшей к ней горизонтали; i_p — продольный уклон участка.

Аналогично определяют все последующие значения l . В общем случае расстояние между любыми соседними горизонталями $l_n = h/i_p$, где h — принятое сечение горизонталей, м.



Затем определяют положение каждой горизонтали в характерных точках поперечника — рельсовых нитях, лотках проезжей части, бортовых камнях и тротуарах. Рассчитывают расстояния между этими точками, определяющие положение горизонталей.

Для внутренних рельсов

$$l_1 = \frac{S_m}{2i_p} i_{\text{поп}},$$

где S_m — расстояние между внутренними рельсами; $i_{\text{поп}}$ — поперечный уклон междупутья.

Для наружных рельсов

$$l_2 = \frac{\Delta h}{i_p},$$

где Δh — разница отметок наружного и внутреннего рельсов.

Для лотка проезжей части

$$l_3 = \frac{\Delta h_{\text{п}}}{i_{\text{п}}},$$

где $\Delta h_{\text{п}}$ — разница отметок лотка и наружного рельса; $i_{\text{п}}$ — продольный уклон проезжей части.

Для тротуара

$$l_4 = \frac{\Delta h_{\text{т}}}{i_{\text{т}}},$$

где $\Delta h_{\text{т}}$ — разница отметок бортового камня и линии застройки; $i_{\text{т}}$ — продольный уклон тротуара.

Для верха бортового камня

$$l_5 = \frac{h_6}{i_{\text{п}}},$$

где h_6 — высота бортового камня над лотком.

Если продольный уклон и поперечный профиль не меняют свои очертания и значения — все горизонтали будут параллельны, а расстояния их друг от друга одинаковы.

Сложнее проектировать перекрестки, особенно если сходящиеся направления имеют разные по величине и направлению уклоны. В этом случае поперечный профиль улицы более высокой категории как бы подчиняет себе поперечник пересекающего ее направления. Однако все сопряжения должны быть достаточно плавными, и с учетом этого определяется положение проектных горизонталей в таких случаях. Определяющими и здесь являются условия безопасности движения и поверхностного водоотвода.

40. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДООТВОДНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Проектирование водоотводной системы, конструктивное описание которой приводится в п. 8, включает в себя: выбор продольных и поперечных уклонов элементов системы, обеспечивающих до-

статочно быстрый, исключая застой сток воды в нужном направлении и вместе с тем не допускающий размывов водоотводного сооружения; сопряжение всех элементов системы, устройства смотровых, водоприемных и водопоглощающих колодцев, а также выпусков собранной воды в городскую ливневую канализацию или пониженные места рельефа; расчет сечений канав и лотков, а также малых водопропускных сооружений и определение мест их устройства. Уклон элементов водоотводной системы рекомендуется принимать в соответствии с данными табл. 11.

Для расчетного определения сечений водоотводных сооружений прежде всего необходимо определить расход стока, т. е. количество воды, притекающей к сооружению со всей площадки водосброса. Различают в зависимости от происхождения стоки *ливневые* и *снеговые* (от таящего снега). Для сравнительно малых площадей водосброса, какими являются бассейны внутризаводских или трамвайных путей, ограниченные трассой и ближайшей линией водораздела, ливневые стоки обычно значительно выше снеговых. Поэтому водоотводные сооружения трамвая и промышленного транспорта рассчитываются на ливневый сток. Только в районах, расположенных севернее линии Петрозаводск—Нижний Тагил—Братск—Якутск, при больших площадях водосброса следует проверить сооружения на пропуск талых вод.

Расход ливневого стока

$$Q = UF,$$

где U — величина стока, л/с, с гектара; F — площадь водосброса, га.

Величина стока зависит от характера застройки, покрытия улицы, промышленной площадки, иногда — прилегающих территорий, а также от присущей данной местности интенсивности и продолжительности дождя. Эта величина может быть определена по эмпирической формуле

$$U = \frac{462,5Z\Delta^{1,2}}{t^{0,5}},$$

где Z — коэффициент, характеризующий вид покрытия (асфальт — 0,28, бетон — 0,237, булыжник — 0,145, щебеночное покрытие — 0,125, песчаные дорожки — 0,09, газоны — 0,038); Δ — расчетная сила дождя; t — период концентрации (минимум времени, необходимого для добегаания воды к расчетному сечению сооружения от самой удаленной точки бассейна), мин.

В свою очередь,

$$\Delta = \mu \sqrt[3]{P},$$

где μ — климатическая постоянная; P — период однократного превышения интенсивности, применение которого позволяет принять расчетную силу дождя, меньшую, чем ее возможный максимум (для условий города или крупного предприятия $P=0,75$ года).

Климатическая постоянная

$$\mu = \alpha \sqrt[3]{\bar{H}^2},$$

где α — климатический коэффициент; \bar{H} — среднегодовое количество осадков, мм.

Значения климатического коэффициента α для некоторых районов СССР приведены ниже:

Север европейской части СССР	0,0253
Хабаровский край	0,0295
Ленинградская область	0,0315
Кировская, Куйбышевская, Оренбургская области	0,0340
Татарская и Башкирская АССР	0,0340
Урал	0,0345
Средняя Азия	0,0359
Белорусская ССР	0,0384
Западная и Восточная Сибирь	0,0398
Центральные черноземные и нечерноземные районы	0,0407
Саратовская, Ростовская и Волгоградская области	0,0487
Украина и Молдавия	0,0538

Примечание. Эти данные следует применять только для учебных целей.

Период концентрации t состоит из t_1 — времени прохода воды по бассейну до начала водостока и t_2 — времени прохода по водостoku до расчетного сечения. Обе составляющие определяются расчетно в зависимости от пути проходимого водой (в м) и скорости истечения (в м/мин), зависящей от продольного уклона и материала покрытия стока (от 10 до 100 м/мин).

При необходимости подсчитать расход стока от снеготаяния пользуются климатическими картами, на которых нанесены изолинии элементарных модулей стока, т. е. расходов воды, стекающей во время таяния снега с 1 км² площади водосбора.

По расчетному расходу подбирается поперечное сечение канавы (кювета, лотка и т. п.), а по этому сечению находится реальный расход Q_1 , который оно сможет пропустить:

$$Q_1 = \omega v,$$

где ω — площадь живого сечения, м² (площадь сечения потока воды, заполняющего водосток); v — средняя скорость потока, м/с;

$$v = C \sqrt{Ri},$$

где R — гидравлический радиус, м; i — продольный уклон в долях единицы; C — коэффициент, принимаемый в зависимости от вида укрепления дна и откосов, а также от гидравлического радиуса:

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}},$$

где γ — коэффициент шероховатости (неукрепленный грунт — 1,3, уплотненный грунт — 0,85, бетонная стенка — 0,46);

$$R = \frac{\omega}{\rho},$$

где ρ — смачиваемый периметр, м.

После определения Q_1 его сравнивают с расчетным Q и, если разница значения не превышает 5%, сечение признается приемлемым. Если разница больше, задаются другими значениями глубины канавы, ширины дна и повторяют расчет.

Существует понятие гидравлически наивыгоднейшего сечения. Это такое сечение, которое при заданных i и γ обладает наибольшей пропускной способностью при возможно меньшей площади ω . Практически — это такая форма трапеции, которая при одинаковой ω обладает наименьшим смоченным периметром. Такому условию соответствует определенное отношение ширины дна канавы b к ее глубине h (по живому сечению). Значения b/h для гидравлически наивыгоднейшего сечения при различной крутизне откосов канавы приведены ниже.

Крутизна откоса канавы	1:0	1:0,25	1:0,5	1:1,0	1:1,9	1:2,0
Отношение ширины дна канавы к ее глубине	2,0	1,56	1,24	0,83	0,61	0,47

Диаметр дренажных труб обычно не рассчитывается, а принимаются выпускаемые промышленностью керамические, бетонные и асбоцементные трубы диаметром 100 и 125 мм. Скорость воды в таких трубах должна быть не менее 0,16—0,20 м/с (при меньшей скорости возможно отложение осадков), но не более 1,0—1,5 м/с (при большей скорости не исключены подмывы). Расчет

определяется уклон $i = \frac{\gamma^2 v^2}{R^{4/3}}$. Коэффициент шероховатости γ для ке-

рамических труб 0,010—0,012, для бетонных и асбоцементных 0,013. Величина живого сечения ω и смоченного периметра ρ при подсчете R определяется с учетом наполнения трубы от 0,25 до 0,75 ее диаметра (в безнапорном режиме).

Рассчитывается также глубина заложения дренажа:

$$h = Z + p + j + f + h_0 - r,$$

где Z — глубина промерзания, считая от верха балластной призмы; p — расстояние от границы промерзания до уровня капиллярного поднятия воды (0,3—0,4 м); j — высота капиллярного поднятия (для песков 0,23 м, для суглинков и супесей 0,38—0,50 м); f — стрела кривой депрессии, по которой происходит снижение уровня грунтовых вод от линии его горизонта до верха дренажа; $f = m i_0$, где m — расстояние от дренажа до оси пути; i_0 — средний уклон кривой депрессии, зависящий от водопроницаемости грунта (для песка 6—20%, для супеси 20—50%, для суглинка 50—150%); h_0 — высота дренажа: трубы с основанием и засыпкой (обычно 0,3—0,4 м); r — относительная отметка дна наддренажного лотка (от верха балластной призмы).

Кроме этого, рассчитываются расход и скорость течения воды в дренаже, проверяется сечение дренажной трубы.

Отверстия железобетонных труб, укладываемых в малых насыпях, или междушпальных закрытых лотков проверяются на водопропускную способность также в безнапорном режиме по известным формулам гидравлики.

Контрольные вопросы

1. Каковы цели и методы экономических и технических изысканий?
2. Какими нормативными документами определяются требования, предъявляемые к проектированию пути?
3. Что такое план трассы?
4. В каких случаях необходимо применение переходных кривых?
5. Что такое эюра стрелочного перевода?
6. Как определяется вертикальное положение пути?

7. Какие обязательные требования предъявляются к проектированию продольного профиля пути?

8. Что такое руководящий и эквивалентный уклоны?

9. В каких случаях устраиваются вертикальные кривые?

Глава VIII

НОРМЫ СОДЕРЖАНИЯ ПУТИ

41. ДЕФОРМАЦИИ ПУТИ И ЕГО ЭЛЕМЕНТОВ

Силы, действующие на путь, естественные, и эксплуатационные воздействия, которым он подвержен, определяют характер, величины и темпы развития упругих и остаточных деформаций. *Упругие деформации* полностью исчезают после снятия нагрузки, они не должны быть чрезмерными по своей величине. *Остаточные деформации*, не исчезающие после снятия нагрузки, также должны быть ограничены по величине и, кроме того, по скорости их накопления. И те и другие деформации должны быть равномерны по длине пути в разных его сечениях.

Деформации рельсов можно разделить на три группы: износ, местные дефекты и общие дефекты. Износ рельсов заключается в потере рельсового металла, в основном головки или губки рельса, преимущественно за счет его истирания при взаимодействии с колесами подвижного состава. Износ бывает неравномерный (местный и протяженный) и равномерный (вертикальный и боковой). Равномерный износ (рис. 120) условно считается деформацией лишь в том случае, если его величина превышает установленные нормами допуски. Неравномерный износ всегда рассматривается как повреждение, деформация рельса.

Протяженный неравномерный износ проявляется как волнообразный (вертикальный) или как «шахматный» (боковой). Волнообразный износ определяется особенностями взаимодействия пути и вагона, наиболее часто он встречается на тормозных участках и при рельсах с недостаточной износостойкостью. Боковой неравномерный износ обычно бывает следствием отступлений от проек-

тных размеров рельсовой колен и высоты рельсовых нитей относительно друг друга.

Местный износ рельсов проявляется в виде повышенного истирания металла в сборных стыках, расплющивания головки в стыках, а иногда и в других сечениях рельсов, местных выбоин. Причины, усиливающие эти явления, чаще всего кроются в недостатках содержания пути и подвижного состава, а иногда и в металлургическом браке.

Износ шейки (в накладочной зоне) и подошвы (в сопряжении с костылем) встречается довольно редко. Иногда причиной износа рельса бывает коррозия металла.

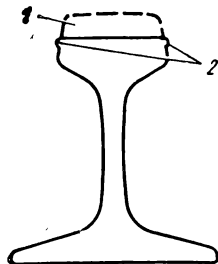


Рис. 120. Профиль изношенного рельса:

1 — зона истирания;
2 — зона смятия

Местные дефекты рельса — это изломы в различных его сечениях, продольные и поперечные трещины, расслоения, разрывы в зоне сварного шва, отколы или выкрашивание металла головки, губки или подошвы, в том числе и в наплавленных местах, продольные трещины по желобу трамвайного рельса. Местные дефекты почти всегда являются следствием неплотности сопряжений, наличия зазоров между балластом и шпалой, шпалой и подкладкой, подкладкой и рельсом. Все факторы, усиливающие удары колес о рельсы, способствуют возникновению местных дефектов. Появляются они также в случае недоброкачественной выплавки металла, нарушения технологии проката или просто небрежного отношения к рельсам при их транспортировке, выгрузке или хранении.

Наконец, общие дефекты рельса это устойчивые, не поддающиеся исправлению искривления рельса в вертикальной или горизонтальной плоскостях. Такие деформации обычно тоже бывают следствием небрежного обращения с рельсами. Иногда рельсы искривляются в процессе длительной эксплуатации пути, уложенного непосредственно на земляное полотно в ожидании балластировки.

Накладки изнашиваются по поверхностям соприкосновения с рельсами, сминаются под ударной нагрузкой, в них развиваются трещины (чаще всего по болтовым отверстиям) при знакопеременном изгибе. Под влиянием угона и температурных расширений изнашиваются и сминаются болтовые отверстия. Болты получают износ и смятие стержня, изгиб его, а иногда срез или излом, смятие нарезки.

Подкладки подвержены износу постели, короблению, разработке костыльных отверстий. Костыли и шурупы по мере увеличения истирания под головкой у подошвы рельса могут быть изогнуты (стержень отгибается у головки).

У шпал под влиянием действующих сил сминается и истирается древесина под подкладкой, волокна дерева постепенно перерезаются. Многократные перешивки измочаливают древесину под рельсовой зоны, при этом пластинки-закрепители и костыли работают как клинья, раскалывая шпалу. Расщепление волокон вызывает смещение врезавшихся подкладок. Естественные природные воздействия ведут к образованию и развитию трещин и гниению шпал.

Балласт подвержен загрязнению, засорению, разрушению его частиц и, как следствие, снижению и потере упругих, дренажных и несущих свойств. Под нагрузкой балласт равномерно или неравномерно уплотняется, выдавливается в ящики, а при определенных условиях и в стороны. Под действием воды балласт размывается и, насыщаясь водой, теряет свои механические свойства. Ветер может оказывать на балласт выдувающее действие.

Если рельсовый путь уложен на бетонном блочном основании, то бетонная плита прогибается под нагрузкой, поверхность бетона истирается от непосредственного воздействия рельсов, при значительных местных перенапряжениях в ней могут возникнуть трещи-

ны, выбоины и другие местные разрушения. Под влиянием температурных изменений плита также может выпучиваться или получать изломы.

Земляное полотно под действием неравномерной нагрузки, особенно, если удельные давления выше предельных, может выжиматься вверх, вдавливаясь, перемешиваться с балластом. Вода резко ослабляет несущую способность земляного полотна. При замерзании воды иногда возникают пучины. В теле земляного полотна могут появляться балластные ложа, корыта, гнезда, мешки.

Специальные части подвержены в основном тем же деформациям, что и рельсы, но специфика конструкции определяет и некоторые особенности деформаций. Основными могут считаться ослабление корневого крепления, износ или смятие опорных плоскостей, износ или изломы острия пера, истирание мелкого желоба в крестовинах с образованием наката, выкрашивание сердечника крестовины.

Накапливаясь, деформации элементов пути могут достигнуть предельных значений и вызвать потребность в замене соответствующих частей пути. Одновременно под влиянием роста этих деформаций развиваются общие неисправности пути в целом. Это прежде всего искажения положения пути в плане и профиле, отступления элементов от проектного взаимоположения. Такие деформации проявляются в уширениях и сужениях рельсовой колеи, просадках и перекосах рельсовых нитей, потайных толчках, выплесках, нарушениях рихтовки и других проявлениях неисправностей пути.

42. НОРМЫ И ДОПУСКИ СОДЕРЖАНИЯ ПУТИ

Действующие нормативные документы устанавливают обязательные для применения нормы содержания путевой конструкции и составляющих ее элементов. Строгое соблюдение этих норм, взаимовязанных с соответствующими нормами содержания ходовых частей вагонов, локомотивов и других рельсовых экипажей, обеспечивает безопасность и бесперебойность движения поездов.

Некоторые регламентированные размеры имеют по два значения допусков (допускаемых отклонений). Строительные допуски, т. е. отклонения, которые допускаются при строительстве, реконструкции или ремонте пути,— более жесткие. Эксплуатационные допуски, т. е. отклонения, допускаемые в процессе эксплуатации, несколько больше.

Особенности конструкции и условия взаимодействия с подвижным составом определяют различия в нормах, установленных для трамвайных и внутризаводских железнодорожных рельсовых путей.

Нормы содержания рельсовой колеи по ширине для различных условий, установленные Правилами технической эксплуатации трамвая и Типовым положением по технической эксплуатации про-

мышленного железнодорожного транспорта, приведены в гл. I и VI. Кроме того, регламентирован порядок укладки контррельсов в трамвайных путях, выполненных из железнодорожных рельсов. Ширина желоба между рельсом и контррельсом установлена в 35 мм, допускаемое уширение — до 5 мм при строительстве и до 15 мм при эксплуатации. Верх контррельса может превышать поверхность катания ходового рельса не более чем на 10 мм при строительстве и не более чем на 25 мм в эксплуатации. Увеличение ширины колеи в кривых, так называемая разгонка уширения, должно выполняться за пределами круговой кривой плавно: не более 1 мм на 1 м длины на путях трамвая, не более 3 мм на 1 м длины на постоянных внутризаводских путях и не более 5 мм на 1 м длины на временных передвижных путях.

Поверхность катания рельсов обеих нитей на прямых участках железнодорожных и открытых трамвайных путей должна, как правило, находиться в одном уровне. На трамвайных путях, имеющих дорожное покрытие, внутренние рельсовые нити (ближайшие к междупутью) укладываются выше наружных на 10 мм. Отступ-

Таблица 49. Предельные значения износа рельсов, мм

Пути	Вид износа ¹	Тип рельсов			
		Т _в 60	Т _в 65	P75, P65	P50, P43
Главные железнодорожные с грузо- напряженностью более 10 млн. т. км brutto/км в год	Приведенный Боковой	—	—	12	10
		—	—	15	13
То же менее 10 млн. т·км бру- то/км в год и приемо-отправоч- ные с грузонапряженностью бо- лее 10 млн. т·км brutto/км в год	Приведенный Боковой	—	—	16	13
		—	—	15	13
Остальные приемо-отправочные	Приведенный Боковой	—	—	20	16
		—	—	18	16
Прочие	Приведенный Боковой	—	—	—	19
		—	—	—	18
Трамвайные	Вертикальный	20	18	22	20
	Боковой по головке	18	18	22	20
	Боковой по губке	10	18	—	—
	Боковой износ	—	—	25	25
	контррельсов				

¹ Вертикальный износ измеряется по оси рельса, боковой износ — в плоскости колеи, боковой износ губки желобчатого рельса — на уровне поверхности катания. При подсчете приведенного износа 2 мм бокового износа считаются эквивалентными 1 мм вертикального.

Примечание. Допускается одновременный износ желобчатого рельса, до 16 мм — вертикальный и до 15 мм — боковой. Волнообразный износ не допускается при глубине волны более 0,5 мм.

ления от этого правила делаются лишь при боковом размещении путей относительно оси улицы или при одностороннем поперечном уклоне проезжей части. Такое положение пути обеспечивает поперечный сток поверхностной воды. В кривых, как известно, устраивается возвышение наружной нити, величина которого зависит от радиуса кривой, скорости и условий движения. Допускаемые отклонения от установленных норм ± 4 мм для трамвайных и главных заводских путей, ± 8 мм для прочих постоянных и ± 20 мм для передвижных заводских путей. Следует подчеркнуть, что на прямых участках пути равномерное превышение одного рельса над другим целесообразно рассматривать не как допускаемое, а как рекомендуемое. Такой прием помогает добиться более плавного хода подвижного состава, снижает боковое воздействие колес на рельсы. На кривых участках трамвайных путей отклонения от норм возвышения допускаются до 20 мм.

Местные просадки обеих рельсовых нитей и просадки одного рельса относительно другого не должны превышать 20 мм; перекосы, т. е. попеременные просадки одной и другой рельсовых нитей, разделенные расстоянием менее 8 м, не допускаются более 10 мм.

Особое внимание надо обращать на износ рельсов, так как рельс с износом более допустимого (табл. 49) считается дефектным.

Нормы износа рельсов, установленные для скоростных трамвайных линий, отличаются более жесткими допусками. Так, допускаемый износ губки рельса $T_{в} 65$ в кривых равен 10 мм, а боковой износ головки и губки рельса $T_{в} 60$ на прямых, как и боковой износ железнодорожных рельсов всех типов, — 6 мм. Все другие нормативы по износу рельсов скоростного трамвая не отличаются от установленных для обычного трамвая (см. табл. 49).

Пути в плане не должны иметь видимых искривлений и других нарушений. Если к рельсовой нити на прямом участке приложить шнур длиной 20 м, то отклонения нитей от прямого направления натянутого шнура не должны превышать 15 мм в точках, удаленных друг от друга на 10 м. При таких же замерах в кривых (шнур в этом случае становится хордой относительно рельсовых путей) максимальная разность в стрелах не должна превышать 14 мм.

Подуклонка рельсов должна быть равна $1/20$. В прямых и кривых, где возвышение наружной нити до 85 мм, допускаются отклонения $\pm 1/30$, т. е. подуклонка не должна быть более $1/12$ и менее $1/60$. При возвышении наружной нити более 85 мм подуклонка должна быть не менее $1/30$.

Нормальные рельсовые зазоры в сборных стыках открытого трамвайного пути устанавливаются в соответствии с табл. 50 в зависимости от температуры рельсов и географической зоны укладки.

На железнодорожных путях максимальная величина зазора при овальных отверстиях в рельсе принимается равной 23 мм, при круглых — 15 мм (P43), 21 мм (P50) и 19 мм (P65, P75). На от-

Таблица 50. Нормальные рельсовые зазоры

Зазор, мм	Температура рельсов, °С			Зазор, мм	Температура рельсов, °С		
	для северной полосы	для средней полосы	для южной полосы		для северной полосы	для средней полосы	для южной полосы
0	$\frac{>+55}{>+30}$	$\frac{>+60}{>+40}$	$\frac{>+65}{>+50}$	12, 0	$\frac{-15...-25}{-5...-10}$	$\frac{-10...-20}{+4...0}$	$\frac{-5...-15}{+5...+10}$
1, 5	$\frac{+55...+45}{+30...+25}$	$\frac{+60...+50}{+40...+35}$	$\frac{+65...+55}{+50...+45}$	13, 5	$\frac{-25...-35}{-10...-15}$	$\frac{-20...-30}{0...-5}$	$\frac{-15...-25}{+10...+5}$
3, 0	$\frac{+45...+35}{+25...+20}$	$\frac{+50...+40}{+35...+30}$	$\frac{+55...+45}{+45...+40}$	15, 0	$\frac{-35...-45}{-15...-20}$	$\frac{-30...-40}{-5...-10}$	$\frac{-25...-35}{+5...0}$
4, 5	$\frac{+35...+25}{+20...+15}$	$\frac{+40...+30}{+30...+25}$	$\frac{+45...+35}{+40...+35}$	16, 5	$\frac{-45...-55}{-20...-25}$	$\frac{-40...-50}{-10...-15}$	$\frac{-35...-55}{0...-5}$
6, 0	$\frac{+25...+15}{+15...+10}$	$\frac{+30...+20}{+25...+20}$	$\frac{+35...+25}{+35...+30}$	18, 0	$\frac{-55...-65}{-25...-30}$	$\frac{-50...-60}{-15...-20}$	$\frac{-45...-55}{-5...-10}$
7, 5	$\frac{+15...+5}{+10...+5}$	$\frac{+20...+10}{+20...+15}$	$\frac{+25...+15}{+30...+25}$	19, 5	$\frac{-}{-30...-35}$	$\frac{-}{-20...-25}$	$\frac{-}{-10...-15}$
9, 0	$\frac{+5...+5}{+5...+0}$	$\frac{+10...0}{+15...+10}$	$\frac{+15...+5}{+25...+20}$	21, 0	$\frac{-}{-35...-40}$	$\frac{-}{-25...-30}$	$\frac{-}{-15...-20}$
10, 5	$\frac{-5...-15}{0...-5}$	$\frac{0...-10}{+10...+5}$	$\frac{+5...-5}{+20...+15}$				

Примечание. В числителе указан диапазон температур для рельсов длиной 12,5 м, в знаменателе — 25 м.

крытых путях не допускается наличие более трех «слепых» (нулевых) или предельно растянутых стыков подряд.

Запрещается эксплуатировать стрелочные переводы с разъединенными острьями, изломом острья, рамного рельса, крестовины, разрывом хотя бы одного контррельсового болта. Кроме того, аварийными считаются стрелочные переводы (спецчасти), на которых превышены допуски, приведенные в табл. 51.

Допускаемый износ шпал определяется их способностью поддерживать стабильность рельсовой колеи. Эта стабильность может быть полностью или частично устранена из-за механического износа древесины под рельсом или подкладкой, разработки костыльных отверстий, развития продольных трещин или значительного по глубине загнивания. Не допускается наличие в пути более трех таких шпал подряд (так называемая кустовая гнилость). Железобетонные шпалы подлежат замене при наличии трещин, проходящих через оба отверстия для закладных болтов, сколов у этих отверстий, захватывающих более 30% подрельсовой зоны, разрывов арматуры и некоторых других понижающих прочность шпалы дефектов.

Таблица 51. Неисправности стрелочных переводов

Неисправность	Предельное значение, мм
<i>Железнодорожные стрелочные переводы</i>	
Отставание острья от рамного рельса против первой тяги	3
Выкрашивание конца острья на длине	200, 300, 400*
Понижение острья против рамного рельса	2
Вертикальный износ рамных рельсов и острьяков для стрелок типа:	
Р65	10, 12, 14*
Р50, Р43	8, 10, 12*
Вертикальный износ сердечника в сечении 40 мм	8, 10, 12*
<i>Трамвайные стрелочные переводы</i>	
Боковой износ пера	10
Износ крепления корня пера:	
в вертикальной плоскости	6,7**
» горизонтальной	4,5**
Понижение или превышение пера по отношению к рамному рельсу для двуперых стрелок	4,6*
Уступ в накате желоба глухих стрелок	3
<p>* Соответственно для главных, приемо-отправочных и прочих путей. ** Соответственно для литых и сборных стрелок.</p>	
<p>Примечание. Превышение пера одноперых стрелок не должно быть более 15 мм, понижение — более 2 мм.</p>	

Основанием для замены балласта является высокая степень его загрязнения, сплошное зарастание травой, массовые застои воды, выплески, отрясанные шпалы.

Для узкой колеи установлены другие нормы. Для трамвайной линии с шириной колеи 1000 мм допускаются отклонения +12 (а на кривых с учетом бокового износа +15) и —4 мм (а на кривых —2 мм). На внутривозвратных путях с шириной колеи 750 мм установлены допуски +4 —2 мм. Допускаемые отклонения рельсовых путей по уровню ± 3 мм. Отклонение от установленного нормами возвышения наружного рельса в кривых возможно до 25%. Величина приведенного износа рельсов на внутривозвратных путях узкой колеи не должна превышать при рельсах типов Р43 и Р38 17 мм; III-а — 13; Р30—18; Р24—11; Р18—5; Р15—6 мм.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте основные виды деформаций рельсов.
2. Как проявляются деформации в скреплениях, шпалах, балласте?
3. Какие виды общих неисправностей пути вы знаете?
4. Назовите основные неисправности стрелочных переводов.

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ ТРАМВАЙНЫХ И ВНУТРИЗАВОДСКИХ ПУТЕЙ

43. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Путевые работы, различаясь по своему номенклатурному составу и объемным характеристикам, выполняются при текущем содержании пути и его периодических ремонтах, а также при строительстве новых или реконструкции существующих трамвайных и железнодорожных линий. *Строительство* новых линий осуществляется в соответствии с генеральным планом города или промышленного предприятия, комплексной транспортной схемой, проектом строительства. В этом случае все работы, начиная с подготовки трассы и территории, выполняются вновь в полном объеме.

Реконструкция отличается от строительства прежде всего тем, что путевые работы выполняются на существующем пути, как требующем, так и не требующем по своему состоянию выполнения одного из видов ремонта. Цель реконструкции: переустройство линии из планировочных соображений (изменение трассы в связи с требованиями застройки, благоустройства, необходимость спрямления в плане или значительного изменения вертикальных отметок и т. п.), усиление пути в связи с изменением эксплуатационных условий (увеличение прочности пути из-за роста нагрузок и интенсивности движения, улучшение устойчивости конструкции в связи с устройством дорожных покрытий и т. п.). Как правило, при реконструкции заменяются и усиливаются все элементы верхнего строения пути, изменяются план, продольный и поперечный профили. В отдельных случаях реконструкция может выполняться по временной схеме без усиления конструкции. Это бывает в случаях, когда изменения положения трассы носят временный характер и пути должны быть возвращены на прежнее место.

Работы по строительству и реконструкции рельсовых путей трамвая и внутризаводских железных дорог должны, как правило, выполняться специализированными подразделениями местных подрядных строительных организаций. Лишь в особо крупных хозяйствах трамвая и на железнодорожном транспорте больших заводов создаются собственные строительные управления, участки и путевые колонны, на которые возлагаются эти работы. Вести строительство и реконструкцию пути хозяйственным способом, т. е. силами и средствами служб и дистанций пути, не рекомендуется.

В зависимости от объемов работ строительное (ремонтно-строительное) управление, входящее в состав трамвайного предприятия или заводского железнодорожного хозяйства, может иметь собственную производственную базу или пользоваться услугами мастерских службы пути.

Строительство и реконструкция путей должны выполняться в основном за счет централизованных источников (государственные

капиталовложения). В отдельных случаях они могут финансироваться заинтересованными заказчиками (например, если трамвайная линия переносится в связи со строительством теплотрассы, то организация-заказчик этого строительства может и должна оплатить реконструкцию пути). Сравнительно небольшие объемы реконструкции могут быть осуществлены за счет амортизационных отчислений, т. е. за счет средств капитального ремонта, а также фонда развития производства.

Все работы по строительству и реконструкции рельсовых путей подразделяются на комплексы, состоящие из отдельных операций. Обычно выделяются комплексы подготовительных и вспомогательных работ, работы по устройству земляного полотна, водоотводных сооружений и дорожных покрытий, путеукладочные, балластировочные и отделочные работы. При производстве работ по реконструкции этот перечень дополняется работами по разборке существующих путей.

Подготовительный комплекс может включать разработку проекта производства работ, разбивку и закрепление трассы пути в плане и профиле, организацию бытовых условий для строителей приобъектных складских площадок и стоянок для машин и механизмов. Сюда же относятся заготовительные работы, в том числе сборка рельсовых звеньев, монтаж стрелок, пересечений и стрелочных переводов, изгиб рельсов для кривых малых радиусов. При устройстве земляного полотна выполняется разбивка поперечников, разборка дорожных покрытий, снятие растительного слоя, сооружение насыпи или выемки, уплотнение грунта, планировка откосов и основной площадки земляного полотна. Как правило, одновременно осуществляется и строительство водоотводных сооружений: подпутевых и перехватывающих дренажей, кюветов, лотков, путевых и стрелочных колодцев и коробок и т. п.

Состав балластировочного комплекса зависит от принятой последовательности работ. Возможны два варианта: балласт завозится до или после укладки пути, причем уложенный путь может быть использован для доставки балласта. В первом случае комплекс включает подготовку земляного полотна и балластировку, погрузку балласта в карьер или на промежуточном складе, перевозку, выгрузку, планировку и уплотнение балласта. Затем после укладки рельсо-шпальной решетки выполняется подъемка пути, пополнение и подштопка балласта под шпалы, подбивка пути. Во втором случае после выгрузки балласта из автомашин или вагонов выполняется его уборка в путь, подъемка пути (за один или несколько проходов), пополнение и подштопка балласта под шпалы, подбивка пути.

К путеукладочным работам относятся. при звенье-вом способе укладки — транспортировка и укладка звеньев, сборка механических стыков, постановка электрических соединений, сварка и шлифовка стыков, установка температурных компенсаторов; при раздельном способе укладки — развозка по фронту работ и раскладка шпал по эпюре, укладка рельсов, их прикрепление к

шпалам, при необходимости обрезка рельсов и сверление отверстий для болтов и тяг, сборка механических стыков, сварка и шлифовка сварных стыков, постановка тяг, противоугонов и электрических соединений, установка температурных компенсаторов. В кривых участках пути при железнодорожных рельсах комплекс дополняется постановкой контррельсов. Стрелочные переводы, пересечения и узлы могут собираться на стороне и в комплекте укладываться на заранее разложенные брусья или шпалы или монтироваться непосредственно на месте укладки.

Отделочные работы включают в себя рихтовку пути, окончательную его выправку, добивку костылей, довертывание шурупов, подкрепление болтов, планировку и оправку балластной призмы.

Устройство дорожных покрытий выполняется как самостоятельный комплекс работ, состоящий из подготовки основания и укладки асфальта, штучного камня или железобетонных плит.

Вспомогательные работы осуществляются преимущественно в ходе выполнения основных комплексов. Это перемещение материалов и инструментов по фронту работ, доставка строительной техники, горюче-смазочных материалов и другие транспортные операции, ремонт и содержание машин и механизмов, устройство ограждений, освещения, охраны и т. п.

Специфические особенности городской улицы или промышленной площадки должны учитываться при организации путевых работ. Во всех случаях сооружения или реконструкции рельсового пути необходимо стремиться к сохранению нормального режима движения безрельсового транспорта. Однако при недостаточной ширине улицы (для одной полосы движения должно быть предусмотрено 3—3,5 м) и необходимости размещения вдоль фронта путевых работ машин, механизмов и материалов приходится изменять схему движения городского и внутризаводского автомобильного транспорта. Возможно полное прекращение этого движения с устройством объездов по всей длине фронта или по части его, ограничение движения по виду транспорта (например, закрытие грузового движения при сохранении маршрутного пассажирского транспорта). При необходимости пересечения фронта работ автомобильным потоком могут устраиваться временные проезды (шпальные мостки).

Необходимо учитывать и требования городского благоустройства. Причем требования эти предъявляются не только к законченному объекту, но и к процессу производства работ. Грунт, вынимаемый при земляных работах, старый асфальт, материалы от разборки верхнего строения пути не должны оставаться на проезжей части или на тротуарах. Особое внимание должно уделяться сохранности, а при необходимости и своевременной перекладке всех подземных сооружений, находящихся на трассе пути или пересекающих ее (кабели, линии связи, водопроводные, канализационные и другие сети, колодцы). До начала путевых работ они

должны быть согласованы с эксплуатирующей организацией, органами Госавтоинспекции, городскими или районными управлениями коммунального хозяйства или благоустройства (или с соответствующими службами промышленного предприятия) и со всеми владельцами коммуникаций, попадающих в зону производства работ. Это требование действует и при выполнении ремонтов пути.

При производстве работ на пассажирских трамвайных путях за техническое состояние пути и безопасность работ отвечает ремонтно-строительная или строительная организация, а за безопасность движения — служба (дистанция) пути, осуществляющая эксплуатацию ремонтируемого пути.

Во всех случаях производства работ на действующих путях следует стремиться к минимизации потерь от вынужденного закрытия движения. При явной необходимости закрыть движение трамваев следует переключить его на соседние улицы или проезды, устроить временные объездные пути, с помощью временных стрелочных переводов перейти на однопутное движение (при длине участка не более одного перегона). Работы могут быть организованы в часы ночного перерыва движения («окна») и лишь в крайнем случае — при закрытом специально для производства работ движении.

При необходимости закрыть для реконструкции или ремонта внутризаводской путь надо определить на этот период порядок обслуживания соответствующих грузовых фронтов.

Определенное влияние на организацию путевых работ оказывают климатические и погодные условия. Возможность выполнения большинства операций, особенно связанных с состоянием грунта и балласта, ограничена периодом зимнего промерзания. Наиболее благоприятен для производства путевых работ период от практического просыхания балласта до уровня основной площадки земляного полотна (для средней полосы это обычно последние дни апреля) до перехода среднесуточной температуры через 0°C . Однако при своевременной подготовке земляного полотна и выполнении других сезонных работ вполне возможно и целесообразно вести в зимних условиях укладку звеньев, рельсов, стрелочных переводов и некоторые другие работы и операции. Конкретные погодные условия — сильные морозы, затяжные дожди и т. п. — влияют на ход выполнения работ, вызывая вынужденные простои и другие нарушения производственного процесса.

Работы по строительству, реконструкции, а в ряде случаев и по ремонту пути можно выполнять как поточным, так и комплексным (звеньевым) методом. Принцип *поточности* заключается в том, что звенья или специализированные бригады, входящие в состав колонны (комплексной бригады), выполняют только определенные работы или операции по всей длине объекта, последовательно перемещаясь друг за другом. Например, строящийся путь длиной 800 м разбивается на четыре участка (захватки) по 200 м. Первое звено раскладывает шпалы на первом участке, затем с той же работой переходит на второй. На первый участок приходит второе звено, которое выполняет раскладку рельсов. Затем первое звено идет

с раскладкой шпал на третий участок, на второй переходит второе звено (раскладка рельсов), а на первом третье звено выполняет, к примеру, сборку стыков, разноску подкладок и костылей и т. д.

При *звеньевом методе* нет такой узкой специализации. На каждом участке работает лишь одна бригада (звено), которая выполняет от начала до конца все технологические операции. При сравнительно небольшой протяженности объектов этот метод может оказаться предпочтительнее, хотя обычно поточный метод более эффективен. На практике возможно и сочетание двух этих методов организации работ.

Путевые работы весьма трудоемки, поэтому следует добиваться наибольшего уровня их механизации. Большой эффект дает также индустриализация строительства, т. е. сборка пути или стрелочного узла из звеньев или блоков, заранее подготовленных в мастерских службы пути или строительной организации, на специальной звеноборочной или монтажной площадке.

Основой правильной организации путевых работ является детально разработанная прогрессивная технология каждого производственного процесса. Технология устанавливает последовательность выполнения операций, определяет время и ресурсы (рабочую силу, машины, механизмы, материалы), необходимые для их выполнения, позволяет выбрать наиболее выгодную расстановку звеньев и отдельных рабочих по всему фронту путевых работ.

Для каждого крупного объекта строительства, реконструкции составляется проект производства работ (ППР).

44. ПОРЯДОК ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Строительству или реконструкции пути предшествует его разбивка, т. е. вынос на местность предусмотренных проектом отметок горизонтального и вертикального положения характерных точек оси пути. С помощью геодезических инструментов (теодолита, нивелира, мерной ленты) устанавливают разбивочные колья по оси пути (через каждые 50 м по прямой и 25 м по кривой), кроме того, размечают начало и конец круговой и переходных кривых, вершины углов поворота, начало и конец стрелочного перевода, точки перелома профиля. Вертикальные отметки устанавливают через каждые 20 м.

Разбивка обозначается деревянными кольями, иногда — металлическими штырями. Около кола обязательно ставится так называемый сторожок, на затесанной плоскости которого краской указывают номер точки и ее пикетажное положение. Обычно осевая разбивка закрепляется еще и выноской точки в сторону от оси пути строго по поперечнику. Это делается для того, чтобы без труда можно было восстановить сбитую разбивку. Иногда, например, если основные и выносные точки приходится устанавливать в проезжей части, можно закрепить их, нанося соответствующие метки на цокольной части строений.

После выполнения разбивки должна быть подготовлена трасса пути. Обычно подготовка заключается в выносе или переустройстве подземных коммуникаций. В некоторых случаях можно обойтись без переноса, например, пересекающих трассу пути линий водопровода и канализации, защитив их от воздействия путевых нагрузок устройством специального кожуха. Кроме работ по подземным сооружениям, иногда приходится убирать с трассы зеленые насаждения, различные строения и даже производить снос домов или зданий промышленного назначения. Надземные коммуникации обычно не мешают производству работ. Необходимость их переустройства решается в зависимости от требований, которые предъявляет пуск движения перед завершением строительства.

В этот же период выполняются работы по освещению фронта работ (если они будут производиться в темное время суток). Освещение обеспечивается от осветительных сетей общего пользования или от контактной сети трамвая. Если это невозможно, осветительные приборы получают ток от передвижных электростанций. Путевые работы должны быть обеспечены необходимой связью и сигнализацией, а если предстоит их выполнение при однопутном движении трамвая, то следует одновременно с врезкой временных стрелочных переводов оборудовать устройства сигнализации и блокировки в зависимости от принятого способа организации движения.

Земляные работы (устройство насыпей, выемок, водоотводных канав и планировка поверхностей) определяют весьма значительную часть трудоемкости строительства и реконструкции пути. Поэтому важно во всех случаях обеспечить их комплексную механизацию.

При выполнении земляных работ на трамвайных и внутризаводских путях наиболее часто встречаются следующие операции: разрыхление грунта, его разработка, планировка, уплотнение, погрузка на транспортные средства, перемещение и выгрузка. Если работы выполняются в пределах проезжей части, этот перечень дополняется вскрытием и разборкой штучных и сплошных дорожных покрытий. Перед началом земляных работ на подготовленной трассе производится дополнительная разбивка: на местности обозначается ширина выемок поверху и насыпей понизу, т. е. выносятся точки пересечения откосов с поверхностью земли. При необходимости также закрепляются границы водоотводных канав.

При размещении трамвайного пути на самостоятельном полотне в соответствии с продольным и поперечными профилями возводятся насыпи и выемки. Во всех случаях при любой конструкции земляного полотна (кроме его размещения в проезжей части) следует, срезав растительный слой грунта, позаботиться о его складировании, сбережении и дальнейшем использовании в интересах сохранения природной среды. При больших объемах срезки плодородной земли целесообразно разрабатывать проекты рекультивации, т. е. ее восстановления.

Насыпи должны отсыпаться послойно (не более 0,3 м) с обязательным равномерным уплотнением дорожными катками или колесами (гусеницами) машин, перемещающих грунт. Осадка грунта при уплотнении учитывается увеличением отметки насыпи против проектной. Это увеличение зависит от высоты насыпи, рода грунта и способа уплотнения и может достигать 15%. Одновременно с уплотнением последнего слоя планируется с нужными уклонами основная площадка земляного полотна. Таким же образом сооружается земляное полотно на соединительных путях заводских железных дорог.

Небольшие насыпи и выемки могут в отдельных случаях сооружаться и при строительстве пути на обособленном полотне. Однако чаще в этом случае, как и на внутризаводских путях с незаглубленной балластной призмой, путевая конструкция укладывается в относительных нулевых отметках непосредственно в уровне планировки улицы. В условиях городской улицы или промышленной площадки особую актуальность приобретает сбалансированность грунта, потребного для отсыпки насыпей и высвобождающегося при разработке выемок. В этом случае невозможно использование резервов для поперечного перемещения грунта в насыпь, а завезти грунт извне также не всегда удается. Поэтому наиболее желательной является так называемая продольная возка, при которой грунт из выемки в насыпь перемещается непосредственно землеройными машинами и лишь в особых случаях перевозится на автомашинах.

При строительстве пути с заглубленной балластной призмой, если это строительство осуществляется на ранее построенной улице, проезде или площади, устройству выемки (котлована, корыта) предшествует разборка дорожного покрытия — штучные материалы или асфальт взламываются и либо сразу же вывозятся за пределы объекта, либо, если позволяют местные условия, аккуратно складываются вдоль котлована. Ширина полосы, которую следует разобрать, должна быть на 20—30 см шире земляного полотна. В пределах этого уширения забиваются разбивочные колья, на которых отмечается проектная глубина разработки грунта. Дно котлована — основная площадка земляного полотна — должно быть тщательно спланировано. Если проектом предусмотрено устройство подпутевого дренажа, то после отрывки дренажной канавы планировка выполняется повторно. Если при планировке приходится засыпать отдельные впадины, насыпной слой грунта необходимо уплотнить. Очевидно, что все кабели, лежащие выше основной площадки или дна дренажной канавы, должны быть убраны до начала земляных работ. До начала земляных работ должны быть получены и все необходимые согласования. Грунт, извлеченный при сооружении котлована, нежелательно оставлять на проезжей части, по возможности его следует увозить за пределы объекта по мере разработки.

При механизированном производстве земляных работ широко применяют бульдозеры, эскаваторы, грейдеры, дорожные катки,

дискофрезерные и клыковые рыхлители и кирковщики, передвижные компрессоры с исполнительным инструментом, тракторные погрузчики, автосамосвалы и другие машины и механизмы. При ручной разработке грунта используют штыковые лопаты, ломы, кирки, кувалды и клинья.

Как уже указывалось, возможны два варианта организации работ по укладке балласта. Рассмотрим технологически более сложный (только за счет количества операций) и более целесообразный вариант предварительного устройства основания. При устройстве шпально-песчаного основания непосредственно на основную площадку земляного полотна из самосвалов или при наличии параллельного пути из вагонов (платформ, думпкаров, дозаторов) выгружается песок. Если песок был завезен ранее и выгружен на обочине, его перемещают в котлован с помощью землеройных машин или вручную. Слой песка должен быть на несколько сантиметров меньше проектного. Поверхность уложенного слоя должна быть спланирована в процессе его уплотнения.

Несколько сложнее устройство щебеночного основания. Вначале по земляному полотну рассыпается и разравнивается 5-сантиметровый слой песка, затем укладывается слой щебня толщиной 20 см при размере фракций 20—70 мм. Щебень должен быть уплотнен катками или трамбовками таким образом, чтобы толщина слоя после укатки была равна 15 см. Укатка выполняется полосами от бровки земляного полотна к центру. Эти требования обязательны при сооружении пути в закрытом варианте (с дорожным покрытием). На открытых путях можно ограничиться уплотнением щебня под колесами и гусеницами доставляющих его транспортных средств и механизмов, выполняющих планировку.

Железобетонные шпалы, как правило, следует укладывать только на заранее подготовленный слой щебеночного балласта. На самостоятельном или обособленном полотне, где шпала не воспринимает нагрузку от безрельсовых экипажей, а также на железнодорожных путях средняя часть шпалы не должна опираться на балласт. С этой целью балласт под этой частью (около 40 см от оси пути в обе стороны) вместо уплотнения разрыхляется, а избыток щебня должен быть удален. Это требование не распространяется на трамвайные пути, расположенные на совмещенном полотне, где балласт уплотняется по всей длине шпалы. Это усложняет работу шпалы, вызывая дополнительные растягивающие напряжения ее верхней постели.

Помимо ранее перечисленной техники, при устройстве основания применяют железнодорожный (полувагоны, платформы, думпкары, хопперы) и трамвайный (платформы, в том числе опрокидывающиеся, дозаторы) подвижной состав.

Укладка рельсо-шпальной решетки на подготовленное основание или непосредственно на земляное полотно может выполняться звеньевым или отдельным способом. При *звеньевой укладке пути* звенья собираются заранее на специальной звеносборочной базе или приспособленной для этой цели мон-

тажной площадке и по мере необходимости доставляются к месту укладки. Звенья могут быть доставлены на вагонах-платформах, автомашинах со специально оборудованными прицепами и выгружены сразу на место или на проезжую часть улицы для последующей перекладки. Выгрузка и укладка звеньев может выполняться звеньевыми путеукладчиками (при строительстве железнодорожных путей), автомобильными кранами, автопогрузчиками, трубоукладчиками, экскаваторами с укороченной стрелой (при строительстве трамвайных и внутризаводских железнодорожных путей). Звеньевой метод укладки пути наиболее предпочтителен, он может быть почти полностью механизирован, обеспечивает большую производительность труда, меньшие сроки и лучшее качество строительных работ.

При *раздельной сборке пути* по подготовленному основанию в соответствии с принятой эapurой раскладываются шпалы. Шпалы укладывают «по шнуру», т. е. выравнивая их концы с внешней стороны двухпутного участка или справа по ходу укладки на однопутном. На прямых участках пути продольная ось шпалы должна быть перпендикулярна оси пути, на кривых она располагается по направлению радиуса. Деревянные шпалы должны иметь предварительно просверленные и антисептированные отверстия для костылей или шурупов диаметром 12 мм и глубиной до 12 см. Если в колее оказываются коммуникационные колодцы, вместо шпал должны быть уложены полушпалы (коротыши). Шпалы доставляют к фронту работ на вагонах или автомашинах и раскладывают обычно вручную (деревянные) или с помощью автокранов (железобетонные).

На разложенные таким образом шпалы укладывают рельсы предусмотренного проектом типа. Рельсы подвозят к месту производства работ рельсотранспортерами, грузовыми платформами (трамвайными или железнодорожными), автолесовозами с прицепами. Раскладывают рельсы по всей длине строительного фронта непосредственно с транспортных средств. Возможен и вариант, при котором рельсы выгружают в нескольких местах, а затем растягивают вдоль строящегося пути при помощи тракторов или автомашин. Растянутые по обочине пути рельсы либо сваривают в длинномерные плети (при деревянных шпалах) и затем надвигают на шпалы, либо поодиночке надвигают на шпалы, собирают в звенья (при железобетонных шпалах) и сваривают в соответствии с проектом и техническими условиями.

Прежде чем надвигать рельсы на шпалы, необходимо разложить подкладки и прикрепители. На железобетонных шпалах положение рельсов и ширина колеи фиксируются самой конструкцией шпалы и промежуточных креплений. На деревянных шпалах положение рельсов размечается симметрично относительно оси пути, затем костылями или шурупами пришивается к шпалам сначала так называемая рихтовочная нить. *Рихтовочная нить*, по которой задается направление рельсов, это в кривых участках — упор-

ная (наружная) нить, в прямых двухпутных участках — внутренняя, в прямых однопутных — правая по пикетажному счету. Вторая рельсовая нить пришивается по шаблону по заданной ширине колеи.

При выполнении операции пришивки следует обеспечить строго вертикальное положение прикрепителя. Категорически запрещается забивать шурупы, их надо только завинчивать. Нельзя выправлять направление костыля ударами сбоку или по тыльной части головки.

При сборке механического трамвайного стыка необходимо прежде всего добиться полного совпадения рабочих кантов соединяемых рельсов. Болты устанавливают гайками внутрь колеи. Гайки должны быть затянуты до отказа, накладки должны размещаться между головкой и подошвой рельса без видимых зазоров. Собранный стык должен быть отрихтован, а при необходимости и выправлен боковым прессом с гидравлическим или винтовым приводом.

Конструкция пути определяет необходимость установки противоугонов, электрических соединений, а также — при рельсах трамвайного типа — поперечных путевых тяг.

Укладка рельсов в кривых практически не отличается от укладки прямых, конечно, с учетом особенностей самой конструкции (уширение колеи, наличие контррельсов при железнодорожных рельсах, путевых тяг и т. д.). В кривых железнодорожных путей со сборными (механическими) стыками по внутренней нити укладывают укороченные рельсы. Это необходимо, так как длины наружной и внутренней нитей неодинаковы и при укладке обычных рельсов стыки по внутренней нити будут забегать вперед. Длина рельсов рассчитывается так, чтобы величина наибольшего несовпадения стыков не превышала половины длины укорочения. Стандартными укороченными рельсами являются рельсы длиной 12,46; 12,42 и 12,38 м.

Важной особенностью подготовки рельсов к укладке в кривых малых радиусов, обычных для трамвайных путей, является необходимость их предварительного изгибания. Изгибание выполняется в мастерских или на объектовой монтажной площадке. Для этой цели применяется электрогидравлический пресс, в котором рельсы прокатываются между тремя вальцами и изгибаются с достаточной точностью по кривой заданного радиуса. Изгибание рельса может выполняться и вручную с помощью гидравлического или винтового пресса. Следует иметь в виду, что упругие рельсы частично выпрямляются после снятия изгибающих нагрузок, поэтому рельс под нагрузкой изгибается по кривой несколько меньшего радиуса, чем требуется (примерно на $\frac{1}{4}$). Радиус изогнутого рельса проверяют по стреле прогиба, величина которой зависит только от радиуса кривой и величины хорды. Если R — радиус кривой, a — хорда, а f — стрела прогиба (все в метрах), то $R = \frac{a^2}{8f}$.

При выполнении работ путеукладочного комплекса широко применяют станции механизации путевых работ, передвижные электростанции с набором исполнительных инструментов, а также ручной инструмент.

Следует отметить часто встречающуюся практику прожигания отверстий в рельсах (для установки болтов и тяг) или обрезки рельсовых концов с помощью кислородно-ацетиленового пламени или бензорезов. Эти операции следует выполнять только с применением рельсорезных и рельсосверлильных станков. Потери за счет большой трудоемкости с лихвой окупятся большей долговечностью и надежностью рельса.

После укладки или монтажа рельсо-шпальной решетки необходимо продолжить работы по балластировке пути. Под балластировкой обычно понимается весь комплекс работ по подъему пути на балласт до окончательного его положения. Поэтому в балластировочный комплекс входят и работы, выполняемые до укладки звеньев,— планировка и уплотнение основной площадки земляного полотна. После укладки выполняют постановку пути на ось, точную установку шпал в эпюрное положение по меткам, нанесенным на рельсах, уточнение рабочих отметок подъема, добивку костылей, подкрепление болтов. Лишь после этого подается недостающий балласт и выполняется собственно подъемка пути.

При строительстве железнодорожных путей подъемка может выполняться механизированным способом с применением выправочно-подбивочно-отделочной машины ВПО-3000, на внутризаводских путях применяют разные варианты балластеров, комплексы легких машин в составе тракторного дозировщика и балластировочного прицепа, передвижные моторные домкраты. При сооружении путей трамвая применяют путеподемники с моторным приводом (двигатель внутреннего сгорания или электродвигатель). Как на внутризаводских, так и на трамвайных путях широко применяют ручной способ подъема с применением гидравлических, реже винтовых или реечных домкратов.

Во всех случаях подъемку пути на балласт следует вести в два приема. После подъема пути на заданную отметку (обычно вывеска пути начинается со стыка) под концы вывешенных шпал подсыпается и несколько уплотняется балласт — эта операция называется подштопкой. Затем домкраты или путеподемник перемещают к следующему стыку и вывеска и подштопка повторяются. Потом те же операции выполняют на середине звена. После этого бригада переходит на следующее звено и все операции повторяются вновь. Вслед за вывеской на каждом звене производят перегонку сбившихся при подъеме шпал и приводят в норму промежуточные крепления. Затем засыпают балластом все шпальные ящики и подштопывают все шпалы до тех пор, пока балласт не заполнит все пустоты до нужных отметок.

Подбивка пути — уплотнение балласта под шпалами — производится дважды: предварительная — после подштопки и окончательная — после обкатки пути и его окончательной рихтовки.

Рихтовка пути также выполняется дважды: после предварительной подбивки и после обкатки пути, перед его окончательной подбивкой. Рихтовка пути заключается в точной установке пути относительно его оси и в придании рельсовым нитям направления строго прямолинейного на прямых и плавно закругляющегося на кривых участках. Эта операция может выполняться машинами ВПО-3000 (на железнодорожных путях) и вручную с применением ломов и рихтовочных домкратов.

Обкатка трамвайных путей должна производиться поездной нагрузкой не менее 20 тыс. т, что эквивалентно 1100—1200 проходам ненагруженных трамвайных вагонов (4,5 тыс. колесных пар).

Подбивка пути может выполняться машинами: уже упоминавшейся ВПО-3000, выправочно-подбивочно-рихтовочными ВПР-1200 и ВПРС-500, шпалоподбивочной ШПМ-02. На строительстве и ремонте трамвайных путей применяется только ШПМ-02. Наиболее часто подбивка осуществляется вручную с применением электрических вибрационных шпалоподбоек ЭШП-3, ЭШП-6 и ЭШП-7, получающих электроэнергию от передвижных электростанций. Подбивку следует вести одновременно четырьмя или восемью подбойками так, чтобы она велась одновременно с двух сторон шпалы. Шпалоподбойки должны перемещаться при этом от рельса к концу или середине шпалы. На каждом участке подбивки производят несколько заглублений бойка шпалоподбойки под шпалу с постепенным уменьшением глубины опускания бойка и угла его наклона к горизонту. После подбивки необходимо пополнить, спланировать и утрамбовать балласт в шпальных ящиках.

Отделочный комплекс включает в себя проверку положения колеи по шаблону и уровню, исправление обнаруженных отступлений, подкрепление сборных стыков и путевых тяг, регулировку зазоров, добивку наддернутых костылей или довинчивание шурупов, восстановление поврежденных при подбивке электрических соединений, оправку балластной призмы, уборку и вывозку оставшихся материалов.

Иначе организуют работы по укладке пути на бесшпальных основаниях. На тщательно подготовленной основной площадке земляного полотна разравнивают слой песчаного балласта (около 5 см), на который с помощью автокрана, автопогрузчика или иного грузоподъемного механизма укладывают плиту, панель, блок или другую деталь сборной путевой конструкции. При выполнении этой работы важно обеспечить строгую равномерность опускания конструкции на балласт, совпадение осей и рабочих кантов, плотность всех болтовых соединений, высокое качество сварки.

Определенные особенности имеет укладка пути в соединениях и узлах. Стрелочные переводы, как правило, должны предварительно собираться на монтажной площадке. Лишь при строительстве новых линий возможна их сборка непосредственно в пути. В процессе предварительной сборки проверяют размеры стрелок, крестовин и других деталей промышленного изготовления, уточняя

ют размеры соединительных рельсов, выполняют взаимную подгонку всех элементов стрелочного перевода. Аналогично монтируют и глухое пересечение.

Сборка одиночного трамвайного стрелочного перевода выполняется в такой последовательности:

на монтажной площадке раскладывают шпалы и брусья;

по шаблону и наугольнику укладывают оба стрелочных тела, временно связываемых тягами;

в соответствии с эapurой по прямому направлению внутреннего стрелочного тела укладывают прямой соединительный рельс предварительно уточненной длины;

укладывают крестовину;

прямой рельс соединяют стыковыми накладками на двух болтах с корпусом внутреннего стрелочного тела и крестовиной;

выверяют прямолинейность уложенной нити;

измеряют фактическое расстояние между корпусом наружного стрелочного тела и крестовиной, по этому расстоянию готовят кривой соединительный рельс (сначала изгибают по эapurному радиусу, потом отрезают рельсорезным станком, затем в шейке рельса сверлят болтовые отверстия);

кривой соединительный рельс ставят на место и крепят стыковыми накладками и болтами;

стрелку, соединительные рельсы и крестовину по постоянной схеме пришивают (привинчивают) к шпалам и брусьям;

по шаблону пришивают рельсы, являющиеся продолжением наружного стрелочного тела по прямой и внутреннего по кривой, так, чтобы концы этих рельсов вышли за пределы крестовины¹.

После этого устанавливают постоянные тяги, стрелочные коробки, детали переводного механизма, обводные электрические соединения.

Аналогично выполняется укладка более сложных узлов. Здесь лишь приходится учитывать строго фиксированные эapurой точки, ограничивающие длину глухого пересечения, а также наличие забега наружного стрелочного тела относительно внутреннего.

Несколько иначе в соответствии с различиями в конструкции укладываются железнодорожные стрелочные переводы. Вначале разбивкой на месте определяют основные точки стрелочного перевода (его центр, острие остряка, математический центр крестовины, стык рамного рельса, передний и задний торцы крестовин). Затем по спланированному земляному полотну раскладывают переводные брусья и шпалы с контролем их положения по шнуру. Рамные рельсы с остряками укладывают на брусья, намечают места для шурупных отверстий, рассверливают их и прикрепляют башмаки рамных рельсов к брусьям шурупами (применение костылей для этой цели нежелательно). Потом на брусьях раскладывают соединительные рельсы, контррельсы и крестовину.

¹ Укладка рельсов и других металлических частей облегчается натяжкой по нужному направлению шнура между разбивочными кольями.

После тщательной рихтовки зашивают наружную нитку прямого направления (от корня остряка до конца стрелочного перевода). Затем по шаблону зашивают внутреннюю нитку прямого направления вместе с крестовиной. По ординатам от наружной нити прямого пути зашивают наружную нить переводной кривой, а от нее по шаблону — внутреннюю. По окончании укладки устанавливают переводной механизм.

Если трамвайный стрелочный перевод врезается в существующий путь с закрытием достаточно интенсивного движения, то предварительно в путь врезаются рельсовые рубки, по длине равные основным частям перевода. В стороне на брусках собирают стрелку. После закрытия движения и снятия звена пути собранная и выверенная стрелка вдвигается на освободившееся место, скрепляется с примыкающими рельсами и поднимается на балласт. Затем устанавливаются соединительные рельсы и крестовина.

Одновременно с сооружением рельсового пути выполняют работы по устройству водоотводных сооружений. При самостоятельном полотне трамвайных путей, а также на внутризаводских путях с незаглубленной балластной призмой для устройства открытых водоотводных канав и кюветов после завершения укладки пути могут быть использованы путевые струги или кюветонарезатели. Иногда также водоотводы выполняются обычной землеройной техникой в ходе строительства насыпей или выемок. Канавы для подпутевых дренажей отрываются с помощью малых одноковшовых или специальных траншейных экскаваторов.

Дренажная канава должна строго соответствовать проектным продольным уклонам, дно ее тщательно планируется, а сами дренажные трубы укладывают непосредственно на дно канавы или на деревянные подкладки по нивелиру. Промежутки между нижней частью трубы и откосами заполняют мягкой глиной, остальное пространство аккуратно, чтобы не повредить и не сдвинуть трубы, засыпается щебнем (12—75 мм). Стыки трубы перекрываются, а сама канава поверх щебня закрывается предохраняющей от засорения полосой толя, рубероида, технического войлока, полимерной пленкой и т. п.

В местах, установленных проектом, сооружают колодцы. На уплотненном грунте устраивают бетонное основание — днище колодца толщиной 12—15 мм. На его выровненную поверхность после достижения необходимой прочности укладывают бетонные кольца диаметром 0,7 м. Они и образуют саму конструкцию колодца. Швы между кольцами заделывают раствором, а в нижнем кольце устраивают отверстия, в которые заводят концы дренажных труб и выпусков, через которые осуществляется водосток. На внутренней поверхности колец (при глубине колодца более 1 м) устраивают скобы-ступеньки. В дренажные трубы при их укладке заводят оцинкованную проволока диаметром 2—3 мм, предназначенная для их прочистки. Концы проволоки должны выходить в смотровые колодцы и закрепляться там.

Все виды дорожных покрытий должны осуществляться только после полной обкатки пути и выполнения необходимого послеосадочного ремонта. По сложившейся практике укладку сплошных асфальтовых и асфальтобетонных покрытий выполняют дорожно-строительные и дорожно-ремонтные организации. В комплекс сооружения пути входит лишь устройство штучных покрытий. Сравнительно редко сейчас приходится сталкиваться с покрытием из штучного камня. Как правило, эти работы выполняют лишь при реконструкции или ремонте существующих путей. Булыжные, брусчатые и аналогичные мостовые укладываются на слое утрамбованного, а в сухую погоду и увлажненного песчаного балласта. Замошение, т. е. установка штучного камня в песчаное основание, выполняется правильными рядами, строго вертикально, плотно друг к другу, с соблюдением правила перевязки швов. Отдельные камни сортируют и подбирают по высоте, а брусчатку и мозаику еще и по ширине. Со стороны проезжей части 3—4 ряда брусчатки укладываются вдоль пути, в междурельсовом пространстве камни укладывают чаще всего перпендикулярно оси пути, начиная от рельса. Отдельные камни не должны качаться, оседать и т. п. После укладки швы или пустоты между камнями заполняют крупнозернистым песком или мелким щебнем и два-три раза выполняют трамбовку.

Укладке сборных железобетонных покрытий должен предшествовать послеосадочный ремонт пути, включающий выправку и подбивку, пополнение и доуплотнение балласта в шпальных ящиках, закрепление и регулировку всех сопряжений и соединений. Основание под покрытие выполняется из щебня мелких фракций (5–20 мм) или песка, стабилизированного цементом (при песчаном балласте). Толщина слоя зависит от типа применяемых плит покрытия, рельсов и шпал. Предварительно спланированное основание тщательно уплотняют катками, тракторами или автомобилями с обязательным увлажнением, а затем вновь планируют. При определении окончательных отметок основания следует исходить из требования, что уровень покрытия должен быть ниже головки рельса на 15 мм при обособленном и на 8 мм при совмещенном полотне.

Разложенные заблаговременно по фронту работ или подаваемые на транспортных средствах плиты покрытия укладывают на основание с помощью строительных погрузчиков или других погрузочно-разгрузочных механизмов. Железобетонные плиты должны плотно всей поверхностью нижней постели опираться на основание. После укладки плит и контроля их положения швы заделывают битумной мастикой, гранитным отсевом или цементным раствором.

Контрольные вопросы

1. Чем отличается реконструкция пути от его строительства?
2. Какие комплексы и операции выполняются при производстве строительных работ?
3. Сравните преимущества и недостатки поточного и звеньевых методов.
4. Какие работы выполняются при строительстве рельсового пути?

РЕМОНТЫ ВНУТРИЗАВОДСКИХ И ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ

45. СИСТЕМА РЕМОНТОВ ПУТИ И ИХ ПЕРИОДИЧНОСТЬ

На внутризаводских железнодорожных путях действуют различные системы ремонтов, утверждаемые отраслевыми министерствами для подчиненных им предприятий. Так, на заводах металлургической промышленности система ремонтов включает: текущее содержание, подъемочный ремонт, средний ремонт, капитальный ремонт, сплошную замену рельсов, замену стрелочных переводов, капитальный ремонт переездов.

Систему ремонтов, установленную для трамвайных путей, составляют: капитальный ремонт; сплошная смена рельсов новыми или старогодними; средний ремонт и подъемочный ремонт. Кроме этого, за счет амортизационных отчислений могут выполняться и такие отдельные ремонтные комплексы, как сварка рельсовых стыков, ремонт шпал и брусьев, установка и замена рельсосмазывателей, устройство и ремонт водоотводов. На спецчастях трамвайного пути выполняются также капитальный, средний и подъемочный ремонты. Система ремонтов обязательно включает в себя и текущее содержание.

Принципиальные схемы ремонтных систем практически во всех случаях совпадают. Периодичность выполнения различных видов ремонтов определяется сроками службы рельсов, шпал, балласта, а также сроками накопления отклонений от нормативных характеристик. В разных условиях различные типы конструкций имеют различные сроки службы и периоды развития остаточных деформаций. Поэтому продолжительность межремонтных периодов меняется в весьма значительном диапазоне.

На внутризаводских путях металлургических заводов капитальные ремонты проводят через 7—30 лет, средние и подъемочные — через 7—20 лет в зависимости от годового грузооборота и нагрузок от колесной пары на рельсы.

Межремонтные периоды для путей трамвая установлены Техническими указаниями по системе ремонтов, разработанными Академией коммунального хозяйства, следующим образом. Трамвайные пути подлежат капитальному ремонту при деревянных шпалах через 3—20 лет, при железобетонных шпалах через 11,5—21 год. Сплошная смена рельсов выполняется на железобетонных шпалах через 10—34 года, а на бесшпальном основании через 12—34 года. Средний ремонт назначается через 7—11 лет. Подъемочный ремонт выполняется через 1—4 года от любого другого периодического ремонта пути.

Периодичность изменяется в зависимости от грузонапряженности пути, типа рельсов, вида балласта, наличия дорожного покрытия. Изменяются межремонтные сроки, кроме того, в зависимости от кривизны пути. Свою периодичность имеют ремонты стрелок, крестовин, пересечений и других элементов узловых соединений.

Верхние границы этих сроков, как показывает практика, значительно завышены. Анализ статистических данных позволяет считать целесообразным снизить верхний предел периода для капитальных ремонтов пути на деревянных шпалах и для сплошной смены рельсов во всех случаях примерно вдвое, для средних и малых планово-предупредительных ремонтов примерно в 1,5 раза. Для капитальных ремонтов пути на железобетонных шпалах и на бесшпальном основании примерно вдвое должны быть понижены и верхняя и нижняя границы межремонтных сроков.

Рассмотрим для примера расчет межремонтных периодов для трамвайного пути. Как известно, в обычных эксплуатационных условиях предельное состояние рельсов — основа для назначения капитального ремонта — определяется износом. Количественным показателем при этом является предельно допускаемая площадь износа поперечного сечения головки рельса

$$\omega_0 = bh_0 - \alpha,$$

где b — ширина головки рельса; h_0 — допускаемый вертикальный износ; α — поправка на искажение очертания головки рельса при износе (при $h_0 > 6$ мм $\alpha \approx 70$ мм²; ω_0 принимается равным для рельсов Т_в60 — 1100 мм²; для Р43 и Р50 — 1250 мм²; для Р65 — 1500 мм²).

Площадь поперечного сечения головки рельса, которая истирается при проходе 1 млн. т брутто, есть удельный износ β_0 . Величина удельного износа изменяется в зависимости от характеристик рельсового металла, способа изготовления рельсов, особенностей конструкции и состояния пути и подвижного состава. Обычно β_0 принимается равным для прямых участков пути в диапазоне 8—21 мм², для кривых (в зависимости от радиуса) 12—30 мм².

Тоннаж, после прохода которого износ головки достигает допускаемого предела, можно определить как $T_k = \omega_0 / \beta_0$, а соответствующий этому тоннажу срок в годах как $t_k = T_k / T_0$, где T_0 — средний годовой тоннаж¹; T_k и t_k , подсчитанные как предельные по срокам службы рельсов, определяют и тоннаж и срок межремонтного периода капитального ремонта пути.

В основе определения периодичности планово-предупредительного ремонта лежит накопление отступлений по ширине колеи и по уровню положения рельсовых нитей. Предельное суммарное значение этих отступлений Δ не должно превышать 15 мм. Удельная величина изменений ширины колеи λ , приходящаяся на 1 млн. т брутто, в зависимости от конструкции пути принимается от 0,08 до 0,24 мм. В расчет вводится также $K_v = 0,20 \div 0,25$. Этот

¹ Академия коммунального хозяйства рекомендует при определении T_k или t_k умножить значение ω_0 на коэффициент неоднородности износа рельсовых нитей $K_{ни} = 0,7$.

коэффициент характеризует степень расстройтва пути в плане и профиле. В этом случае $T_n = \frac{\Delta K_B}{\lambda}$, а $t_n = T_n / T_0$.

Срок службы шпал зависит от размеров годового грузооборота, типа рельсов и промежуточных скреплений, а для деревянных шпал также от вида антисептирующей пропитки, материала балластного слоя и наличия дорожного покрытия. Средний срок службы деревянных шпал в обычных эксплуатационных условиях составляет 12—14 лет на внутривозовских путях и 14—18 лет на путях трамвая. Предполагаемый срок службы железобетонных шпал при средних для промышленных и трамвайных путей грузо-напряженностях 45—60 лет.

Срок службы скреплений, как правило, близок к сроку службы рельсов. Срок службы балласта определяется интенсивностью засорения и загрязнения балластного материала. Этот срок колеблется в весьма значительном диапазоне, так как зависит не только от конструкции пути и условий его эксплуатации, но и от состояния подвижного состава, режима уборки улиц и проездов, наличия грузового движения, рода перевозимых грузов и даже расстояния от мест погрузки сыпучих материалов. Все эти факторы находят количественную оценку через коэффициент интенсивности засорения и загрязнения балластных материалов $C_i = 0,02 \div 0,70\%$ (по массе) на 1 млн т брутто пропущенного тоннажа. Срок службы t_6 определяется как $t_6 = \frac{D-d}{C_i T_0}$, где D — допускаемое засорение (загрязнение) в % по массе (20—50%), а d — начальное засорение (загрязнение) балласта при укладке в путь (до 5%).

46. ПОРЯДОК ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО РЕМОНТУ ПУТИ

Рассмотрим вначале номенклатуры и порядок производства ремонтных работ на путях трамвая.

Полный капитальный ремонт имеет целью приведение ремонтируемого пути к техническому состоянию, соответствующему техническому состоянию нового пути. При проведении этого вида ремонта пути предусматриваются следующие работы:

инструментальная проверка и исправление всех искажений продольного и поперечного профилей и плана капитально ремонтируемой линии;

сплошная замена рельсов новыми, сварка стыков, постановка новых скреплений;

замена негодных спецчастей;

сплошная замена шпал, добавление шпал при усилении основания, установка противоугонов;

замена негодного балласта новым с доведением толщины его слоя до нормы, сплошная подьемка пути;

оздоровление больных мест земляного полотна (пучин, осадок, балластных корыт и др.);

устройство, восстановление и ремонт водоотводных сооружений (дренажей, путевых колодцев, стрелочных коробок с оборудованием водоотвода от них, поперечных лотков, кюветов и др.);

восстановление профиля прилегающего дорожного покрытия, нарушенного при ремонте;

замена и постановка контррельсов, регулировка ширины желоба;

сплошная выправка, рихтовка, перешивка и отделка пути.

Сплошная смена рельсов, имеющих предельный износ (на прямых участках протяжением не менее 25 м, а в кривых — не менее 12 м одиночного пути) производится новыми на пассажирских и особенно напряженных депоовских путях, старогодными — на прочих путях. Эта работа выполняется в том случае, если состояние шпал и балласта позволяет их нормальную эксплуатацию до ближайшего капитального или среднего ремонта.

Основные работы по земляному полотну и верхнему строению пути при капитальном ремонте выполняются так же, как и при сооружении новых путей (см. п. 41). Однако комплекс ремонтных работ специфичен прежде всего необходимостью выполнения разборки старой путевой конструкции: при полном капитальном ремонте — целиком, при частичном — только металлических частей верхнего строения. Разборка пути осуществляется после разборки дорожного покрытия (снятие плит, вскрытие асфальта, разборка мостовой) и выполняется в следующей последовательности: подъёмка пути путеподъемником, которая может совмещаться с вскрытием асфальта, резка тяг, резка рельсов или разборка сборных стыков, расшивка рельсов, сбор и складирование (погрузка) скреплений, уборка рельсов, уборка шпал с одновременной их сортировкой, погрузка и транспортировка путевых материалов. После этого приступают к земляным работам, причем старый балласт разрабатывается так же, как и грунт земляного полотна. При нецелесообразности этого загрязненный щебень подвергается очистке и может быть использован повторно. Если работы выполняются с переводом движения на однопутный режим, то в подготовительный комплекс включается врезка временных стрелочных переводов, оборудование временных постов устройствами связи и СЦБ, переключение движения на один путь. После окончания ремонтных работ временные сооружения демонтируют и движение восстанавливается по нормальной схеме.

Средний ремонт производится на путях, требующих оздоровления балластного слоя, шпального хозяйства и приведения основных параметров рельсовой колеи в соответствие с ПТЭ. При среднем ремонте выполняются следующие виды работ:

исправление искажений продольного и поперечного профилей и плана пути с применением инструментальной разбивки;

замена деревянных шпал на железобетонные:

ремонт шпал в пути и одиночная их замена (до 300 шт. на 1 км пути) новыми или старогодными;

замена негодных противоугонов с добавлением недостающих; сплошная подъемка пути с полной или частичной заменой балласта;

досыпка и оправка балластной призмы;

одиночная смена рельсов, вырезка отдельных дефектных мест сварных плетей и замена их рельсовыми рубками, по износу близкими к рельсам, лежащим в пути (с обязательной сваркой стыков);

сплошная проверка и частичная перешивка рельсовой колеи, замена отдельных негодных тяг, разгонка стыковых зазоров;

ремонт всех сборных стыков с сортировкой и обновлением скреплений и с наплавкой и шлифовкой сбитых концов рельсов, исправление стыковых электросоединений и постановка отсутствующих;

электронаплавка изношенных рельсовых концов;

ремонт и прочистка всех водоотводных сооружений;

выправка круговых и переходных кривых; подбивка шпал, сплошная выправка и рихтовка пути; смазка, подкрепление стыковых, клеммных и закладных болтов, путевых тяг;

Подъёмочный ремонт, имеющий те же характеристики, что и средний, но отличающийся меньшим объемом работ, направлен в основном на устранение отдельных неисправностей. При этом выполняются следующие виды работ:

сплошная выправка пути в профиле и плане, являющаяся основной ведущей работой данного вида ремонта;

частичная смена отдельных рельсов, имеющих предельный износ или местные повреждения (выколы, трещины, отслоения и т. п.);

одиночная смена шпал с одновременной заменой загрязненного балласта;

частичная подъемка пути при наличии местных просадок, перекосов и других неисправностей с одновременной заменой загрязненного балласта;

постановка контррельсов при предельном износе губки желобчатого рельса или смена контррельсов при их износе;

смена отдельных тяг (лопнувших, с неисправной резьбой и т. д.) и постановка новых как временная мера по устранению местных уширений пути при наличии изношенных шпал;

смена и постановка отдельных накладок (смена производится при износе накладки, а постановка — при поперечных трещинах или разрывах рельсов);

ремонт сборных стыков с заменой негодных болтов и подбивкой шпал;

смена костылей при отломах головки или износе костыля по толщине более чем на 6 мм (эта работа выполняется одновременно с перешивкой пути);

исправление колеи перешивкой или регулированием тяг;

рихтовка пути;

регулирование ширины желобов между рельсом и контррельсом;

исправление пучин со сменой балластного слоя и отводом от него воды при верховых пучинах, с заменой пучинистого грунта до глубины промерзания, с устройством дренажей при коренных пучинах;

перемещение мостовой при ямочных просадках и других устройствах;

электросварочные работы по наплавке головок рельсов в стыках с одновременным укреплением стыка и стыковых шпал;

приварка электросоединений;

сварка стыков;

регулировка стыковых зазоров; выправка круговых и переходных кривых; смазка и подкрепление стыковых, клеммных и закладных болтов, путевых тяг; очистка водоотводных сооружений.

Характерными особенностями среднего и подъемочного ремонтов, отличающими его от капитального, являются преобладание работ по восстановлению проектного положения пути и одиночной смене дефектных элементов.

Одиночная смена шпал может выполняться одновременно с подъемкой пути или одиночной сменой рельсов. На открытых путях эта работа может быть и самостоятельной. В этом случае производят вырезку балласта в шпальном ящике с одной стороны сменяемой шпалы на 2—4 см ниже ее постели, а также шпальных торцов; затем шпалу расшивают, удаляют подкладки и с помощью клещей или ломов ее перемещают в подготовленный углубленный ящик. После ее извлечения из пути необходимо спланировать основание для новой шпалы, затащить ее на место, проверить соблюдение эпюрных расстояний и уложить подкладки. Затем шпала подвешивается с помощью лапчатых ломов, подштопывается и после пришивки рельсов подбивается. Шпальные ящики должны быть засыпаны балластом, утрамбованы и спланированы.

Частичная подъемка пути выполняется при необходимости ликвидации его местных просадок. Она состоит обычно из следующих технологических операций. Сначала отрывается балласт из шпальных ящиков. Затем производится подъемка пути с одной или несколькими установками домкрата. Вывешенный путь подштопывается после каждой установки домкрата и одновременно пополняется балласт в ящиках. После этого осуществляется подбивка пути на всей длине подъемки. В заключение производится рихтовка пути, добивка костылей, довинчивание шурупов и заделка шпальных ящиков с трамбованием и планировкой.

Рихтовку пути как самостоятельную работу выполняют только на открытых путях. Ее можно выполнять с применением гидравлических рихтовочных приборов или вручную с помощью остроконечных ломов. В первом случае отрывают балласт у тор-

цов шпал со стороны предстоящей сдвижки, устанавливают рихтовочные приборы и по команде руководителя работ бригада осуществляет сдвижку рельсо-шпальной решетки. Во втором случае шпалы отрывают до половины их толщины, под подошвы обоих рельсов в шпальных ящиках заводят ломы под углом 45° и тоже по команде мастера или бригадира выполняют перемещение рельсо-шпальной решетки до установки рельсов в строго прямолинейное положение. После окончания рихтовки производят opravку балластной призмы.

Регулировку и разгонку зазоров в стыках производят гидравлическими разгонщиками. При этом регулировка осуществляется без разборки стыков за счет разницы размеров болтов и болтовых отверстий, а разгонка — с разборкой стыков. После выполнения этих работ необходимо перегнуть и закрепить противоугоны.

Спецчасти трамвайных путей также охвачены системой ремонтов. Капитальный ремонт спецчастей включает следующие работы:

- смена стрелочного перевода;
- смена пересечения;
- смена стрелки;
- смена крестовины.

Капитальный ремонт стрелочных переводов и пересечений производится как со сменой, так и без смены шпал и брусьев.

К среднему ремонту спецчастей относятся следующие работы:

- смена пера;
- исправление ширины колен;
- устранение просадок и перекосов;
- выправка спецчастей в плане и профиле со сплошной подъем-

кой;

- прочистка водоотводов;

ремонт дорожного покрытия, а также работы, включаемые в подъемочный ремонт;

При смене стрелок и крестовин производится выборочная смена шпал и брусьев, а при среднем ремонте еще и частичная смена балласта.

Подъемочный ремонт спецчастей включает работы:

- смена замыкателя или его отдельных деталей;
- снятие остроты рабочей грани пера;
- правка пера;
- заварка трещин в стрелках и крестовинах;
- наплавка пяты, острия пера, наварка изношенных граней желоба;

исправление ширины желоба в стрелках и крестовинах наваркой с проточкой рабочего канта;

- сварка лопнувших стыков;
- ямочный ремонт дорожного покрытия;
- мелкий ремонт и прочистка водоотводов.

Текущее содержание спецчастей заключается в регулировке механизма стрелочного замыкателя и корневого крепления, очист-

ке и смазке спецчастей, очистке водоотводных устройств, исправлении незначительных отступлений по ширине колеи и уровню.

Организация ремонтов внутризаводских путей отличается от их организации на путях трамвая номенклатурой ремонтных комплексов, последовательностью выполнения отдельных работ, степенью механизации и видами применяемых машин и механизмов.

Капитальные ремонты на заводских путях большинства промышленных отраслей выполняют со сплошной заменой рельсов и комплексной заменой или усилением остальных элементов пути (увеличением числа шпал на 1 км, постановкой пути на щебень и т. п.). Как правило, основные работы выполняются в «окно» с закрытием движения, смена путевой решетки при этом осуществляется звеньевым способом.

До закрытия пути выполняется регулировка зазоров, опробование и смазка болтов, добивка костылей, разборка переездных настилов. Эти работы составляют подготовительный комплекс. В «окно» осуществляются основные работы: разборка сборных стыков; разборка пути железнодорожным краном или путеразборщиком; вырезка загрязненного балласта бульдозером или путевым стругом; планировка оставшегося балласта или грунта грейдером; укладка нового пути железнодорожным краном или путеукладчиком; сборка стыков, перегонка шпал; рихтовка пути с постановкой его на ось; выгрузка щебня непосредственно в путь из хопперов-дозаторов (возможны иные способы, о которых говорилось выше при описании производства строительных работ); подъемка пути на щебень со сплошной подбивкой; повторная рихтовка и частичная выправка для открытия движения.

Остальные работы выполняются после открытия движения: пополнение балласта в ящиках; регулировка зазоров; вторая сплошная подбивка шпал; расчетная рихтовка кривых; отделка балластной призмы; ремонт переезда; уборка вырезанного балласта и старых материалов.

Средний ремонт внутризаводского пути выполняется в такой последовательности: очистка пути от мусора и вырезка загрязненного балласта; одиночная смена рельсов и стыковых скреплений; разгонка стыковых зазоров; разборка переездных настилов; выгрузка балласта; подъемка пути со сплошной подбивкой шпалоподбойками; смена, ремонт и перегонка шпал, постановка противоугонов; рихтовка пути; частичная выправка; добивка костылей; сборка и погрузка старых шпал; пополнение балласта с оправкой призмы; регулировка зазоров; сплошная подбивка шпалоподбивочной машиной; рихтовка пути по расчету, отделка балластной призмы; уборка балласта и старых путевых материалов.

В состав подъемочного ремонта включаются следующие работы: очистка пути от мусора; срезка загрязненной корки балласта и вырезка балласта в местах выплесков; разгонка зазоров, замена противоугонов, смазка и подкрепление болтов; вы-

Таблица 52. Технические условия на приемку пути

Показатели	Допускаемые отклонения от норм содержания			
	железнодорожного пути			трамвайного пути
	при капитальном ремонте	при среднем ремонте	при подьемном ремонте	при капитальном ремонте
Ширина колеи, мм: на деревянных шпалах	± 2	± 3	± 3	$+3-2$ $(+5-2)^*$
на железобетонных шпалах	± 2	$+5-3$	$+6-4$	$+3-2$ $(+5-2)^*$
Положение по уровню, мм	± 3	± 4	± 4	± 10
Отвод уширения (сужения), мм/м	1	1	1	1
Отвод отклонения по уровню, мм/м	0,5	1	1	1
Забег стыков, мм	10	10	10	—
Размер стыкового зазора, мм	± 3	± 3	± 3	± 3
Расстояние между осями шпал, мм	± 20	± 30	± 30	—
Разница в стрелах изгиба (при хорде 20 м), мм	± 5	± 6	± 8	—
Ширина корыта, мм	—	—	—	± 50
Глубина корыта, мм	—	—	—	± 20
Положение крышек колодцев относительно рельсов, мм	—	—	—	± 10
Радиус кривой	—	—	—	$\pm 5\%$
Положение шпал и тяг относительно нормали	—	—	—	5°
Положение дорожного покрытия относительно рельса, мм: асфальта	—	—	—	$+5-3$
плиты	—	—	—	$+5-10$

* Цифры в скобках относятся к случаю укладки старогодных рельсов.

рузка и развозка балласта, рельсов, креплений и шпал; одиночная замена дефектных рельсов и креплений; выборочная замена

и пополнение балласта; зачистка заусенцев на деревянных шпалах; замена шпал; выправка пути с подбивкой шпал шпалоподбивочной машиной; регулировка зазоров; ремонт переездов; рихтовка пути; перешивка пути; отделка балластной призмы и уборка старых материалов.

В условиях города или завода с развитой сетью безрельсовых дорог целесообразно введение самостоятельного комплекса работ по капитальному ремонту переездов. В этом случае технологическая номенклатура ремонта пути в пределах переезда в основном совпадает с номенклатурой капитального ремонта пути. Лишь при большой высоте подъема может возникнуть необходимость дополнительного устройства плавных отводов пути за пределами переезда.

Все работы по строительству и ремонту пути должны сдаваться и приниматься в установленном порядке. Вновь выстроенные объекты принимаются рабочей и государственной комиссиями, отремонтированные пути — специальными приемочными комиссиями, которые назначаются управлением трамвая (капитальный ремонт) или службой пути (другие виды ремонтов).

В ходе выполнения работ надо вести контроль за их качеством, чтобы вовремя предупредить и устранить возможные дефекты. Выполненные работы оформляются актом, кроме того, составляются акты на скрытые работы по земляному полотну, водоотводным сооружениям, нижнему слою балластной призмы, а также верхнему строению пути и основанию дорожного покрытия при закрытых путях.

Отклонения от проектных или нормативных размеров при приемке не должны превышать значений, указанных в табл. 52.

Контрольные вопросы

1. Какие виды ремонтов осуществляются на трамвайных (внутризаводских) путях?
2. От чего зависит продолжительность межремонтных периодов?
3. Какие работы входят в номенклатуры различных видов ремонтов пути?
4. В каком порядке выполняется приемка работ?

Глава XI

ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПУТЕВЫХ РАБОТ

47. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ПУТЕВЫХ РАБОТ

На каждый самостоятельный объект строительства, реконструкции и капитального ремонта пути должны составляться проект (рабочая документация), проект производства работ, а также сметные материалы (объектовые и локальные сметы на строительство и реконструкцию, сметно-финансовые расчеты, сметы или покิโลметровые калькуляции на капитальный ремонт). На средний и подъёмочный ремонты внутризаводского пути, а также на оба вида планово-предупредительного ремонта трамвайных

путей должны составляться покилометровые (пообъектные) объемные ведомости работ и на их основе стоимостные калькуляции.

На все виды периодических путевых работ целесообразна, а для строительства, реконструкции и капитального ремонта обязательна разработка проекта производства работ. Проект производства работ обычно состоит из календарного графика выполнения работ, графиков движения рабочей силы, работы машин, механизмов и транспорта, поставки и использования основных материальных ресурсов, а также генерального плана строительного или ремонтного фронта работ (стройгенплан).

Объемы работ могут быть подсчитаны по рабочим чертежам, хотя обычно итоговая объемная таблица, по крайней мере, по основным путевым работам должна быть приведена в пояснительной записке проекта. При производстве ремонтов внутризаводских путей обычно используют таблицы типовых усредненных объемов, которые составляются на 1 км пути, находящегося в средних условиях эксплуатации. В зависимости от конкретных условий (тип рельса, шпальная эюра, вид балласта и т. п.), а также с учетом запроектированных решений и данных натурного осмотра в таблицы вносят необходимые уточнения. Итоги подсчета объемов отдельных работ в последовательности, повторяющей технологический порядок их выполнения с учетом требований технической части соответствующих глав IV части СНиПа, сводятся в таблицу следующей формы:

№ п/п	Наименование работы	Измеритель	Объем	Формула или расчетная схема

Затем подсчитывается трудоемкость каждой отдельной работы в человеко-днях, а также продолжительность ее выполнения в днях календарных. На этом этапе проектирования продолжительность каждой работы в днях подсчитывается по формуле

$$P_p = \frac{T_n \cdot 100}{N_{pa} p},$$

где T_n — нормативная трудоемкость работы, чел-дни; N_p — принятый состав звена (бригады) в одну смену, чел; a — сменность (количество смен в сутки) данной работы; p — планируемое выполнение норм выработки на данной работе, %.

В этом случае планируемая трудоемкость

$$T_n = N_{pa} P_p,$$

а планируемая производительность труда

$$P_n = T_n / T_n \cdot 100.$$

Этих данных достаточно для составления табличной части графика производства работ по следующей форме:

№ п/п	Наименование работы	Единица измерения	Объем	T_n	T_p	P_p	N_p	a	p	P_p

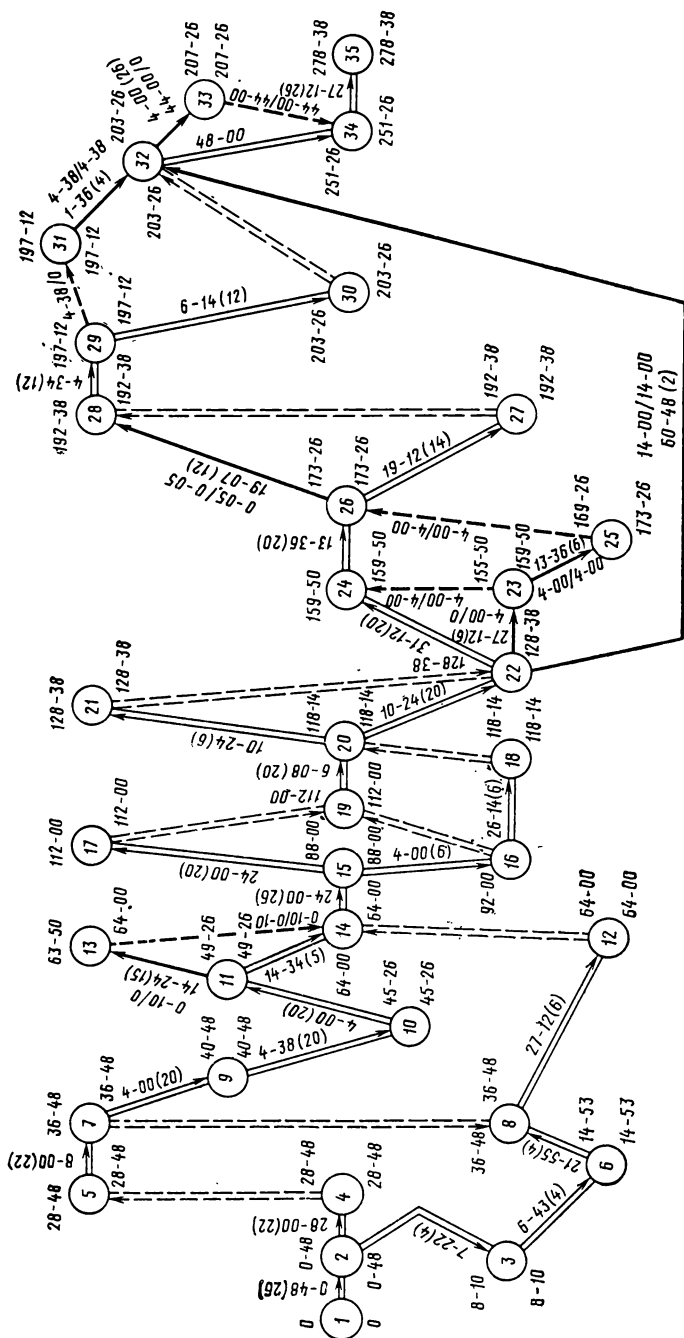
Затем строится сам линейный график по календарной сетке. Обычно он является продолжением таблицы по горизонтали листа.

В ряде случаев, особенно при сооружении или ремонте крупных объектов, целесообразна разработка сетевого графика производства работ. Применение методов сетевого планирования дает возможность сосредоточить внимание руководителя на главных вопросах и возможных помехах, влияющих на сроки выполнения работ, а также помогает более рационально распределить и использовать материальные и трудовые ресурсы.

В системах сетевого планирования и управления (СПУ) вместо привычных форм представления плана (таблиц или линейных графиков) применяется пространственная сетевая схема, которая более наглядно отображает все внутренние взаимосвязи процесса, несет значительно больший объем информации, чем обычные календарные графики, упрощает работу по реализации принятого плана. Всем хорошо известны обычные графики производства работ: по горизонтали — графы времени (сутки, часы и т. д.), по вертикали — работы или отдельные операции. График такой весьма прост, достаточно ясно говорит о последовательности выполнения работ, составляющих технологический комплекс. Но вот определить связи между этими работами, влияние одной работы на другую, зависимость между сроками их осуществления и общей продолжительностью комплекса по такому графику невозможно.

При построении сетевого графика используется ряд специфических понятий: «работа», «зависимость», «событие», «путь». «Работой» называется всякий трудовой процесс, требующий затрат времени и различных ресурсов. Иногда возникают процессы, требующие только затраты времени, — это так называемое «ожидание». Бывает и так, что начало одной работы прямо зависит от результатов другой, когда между двумя или несколькими работами есть логическая связь, не требующая ни затрат труда или материалов, ни затрат времени. Такая связь называется «фиктивной работой» или «зависимостью». Начало и конец, результат работы — так называемые «события». Событиям на графике присваиваются номера, каждая работа также имеет номер, состоящий из номеров начального для этой работы и конечного события. Последовательность работ называется «путем», причем путь между исходным и завершающим событиями, имеющий наименьшую протяженность во времени, называется «критическим».

При построении сетевого графика необходимо соблюдать следующие основные принципы: соблюдение директивного срока и



технологической последовательности выполнения работ; равномерное распределение рабочей силы и материально-технических ресурсов; параллельность выполнения совмещаемых работ; разукрупнение зависимых друг от друга работ для сокращения срока исполнения всего комплекса; каждая последующая работа начинается только после окончания предшествующей; направленность потока в сети слева направо; ввод дополнительных событий и зависимостей при изображении параллельных работ; простота формы графика, минимум пересечений, отсутствие замкнутых контуров, невозможность наличия на графике работ, не имеющих предшествующих или последующих, кроме начала и завершения сети; графическое выделение критического пути; общность начального и конечного событий группы работ при укрупнении, т. е. замене совокупности работ одной.

Сетевой график в каждом конкретном случае учитывает объем работ, их технологические и временные зависимости, резервы мощности для производства намеченных работ при каждом пере-рыве движения, затраты времени на приведение в рабочее состояние ремонтных машин и механизмов в начале работ и в транспортное положение в конце работ.

В качестве нормативных документов, используемых при разработке сетевых графиков на все виды ремонтов и текущее содержание трамвайного пути и спецчастей, используют Правила технической эксплуатации трамваев, Положение о проведении планово-предупредительных ремонтов трамвайных путей, Инструкцию по текущему содержанию трамвайного пути, Инструкцию по ограждению мест производства работ в условиях уличного движения, Правила техники безопасности на городском электротранспорте, типовые технологические карты и технические проекты.

Для разработки сетевого графика на капитальный ремонт трамвайного пути необходимо иметь характеристику ремонтируемого участка, сведения о технической оснащенности, технологии и организации работ при ремонте. На основании технологического процесса производства путевых работ при капитальном ремонте устанавливают перечень производимых работ и их взаимосвязи, что и является основой сетевого графика. График составляют на 1 км пути (рис. 121, табл. 53).

Цифры, расположенные над стрелкой (работой), означают продолжительность выполнения данной работы в часах и минутах и число рабочих в бригаде или звене (в скобках). Около кружка (события) проставляется суммарное время в часах и минутах, истекшее от начального до данного события. Над кружком ставится время раннего окончания, под кружком — позднего. Наконец, дробь над стрелками (работами) показывает наличие резервов времени: в числителе — полного, в знаменателе — свободного. Работы, лежащие на критическом пути, резервов времени не имеют.

Календарный план распределения рабочих, дополняющий сводный график производства работ, позволяет осу-

Таблица 53. Определитель работ к сетевому графику на капитальный ремонт 1 км трамвайного пути

№ п/п	Шифр работы	Содержание работы	Единица измерения	Объем работ	Затрата труда, чел.-дни	Исполнители, чел.	Продолжительность, дни
1	1—2	Разборка дорожного покрытия	м ²	100	2,6	26	0,1
2	2—4	То же	м ²	3000	78,75	22	3,5
3	2—3	Разборка стыков	шт.	160	3,68	4	0,92
4	3—6	Погрузка разобранных звеньев	т	52	3,36	4	0,84
5	4—5	Фиктивная работа (зависимость)	—	—	—	—	—
6	5—7	Выемка балласта	м ³	540	22,0	22	1,0
7	6—8	Погрузка и вывозка балласта	м ³	275	10,96	4	2,74
8	7—8	Фиктивная работа (зависимость)	—	—	—	—	—
9	7—9	Выемка балласта	м ³	245	10,08	20	0,5
10	8—12	Погрузка и вывозка балласта	м ³	510	20,4	6	3,4
11	9—10	Планировка	м ²	3100	11,6	20	0,58
12	10—11	Устройство подстилающего слоя	м ³	42	10,0	20	0,5
13	11—13	То же	м ³	112	27,0	15	1,8
14	11—14	Устройство щебеночного основания	м ³	51	9,1	5	1,82
15	12—14	Фиктивная работа (зависимость)	—	—	—	—	—
16	13—14	То же	—	—	—	—	—
17	14—15	Устройство щебеночного основания	м ³	433	78,4	26	3,0
18	15—17	То же	м ³	334	60,12	20	3,0
19	15—16	Звеньевая укладка пути	звено	10	2,81	6	0,5
20	16—18	То же	»	70	19,68	6	3,28
21	16—19	Фиктивная работа (зависимость)	—	—	—	—	—
22	17—19	То же	—	—	—	—	—
23	18—20	»	—	—	—	—	—
24	19—20	Предварительная рихтовка	м	650	15,6	20	0,78
25	20—21	То же	м	350	8,3	6	1,3
26	20—22	Засыпка шпальных ящиков	м ³	66	26,0	20	1,3
27	21—22	Фиктивная работа (зависимость)	—	—	—	—	—
28	22—24	Засыпка шпальных ящиков	м ³	201	78,89	20	3,4
29	22—23	Подъемка пути	м	605	20,4	6	3,4
30	23—24	Фиктивная работа (зависимость)	—	—	—	—	—
31	23—25	Подъемка пути	м	350	10,6	6	1,7
32	24—26	Выправка пути	м	175	34,0	20	1,7
33	25—26	Фиктивная работа (зависимость)	—	—	—	—	—
34	26—27	Выправка пути	м	175	34,0	14	2,4
35	26—28	Подбивка шпал ЭШП	шт.	1860	28,7	12	2,39
36	27—28	Фиктивная работа (зависимость)	—	—	—	—	—
37	28—29	Рихтовка	м	425	5,04	12	0,42
38	29—31	Фиктивная работа (зависимость)	—	—	—	—	—
39	29—30	Рихтовка	м	575	54,62	12	0,56
40	30—32	Фиктивная работа (зависимость)	—	—	—	—	—
41	31—32	Подкрепление стыковых болтов шурупов	шт.	720	2,6	14	0,2
42	32—34	Обкатка	—	—	—	—	6,0
43	32—33	Уборка мусора после ремонта	м	1000	12,2	26	0,5
44	33—34	Фиктивная работа (зависимость)	—	—	—	—	—
45	34—35	Послеосаточный ремонт	м	1000	89,5	26	3,4

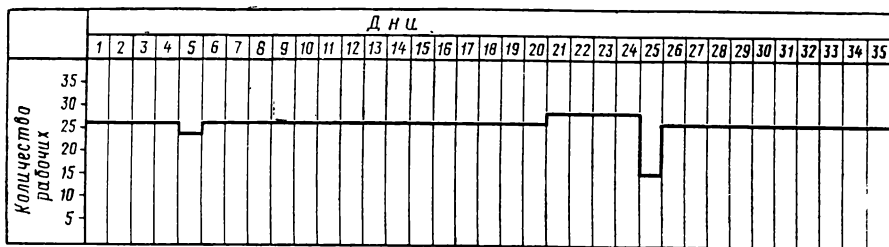


Рис. 122. Календарный график распределения рабочих

существовать более правильную расстановку и использование рабочих, оптимизируя на этой основе линейную или сетевую модель. В самом деле, без контроля по этому показателю может возникнуть такая схема, при которой количество рабочих в разные дни будет резко изменяться и если в одни дни рабочих будет не хватать, то в другие образуется их излишек. Такой план также может быть составлен в табличной форме или в форме графика-диаграммы, привязанного к календарной линейке (рис. 122). Количество рабочих в день или в смену определяется суммированием всех одновременно занятых на выполняемых в этот день работах и операциях.

Аналогично составляют графики работы машин, механизмов и транспортных средств. Продолжительность их работы рассчитывается по ведущему механизму исходя из его производительности, заданного объема, условий работы. В некоторых случаях количество и типы имеющихся в распоряжении ремонтно-строительного подразделения машин определяют продолжительность выполнения объема работ; в других случаях задается директивный срок, по которому рассчитывается требуемое количество технических средств.

При необходимости графики можно составить не только по дням и сменам, но и по часам, а иногда даже и по минутам.

План обеспечения путевых работ материалами (также в табличной или графической форме) определяет когда, какие и в каком количестве должны быть доставлены непосредственно на объект путевые материалы. При разработке такого плана сначала устанавливают метод поставки, т. е. будут ли материалы завозиться на приобъектовый склад или укладываться непосредственно в путь, «с колес», потом определяют условную точность планирования (например: декада, неделя, сутки), затем период опережения, иначе срок, на который доставка материалов должна опережать назначенную графиком производства работ дату их укладки в путь.

В отдельных случаях составляют график предоставления «окон» для выполнения работ с закрытием движения поездов.

Стройгенплан или по аналогии с этим названием ремонтно-строительный план применительно к организации строительства или ре-

монта трамвайного (внутризаводского) пути представляет собой план участка улицы, проезда, территории, на котором, помимо трассы объекта, показывают зоны складирования новых и снимаемых с пути материалов, места стоянки, пути транспортного и рабочего перемещений машин и механизмов, временные коммуникации, изменения маршрутов движения городского и внутризаводского транспорта, места установки передвижных бытовок и т. п. Обычно именно стройгенплан согласовывается с органами Госавтоинспекции и пожарного надзора, а также с санэпидемстанцией, инспекцией охраны труда и другими организациями.

Производство путевых работ, если оно в какой-то мере затрагивает нормальную жизнедеятельность города или функционирование производства, должно быть своевременно оформлено приказом директора предприятия-владельца подъездного пути или решением (распоряжением) исполкома соответствующего Совета народных депутатов.

Сметные материалы на строительство рельсового пути, как уже указывалось, разрабатывают в двух формах: смета по видам работ и смета на объект в целом. При их составлении следует пользоваться ранее установленными данными по составу и объемам основных и вспомогательных работ, указаниями по норме накладных расходов и плановых накоплений, разными для различных отраслей, районов и объектов строительства, а также необходимой нормативной литературы. Для расчетов следует использовать СНиП, Единые нормы и расценки ЕНиР, а также соответствующие выпуски Единых республиканских расценок (ЕРЕР).

При составлении калькуляции стоимость ремонта пути определяется как сумма прямых затрат и накладных расходов. В прямые затраты входят: основная заработная плата рабочих, стоимость материалов, стоимость эксплуатации машин и механизмов. Основная заработная плата подсчитывается на основе производственной калькуляции трудовых затрат по следующей форме:

№	§ ЕНиР	Описание работ	Состав бригад	Единица измерения	Объем	Затраты на единицу работ		Общие затраты	
						труда, чел-ч	зар-платы, руб.	труда, чел-ч	зар-платы, руб.

При подсчете общих затрат могут быть введены поправочные коэффициенты, учитывающие дополнительные затраты гуда или потери времени, например, на пропуск поездов. При движении трамваев вводятся коэффициенты для пути, на котором производится работы, и для смежного с ним, соответственно: 1,1 и 1,05

(до 20 поездов в час), 1,25 и 1,15 (от 21 до 30), 1,4 и 1,2 (более 30). Если норма времени не учитывает затрат на обслуживание рабочего места, подготовительно-заключительное время и т. д., к ней может быть добавлено дополнительное время (до 18%). При интенсивном автомобильном движении и невозможности устройства объездов норма времени может быть с составлением соответствующего акта увеличена на 20%.

Затраты на эксплуатацию машин определяют также в табличной форме:

№ п/п	Наименование машин и механизмов	Затраты		Стоимость машино-смен	Зарплата машинистов в час	Итого на объем	
		машино-ч	машино-смен			Стоимость машино-смен, руб.	Зарплата машинистов, руб.

В отдельной таблице рассчитывается и стоимость материалов. Затем составляется сводная калькуляция.

Накладные расходы исчисляют по отраслевым нормативам, которые выражаются в процентах от суммы прямых затрат. В калькуляциях стоимости капитального ремонта могут учитываться также непредвиденные расходы (в размере до 0,5% общей стоимости ремонта пути).

48. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПУТЕВЫХ РАБОТ

Основным технологическим документом, определяющим порядок выполнения работ и операций по месту и времени, является технологический процесс производства путевых работ. Технологический процесс как на отдельную работу, так и на их комплекс должен приближаться к оптимальному варианту по экономичности, минимуму трудовых затрат, эффективности использования механизмов, наименьшим помехам движению при безусловном соблюдении требований безопасности.

Технологический процесс должен включать подробную характеристику пути, данные о режиме движения и продолжительности «окон», условия производства работ, данные по организации работ, наглядные графики их выполнения, а также графики распределения рабочей силы, машин и механизмов.

Обычно утверждают типовые технологические процессы для различных конструкций и условий работы пути. Однако службы пути предприятий или трамвайных управлений, а в ряде случаев и строительные организации должны как бы «привязать» типовой технологический процесс к местным условиям. При этом учиты-

вают не только различия в конструкции пути или интенсивности движения, но и производственную мощность, механовооруженность и обеспеченность ресурсами путейских подразделений.

Основные принципы проектирования технологических процессов могут быть сведены к следующему:

как правило, все работы по ремонту пути следует выполнять без нарушения графика движения поездов. Работы, связанные с разрывом колеи или значительным ослаблением пути, выполняют в периоды прекращения движения (ночные часы для трамвая, перерывы между технологическими циклами на внутризаводских путях) с переводом на однопутный режим движения либо с закрытием движения в специально предоставленные «окна»;

путевые работы выполняют в строго определенной последовательности. Это важно для сокращения трудовых затрат, обеспечения безопасности движения, более качественного выполнения операций;

в технологических процессах должны быть учтены эксплуатационные условия ремонтируемого участка, тип и конструкция пути до ремонта и после него, наличие переездов, порядок организации движения рельсового и безрельсового транспорта при производстве работ и другие особенности;

при составлении технологических процессов используют технические нормы времени, учитывающие труд, который затрачивается только на выполнение самой операции. В этом случае принимают поправочный коэффициент, учитывающий время, необходимое на переходы, отдых, пропуск поездов, а также так называемое подготовительно-заключительное время. Производственные нормы времени учитывают все эти дополнительные затраты;

при составлении технологической схемы учитывается принятый способ производства работ (комплексный или раздельный, звеньевой или поточный).

Технологический процесс на отдельную работу составляется следующим образом. Прежде всего устанавливается ведущая операция, т. е. одна из входящих в работу операции, которая как по наибольшей трудоемкости, так и по месту в технологической последовательности определяет выполнение других операций. Например, для механизированной укладки пути — раскладка звеньев автокранами или другими машинами, для выправки пути — подбивка шпал. Если расчет трудовых затрат выполнен по техническим нормам, следует установить величину поправочного коэффициента и подсчитать затраты труда в человеко-минутах на измеритель. Затем определяется темп ведущей операции, т. е. протяжение пути, на котором эта операция может быть выполнена в заданное время (смена, сутки и т. д.). Если техническая норма времени на измеритель для ведущей операции t_0 , поправочный коэффициент α_0 , заданное время выполнения T минут, а состав звена, выполняющего ведущую операцию, n_0 , то $Tn_0/\alpha_0 t_0 = W_0$, где W_0 — возможный объем ведущей операции или общий объем работ.

Так, если рассчитывается технологический процесс выправки пути, то для подбивки шпал $t_0=4,52$ чел-мин; $\alpha=1,25$; $n_0=8$; $T=492$ мин.
В этом случае

$$W_0 = \frac{492 \cdot 8}{4,52 \cdot 1,25} = 696.$$

Это означает, что бригада из 8 чел. в условиях, которые соответствуют принятым в расчете значениям, сумеет подбить 696 шпал или в пересчете на звенья 15 звеньев (25-метровых), что составит 375 м пути. Теперь нам известен общий объем работ.

Исходя из общего объема работ можно подсчитать объемы всех других операций W_i , входящих в эту работу, и затраты труда на каждую операцию t_i . Разделив суммарные затраты труда Σt на продолжительность работы T , получим общее количество рабочих, необходимых для выполнения всей работы Σn . Аналогично подсчитывается n_i — количество рабочих, потребное для выполнения каждой операции. При этом необходимо помнить, что количество рабочих не может выражаться дробными числами. Поэтому следует при необходимости группировать отдельные операции, поручая их выполнение объединенному звену. После выполнения расчета необходимо построить график технологического процесса.

Сложнее проектировать *технологический процесс на весь ремонтный комплекс*, т. е. капитальный, средний и другие виды периодических ремонтов пути. Прежде всего надо установить общий темп работы. Здесь возможны варианты, отличающиеся исходными данными расчета. Могут быть заданы время, отведенное для выполнения необходимого объема ремонта пути; состав бригады, ограниченный возможностями предприятия; только объем ремонтов; все три параметра — объем, время и состав бригады. Чаше других встречаются два первых случая. Методика составления сложных технологических процессов различается также в зависимости от необходимости предоставления «окон» для выполнения основных работ.

Если все работы выполняются без перерыва движения (например, подъемочный ремонт внутризаводского пути), то на каждый ремонтируемый объект составляется объемная ведомость, а также ведомость трудовых затрат по следующей форме:

№ п/п	Виды работ	Измеритель	Объем	Норма затрат труда на измеритель, чел-мин	Норма времени работы машин, машино-мин	Затраты труда на объем, чел-мин	Затраты с учетом плановых потерь, чел-мин	Количество рабочих, чел	Продолжительность работы, мин	Продолжительность работы машин, мин

В зависимости от исходного показателя расчет ведется так: общие затраты труда в человеко-днях либо делятся на заданный

состав бригады и получается директивный срок выполнения работ, либо делятся на заданный срок и получается состав бригады, необходимый для выполнения работ. После этого можно определить трудовые затраты по каждому виду работ, входящему в комплекс подъемного ремонта. Продолжительность каждой работы определяется делением соответствующих трудовых затрат на количество рабочих в звене. Состав звена определяется исходя из наиболее рациональной расстановки и загрузки рабочих. Затем составляется график распределения работ по дням и основной график технологического процесса, по которому в определенном масштабе по вертикали откладывают часы и минуты рабочей смены, по горизонтали — длину ремонтируемого участка. Наклон каждой линии определяется темпом выполнения работы или рабочей скоростью ведущей машины. Каждая такая линия изображается условными значками, соответствующими определенной работе.

Если основные работы комплекса выполняются в «окно», то с них и начинается проектирование технологического процесса. Здесь также возможны исходные варианты: может быть задана возможная продолжительность «окна», по которому определяются фронт работы и состав бригады; может быть задан возможный состав бригады, по которому определяются фронт работы в «окно» и его продолжительность; может быть задан возможный фронт работ, по которому определяется состав бригады и продолжительность «окна». В первом случае фронт работы L_{ϕ} определяется по ведущей операции. Для среднего ремонта, например, ведущей операцией будет выправка пути, тогда

$$L_{\phi} = \frac{(T_0 - t_{\text{разв}} - t_{\text{св}}) n_{\text{в}}}{C_{\text{в}}},$$

где T_0 — заданная продолжительность «окна», мин; $t_{\text{разв}}$, $t_{\text{св}}$ — время на развертывание и свертывание работы в начале и в конце участка, мин; $n_{\text{в}}$ — состав выправочной бригады, чел.; $C_{\text{в}}$ — затраты труда на выправку 1 м пути, чел-мин.

Состав бригады может быть определен с помощью уже известной ведомости трудовых затрат.

Во втором случае вначале рассчитывается общий объем работ Q , который бригада (колонна, участок и т. п.) может выполнить за сезон:

$$Q = \frac{(T - \Sigma t) N}{C},$$

где T — число рабочих дней за ремонтный сезон; Σt — суммарные потери рабочего времени (до 0,1 T); N — состав бригады, чел.; C — затраты труда на весь ремонтный комплекс 1 км пути, чел-дни.

Исходя из этого объема подсчитывается фронт работы в «окно» при соответствующем составе бригады.

В третьем случае на основе технологической схемы работ, выполняемых в «окно» поэлементно, вычисляется его необходимая продолжительность. Полученная расчетом необходимая продолжительность сравнивается с возможной по условиям движения.

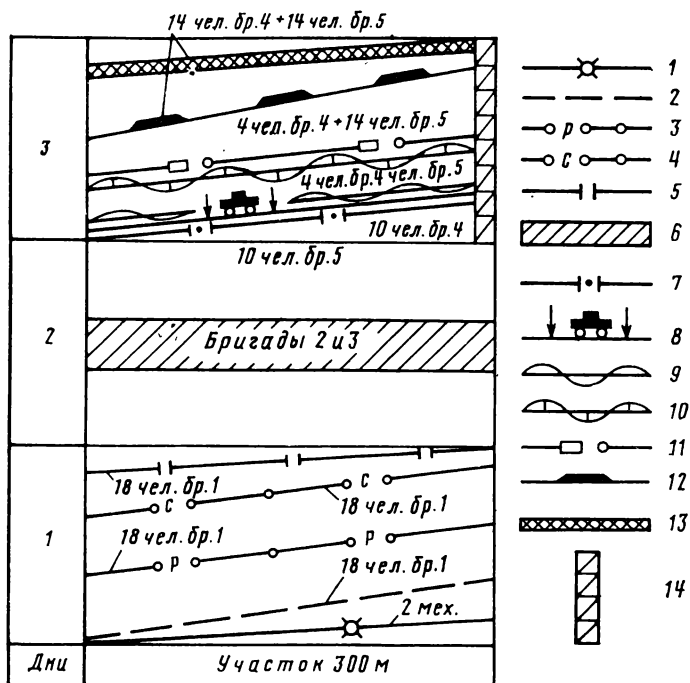


Рис. 123. График технологического процесса среднего ремонта внутривозовского пути:

1 — очистка пути от мусора; 2 — вырезка загрязненного балласта на глубину до 10 см; 3 — выгрузка рельсов с дрезины АГМУ и их раскладка по местам смены, снятие и постановка рельсовых соединителей, одиночная смена рельсов и их погрузка крапом дрезины АГМУ; 4 — выгрузка контейнеров со скреплениями крапом дрезины АГМУ, развозка скреплений на однорельсовую тележку и их раскладка, одиночная смена скреплений и уборка старых скреплений в контейнеры, погрузка контейнеров со старыми скреплениями; 5 — разгонка стыковых зазоров с разрывом рельсовой колеи, разборка постоянного и устройство временного переездного настила; 6 — основные работы; 7 — регулировка зазоров гидравлическими приборами, разборка переездного настила с укладкой в конце дня; 8 — сплошная подбивка шпал машиной ШПМ-02, визирование пути; 9 — рихтовка пути; 10 — постановка кривых по расчету; 11 — закрепление мест положения осей шпал масляной краской, нумерация рельсовых звеньев, перешивка пути; 12 — отделка балластной призмы, планировка междупутья; 13 — ремонт переезда с укладкой постоянного переездного настила; 14 — уборка вырезанного балласта с междупутья грейферным крапом

Если необходимая продолжительность меньше возможной, это говорит о наличии резерва времени на непредвиденные задержки. Если она больше возможной, нужны дополнительные меры, позволяющие уменьшить необходимую продолжительность «окна».

Определение состава бригад или звеньев, выполняющих работы подготовительного и отделочного комплексов, осуществляется также на основе ведомости трудовых затрат. Критерием правильности решений является отсутствие простоев, при этом возможно ступенчатое начало и завершение отдельных работ. Весь фронт может быть разбит на отдельные участки, что позволит сократить непроизводительные потери. Одновременно с заполнением графа ведомости трудовых затрат составляются графики производства работ (основных, подготовительных и отделочных). Технологиче-

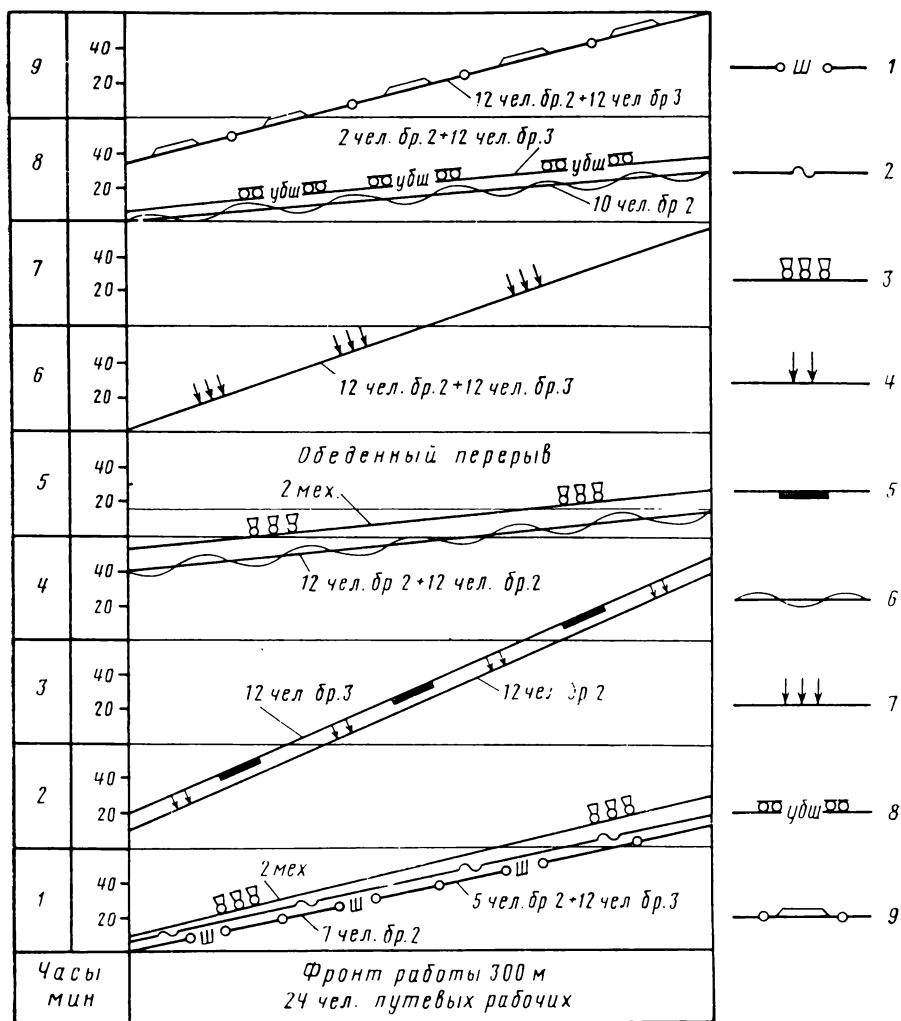


Рис. 124. График технологического процесса основных работ по среднему ремонту пути:

1 — выгрузка пакетов новых шпал краном дрезины АГМу, раскладка новых шпал по местам смены с подноской на расстояние до 10 м, разборка временного переездного настила; 2 — ремонт шпал в пути с укреплением концов обвязкой или болтами; 3 — выгрузка щебня из хопперов-дозаторов; 4 — подъёмка пути на домкраты со сплошной подбивкой шпал электрошпалоподбойками; 5 — смена негодных шпал, перегонка шпал по меткам, перестановка противоугонов; 6 — рихтовка пути; 7 — частичная выправка пути после обкатки поездами с подбивкой 50% шпал электрошпалоподбойками, добивка костылей; 8 — сборка сменных шпал в пакеты для погрузки краном дрезины АГМу; погрузка пакетов шпал на дрезину АГМу; 9 — пополнение шпальных ящиков балластом с грубой оправкой балластной призмы

ские нормы затрат труда и машинного времени при этом обычно берут из Типовых технологических процессов.

Помимо сводного графика и графика производства основных работ в «окно», составляется график распределения работ по дням. По горизонтали здесь также откладывают длины участков (равные фронту работ в «окно»), по вертикали — порядковые номера дней цикла и календарные даты рабочих дней (без выходных). При составлении графика необходимо, чтобы число дней в графике позволяло хотя бы на одном из участков разместить все работы, входящие в комплекс, и одновременно чтобы в один из дней в работе находились все участки сразу. Кроме того, суммарное количество работающих в каждый день должно равняться общему составу бригады (колонны).

Для сложных технологических процессов может составляться пояснительная записка, содержащая описание технологии подготовительных, основных и отделочных работ, последовательности операций, состава звеньев, а также перечень потребных машин, механизмов и инструмента.

В качестве примера приводится типовой технологический процесс среднего ремонта внутризаводского пути металлургического комбината (рис. 123, 124). Он составлен для участка пути, предназначенного для перевозки жидкого доменного шлака, протяженностью 300 м. Путь электрифицирован, в плане имеет 70 % прямых и 30 % кривых, уложен рельсами Р50 на щебеночном балласте и деревянных шпалах при эпюре 1840 шт. на 1 км. В объем основных работ входят: подъема пути с доведением слоя чистого балласта под шпалой до 15 см, укладка нового балласта (225 м³), смена шпал (135 шт.). Для выполнения основных работ предоставляется «окно». Состав путевой колонны: бригада 1 для подготовительных работ — 21 чел., две бригады (2 и 3) по 13 чел. для основных работ, две бригады (4 и 5) по 15 чел., для отделочных работ. На ремонтных работах применены: одна дрезина АГМ^у, машина ШПМ-02, шесть хопперов-дозаторов, рейферный кран, четыре передвижных электростанции, 16 электрошпалоподбоек, рельсорезный и рельсосверлильный станки, 12 гидравлических домкратов, 10 гидроразгонщиков, 12 рихтовочных приборов, а также необходимое количество ручного инструмента.

Типовые технологические процессы производства путевых работ при строительстве и ремонте трамвайных путей выполняются аналогичным способом. Они обычно содержат технологическую карту, в которой приводятся перечень работ в последовательности их выполнения, объемы работ, трудовые затраты на единицу объема и на весь объем в человеко-часах, наименование используемых машин и механизмов и соответствующее количество машино-часов; технологическую схему, на которой в плане и разрезах изображаются процессы производства основных работ; технологический график производства работ¹.

Сложные технологические процессы на крупные строительные и ремонтные комплексы могут разрабатываться в нескольких вариантах. Сравнение вариантов и выбор лучшего выполняют по следующим показателям:

¹ Следует отметить, что при ремонтах путей трамвая применимы и формы графиков, показанные на рис. 123 и 124.

стоимость ремонта (строительства) 1 км пути с учетом эксплуатационных потерь;

производительность труда, которая характеризуется выработкой в метрах пути на одного рабочего в день;

уровень механизации (отношение затрат ручного труда, замененного механизированным к полным затратам ручного труда в чел-мин):

$$y_m = \frac{T_{\text{мр}}}{T - T_m + T_{\text{мр}}} 100,$$

где T — общая трудоемкость работ; T_m — трудоемкость механизированных работ; $T_{\text{мр}}$ — трудоемкость механизированных работ, если бы они выполнялись вручную;

механовооруженность (отношение стоимости машин и механизмов к числу производственных рабочих);

энерговооруженность (мощность автономных источников энергии, приходящаяся на одного производственного рабочего).

Контрольные вопросы

1. Что входит в состав проекта производства работ?
2. В чем заключаются преимущества и основные принципы сетевого планирования?
3. Как составляется календарный план распределения рабочих?
4. Назовите состав технологического процесса ремонта пути и основные требования к его проектированию.

Глава XII

ТЕКУЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ПУТИ

49. ЗАДАЧИ И ОСОБЕННОСТИ ТЕКУЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ПУТИ

Все элементы рельсового пути по прочности, устойчивости и техническому состоянию должны соответствовать требованиям безопасного и плавного движения поездов с установленными скоростями. Однако ремонты пути, обеспечивающие безопасность движения, выполняются с большими перерывами во времени. В эти промежутки между ремонтами осуществляется только текущее содержание пути.

Главная задача текущего содержания — обеспечить в любое время года исправное состояние пути и его элементов в пределах установленных норм и допусков, не допустить развития возникающих при эксплуатации неисправностей, ограничить размеры упругих и темпы накопления остаточных деформаций. В основе текущего содержания не только своевременное устранение уже возникших неисправностей, но прежде всего определение и устранение причин, которые вызвали эти неисправности. А это возможно только при систематическом контроле состояния пути, изучении его местных особенностей. Поэтому текущее содержание пути включает в себя постоянный надзор за его состоянием; вы-

полнение профилактических комплексов, в ходе которых устраняются неисправности и причины их появления; неотложные работы по аварийному устранению дефектов, угрожающих безопасности движения. Важной задачей текущего содержания пути является также продление сроков службы каждого элемента верхнего строения пути.

Текущее содержание осуществляется непрерывно в течение всего года и на всем протяжении пути, причем, как правило, без перерывов в движении поездов.

Затраты на текущее содержание пути весьма значительны. Так, на внутризаводских путях они достигают 60% и более от всех затрат на эксплуатацию пути, включая ремонты. Велики эти затраты и при содержании путей трамвая.

Даже на вполне исправном пути нагрузки от движущегося подвижного состава вызывают незначительные отклонения элементов пути от проектного положения. Со временем эти отклонения увеличиваются, а затем и начинают накапливаться. Так, вначале незаметное отжатие костылей может привести к уширению пути, упругая осадка шпалы под колесом — к потайному толчку и т. п. Эти процессы могут усиливаться под влиянием природных факторов. Например, вода, проникшая под шпалу, там, где уже образовался потайной толчок, приведет к появлению выплеска, разжижению балласта, просадке или перекосу пути. Особенно заметно влияние на развитие неисправностей некачественного выполнения путевых работ при строительстве, ремонте и содержании пути. Так, если, исправляя названную выше одностороннюю просадку, не заменить загрязнившийся в результате выплеска балласт или подбить при выправке только просевшую половину шпалы, а не всю шпалу по длине, просадка обязательно проявится вновь, только на другой стороне пути. Высокое качество выполнения всех работ и операций должно быть законом.

Важно также вовремя в самом начале развития обнаружить неисправность. Опытные путейцы по характерному стуку движущегося колеса, по дребезжанию подкладки или болтов сборного стыка, по нарушению целостности асфальтового покрытия или перемещениям балласта у боковых граней шпалы безошибочно определяют место, характер и причину появившегося дефекта. Еще раз следует подчеркнуть, что неисправность одного элемента пути обычно приводит к появлению неисправностей других элементов и всей конструкции в целом.

Не случайно подчеркивается особая важность плавности движения подвижного состава, которую обеспечивать состояние пути. Ведь любая неровность в плане, в продольном или поперечном профиле ухудшает условия взаимодействия колеса и рельса, неприятно ощущается пассажирами, увеличивает нагрузку на путь и тем самым ускоряет развитие дефектов, в том числе и той неровности, которая послужила причиной всего процесса. Поэтому работы по выправке направления пути во всех трех измерениях систематически должны проводиться в рамках текущего

содержания. В плане путь выправляется рихтовкой (если сбито направление обеих нитей) или перешивкой (если сбита одна нить, т. е. нарушена ширина колеи). После каждой работы, связанной с подъемкой или другим изменением положения рельсов, путь должен рихтоваться.

Для предупреждения неисправностей по ширине колеи или положению пути в плане следует своевременно выполнять регулировку стыковых зазоров, подкреплять все скрепления (стыковые и клеммные болты, костыли, шурупы, путевые тяги), соблюдать технологические требования, предъявляемые к перешивке.

Отклонения от продольного и поперечного профиля проявляются в форме общих просадок и перекосов или местных отступлений нитей по уровню. Плавность профиля поддерживается плотной подбивкой шпал и брусьев с подъемкой на балласт, если в этом есть необходимость. Для предупреждения неисправностей необходимо обеспечить надежный поверхностный водоотвод, не допускать загрязнения балласта и прорастания его травой и кустарниковой порослью, следить за исправностью стыков, своевременно устранять волнообразный износ рельсов и появляющиеся неплотности опирания шпал на балласт, а рельсов — на шпалы через скрепления.

Свои особенности имеет и содержание отдельных элементов пути.

Для качественного содержания рельсов большое значение имеют описанные выше работы по предупреждению отклонений пути от проектного положения. Просадки, перекосы, неправильное опирание на подкладки, угон — все это значительно усложняет работу рельса.

Рельсы следует беречь еще до того, как они будут уложены в путь. Нельзя допускать больших изгибов рельсов, особенно в вертикальной плоскости, а также ударов рельсов при погрузке, выгрузке и транспортировке. В процессе содержания важно обеспечить рельсу равнопрочное основание, своевременно устранять отклонения по ширине колеи и по уровню, ремонтировать сами рельсы (наплавкой, шлифовкой), дефектные рельсы заменять. В кривых, особенно малых радиусов, необходимо смазывать рельсы, следить за шириной желоба между рельсом и контррельсом.

Нормальная работа скреплений зависит от общего состояния пути, качества подбивки, направления в плане, плотности всех сопряжений. Появление зазоров там, где их не должно быть, между рельсом и накладкой, между подкладкой и шпалой, между рельсом и подкладкой, всегда ведет к быстрому развитию неисправностей. Нельзя стыковать рельсы с разной степенью износа. Так называемая «ступенька» в стыке резко повышает напряжения и в рельсах, и в скреплениях. Скрепления требуют постоянного ухода: своевременного подкрепления и смазки болтов и тяг, добивки костылей, одиночной замены негодных скреплений, обязательной очистки от пыли, грязи, песка.

На электрифицированных участках внутризаводских путей и на путях трамвая необходимо следить за состоянием электрических соединений, вовремя заменять их и не допускать нарушения контакта.

Нормальная работа деревянных шпал и брусьев обеспечивается плотностью сопряжения всех элементов путевой конструкции, своевременным и качественным водоотводом, равномерностью размещения шпал и подбором их по размерам при укладке. Для предупреждения загнивания в подрельсовой зоне нужно своевременно зачищать заусенцы, до забивки костылей и завинчивания шурупов рассверливать отверстия и обязательно антисептировать все зачищенные места и отверстия. При перешивке пути в костыльные отверстия вставляют также пропитанные деревянные пластинки-закрепители (110×15×5 мм). При транспортировке и всех видах путевых работ шпалы и брусья нужно беречь от ударов, вызывающих механические повреждения. Негодные шпалы необходимо своевременно заменять.

Для нормальной работы железобетонных шпал нужно обеспечить постоянную равнопрочность основания. Неравнопрочные и неравноупругие основания могут быть причиной развития трещин, отколов, изломов шпалы. Железобетонные шпалы со сквозным изломом или с разрушением бетона в зоне прикрепления рельсов должны быть заменены.

Текущее содержание пути на железобетонных шпалах отличается значительно меньшим объемом смены шпал и несколько большим (по сравнению с содержанием пути на деревянных шпалах) объемом работ по выправке. Небольшие просадки следует исправлять, применяя регулировочные прокладки. Если просадка на трамвайном пути превышает 15 мм, а на внутризаводском 14 мм, следует производить выправку и подбивку пути балластом.

Содержание балластного слоя сводится к сохранению его несущих, упругих и дренирующих свойств, а также его размеров и очертаний. С этой целью необходимо предупредить или замедлить загрязнение и засорение балласта. Периодически следует убирать с поверхности балласта засорители — грязь и песок после схода талых вод, срезать загрязненную балластную корку, пополнять балластный слой только чистым материалом, выполнять периодическую подбивку пути. Нельзя допускать застоя воды в балластном слое и на его поверхности. При необходимости следует вскрыть балластный слой и выпустить воду из-под шпал, осушить, а затем заменить загрязненный песок или щебень. Большой вред наносит балласту растительность. Она не только засоряет его корнями, но и способствует проникновению воды.

Попадание воды является основной причиной деформации земляного полотна, поэтому главное в его содержании не допустить попадания воды на основную площадку или обеспечить ее быстрый отвод. С этой целью необходимо постоянно следить за нормальным состоянием и работой всей водоотводной системы, регу-

лярно очищать водостоки, смотровые и приемные колодцы, дренажи, периодически удалять грязь или ил из поглощающих колодцев, при необходимости промывать трубы, удалять из них ледяные пробки.

Для предупреждения расстройств дорожных покрытий необходимо выполнять весь комплекс работ, обеспечивающий стабильную устойчивость пути и прежде всего основания.

Особо рассматривается стрелочный перевод. Наличие в нем движущихся частей требует особой тщательности содержания. Текущее содержание должно обеспечить плотное прилегание острьков (перьев) к рамным рельсам; плотное опирание всех деталей перевода на соответствующие основания; установленные геометрические размеры, правильное направление и положение по уровню; четкую регулировку стрелочного механизма, замыкателя, приводов и т. п., а также регулярную очистку и смазку деталей.

Определенные особенности имеет содержание пути на участках, которые отличаются спецификой конструкции или условиями эксплуатации.

Дополнительные силовые воздействия на путь в кривых во многом определяются состоянием кривых в плане: постоянством кривизны круговой кривой и плавностью изменения переходной. Эти показатели характеризуются величиной стрелы изгиба кривой, измеряемой от хорды длиной 20 м (иногда 10 м). При текущем содержании разность стрел изгиба круговых кривых в точках, отстоящих друг от друга на 10 м, при хорде 20 м не должна превышать на внутризаводских путях 8 мм при $R > 650$ м, 10 мм — при $R = 650 \div 401$ м и 12 мм — при $R < 400$ м, а на путях трамвая — 15 мм. Отклонения от равномерного нарастания стрел на переходных кривых должны быть не более 6 мм на внутризаводских и 10 мм на трамвайных путях. Стрела изгиба

$$f = \frac{1000a^2}{8R},$$

где a — длина хорды, м; R — радиус, м.

В процессе содержания стрелы должны периодически замеряться, полученные данные сравниваться с паспортными и при отклонениях выше допускаемых должна выполняться расчетная рихтовка.

На бесстыковом пути необходимо учитывать разницу между фактической температурой рельса и температурой в период закрепления плети. Эта разница в определенных пределах ограничивает возможность производства путевых работ. Так, например, рихтовка и выправка пути могут выполняться на прямых участках, если указанная разница не более 10°C на железнодорожных путях и 20°C на трамвайных. Если превышение температуры закрепления больше, необходима разрядка температурных напряжений, т. е. до производства работ плеть следует перезакрепить.

На пучинных участках профиль пути исправляется укладкой между подкладкой и шпалой деревянных (реже металлических) пучинных карточек различной толщины (от 1 до 25 мм), деревянных башмаков (от 25 до 50 мм), полусквозных (коротких) и сквозных нашпальников (от 50 до 110 мм). Могут применяться и сочетания этих временных прокладок. Прикрепляются они к шпале с помощью специально удлинённых пучинных костылей (205, 230, 255 и 280 мм). Крутизна отводов при исправлении профиля пути на пучинах должна быть не более 0,003 (3 мм на 1 м пути). В пределах стрелки и крестовины отводы не делаются, на соединительных путях между стрелкой и крестовиной они ограничиваются 0,001.

К содержанию пути в пределах искусственных сооружений предъявляются повышенные требования. Здесь особенно важна плавность хода подвижного состава. Не должно быть просадов на подходах к мостам, где резко меняются упругие свойства основания. Необходимо тщательно содержать сборные стыки и уравнильные приборы: своевременно их подкреплять, смазывать по трущимся поверхностям. Уравнильные приборы надо заменять при неравномерном вертикальном износе, поперечном изломе, выкрашивании острияков по длине более 200 мм. Сами искусственные сооружения (малые мосты, трубы, эстакады и др.), если они находятся на балансе управления трамвая или железнодорожного цеха завода, также содержатся и ремонтируются специализированными бригадами службы пути.

На внутривозовских путях технологического назначения имеют место иные темпы накопления неисправностей, определяемые высокими нагрузками от колесной пары на рельсы, дополнительными источниками загрязнения балласта, меньшими скоростями движения и другими эксплуатационными особенностями. Соответственно этому устанавливаются объемы работ, выполняемых в процессе текущего содержания. При содержании технологических путей должны выполняться также специфические работы: замена выгоревших шпал на путях перевозки жидкого металла и горячих шлаков, восстановление защитных покрытий на путях транспортировки стали в изложницах и слитках, смазка и подкрепление болтовых креплений пути на металлических эстакадах, перегонка шпал и другие операции на передвижных и отвалных путях.

Особое внимание должно уделяться содержанию трамвайных путей на участках с тяжелыми условиями движения, перечень которых утверждается для каждого города краевым (областным) управлением жилищно-коммунального хозяйства.

Работы по текущему содержанию узкоколейных путей отличаются лишь количественными характеристиками, а также некоторыми нормами и допусками.

Важной задачей текущего содержания пути является продление срока службы отдельных элементов. Повышение сроков службы рельсов может быть достигнуто прежде всего за счет содер-

жания рельсовой колеи в пределах установленных норм и допусков и своевременного устранения всех отступлений (уширения и сужения колеи, просадок, перекосов и др.), а также бережного складирования и транспортировки рельсов.

Срок службы рельсов в кривых может быть существенно увеличен за счет смазки рабочей грани наружных рельсов графитовой смазкой. Большое значение имеет также шлифовка поверхностей катания рельсов для ликвидации волнообразного износа. Шлифовка рельсов назначается на путях трамвая, если глубина волны износа превышает 0,05 мм. На железнодорожных путях шлифовка должна выполняться с определенной периодичностью (после пропуска 40—150 млн. т брутто в зависимости от кривизны пути и вида шпал). Следует отметить, что шлифовка не только ликвидирует волнообразный износ и другие неровности. При этом также снимается поверхностный наклепанный слой металла с микротрещинами, повышенной твердостью и остаточными напряжениями сжатия.

На срок службы скреплений влияет соблюдение правил производства работ, запрещающих загонять болты в отверстия накладок ударами молотка, изгибать костыли при забивке, применять удлинённые гаечные ключи. Очень важна регулярная смазка.

Высокие сроки службы железобетонных шпал достигаются соблюдением осторожности при транспортных операциях и производстве выправочно-подбивочных работ, правильной планировкой и уплотнением балласта (с сохранением неуплотненного слоя щебня по оси пути), недопущением укладки разных шпал в пределах одного звена, нормальным натяжением клеммных и закладных болтов.

Деревянные шпалы будут служить дольше, если между подкладкой и шпалой укладывать прокладки-амортизаторы, предварительно рассверливать и антисептировать костыльные отверстия, зачищать заусенцы с антисептированием зачищенных мест, применять пластинки-закрепители при перешивке. Необходимо также не допускать повреждения шпал ударами путевого инструмента.

Одним из важнейших методов продления срока службы элементов верхнего строения пути является их ремонт, который в ряде случаев может выполняться в процессе эксплуатации. Без изъятия из пути выполняется ремонт сбитых рельсовых концов, а также крестовин, остяков и других деталей стрелочных переводов наплавкой. Наплавка осуществляется электродуговым способом с применением электродов К-2-55, НР-50 (рельсы) и ОМТ-Н (крестовины). Выполняются наплавочные работы в светлое время суток при температуре воздуха не ниже — 10 °С; при температуре ниже 5 °С рельсы предварительно подогревают. Наплавленные места очищают металлической щеткой и шлифуют «под линейку». На этих работах применяются передвижные сварочные агрегаты, установленные на автомашине, тракторе или специально оборудованном вагоне.

При текущем содержании ремонтируются также лежащие в пути шпалы и брусья. Ремонт деревянных шпал и брусьев в пути состоит из зачистки заусенцев, постановки в разработанные костыльные (шурупные) отверстия втулок, антисептирования отверстий и трещин, обвязки концов шпал и брусьев проволокой или полосовой сталью, укрепления их деревянными винтами или металлическими болтами, забивки торцовых скоб. Ремонт железобетонных шпал — в заделке отколов, продольных и поперечных трещин. Для этой цели можно применять цементно-песчаный раствор, полимерцементные растворы, краску.

Самостоятельное значение имеет очистка путей, также являющаяся задачей текущего содержания. Особо важна регулярная очистка путей трамвая, являющихся элементом городской улицы. Правила технической эксплуатации трамвая требуют, чтобы с пути и всех путевых сооружений своевременно удалялись не только вода или снег, но также грязь, мусор, опавшие листья, остатки смазки, иногда вытекающей из устройств неисправных вагонов.

Элементарная культура текущего содержания требует, чтобы путь был чист. Важна не только внешняя сторона дела, это имеет и техническое значение: грязь и мусор на путях могут скрыть развивающиеся дефекты.

Очистку посадочных площадок и путей на совмещенном полотне выполняют городские коммунальные органы. Управления трамвая отвечают за очистку конечных станций, они же очищают пути, расположенные на обособленном и самостоятельном полотне. Особое значение для нормального движения и работы самого пути имеет очистка рельсовых желобов, крестовин, стрелок, а также смазка рельсов в кривых и деталей стрелочных переводов. Очистка стрелочных узлов выполняется механизированно, с помощью специально выпускаемой передвижной (на автоходу) установки ТК-6, которая обеспечивает промывку узловых устройств водой под давлением или продувку их сжатым воздухом. Очистка желобов может осуществляться как вручную, так и с помощью желобоочистительных тележек или вагонов с устройствами скребкового или гидравлического действия. Во всех этих случаях очистка ведется на выброс, поэтому такие вагоны должны работать в комплексе с подметально-уборочной машиной. Этого недостатка лишены желобоочистительные (уборочные) вагоны, включающие вакуумные устройства.

Для предупреждения пылеобразования, крайне отрицательно влияющего на надежность работы подвижного состава, наряду с обычными поливо-моечными автомашинами применяют вагоны-поливщики.

Эти же вагоны могут быть использованы для химического уничтожения растительности на путях. Пути обрабатываются водным раствором или суспензией симазина (ранней весной или осенью), атразина (даже после появления всходов) или других гербицидов. Химическая обработка, если она выполняется регу-

лярно, при соблюдении правильной дозировки (30—40 кг/га) и скорости движения вагона-полищика не более 30 км/ч дает хорошие результаты.

Рельсы в кривых участках пути радиусом менее 200 м (кроме кривых, расположенных на уклонах и участках пути непосредственно перед остановочными пунктами) должны, как уже указывалось, регулярно смазываться. Эта мера не только продляет срок службы рельсов, но и уменьшает темпы износа колесных бандажей и расход электроэнергии на движение. Смазке подлежат боковые грани рельсов и контррельсов, а также трущиеся металлические части стрелочных переводов. Поверхность катания рельсов следует оберегать от попадания смазки.

Смазка обычно состоит из смеси графита и мазута с добавлением при необходимости керосина как разбавителя.

Смазывать рельсы и стрелки надо в сухую погоду по хорошо очищенной поверхности. Выполняться смазка может вручную или с помощью специальных приспособлений — лубрикаторов, которые могут устанавливаться на автомашине, вагоне или непосредственно у рельсов.

Наконец, задачей текущего содержания является также выполнение неотложных и внезапных (аварийных) работ по срочному устранению неисправностей, препятствующих движению поездов или угрожающих их безопасности.

50. КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ПУТИ

Для того чтобы обеспечить бесперебойность и безопасность движения поездов, а также своевременно выявить необходимость выполнения путевых работ, рельсовый путь и все его обустройства должны систематически осматриваться. Сроки и порядок этих осмотров назначаются таким образом, чтобы было обеспечено их постоянство, регулярность и преемственность.

На железнодорожных путях черной металлургии и других отраслей народного хозяйства бригадир пути дважды в месяц (в том числе один раз совместно с дорожным мастером) проводит осмотр всех путей и стрелочных переводов, земляного полотна, искусственных сооружений и путевых устройств. Осмотр путей и стрелочных переводов сопровождается их промерами по шаблону и уровню. Мастер, кроме того, один раз в месяц отдельно проверяет все кривые и один раз в месяц объезжает пути своего околотка на поезде или локомотиве. Старшие дорожные мастера, начальники дистанций, начальники служб (цехов, отделов) пути выборочно контролируют и осматривают пути по специально утвержденному графику. Кроме того, ежемесячно проводятся комиссионные осмотры под председательством начальника железнодорожной станции (при обязательном участии дорожного мастера и бригадира пути), а два раза в год — весной и осенью — под председательством руководителя железнодорожного хозяйства предприятия.

На путях трамвая путевой мастер один раз в месяц производит сплошной осмотр пути и сооружений с проверкой по шаблону и уровню, один раз в неделю объезжает пути околотка на вагоне. Кроме этого, он еженедельно проверяет путь по шаблону и уровню на участках повышенной опасности и ежедневно осматривает путь с тяжелыми условиями движения. Старший путевой мастер один раз в неделю производит осмотр участка (дистанции) при объезде на вагоне и проверяет по шаблону и уровню участки повышенной опасности. Раз в два месяца он выполняет сплошной осмотр и проверку по шаблону и уровню путей участка (дистанции). Начальник и главный инженер дистанции пути не реже одного раза в месяц производят осмотр пути, сооружений и путевых устройств с выборочными промерами по шаблону и уровню. Помимо этого, один раз в месяц комиссия, утвержденная приказом по управлению, осматривает и проверяет все пути с тяжелыми условиями движения, а два раза в год проводит весенний и осенний осмотры пути, сооружений и устройств.

В случае особо неблагоприятных метеоусловий или при наличии неустойчивых участков, в том числе при производстве земляных или иных работ вблизи пути, должны назначаться внеочередные осмотры и проверки, а при необходимости и непрерывное дежурство. Независимо от плановых сроков осмотров и проверок все работники путевого хозяйства, проходя или проезжая по линии, обязаны обращать внимание на состояние пути и, если потребуется, принимать нужные меры.

Целесообразным считается и такой порядок, когда машинист локомотива или водитель трамвая, обнаружив во время движения неисправность пути, сообщает об этом дежурному или диспетчеру по имеющимся каналам связи, а по прибытии на станцию или пост делает запись в специальном журнале, который регулярно просматривает дорожный (путевой) мастер.

Все результаты осмотров и проверок, замеченные неисправности, данные промеров должны сразу же заноситься в книги и журналы установленной стандартной формы. На основе данных осмотров и проверок планируются предупредительные и назначаются неотложные работы текущего содержания. Обязательными являются отметки о времени устранения выявленных неисправностей и отклонений, а также о проверках записей, которые должны периодически осуществлять руководители служб и дистанций пути.

При осмотре пути устанавливается отсутствие опасных разрушений рельсов, шпал и скреплений, величина зазоров, состояние рихтовки, плотность всех сопряжений (сборные стыки, опирание рельса на подкладку и шпалу), наличие угона, видимых просадок и перекосов, потайных толчков и других неисправностей.

Опытные путейцы знают и внешние признаки, которые помогают при осмотре определять скрыто развивающиеся неисправности. Так, например, появление осыпающегося песка вокруг шпалы говорит о наличии потайного толчка; чередование светлых и темных пятен по длине головки рельса — о возникновении вол-

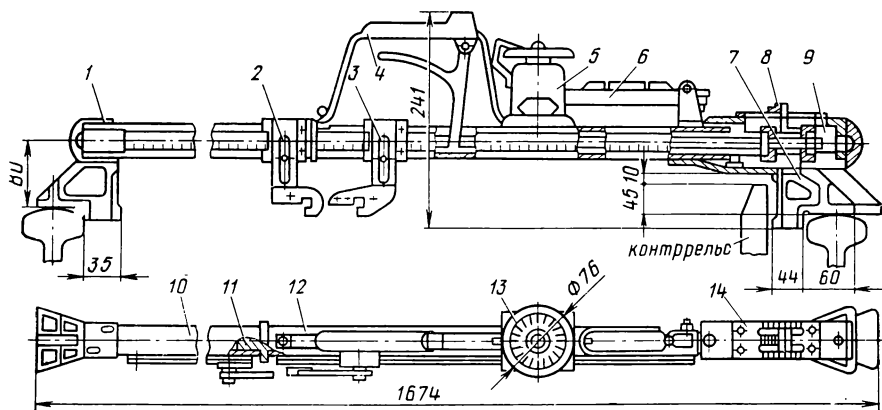


Рис. 125. Шаблон ЦУП-3Д:

1 — неподвижный упор; 2, 3 — шаблоны ординат; 4 — ручка; 5 — корпус уровня; 6 — уровень; 7 — подвижной упор; 8 — указатель шкалы; 9 — направляющая; 10 — левая часть корпуса шаблона; 11 — изоляционная бобышка; 12 — правая часть корпуса шаблона; 13 — указатель положения рельсов по уровню; 14 — шкала шаблона

нообразного износа; характерное позванивание при проходе поездов — о неплотном прилегании подкладок или ослабших стыковых болтах; ржавые потеки на железобетонной шпале — о разрыве арматуры и т. п.

Особое внимание уделяется наличию растительности на открытых путях, состоянию дорожных покрытий, соблюдению габаритных расстояний, скоплению талых и ливневых вод, появлению в зимнее время снежных заносов. При производстве инструментальных измерений в ходе осмотров пути прежде всего определяют ширину колеи и относительное положение рельсов по уровню.

Для контроля колеи применяются путеизмерительные средства. Наиболее простой прибор — глухой *рабочий путевой шаблон*. Это отрезок стального уголка, на концах которого под прямым углом приварены две упорные планки. Расстояние между рабочими гранями этих планок равно нормальной ширине колеи, концевые поверхности шаблона градуируются в миллиметрах.

Наиболее употребителен *путевой контрольный шаблон ЦУП* (ЦУП-2Д и ЦУП-3Д) (рис. 125). Шаблон состоит из стальной трубки, имеющей неподвижный и подвижный упоры. Подвижный упор прижимается к рельсу пружиной и соединяется тягой с поводком ручки. Он связан также с указателем, который на шкале с делениями показывает ширину колеи. На трубке укреплен уровень, который с одной стороны имеет шарнир, а с другой может подниматься и опускаться вращением круговой шкалы с делениями. ЦУП-3Д имеет дополнительные устройства для измерения элементов стрелочных переводов. Модернизированный путевцами трамвая шаблон ЦУП имеет повышенные упоры, позволяющие измерять ширину колеи на путях с дорожным покрытием.

Путеизмерительные тележки ведут непрерывный замер ширины колеи и положения рельсов по уровню с записью результатов на ленте. Наибольшее распространение в эксплуатации получила тележка Матвеенок: сварной трубчатый каркас на трех ходовых колесах, прижимаемых к рабочим граням рельсов расpirающей пружиной. На каркасе смонтированы механизмы измерения ширины колеи и уровня, а также регистрирующий прибор с лентопротяжным механизмом. Запись на ленте идет в масштабе как по вертикали, так и по горизонтали. Это позволяет определить места расположения отклонений.

Все описанные средства имеют общий недостаток: они отражают лишь статическое, ненагруженное состояние пути. Контроль положения пути в динамике под нагрузкой подвижного состава, т. е. с учетом отжима рельсов, осадки пути под нагрузкой, упругих колебаний рельсо-шпальной решетки, осуществляют *путеизмерительные вагоны*. Железнодорожный вагон-путеизмеритель системы ЦНИИ проверяет и записывает на ленте ширину колеи, положение рельсовых нитей по уровню, стрелы изгиба в плане и просадки обонх рельсов. Трамвайный путеизмеритель системы ЛИИЖТ измеряет ширину колеи, положение рельсов по уровню, величину просадок пути.

Для геометрических измерений и визуального контроля пути применяются также:

- комплекты визирок, бинокли, оптические приборы для визирования и рихтовки ПРП (при проверке плавности рельсовых нитей в плане и продольном профиле);

- рельсоизмерительная линейка и рельсоизмерительная тележка Шестопалова (при измерении неровностей поверхности катания рельсов);

- специальные шаблоны, штангенциркуль «Путеец», металлические линейки (при измерении ширины и глубины желобов, а также некоторых размеров стрелочного перевода);

- линейки, прозорники (при измерении стыковых зазоров);

- прибор для измерения подуклонки (при измерении подуклонки рельсов);

- прибор ЦНИИ, игольчатый рельсовый профилограф, профилографы других конструкций (при измерении износа рельсов).

Определение скрытых дефектов в рельсах и металлических деталях стрелочных переводов и глухих пересечений может выполняться вручную — простукиванием молоточком на длинной упругой ручке, осмотром с помощью зеркала, но наиболее эффективно применение ультразвуковых и магнитных тележечных рельсовых дефектоскопов (УРД-58, МРД-66). На железных дорогах применяются также вагоны-дефектоскопы.

При длине рельсов 12,5 м промеры колеи (шаблоны и уровень) выполняются на прямых участках в каждом стыке и в середине звена, при длине рельсов 25 м — в каждом стыке и через каждые 6 м. Кроме того, в кривых трамвайных путей измерения производятся: при длине кривой менее 25 м — в точках начала, конца и середины кривой; при длине кривой от 25 до 75 м — до-

Таблица 54. Ширина колеи обыкновенных стрелочных переводов

Тип стрелочного перевода	Марка крестовины	В стыках рамных рельсов	У острия острьяков	В корнях острьяков		В середине переводной кривой	В крестовине и в конце переводной кривой
				на боковой путь	на прямой путь		
Колея 1524 мм							
P65, P50, P43(Iy), (Ia), P38 (IIa)	1/11	1524	1536	1536	1524	1536	1524
P65, P50, P43 Ia, P38 (IIa) с прямыми острьяками	1/9	1524	1536	1536	1524	1540	1524
Ia, P38 (IIa) с прямыми острьяками	1/11	1526	1541	1528	1528	1536	1524
Ia, P38 (IIa) с прямыми острьяками	1/9	1526	1541	1528	1528	1540	1524
Колея 1520 мм							
P65	1/11	1520	1524	1520	1521	1520	1520
P50	1/11	1520	1528	1520	1521	1520	1520
P65	1/9	1520	1524	1520	1521	1524	1520
P50	1/9	1520	1528	1520	1521	1524	1520

полнительно через каждые 6 м; при любой длине кривой радиусом менее 75 м — через каждые 3 м.

В пределах стрелочных переводов промеры выполняются на переводах трамвайного типа; по прямому направлению — в начале стрелки, через 2 м от него, у математического центра и в конце крестовины; по боковому направлению — через 2 м от начала стрелки и в конце стрелки, в середине соединительного рельса, у математического центра и в конце крестовины. На железнодорожных стрелочных переводах измерения производятся в стыке рамных рельсов, перед острьяками, в корне острьяков по прямому и боковому направлениям, в середине и конце переводной кривой в начале и конце крестовины, а также в сечении сердечника крестовины, равном 40 мм по прямому и боковому направлениям.

Нормальная ширина колеи на трамвайных стрелочных переводах в любом месте измерения должна быть 1524 мм, ширина колеи на железнодорожных стрелочных переводах должна соответствовать данным табл. 54.

51. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПУТИ

Состояние пути оценивается по нескольким натурным показателям. Очень трудно установить универсальный показатель, который сразу бы дал общую оценку пути. Такой показатель в любом случае будет условным и приблизительным. Поэтому для оценки пути существуют различные системы штрафных баллов, которые начисляются в зависимости от величины и характера неисправности. Общей оценкой качества состояния и содержания пути является средний балл, приходящийся на 1 км одиночного

пути околотка, участка, дистанции. При оценке железнодорожных путей принимаются во внимание еще и балльные оценки, начисляемые отдельно по основным параметрам измерений.

Основные неисправности пути делятся на железных дорогах на пять, а в трамвайных хозяйствах на 3 степени, каждая из ко-

Таблица 55. Степени и размеры неисправностей железнодорожных путей

Неисправности	Допускаемые отклонения от нормы, мм (1 степень)	Недопускаемые отклонения от нормы, мм, по степеням			
		II	III	IV	V
Уширение колеи	0—6	7—11	12—16	17—26	>26
Сужение колеи	0—4	5—6	7—8	9—10	>10
Перекосы	0—8	9—12	13—16	17—20	>20
Плавное отклонение по уровню	0—6	7—12	13—20	21—25	>25
Просадка рельсовой нити	0—10	11—15	16—20	21—25	>25
Отступление по направлению в плане (при измерении от хорды длиной 20 м)	0—10	11—18	19—25	26—35	>35

Таблица 56. Оценка неисправностей железнодорожного пути в баллах

Неисправность	Единица измерения	Степень неисправности				
		I	II	III	IV	V
Уширение колеи	1 м пути с неисправностью	0	1	10	100	1000
Сужение колеи	То же	0	1	2	100	1000
Перекося при расстоянии между пиками, м: до 10 включительно более 10 до 20	Неисправное место (поштучно)	0	2	30	500	1000
		0	1	10	300	1000
Плавное отклонение по уровню	1 м пути с неисправностью	0	0,1	1	15	250
Просадка рельсовой нити	Неисправное место (поштучно)	0	2	10	50	500
Отступление по направлению в плане при его длине, м: до 10 включительно более 10 до 20 включительно более 20 до 40 включительно		0	1	15	500	1000
		0	1	5	100	500
		0	0	1	50	100

Таблица 57. Степени, размеры и балльные оценки неисправностей трамвайных путей

Неисправность	Степень неисправности					
	I		II		III	
	Отклоне- ние, мм	Баллы	Отклоне- ние, мм	Баллы	Отклоне- ние, мм	Баллы
Уширение колеи	0—12	0	13—14	60	>14	600
Сужение колеи при $R > 75$ м	0—4	0	5	60	>5	600
Сужение колеи при $R < 75$ м и в спецчастях	0—2	0	3—4	60	>4	600
Отклонение по уровню: в прямых в кривых и спецчастях	0—10	0	11—20	1	>20	10
	0—20	0	21—25	10	>25	50
Уширение контррельсового же- лоба	0—15	0	16—20	5	>20	25
Понижение пера относительно рамного рельса	0—2	0	—	—	>2	50
Повышение пера относительно рамного рельса	0—15	0	—	—	>15	20
Боковой износ пера	0—10	0	—	—	>10	20
Вертикальный износ крепления пятя пера	0—6	0	—	—	>6	15
Горизонтальный износ крепле- ния пятя пера	0—4	0	—	—	>4	15
Перекосы при расстоянии меж- ду пиками менее 8 м	8—10	10	11—20	50	>20	200
Наличие рубка длиной до 2 м	—	—	—	—	—	150
Излом рельса или стыка	—	—	—	—	—	100
Выкол или вмятина глубиной более 5 мм	—	—	—	—	—	200
Неисправность температурного компенсатора	—	100	—	—	—	—
Отсутствие электросоединения	—	20	—	—	—	—
Несовпадение поверхностей ка- тания в стыке	1—2	5	3—5	50	>5	100

Неисправность	Степень неисправности					
	I		II		III	
	Отклоне- ние, мм	Баллы	Отклоне- ние, мм	Баллы	Отклоне- ние, мм	Баллы
Несовпадение боковых граней в стыке	1—2	5	3—5	100	>5	200
Износ шпал более 20 мм, шт.:						
до 5 на звено	—	0	—	—	—	—
5 на звено	—	—	—	10	—	—
более 5 на звено	—	—	—	—	—	100
Разрушение 1 м ² покрытия на переездах	—	10	—	—	—	—
Неисправность водоотводов на длине в 1 м	—	10	—	—	—	—

торых имеет соответствующую ей оценку в баллах. Степени неисправностей и их оценки приводятся в табл. 55, 56, 57.

Трамвайный путь считается отличным при числе баллов до 50 на 1 м, хорошим — от 51 до 100, удовлетворительным — от 101 до 300 и неудовлетворительным — при наличии более 300 баллов. Железнодорожный путь получает отличную оценку, если сумма баллов не превышает 40 (для рельсов Р43 и легче — 60), и хорошую, если она не более 100 (для рельсов Р43 и легче — 120). Путь считается удовлетворительным, если сумма баллов по каждому из контролируемых параметров (ширина колеи, уровень, перекосы, просадки, направление в плане) не превышает 500 на километр. Важное дополнение: если железнодорожный путь проверяется не вагоном-путеизмерителем, а путеизмерительной тележкой, то сумма баллов увеличивается в 3 раза при рельсах Р43 и легче и в 2 раза при более тяжелых рельсах.

На ряде промышленных предприятий действуют свои отраслевые системы балльной оценки состояния внутризаводских путей.

Для изучения изменений в состоянии пути и создания необходимой информационной базы составляются технические паспорта пути. Паспорта составляют на отдельные участки (перегоны, километры) пути, а также на стрелочные переводы. В состав паспорта входят исполнительные чертежи (план трассы и продольный профиль), данные о земляном полотне, верхнем строении, дорожных покрытиях, водоотводных и искусственных сооружениях. В паспортах учитываются также эксплуатационные характеристики, пропущенная по пути нагрузка (в тоннах брутто), а также все местные особенности (снегозаносимость, пучины, затоп-

ляемые места, коммуникации и др.). Все изменения, включая данные о ремонтах пути, вносят в технический паспорт в хронологической последовательности.

52. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПО ТЕКУЩЕМУ СОДЕРЖАНИЮ ПУТИ

Текущее содержание пути производится в течение всего года. Однако состав путевых работ, особенно предупредительных, отличается в зависимости от сезона. Так, весной в период освождения пути от снежного покрова и оттаивания балластного слоя выполняется отвод воды с пути с последующим приведением в порядок водоотводных устройств; закрепление, замена и пополнение противоугонов; закрепление и смазка стыковых, клеммных и закладных болтов; добивка костылей и довертывание шурупов; разрядка кустовой гнилости шпал; очистка рельсов и креплений от грязи; срезка загрязненной корки балласта; устранение разжижений балласта и выплесков; регулировка зазоров; рихтовка пути; разрядка температурных напряжений в рельсовых плетях бесстыкового пути; ликвидация просадок и перекосов, в том числе в местах оседающих пучин; химическое уничтожение растительности; смена дефектных рельсов и частей стрелочных переводов; шлифовка и сварка рельсов и частей стрелочных переводов; смазка рельсов в кривых и очистка желобов; ремонт дорожных покрытий на путях трамвая; исправление переездных настилов и ограждений на внутризаводских путях.

В летнее время из вышеперечисленного комплекса исключаются специфические весенние работы (т. е. связанные с оттаиванием и просыханием пути) и добавляются выправка и подбивка пути, одиночная смена шпал и брусьев, замена и пополнение балласта, очистка водоотводных систем, перешивка колеи, зачистка заусенцев на шпалах и брусьях, ремонт стыков и другие работы.

Осенью — до замерзания балласта — продолжают работы летнего комплекса, однако к ним прибавляются работы, связанные с подготовкой пути к работе в осенне-зимних условиях; путь готовится к пропуску снегоочистителей и снегоуборочной техники; ремонтируются все снегозащитные средства и механизмы; заготавливаются материалы для исправления пути на пучинах.

Текущее содержание пути продолжается и зимой. Зимой производятся исправления пути по уровню, в том числе на пучинах, с помощью карточек и прокладок; перешивка и регулировка ширины колеи; подкрепление болтов; замена дефектных металлических частей верхнего строения; посыпка рельсов песком на спусках; перестановка снегозадерживающих щитов; ручная уборка снега: разделка валов и др. Перед началом таяния снега вскрываются кюветы, лотки и каналы.

При планировании и производстве работ по текущему содержанию пути надо стараться чтобы при устранении неисправности

была ликвидирована и причина ее появления; чтобы все работы выполнялись в такой последовательности и с такой степенью совмещения, которые исключили бы повторное производство работ и отдельных операций.

В практике большинства путейских служб трамвая и заводского промышленного транспорта часто встречаются две крайности: текущее содержание сводится только к выполнению неотложных и внезапных работ или, наоборот, за счет текущего содержания и в ущерб ему выполняются работы, по объемам не отличающиеся от периодических ремонтов. И то и другое одинаково плохо.

Практика передовых предприятий трамвая подтвердила целесообразность выполнения заранее спланированных ремонтных комплексов текущего содержания пути по *линейно-кольцевому методу*. Инструкция по текущему содержанию трамвайного пути рекомендует выполнять работы по этому методу при общем удовлетворительном состоянии пути, так как при содержании запущенного пути объемы текущего содержания оказываются недостаточными.

Основное преимущество линейно-кольцевого метода в том, что вместо случайных выборочных работ, когда путевые бригады не знают чем будут заниматься завтра и не видят результатов своего труда, осуществляется четко спланированный комплекс работ по предупреждению развития неисправностей, последовательно выполняемый на всем протяжении пути. Можно сразу ремонтировать оба параллельных пути от конечной до конечной станции (линейная схема) или ремонтировать сначала один путь до оборотной петли, а затем второй (кольцевая схема). При этом для безопасности ремонтная бригада должна двигаться навстречу движению трамвая.

Ремонтные работы текущего содержания пути необходимо выполнять ежегодно на всем протяжении пути. Нельзя устанавливать какой-то межремонтный период хотя бы для второстепенных, не очень напряженных линий, так как всего лишь одно неисправное звено, один неисправный метр пути могут остановить движение трамваев на нескольких маршрутах. Поэтому, хотя объемы работ на отдельных участках могут быть различны, но каждый километр, каждый перегон должны быть ежегодно охвачены сплошным профилактическим ремонтом.

В зависимости от фактического состояния пути, а также с учетом местных условий, включая наличие трудовых, материальных и финансовых ресурсов, могут быть назначены три варианта предупредительного ремонтного комплекса: облегченный, основной и усиленный.

Облегченный вариант выполняется на участках пути, находящихся в хорошем состоянии и сводится в основном к работам по техническому обслуживанию. *Усиленный вариант* применяется в отдельных случаях, когда на участках пути небольшой протяженности необходимо выполнение работ по номенклатуре, выходящей за рамки текущего содержания. Объемы работ в каждом

отдельном случае определяются при составлении дефектной ведомости (объемного перечня, калькуляции и др.).

Если по техническим нормам определить t — расчетную трудоемкость принятого варианта ремонтного комплекса на 1 км пути в человеко-днях, то можно рассчитать время T , необходимое для выполнения работ по этому варианту на участке (перегоне, маршруте, дистанции):

$$T = l \frac{t\alpha}{NK},$$

где l — длина ремонтируемого участка; α — коэффициент, учитывающий потери рабочего времени на пропуск поездов, свертывание и развертывание работ, проход по фронту работ и другие возможные потери; N — средний явочный состав бригады (0,8—0,9 от списочного); K — коэффициент, характеризующий достигнутый в хозяйстве уровень перевыполнения расчетных норм.

Можно решить обратную задачу: найти длину участка l , который за имеющийся у бригады лимит времени T в днях (за год, квартал, месяц и т. д.) может быть отремонтирован по принятому варианту:

$$l = \frac{TNK}{t\alpha}.$$

На предупредительные комплексы текущего содержания пути должны разрабатываться типовые и конкретные технологические процессы. Порядок их разработки аналогичен порядку, принятому для составления технологических процессов периодических ремонтов пути. Технологические процессы целесообразно разрабатывать и на отдельные работы. При этом должен быть четко определен их пооперационный состав и последовательность выполнения операций, входящих в соответствующую работу.

Так, например, одиночная смена дефектного рельса состоит из следующих операций: разборка дорожного покрытия (при его наличии); уборка грунта или балласта вдоль рельса до верхней постели шпалы на ширину не менее длины подкладки; очистка сменяемого рельса от грязи; регулировка зазоров (при наличии нулевых)¹; разборка механического стыка или вырезка куска сварной плети; расшивка пути; разборка тяг; снятие дефектного рельса; антисептирование костыльных (шурупных) отверстий, постановка пластинок-закрепителей, зачистка заусенцев (при деревянных шпалах); установка нового рельса; сборка или сварка стыков; пришивка рельса (костылями, шурупами, болтами); постановка тяг.

Регулировка зазоров, которая при смене рельса является отдельной операцией, может выполняться и как самостоятельная работа. В этом случае она состоит из следующих элементарных операций: освобождение от грунта (балласта) и очистка

¹ На примере этой операции наглядно видна важность технологической последовательности операций. Если не сделать регулировку зазоров до снятия дефектного рельса, то после его снятия может произойти разрядка температурных напряжений в прилежащих рельсовых плетях и новый рельс не войдет на подготовленное место.

перемещаемой плети; ослабление стыковых болтов на половинах накладок; ослабление клиновых или снятие пружинных противоугонов; наддергивание отдельных костылей; установка гидравлического разгонщика; продольное перемещение плети с постукиванием по ней деревянной кувалдой; установка в зазоры прокладок-прозорников; снятие разгонщика; закрепление стыковых болтов; добивка костылей; установка противоугонов.

Одиночная смена железобетонной шпалы выполняется в следующей последовательности (на самостоятельном полотне): из прилегающих к шпале ящиков и с торцов выбирают щебень до подошвы шпалы; вывешивают рельсы и сменяемую шпалу домкратами; подводят под вывешенную шпалу металлический лист с ушками на концах; опускают шпалу на лист; вывинчивают болты и снимают клеммы; повторно вывешивают рельсы; вытаскивают шпалу по листу и затаскивают новую; устанавливают промежуточные скрепления; убирают лист; подбивают шпалу и оправляют балластную призму.

Аналогично составляется пооперационная разбивка и последовательность выполнения других работ текущего содержания пути.

Эксплуатационная и конструктивная специфика трамвайного пути вызывает необходимость выполнения при текущем содержании дополнительных сезонных работ. Это прежде всего развозка, раскладка и оправка песка на спусках. Дело в том, что при уменьшении коэффициента сцепления колес с рельсами (из-за загрязнения поверхности катания головки рельса, попадания на нее смазки или опавших листьев, появления ледяной корки) наблюдается пробуксовывание ведущих колес (пробуксовывание) или, наоборот, проскальзывание колес без вращения при торможении (юз). В первом случае вагон не двигается, во втором — скользит под уклон независимо от действий водителя.

Для увеличения сцепления применяется посыпка рельсов песком из песочниц, имеющих в каждом моторном вагоне. Очевидно, что и пробуксовывание и юз могут возникнуть не только на трамвайных, но и на внутризаводских железнодорожных путях. Поэтому на всех локомотивах, как и на трамваях, имеются песочницы, которые приводятся в действие из кабины машиниста. Однако вероятность этих явлений гораздо выше на трамвайных путях, проходящих по проезжей части улиц, в условиях интенсивного автомобильного движения. Кроме того, частота тормозных участков и особенно наличие значительных уклонов делают юз чрезвычайно опасным на трамвайных линиях. На таких участках песок складывается в небольших количествах вблизи пути и раскладывается горками вдоль одного из рельсов, так чтобы при проходе колеса происходило постоянное осыпание песка на головку рельса. Обычно это делается поздней осенью и зимой. Весной при наступлении устойчивых положительных температур остатки песка следует собрать и вывезти. Перечень мест, где посыпку рельсов песком осуществляют работники службы пути, устанавливается трамвайным управлением города.

Таблица 58. Нормы покилометрового запаса основных элементов верхнего строения пути

Элементы	Единица измерения	Железнодорожные пути	Трамвайные пути	Элементы	Единица измерения	Железнодорожные пути	Трамвайные пути
Рельсы длиной 12,5 м	шт.	2	—*	Тяги поперечные	шт.	—	10
Шпалы деревянные	шт.	5	16	Противоугоны	шт.	8	12
Накладки	шт.	4	8	Брусья переводные	Комплект на 100 шт., лежащих в пути	1	—
Подкладки	шт.	2	12				
Болты путевые с гайками	шт.	6	30				
Шайбы пружинные	шт.	6	20	Стрелочные переводы	То же	1	—
Костыли	шт.	50	70	Крестовины	»	2	5
Рельсовые соединители	шт.	—	8	Стрелки	Комплект на 25 шт., лежащих в пути	—	1

* Для трамвайных путей потребный запас рельсов должен составлять 2% от общей длины участка, т. е. на 1 км пути надо иметь 20 м рельсов, на 10 км — 200 м и так далее.

Примечание. Нормы указаны на 1 км главных или 3 км станционных железнодорожных путей и на 1 км одиночного пути трамвая.

Для того чтобы при необходимости аварийной (внезапной) замены элементов верхнего строения пути не терять время на поиски и доставку материалов, на внутризаводских путях, а также в трамвайных хозяйствах установлены нормы так называемого *неснижаемого покилометрового запаса*. В табл. 58 указаны эти нормы для железнодорожных путей общего пользования при грузонапряженности менее 10 млн. т·км брутто/км в год и рельсах типа Р43 и для путей трамваев.

Контрольные вопросы

1. В чем заключаются основные задачи текущего содержания пути?
2. Почему текущее содержание должно осуществляться непрерывно на всем протяжении пути?
3. Каким образом обеспечивается продление сроков службы отдельных элементов пути?
4. Как должен осуществляться контроль за состоянием пути?
5. Какие сезонные работы выполняются в рамках текущего содержания?

ОСНОВЫ ВЕДЕНИЯ ПУТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА

53. СТРУКТУРА УПРАВЛЕНИЯ ПУТЕВЫМ ХОЗЯЙСТВОМ

Большое и сложное хозяйство пути в предприятиях рельсового транспорта — это не только сам путь с различными сооружениями и обустройствами. Это еще и комплекс производственных предприятий, хозяйственных подразделений и административных звеньев, обеспечивающих эффективную и безопасную работу транспорта. Путевое хозяйство включает в себя также типовые комплекты оснащения различных путейских формирований машинами, механизмами и инструментами, транспортные средства, ремонтные мастерские, служебные и бытовые здания.

Все руководство трамвайным путевым хозяйством осуществляет *служба пути*, входящая в состав трамвайно-троллейбусного или трамвайного управления. В наиболее крупных хозяйствах служба пути находится на самостоятельном балансе и имеет расчетный счет в местном отделении Госбанка. В большинстве случаев служба пути находится на внутрихозяйственном расчете в составе управления. Вся путевая сеть города при ее протяженности более 120 км делится на дистанции. *Дистанции пути*, непосредственно подчиненные службе пути, являются ее основными подразделениями.

Протяженность пути в пределах дистанции составляет от 60 до 120 км. От протяженности зависит и группа (категория) дистанции, определяющая численность и уровень зарплаты инженерно-технических работников.

Во главе дистанции пути — начальник и главный инженер. Дистанции пути делятся на 3—5 *участков*, возглавляемых старшими дорожными мастерами (дорожными мастерами); а участки, в свою очередь, включают *бригады* по текущему содержанию пути. В некоторых случаях на каждой дистанции создаются укрупненные бригады по планово-предупредительному ремонту пути, по ремонту и содержанию стрелочных переводов, по ремонту и содержанию искусственных сооружений.

Если суммарная протяженность путей в городе менее 120 км, дистанции не создаются. В этом случае служба пути объединяет от 2 до 4 путевых участков. При протяженности пути менее 20 км служба пути непосредственно руководит бригадами.

В состав службы пути трамвая (в зависимости от протяженности обслуживаемого участка) могут входить путевые мастерские, участки механизации, путевые ремонтные колонны, дорожные участки и другие подразделения. В наиболее крупных хозяйствах мастерские создаются и при дистанциях пути. На дистанциях или участках имеются, кроме того, аварийные бригады с круглосуточным режимом работы, а также бригады стрелочников, бригады по содержанию участков с тяжелыми условиями движения, бригады передвижных сварочно-наплавочных постов и т. д.

В службе пути имеется небольшой управленческий аппарат (бухгалтерия, плановый отдел, технический отдел, отдел кадров и т. д.). При небольших объемах работы функции отделов выполняют соответствующие специалисты.

На промышленном железнодорожном транспорте структура путевого хозяйства также определяется его масштабами и, прежде всего, протяженностью пути. На заводах с путевым развитием до 10 км создаются бригады по ремонту и содержанию пути, входящие в состав транспортного цеха предприятия. На заводах с путевым развитием от 10 до 30 км организуются *околотки*, возглавляемые дорожными мастерами. Такой околоток, входящий в состав заводского железнодорожного цеха, включает обычно 2—4 *рабочих отделения* (бригады). При таких объемах путевого хозяйства околоток выполняет и текущее содержание пути и все виды его ремонта. Если протяженность заводских путей превышает 30 км, могут создаваться *службы пути*, входящие в состав железнодорожных цехов предприятий. На особо крупных промышленных предприятиях путевое хозяйство ведут отделы или цехи пути в составе управлений железнодорожного транспорта. Службы пути крупных заводов делятся на 2—5 участков, объединяющих по несколько околотков.

Для выполнения средних и капитальных ремонтов в службах пути организуют укрупненные механизированные бригады (при протяженности пути 31—100 км), путевые ремонтные колонны (101—200 км), путевые машинные станции (более 200 км).

При определении структурной схемы путевого хозяйства предприятия, как и при расчетах численности рабочих по ремонту и обслуживанию пути, принимается во внимание не инвентарная, а так называемая *приведенная длина пути*. Приведенная длина трамвайного пути определяется через процентные надбавки и уменьшения к соответствующей инвентарной (натуральной) длине пути в однопутном исчислении. За основу для приведения принимается 1 км одиночного пассажирского пути, уложенного рельсами Р50 на деревянных шпалах и песчаном балласте, с водоотводными сооружениями, но без дорожного покрытия, с уклоном, не превышающим 30‰, имеющего кривые участки от 12 до 15‰ и узловые устройства от 9,1 до 11‰ от общей протяженности, при грузонапряженности 5 млн. т·км брутто/км в год и продолжительности периода снегоуборки 6 мес.

Отклонения от этих характеристик определяют величину, на которую увеличивается или уменьшается протяженность пути при ее приведении. Так, например, если доля протяженности кривых меньше 12‰, натуральная длина пути уменьшается, а если больше 15‰, — увеличивается на 1%. Если путь уложен рельсами Р43 и легче, его протяженность увеличивается на 6%, а если рельсами Р65 или Т_в60, Т_в65, — уменьшается соответственно на 7 и 17%. Уклон от 31 до 60‰ определяет увеличение протяженности на 50%, а более 50‰ — на 75%. Щебеночный балласт при деревянных шпалах соответствует уменьшению длины пути на 7%, а при

железобетонных — на 12%. Протяженность пути увеличивается при наличии асфальтового покрытия — на 18%, плитного покрытия — на 10%, при отсутствии водоотводов — на 12%. Каждый лишний (недостающий) месяц продолжительности снегоуборки дает увеличение (уменьшение) длины пути на 3%.

Увеличение (уменьшение) протяженности пути в зависимости от его грузонапряженности определяется по расчетной эмпирической формуле:

$$Y = 160 - \sqrt{40000 - X^2}, \text{ а } X = 70 + 10Q,$$

где Q — грузонапряженность, млн·т·км брутто/км в год.

Несколько иначе определяется приведенная длина железнодорожных путей $L_{пр}$. В этом случае расчет ведется по формуле

$$L_{пр} = L_1 + 0,75 \sum L_i + 0,33 \sum L_{ст} + \frac{N'_{сн} + 2N''_{сн}}{20},$$

где L_1 — длина первого главного пути; $\sum L_i$ — суммарная длина остальных главных путей; $\sum L_{ст}$ — суммарная длина станционных путей; $N'_{сн}$ — количество стрелочных переводов и глухих пересечений; $N''_{сн}$ — количество перекрестных стрелочных переводов.

54. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ПУТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА

Путевое хозяйство трамвайных предприятий и внутризаводского железнодорожного транспорта включает в себя ряд вспомогательных производств, обеспечивающих нормальную работу основных путейских подразделений. К этим производствам относятся специализированные путевые ремонтно-механические мастерские, базы (мастерские) по обслуживанию и текущему ремонту машин и механизмов, а в ряде случаев еще и звенооборочные базы, шпалопропиточные пункты, песчаные карьеры, участки по ремонту зданий и других строений, принадлежащих службе пути, а также дорожно-ремонтные участки.

Мастерские службы пути трамвая строятся по типовым проектам, рассчитанным на обслуживание 100 и 200 км пути. В таких мастерских могут выполняться следующие работы: изготовление и ремонт стрелок, крестовин и других деталей стрелочных переводов; изгиб рельсов для укладки в кривых малых радиусов; изготовление переходных стыков; ремонт и реновация креплений и других металлических частей верхнего строения пути; ремонт деревянных шпал; изготовление различного крепежа; ремонт и изготовление путевого ручного инструмента, а в наиболее крупных и хорошо оснащенных мастерских и ремонт электрифицированного путевого инструмента; изготовление нестандартного оборудования; изготовление и намотка барабанов щеточных снегоочистителей.

Аналогичные работы выполняются и в мастерских служб пути железнодорожных цехов промышленных предприятий, но есть и разница, обусловленная особенностями внутризаводских путей:

не производится, как правило, предварительный изгиб рельсов; вместо переходных стыков изготавливаются переходные накладки; иногда изношенные острия перестрагиваются с увеличением их крутизны.

Мастерские должны быть оснащены кузнечно-прессовым оборудованием, рельсогибочным прессом, токарно-винторезными, фрезерными, строгальными, сверлильными станками, сварочными генераторами, подъемно-транспортными средствами, необходимыми складскими, служебными и бытовыми помещениями.

Небольшие мастерские, выполняющие минимальный объем слесарных, кузнечных, деревообрабатывающих и иных работ, целесообразно иметь и на дистанциях (участках) пути.

Техническое обслуживание и текущие ремонты машин, механизмов и другого путевого оборудования могут выполняться как в цехах путевых мастерских, так и на специально создаваемой в службе пути машинной базе (базе механизации). В небольших хозяйствах эти работы поручаются трамвайным (локомотивным) депо.

При значительных объемах реконструкции и капитального ремонта пути, когда выполняется сплошная смена деревянных шпал, их ремонт целесообразно проводить в шпалоремонтных мастерских или в шпалоремонтных цехах мастерских службы пути. Ремонту подлежат шпалы с продольными трещинами, открывающими непропитанную древесину, с износом подрельсовой зоны более 10 мм (при условии, что толщина шпалы после ремонта будет не менее 100 мм), с разработанными костыльными и шурупными отверстиями (диаметром не более 40 мм).

Шпала, назначенная к ремонту, очищается металлическими щетками, а затем сжатым воздухом. После этого шпалу сжимают на станке до ликвидации трещин, просверливают в ней отверстие, нарезают в нем резьбу и завертывают деревянный винг. Вместо винта можно применить металлические шпильки (в этом случае предварительное сверление отверстий не выполняется). Изношенные слои древесины удаляются с помощью ножевых (фрезерных) головок зарубочного станка, а отверстия в разработанных креплениях местами сверлят сверлильными головками. В рассверленные отверстия гидравлическим прессом запрессовывают пропитанные антисептиком деревянные твунки. В некоторых случаях изношенная древесина в подрельсовом сечении может заменяться новой: специально вырезанная пластина подвергается антисептирующей пропитке, вгоняется на место подобно клину и крепится деревянными или металлическими шпильками. После этого шпала допропитывается антисептической пастой, которая наносится на шпалу через распылитель, и в специальном резервуаре с каменно-угольным лаком покрывается гидроизолирующим слоем.

Если в мастерских нет специального оборудования, то шпалы ремонтируются по технологии, принятой для ремонта шпал непосредственно в пути.

Ремонт рельсов и деталей стрелочных переводов осуществляется в мастерских обычными методами: деформированные скрепления выправляют кузнечным способом, изношенные поверхности наплавляются, резьба на болтах и гайках восстанавливается на станках или вручную.

В службах пути крупных промышленных предприятий выполняется пропитка шпал под давлением в автоклавных

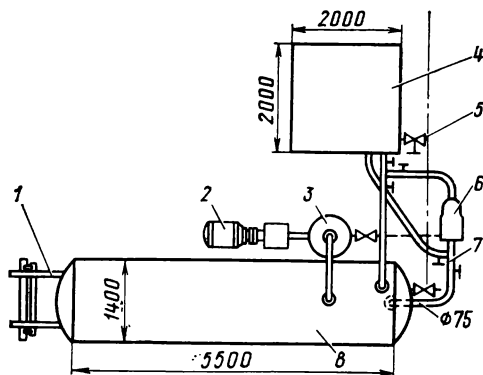


Рис. 126. Схема шпалопропиточной установки малой производительности

установках малой производительности. Шпалопропиточные пункты, которые сооружаются на предприятиях, состоят из погрузочно-разгрузочного узла, складов непропитанных и пропитанных шпал, подкранового пути для козлового или иного крана, устройств для слива, перекачки и хранения антисептика, узкоколейных путей для транспортировки шпал и собственно пропиточной установки.

Пропиточная установка (рис. 126) включает в себя пропиточный цилиндр со съемной торцевой крышкой 8, маневренный бак 4, вакуумнасос 2, конденсатор паров антисептика 3, поршневой насос 6, водопровод 7, паропровод 5, перекидной мостик 1, соединяющий подкаточные пути с путями в цилиндре.

Технологический процесс пропитки шпал при максимально допускаемой влажности (35—60%) состоит из следующих операций: загрузка в пропиточный цилиндр вагонеток с непропитанными шпалами, заболчивание пропиточного цилиндра, заполнение цилиндра антисептиком, нагретым до 95 °С; прогрев шпал в антисептике 60 мин; перекачка антисептика в маневренный бак; создание разрежения до 600 мм ртутного столба и выдержка шпал в вакууме до 40 мин; повторное заполнение цилиндра нагретым антисептиком, поднятие давления масла до 0,8—0,12 МПа; выдерживание шпал под давлением 60 мин; перекачка антисептика в маневренный бак; создание разрежения и выдержка в вакууме шпал до 20 мин; разболчивание цилиндра; выкатывание вагонеток из цилиндра.

В качестве антисептика применяется антраценовое или креозотовое масло. При содержании воды более 5% антисептик должен быть обезвожен выпариванием под вакуумом в пропиточном цилиндре.

В трамвайных хозяйствах автономные шпалопропиточные пункты обычно не создаются. Шпалы пропитываются централизованно на заводах МПС.

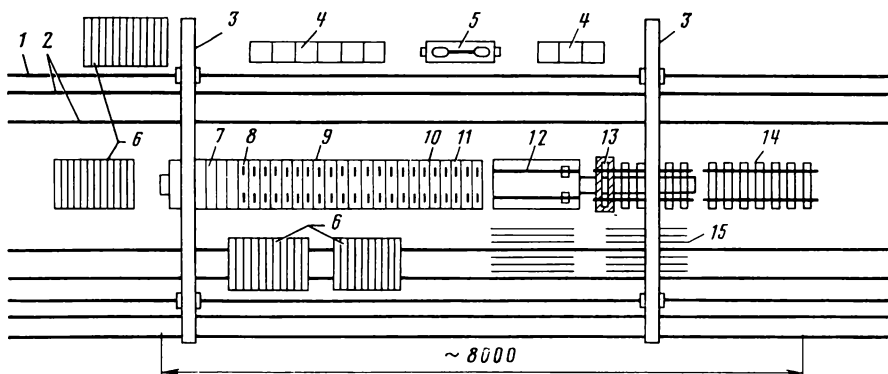


Рис. 127. Схема технологической линии ЗЛЖ-650 для сборки звеньев:

1 — подкрановый путь; 2 — транспортный путь; 3 — козловой кран; 4 — бункера для скреплений; 5 — цех комплектования клеммных и закладных болтов; 6 — склад железобетонных шпал; 7 — позиция раскладки шпал; 8 — позиция установки прокладок под подкладки; 9 — позиция установки подкладок; 10 — позиция установки закладных болтов; 11 — позиция установки подкладок под рельсы; 12 — стэнд для подачи рельсов; 13 — автомат завинчивания гаек клеммных и закладных болтов; 14 — позиция доводки звена; 15 — склад рельсов

Звеносборочные базы позволяют осуществить наиболее прогрессивный индустриальный метод строительства, реконструкции и капитального ремонта пути, а также наиболее полно использовать снимаемые с пути материалы за счет их централизованной разборки, сортировки и хранения. На звеносборочной базе необходимо предусмотреть погрузочно-разгрузочные (железнодорожные и трамвайные) пути, подкрановые пути, пути-шаблоны для сборки звеньев, зоны для складирования новых и старых материалов верхнего строения пути, а также новых и старых звеньев. База оснащается башенным или козловым краном, электрифицированным исполнительным инструментом, а при особо больших объемах работ еще и звеносборочными и звеноразборочными комбайнами или полуавтоматами. В качестве примера приводится технологическая линия ЗЛЖ-650 (рис. 127), предназначенная для сборки звеньев с железобетонными шпалами при рельсах любого типа длиной 12,5 и 25 м.

Многие трамвайные хозяйства имеют собственные песчаные карьеры, в которых добывается песок, необходимый не только для ограниченного использования в качестве балласта при ремонте и содержании путей, но и для посыпки рельсов, посадочных площадок, заправки песочниц. Такие карьеры обычно имеют небольшую производительность. Путевое развитие карьера ограничивается 2—3 путями, один из которых может быть передвижным. Разработка ведется с помощью бульдозера и экскаватора. Песок грузится на рабочие вагоны-платформы, специальные вагоны-дозаторы, автосамосвалы с помощью транспортеров, экскаваторов, тракторных и автомобильных погрузчиков непосредственно или через промежуточные бункеры-накопители.

Дорожно-ремонтные участки создаются при службах пути особо крупных предприятий. Они оснащены ручными и моторными катками, а в отдельных случаях и асфальтоукладочными машинами.

55. ПУТЕВЫЕ МАШИНЫ, МЕХАНИЗМЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

По способу производства все путевые работы можно разделить на три группы:

выполняемые механизированным способом, т. е. при помощи машин и механизмов, получающих энергию от специального источника;

выполняемые механизированно-ручным способом, т. е. при помощи простейших механизмов и механизированного инструмента с ручным приводом;

выполняемые ручным способом, т. е. при помощи простейшего инструмента.

Уровень механизации путевых работ определяется обычно как отношение трудоемкости механизированных работ к общей трудоемкости работ в часах (по нормированному времени для сдельщиков, по табельному — для повременщиков).

При этом под механизированными работами понимаются все работы, выполняемые механизированным или механизированно-ручным способом.

Очевидно, что повышение уровня механизации путевых работ позволяет повысить производительность труда, снизить их трудоемкость и себестоимость, сократить сроки выполнения, улучшить качество.

Путевые машины, применяемые на внутризаводских железных дорогах и трамвайных путях, могут классифицироваться по ряду признаков. В зависимости от сферы применения различают машины, предназначенные для строительства, реконструкции и капитального ремонта, для среднего и подъемочного ремонтов, для текущего содержания пути. По способу перемещения выделяются машины самоходные и несамоходные (прицепные); по ходовым частям — на рельсовом, колесном и гусеничном ходу; по виду тяги — с электрической, дизель-электрической и моторной тягой; по типу привода рабочих органов — с электрическими, пневматическими, гидравлическими и механическими (от двигателя внутреннего сгорания) приводами. Путевые машины подразделяются также на съёмные, которые можно убрать с пути для пропуска поезда, и несъёмные, которые для выполнения работ должны занять перегон. Основным классификационным признаком — технологическое назначение машины.

По этому признаку выделяются машины для ремонта земляного полотна, укладки и разборки пути, баллаستировки, уплотнения балласта, выправки и рихтовки, очистки и уборки, сварочно-наплавочных работ, снегоборьбы, контроля и измерений, транспортных и погрузочно-разгрузочных работ.

На работах по строительству, ремонту и содержанию пути, помимо специальных технических средств, предназначенных для выполнения путевых работ, широко применяются подъемно-транспортные и дорожно-строительные машины общего назначения (автокраны, автосамосвалы, экскаваторы, бульдозеры, трубоукладчики, авто- и тракторные погрузчики, компрессоры, сварочные агрегаты и др.).

При производстве работ на трамвайных путях применяется специальный подвижной состав, изготовленный на базе трамвайных вагонов различных серий: рельсотранспортеры, рельсошлифовальщики, сварочные вагоны, платформы с крановой установкой, путеизмерители, поливщики, уборочные вагоны, дозаторы, вагоны для очистки желобов и смазки рельсов.

В путевом хозяйстве промышленных предприятий использование тяжелых машин, применяемых на железных дорогах общего пользования, возможно, как правило, на подъездных путях, соединительных линиях, приемо-отправочных путях крупных станций. На внутризаводских путях эти машины применимы не везде, поэтому их парк дополняется специальной техникой, которая создается и выпускается как для отраслей в целом, так и непосредственно на отдельных предприятиях.

Для укладки путевой решетки, а также для разборки звеньев старого пути может быть применен комплект машин звеньевого путеукладчика: укладочный кран, моторная платформа и несколько четырехосных платформ, оборудованных роликовыми транспортерами. Укладочный кран (УК-12,5 для звеньев 12,5 м с деревянными шпалами, УК-25/9 — для звеньев 12,5 м с железобетонными и 25 м с деревянными и УК-25/18 — для звеньев 25 м с железобетонными шпалами) представляет собой подвижную и поворотную стрелу-ферму, смонтированную на четырех раздвижных стойках порталных рам платформы. Вдоль стрелы перемещаются крановые тележки с грузовыми блоками и траверсами. Укладочный кран имеет электрические лебедки для перетягивания звеньев, дизель-генераторные силовые установки, тяговые электродвигатели. Таким же силовым оборудованием оснащена моторная платформа. Перетяжка звеньев лебедками вдоль состава к крану или к моторной платформе производится по роликовым транспортерам, которые заменяют пол платформы.

Часто для укладки звеньев на внутризаводских путях применяются самоходные стрелковые дизель-электрические железнодорожные краны КДЭ-161 (грузоподъемностью 16 т) и КДЭ-251 (грузоподъемностью 25 т).

Для балластировки пути могут быть применены электробалластеры ЭЛБ-1, ЭЛБ-3 и ЭЛБ-3М. Однако эти машины весьма громоздки, так же как и широко применяемые на железных дорогах выправочно-подбивочно-отделочная машина ВПО-3000 и выправочно-подбивочно-рихтовочная машина ВПР-1200. Кроме того, и это главное, машины эти имеют весьма высокую производительность (так ВПО-3000 выправляет 3 км пути

в час, а ВПР-1200 за час подбивает 1200 шпал), которая не может быть реализована в условиях промышленных железных дорог, где объемы путевых работ сравнительно невелики. Поэтому на внутризаводских путях целесообразно применение более экономичных машин меньшей производительности.

Для очистки щебеночного балласта могут применяться как тяжелые машины (ЩОМ-Д, ЩОМ-4, ЩОМ-ДО), работающие при поднятой путевой решетке, так и более легкие щебнеочистители ЩОМ-ЗУ, не требующие подъема пути. Широко используются машины БМС, производящие работу при снятой путевой решетке.

Самоходная машина ЩОМ-ЗУ состоит из рамы с ходовыми частями, электростанции с мотор-генераторной установкой, выгребных устройств, боковых крыльев, грохота-очистителя, транспортеров для удаления отходов и кабины управления. Выгребное устройство (двухшарнирная цепь с рыхлителями и скребковыми захватами) подает щебень из-под решетки на сетчатую ленту грохота. Через отверстия ленты засорители попадают на продольный наклонный транспортер, а с него — на поворотный транспортер, откуда мусор выбрасывается в сторону от пути или в кузов транспортного средства. Очищенный щебень с ленты попадает снова на путь, где равномерно распределяется по ширине призмы дозаторным устройством. Производительность ЩОМ-ЗУ—200 м³/ч, толщина очищаемого слоя — до 330 мм, ширина — до 4 м.

Машина БМС несамоходна, ее приводят в движение два трактора Т-100 М. Рабочим органом машины является замкнутая сетчатая стальная лента с дизельным приводом. БМС оборудована также боковыми крыльями, направляющими щебень на сетку, подрезным ножом, планировщиком очищенного щебня, гидроаппаратурой для регулировки заглубления ножа и поворота опорных катков. Производительность машины — до 1000 м³/ч, глубина очистки — до 250 мм, ширина — до 5 м. Обе модификации могут найти применение в путевом хозяйстве трамвая: ЩОМ-ЗУ — на самостоятельном и частично обособленном полотне, БМС — при любой конструкции пути.

Для подъема и рихтовки внутризаводских путей используется дизельный путеподъемник МПТС-1. Он состоит из рамы, опирающейся на две колесные пары, двигателя с передачей, гидросистемы и кабины управления. Рабочий орган путеподъемника представляет собой шарнирную раму, на которой размещены два вертикальных (подъемочных) цилиндра с опорными башмаками и горизонтальный (рихтовочный) цилиндр с клещевыми захватами. МПТС-1 имеет усилие подъема, равное 84 т, поперечный ход за один подъем — 130 мм, максимальную высоту подъема — 400 мм.

Для передвижки временных отвальных путей применяются специальные путепередвигатели — самоходные машины, состоящие из ходовых частей, двигателя внутреннего сгорания, подъемного устройства и клещевых захватов. Подъемное уст-

ройство представляет собой зубчатую рейку с опорным башмаком и червячный редуктор, который вместе с рейкой передвигается поперек пути по направляющим в ходовой раме.

Для подбивки пути наиболее употребительна самоходная шпалоподбивочная машина ШПМ-02. Она устроена так: на раме, опирающейся на две колесные пары, установлены дизель с трансмиссией, воздушный компрессор, пневмодомкраты для снятия машины с пути и уплотнительный механизм. Уплотнительный механизм состоит из двух подбивочных блоков по восемь подбоек в каждом. При погружении в балласт подбивки осуществляют не только вибрационные, но и сжимающие движения, обеспечивая хорошее уплотнение балласта. Производительность ШПМ-02 — 350 — 400 шпал в час. Однако эта машина не имеет рабочего органа для выправки пути, и эту работу предварительно должна выполнять бригада монтеров или другая машина, например МСШУ-3М.

Самоходная машина МСШУ-3М предназначена для одиночной смены шпал, подъёмки, выправки и рихтовки пути. МСШУ-3М имеет раму с ходовыми частями, кабину управления и опорные колонны. Машина укомплектована также четырьмя шпалоподбивками, с помощью которых начерно до прохода ШПМ-02 закрепляется выправленный и отрихтованный путь, и оптическим путерихтовочным прибором. За час МСШУ-3М проходит с подъёмкой 300, а с рихтовкой 250 м пути.

Шпалоподбивочная машина ШПМ-02 и машина МСШУ-3М вполне применимы при строительстве, ремонте и текущем содержании трамвайных путей. Из других путевых машин, находящихся достаточно широкое применение как на внутризаводских, так и на трамвайных путях, следует упомянуть путерихтовочную машину ПРМ-1М и подъёмочно-рихтовочную машину ПРМ-2.

ПРМ-1М предназначена для грубой и чистовой рихтовки при строительстве, ремонте и текущем содержании пути и может использоваться при любых типах рельсов и шпал на любом балласте. Машина самоходна и, кроме того, снабжена подъёмно-поворотным устройством, допускающим применение ПРМ-1М в качестве путеподъёмника и позволяющим выполнять развороты машины для следования в обратном направлении, а также съезды с пути для пропуска поездов. Производительность ПРМ-1 при грубой рихтовке — 250—300, при чистой рихтовке — 150—200 м/ч.

Подъёмочно-рихтовочная машина ПРМ-2 может выполнять сдвигку пути на проектную ось с подъёмкой путевой решетки, а также подъёмку решетки на балласт с одновременным закреплением маячных шпал ручными штопками или электрошпалоподбивками. Машина также самоходна, ее сменная производительность при рихтовке 1500 м, при подъёмке — 600 м пути.

Для ремонта и содержания земляного полотна, оправки балластной призмы, планировки обочин, очистки и нарезки кюветов используются путевые струги, струги-снегоочистители, машины для очистки кюветов на автомобильном ходу. На очистке путей

от грязи, мусора, а также льда и снега могут быть применены путевая землеборочная машина (несамоходная платформа, на которой смонтированы рыхлители, заборное устройство, боковые элеваторы, горизонтальные и наклонные транспортеры, электро-станция) и самоходная путеочистительная машина ПМ-3 (самоходная платформа с выносным поворотным щеточным барабаном).

В качестве транспортных и тяговых средств на путевых работах наибольшее распространение получили грузовые дрезины ДГК, ДГКу, АГМ, АГМу. Для перевозки путевых рабочих, исполнительных механизмов и инструмента на базе обычных грузовых автомобилей монтируют и комплектуют специальные путеремонтные летучки.

Ряд машин, выпускаемых для железных дорог, успешно используется на путевых работах в трамвайных хозяйствах. Кроме этого, службы и дистанции пути, а также строительные подразделения управлений трамвая оснащаются специально выпускаемыми машинами. В их числе следует назвать моторные путеподъемники грузоподъемностью 12 и 20 т, работающие как от контактной сети трамвая, так и от автономного двигателя внутреннего сгорания; вагоны-дозаторы и дозаторные поезда, которые при движении рассыпают загруженный в них балласт слоем точно заданной толщины на всю ширину пути или только на обочины или в междурельсовое пространство: передвижные станции механизации путевых работ ТК-13П, состоящие из автомашин с двумя прицепами, оборудованными электростанцией ПЭС15А, электро-сварочным агрегатом АСБ-300-2 и комплектом электрифицированного и гидравлического инструмента.

Во всех случаях, когда невозможно или нецелесообразно применение путевых машин, используются путевые механизмы и инструменты.

Механизированный путевой инструмент бывает электрическим, пневматическим и гидравлическим. Известны, кроме того, и механизмы с автономным бензиновым двигателем. Наибольшее распространение в путевом хозяйстве трамвайных и железных дорог получили электрические и гидравлические механизмы.

К электрическим механизмам (инструментам) относятся: электрошпалоподбойки ЭШП-7 и ЭШП-9 для уплотнения балласта под шпалами; рельсорезные станки РМ-3 для поперечной резки рельсов; рельсосверлильные станки 1024-В для сверления болтовых отверстий в шейках рельсов; рельсошлифовалки МРШ-3 для зачистки сварных швов и наплавленных поверхностей; шуруповерты ШВ-2 со сменными наконечниками для завертывания и отвертывания шурупов и гаек клеммных и закладных болтов, а также сверления отверстий под костыли и шурупы; путевые гаечные ключи ПГК-1 для клеммных и закладных болтов и электрогаечные ключи ЭК-1М для стыковых болтов; электропневматические костылезабивщики ЭПК-3; электрогидравлические костылевыдергиватели КВД-1; электродрели ЭДС-2.

Таблица 59. Основные технические данные путевых электрических инструментов

Показатель	Шпалоподбойки				Станки			Шурупверт	Гаечные ключи		Костылезабивщик	Костылезатягиватель	Дрель
					Рельсо-резный	Сверлильный	Шинфовальный						
	ЭШП-3	ЭШП-6	ЭШП-7	ЭШП-9	РМ-3	1024-В	МРШ-3	ШВ-2	ПГК-1	ЭК-1М	ЭПК-3	КВД-1	ЭДС-2
Мощность двигателя, кВт	0,25	0,25	0,25	0,37	1,0	0,75	0,4	1,0	0,6	0,4	0,7	0,4	0,44
Масса, кг	23	19	20	19	78	32	9,5	63	27	20	24	24	10,2

Конструктивные схемы всех видов путевого электроинструмента одинаковы: корпус, электрический двигатель с редуктором или без него, рабочий орган (подбивочное полотно, пильная рама, шпиндель со сверлом или иным наконечником и т. п.), переключающее устройство и четырехжильный кабель с одной заземляющей жилой. В качестве примера на рис. 128 приводится схема РМ-3. Основные характеристики наиболее употребительных путевых электроинструментов приводятся в табл. 59.

Путевой инструмент снабжен асинхронными электродвигателями трехфазного тока напряжением 220 В и частотой тока 50 Гц. В качестве источников электроснабжения чаще всего используются переносные и передвижные электростанции: железнодорожные АБ2-Т/230, АБ4-Т/230 и трамвайная ПЭС15А (табл. 60).

Передвижная электростанция обычно представляет собой раму, на которой монтируется двигатель внутреннего сгорания, генератор трехфазного тока, редуктор, обеспечивающий передачу вращающего усилия от двигателя к генератору, распределительное устройство с измерительными приборами и переключа-телями.

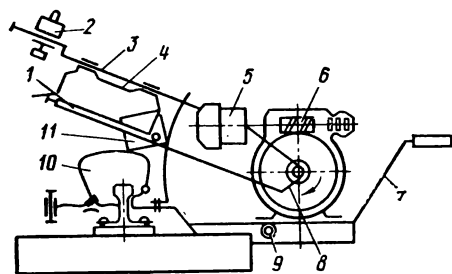


Рис. 128. Схема рельсорезного станка РМ-3:

1 — ножовочное полотно; 2 — груз; 3 — направляющая рейка; 4 — пильная рама; 5 — электродвигатель; 6 — вал червяка; 7 — рукоятка; 8 — кривошип; 9 — ролик; 10 — зажим; 11 — бак

Таблица 60. Основные технические данные передвижных электростанций

Показатель	Тип электростанции		
	АБ2-Т/230	АБ4-Т/230	ПЭС15А
Мощность, кВт	2	4	12
Напряжение, В	230	230	230
Масса, кг	170	220	700

Таблица 61. Основные технические данные гидравлических инструментов

Показатель	Мотор- рихтов- щик	Домкраты		Рихтовочные приборы		Разго- ночный прибор	Гид- ро- пресс
	РГУ-1	ДГП-8	ДГ-09	УРГ-01	ГР-12Б	РН-01А	
Грузоподъемность (напорное или распорное усилие), кН	50	80	60	40	60	250	500
Ход штока, мм	120	200	200	102	100	150	150
Максимальное усилие на рукоятке насоса, кН	—	0,25	0,235	0,18	0,18	0,18	0,183
Масса, кг	80	21,5	17	11,5	15	72	18,7

Кроме автономного электроснабжения от передвижных электростанций, путевой инструмент может обеспечиваться энергией централизованно: от специально сооружаемых трехфазных силовых линий напряжением 220 и 380 В, а также от однофазных осветительных линий напряжением 220 В с применением статических преобразователей фаз сети.

Гидравлический привод имеют домкраты для вывешивания путевой решетки ДГП-8 и ДГ-09, механизированные рихтовщики РГУ-1, рихтовочные приборы УРГ-01, ГР-12' и ГР-12Б, разгоночные приборы РН-01А, различные гидравлические прессы (табл. 61).

Конструктивные схемы гидравлических инструментов также принципиально совпадают. Они имеют резервуар для масла, цилиндр со штоком, насос и устройство для перепуска масла из цилиндров в резервуар, предохранительный клапан, опорную конструкцию и рабочий орган (лапу, рельсовый захват, толкатель и т. п.). Принцип действия таких инструментов заключается в том, что масло, перекачиваемое насосом из резервуара в рабочий цилиндр, создает некоторое избыточное давление. Это давление в цилиндре создает усилие, которое перемещает шток и вместе с ним рабочий орган инструмента. В качестве примера на рис. 129 приведена схема РН-01А.

При ремонтах и особенно при текущем содержании пути, ряд работ и операций выполняют **ручными инструментами** (рис. 130). Для извлечения костылей из шпал и брусьев применяют лапчатые ломы (костыльные лапы); для забивки и добивки костылей — костыльные молотки; для завинчивания и отвинчивания гаек стыковых, контррельсовых и крестовинных болтов — гаечные, а гак клеммных и закладных болтов, а также шурупов — торцовые ключи. Кроме того, путейцы применяют маховые и торцовые подбойки для уплотнения балласта под шпалами, специальные поперечные топоры для зачистки заусенцев на шпалах и установки пучинных карточек, рычажные рихтовочные приборы для поперечной сдвижки пути. Необходимо подчеркнуть, что лапчатые ломы, гаеч-

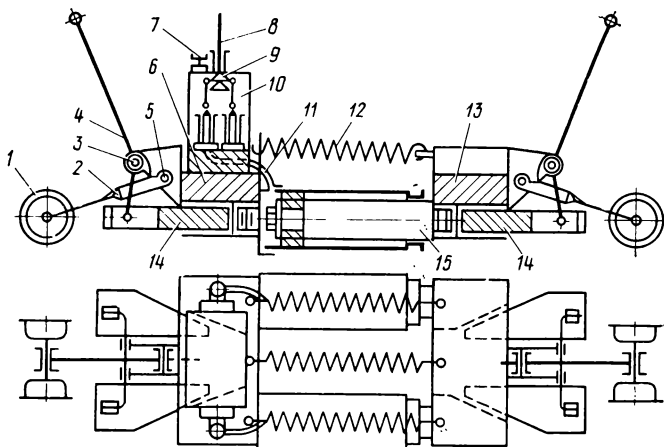


Рис. 129. Схема гидравлического разгонщика РН-01А:

1 — ролик; 2, 4, 8 — рычаги; 3, 5 — оси рычагов; 6, 13 — корпус прибора; 7 — перепускной вентиль; 9 — коромысло; 10 — корпус насоса; 11 — маслопровод; 12 — возвратная пружина; 14 — зажимные клинья; 15 — гидравлический цилиндр

ные и торцовые ключи относятся к инструментам строгого учета. Все они должны иметь клейма, храниться под замком и выдаваться под расписку.

В качестве съемных транспортных средств используются одно-рельсовые двухколесные тележки грузоподъемностью 0,3 т (модероны), путевые четырехколесные тележки ПКБ-1 грузоподъемностью 1,5 т, а также съемные порталные краны с талью грузоподъемностью 1 т.

56. ЗАЩИТА ПУТИ ОТ ЗАНОСОВ И РАЗМЫВОВ

Почти во всех климатических зонах страны серьезную угрозу бесперебойности движения могут представить заносы пути снегом. В ряде районов Средней Азии, Казахстана и Закавказья пути подвержены опасности песчаных заносов. Необходимо считаться также с возможностью разрушения пути под действием потоков ливневых и талых вод, а также воды, изливающейся при авариях городских или промышленных водопроводных сетей.

Наличие избыточного снега на трамвайных путях при расположении электротягового привода под вагоном приводит к массовому выходу из строя тяговых двигателей, вспомогательных машин и других электроаппаратов из-за попадания в них снега и влаги.

ПТЭ запрещают движение трамваев при наличии на пути мокрого снега или воды слоем более 100 мм над поверхностью катания рельса.

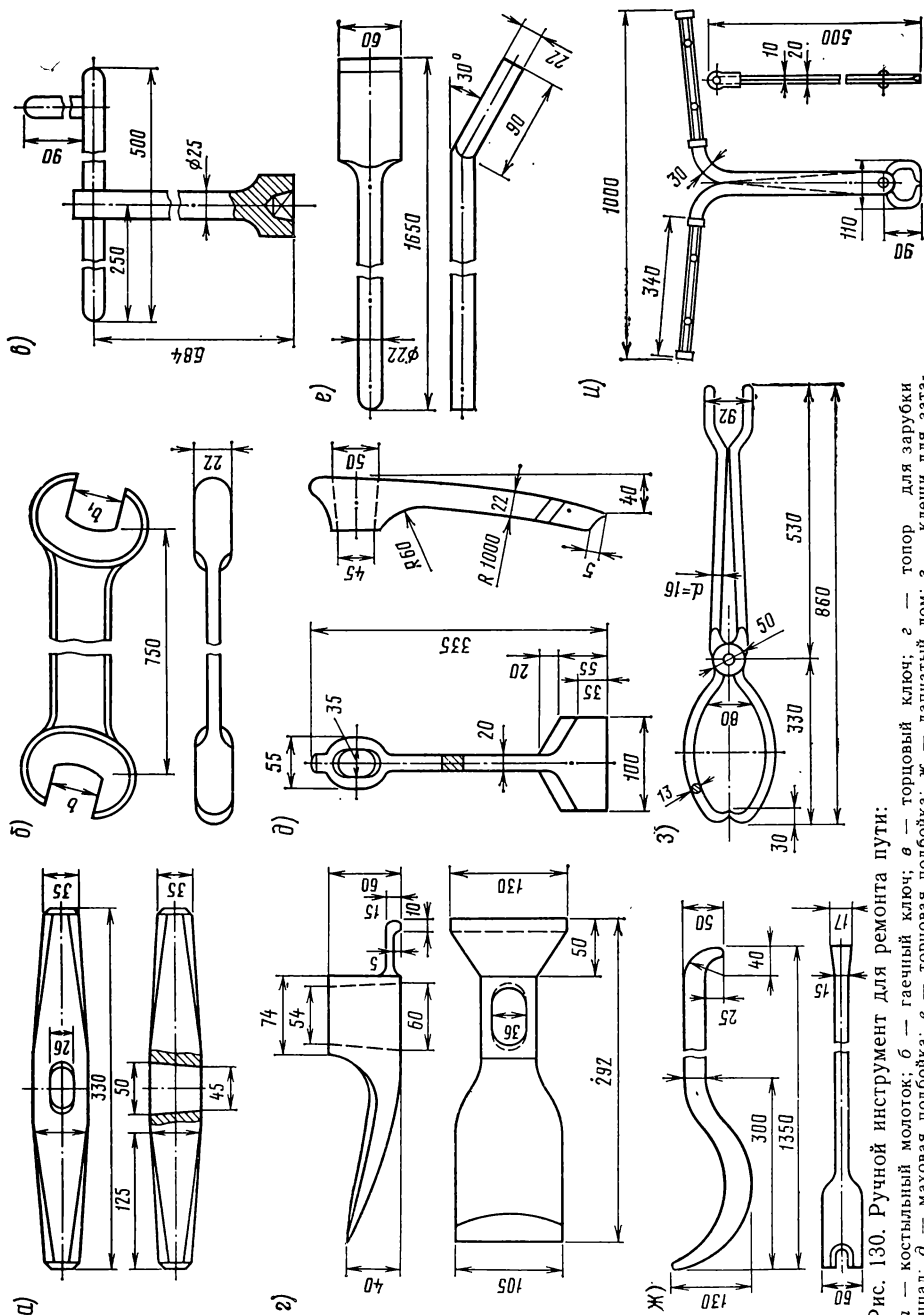


Рис. 130. Ручной инструмент для ремонта пути:
 а — костыльный молоток; б — гаечный ключ; в — торцовый ключ; г — топор для зарубки шпала; д — маховая подбойка; е — торцовая подбойка; ж — лапчатый лом; з — клещи для затаскивания шпала; и — клещи для переноски рельсов

Снеговые отложения не только препятствуют нормальному движению поездов, маневровых подач и трамваев. Они вызывают снижение скорости, увеличивают расход электроэнергии, отвлекают значительные силы и средства.

Снег может попадать на пути при разных условиях, отличающихся прежде всего наличием и скоростью ветра, температурой и влажностью воздуха. При зимнем содержании путей приходится учитывать как снег, выпадающий сверху, так и снег, переносимый со стороны, вдоль или поперек линии. И тот и другой создают серьезные помехи движению, могут повлиять на бесперебойность и безопасность движения.

При снегопадах пути покрываются ровным слоем рыхлого снега, обычно толщиной 1—5 см, хотя иногда может выпасть за один снегопад до 15 см и более. Обычный снегопад не создает серьезных препятствий движению, особенно в начале зимы на путях с обособленным или самостоятельным полотном. Однако и этот снег должен своевременно убираться. Нельзя допускать накопления и уплотнения снежного покрова выше плоскости, соединяющей нижние точки реборд вагонных колес.

Значительно больше снега переносится на путь метелями. Известно, что сильная метель может переносить снег до 10 кг/мин на каждый метр двухпутной линии. Причем снег, переносимый метелями и поземками, образует плотные отложения, ветер разламывает снежинки и превращает их в иглистый снежный песок, который под давлением ветра плотно укладывается в сугробы. Такие сугробы даже в обычных для городских условий нулевых местах могут достигать 60 см. Отложению метельного снега способствует поперечный профиль улицы и пути, различные препятствия и неровности. Основная причина выпаданий снега из ветрового потока — уменьшение скорости ветра, вызываемое каждым препятствием. Попадая в область затишья, снежинки теряют скорость и падают, образуя сплошной снежный занос или локальные длинные снежные косы, называемые перемета́ми. Даже небольшой слой такого плотного метельного или поземкового снега на головке рельса может стать непреодолимым препятствием для движения.

В зависимости от типа полотна, поперечного профиля и характера застройки пути делятся на три категории снегозаносимости. Испытанный метод снегозащиты — система снегозадерживающих устройств. Эта система основана на снижении скорости снеговетрового потока у искусственного препятствия, при котором наибольшее количество переносимого потоком снега выпадает непосредственно у снегозащитной линии. Такой метод широко применяется на соединительных внутризаводских путях и на вылетных линиях трамвая. На межцеховых заводских путях и большинстве трамвайных линий их применимость ограничена условиями планировки. Сами элементы застройки (здания, павильоны, заборы), являющиеся местными концентраторами снеговых отложений, при определенном сочетании расстояний, взаимоположе-

ния и конкретных метеоусловий могут выполнять снегозащитные функции.

Серьезное внимание приходится уделять уборке с путей уже попавшего туда снега. Этот активный процесс уборки снега традиционно именуется снегоборьбой в отличие от пассивной снегозащиты. Задача снегоборьбы — организовать очистку путей таким образом, чтобы обеспечить бесперебойное движение и не создать при этом дополнительных препятствий (снежных валов, куч и т. п.), концентрирующих снеговые отложения в пределах габарита приближения строений. В условиях застройки, где, как уже говорилось, далеко не везде применимы традиционные способы снегозащиты, решающее значение принадлежит снегоборьбе. Уборка снега может быть ручной и механизированной. Естественно, при этом преобладание механизированного способа. Все механизмы снегоборьбы могут быть квалифицированы по своему назначению (машины для очистки и уборки снега с улиц и площадей, имеющих твердые покрытия, машины для очистки рельсовых путей и спецчастей, машины для погрузки снега, машины для перевозки снега), по характеру действия (машины для механизированного удаления снега, машины и приспособления для теплового уничтожения снега, машины и приспособления для пневматической очистки), по типу рабочих органов (щеточные, пневматические, шнекороторные, реактивные, плуговые снегоочистители), по типу ходовых частей (машины на автомобильном ходу, машины на рельсовом ходу).

Наряду со снегоборьбой немаловажна и борьба с гололедом — тонкой ледяной пленкой, возникающей на поверхности дороги, рельса и других предметов при определенных атмосферных условиях. В этой борьбе применяются посыпка рельсов инертными материалами (песок, шлак), абразивные чистящие вещества, которые увеличивают сцепление; обработка пути химикатами (хлоридами натрия, кальция, магния), понижающими температуру замерзания воды. Однако на городском электротранспорте к применению этих способов следует относиться по меньшей мере осторожно. Шлаковая посыпка, особенно мелкими фракциями, может стать причиной образования на головке рельса опасной пленки, действующей между колесом и рельсом подобно смазке. Хлориды, в свою очередь, могут стать причиной повышенной коррозии металлических частей верхнего строения пути. Следует при этом заметить, что известны добавки-замедлители (так называемые «иониды»), которые связывают ионы натрия и кальция и ослабляют коррозирующие действия.

При очистке стрелок от снега необходимо считаться с напесковкой снега между пером и рамным рельсом, создающей опасность неплотного прилегания пера, а также с возможностью примерзания перьев и намерзания льда в желобе.

Для нормальной эксплуатации стрелочных переводов при снегопадах и метелях могут использоваться стационарные пневматические, электрические и газообогревательные устройства. На

железных дорогах наиболее распространены пневматические обдувочные устройства, работающие в автоматическом или ручном режиме. На трамвайных узлах находит применение электрообогрев стрелок. В качестве нагревательного элемента используются изолированные обогреватели, которые укладываются в балластном слое по периметру стрелки; неизолированные металлические стержни, укладываемые в теле стрелки на текстолитовых изоляторах; стальные трубки, в которых размещается спираль нагрева в изолирующей среде.

Важность своевременной борьбы со снегом и сложность этой работы предъявляют повышенные требования к ее организации. В течение всего зимнего периода единым руководящим документом, обязательным для исполнения всеми подразделениями, является так называемый Оперативный план снегоборьбы.

Причиной песчаных заносов пути является ветровой перенос не закрепленных растительностью песков. На пескозаносящих участках, помимо прямой угрозы безопасности и бесперебойности движения, может деформироваться балластная призма, увеличиваться интенсивность износа металлических частей верхнего строения пути, особенно волнообразного износа рельсов. Наиболее эффективные методы защиты пути от песчаных заносов и выдувания песчаного балласта (земляного полотна) — это закрепление песков травосеянием и устройство защитных покрытий на битумной, песчано-цементной и полимерной эмульсии. Незначительные отложения песка удаляют вручную. Очистка обочин и открытых водоотводов выполняется с применением снегоочистительной техники, путевых стругов и других машин.

Работы по пропуску талых и паводковых вод обычно планируются заранее, в то время как защита от ливневой и водопроводной воды носит случайный, аварийный характер. Однако задачи путейцев в том и другом случае одинаковы: не допустить насыщения водой земляного полотна и балластной призмы, не допустить размыва, подмыва, выноса частиц грунта или балласта в результате действия временных водотоков, не допустить замыва пути и в том числе рельсовых желобов частицами грунта и балласта. Если же эти явления все-таки произойдут, их последствия должны быть устранены и в кратчайшие сроки должен быть восстановлен нормальный режим движения. Действия работников службы пути при организации так называемой водоборьбы, как и при борьбе со снежными заносами, регулируются оперативным планом. Все опасные места на пути (участки, подверженные размывам) должны быть учтены и по каждому из них намечены конкретные действия. При проведении мер по защите пути от воды службы пути и их подразделения должны тесно взаимодействовать с другими организациями города или цехами промышленного предприятия.

57. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОГРАММА И НОРМАТИВЫ

В путевом хозяйстве трамвая и промышленных железных дорог разрабатывают перспективные и текущие планы, а также оперативные задания по основным видам путевых работ: капитальным ремонтам, текущему содержанию и т. д.

Производственно-финансовый план службы пути трамвайного предприятия включает производственную программу, план по труду и заработной плате, смету расходов, а в ряде случаев и итоговые финансовые показатели.

Исходными для составления производственной программы службы пути являются данные технического паспорта пути (протяженность и другие характеристики пути), а также основные положения системы ремонтов (периодичность и номенклатурные перечни ремонтных комплексов). В составе производственной программы должны быть отражены и в стоимостном выражении, и в единицах протяженности задания по капитальному ремонту и отдельным работам, выполняемым за счет амортизационных отчислений (разделено по исполнителям), по другим видам плановых ремонтов и текущему содержанию. Целесообразно планировать и выполнение отдельных имеющих самостоятельное значение работ, таких как, например, механизированная подбивка шпал, шлифовка рельсов, сварка стыков, обработка пути ядохимикатами и др. Отдельно планируется работа путевых мастерских по ремонту и изготовлению деталей верхнего строения пути, средств малой механизации и т. п. Основным качественным показателем работы службы пути является средняя балльная оценка одного километра, ее также следует планировать, устанавливая задание по снижению от фактического отчетного уровня.

На основе установленной таким образом производственной программы рассчитывается численность работников и фонд заработной платы.

Смета эксплуатационных расходов по службе пути включает затраты на материалы, основную и дополнительную заработную плату с начислениями на текущее содержание и обслуживание пути и спецчастей, снегоборьбу, работу мастерских; затраты на амортизацию пути, зданий и сооружений; цеховые и общеэксплуатационные расходы.

Доходы службы в том случае, если она не находится на самостоятельном балансе, как правило, не планируются, поэтому оценка результатов ее финансово-хозяйственной деятельности дается по отсутствию превышения расходной сметы.

Все показатели, производственные, трудовые и денежные, планируются в целом на год с поквартальной разбивкой. Распределение плановых заданий по дистанциям и другим подразделениям осуществляется самой службой пути.

Служба пути, как и другие основные службы трамвайно-троллейбусных управлений, может быть переведена на хозяйственный расчет, может иметь законченный или являющийся составной

Таблица 62. Нормы амортизационных отчислений, %, в год

Группа основных средств	Норма отчислений		
	общая	на полное восстановление	на капитальный ремонт
Земляное полотно промышленных железных дорог	1,4	0,2	1,2
Верхнее строение пути промышленных железных дорог	5,5	0,2	3,3
Трамвайные пути на каменных и железобетонных основаниях	5,0	1,3	3,7
Трамвайные пути на песчаных основаниях	7,1	2,6	4,5
Переезды	7,6	4,2	3,4
Мосты деревянные и металлические на деревянных опорах	5,8	5,0	0,8
Трубы и лотки железобетонные и бетонные	1,4	1,0	0,4

частью общего баланса, может быть наделена самостоятельным расчетным счетом в банке. В этом случае становится не только оправданным, но и необходимым планирование службе пути собственных доходов, соответствующего финансового результата, «своих» показателей и нормативов для начисления фондов экономического стимулирования. Доходы службы пути могут образовываться за счет хозрасчетных платежей трамвайных депо за пропуск по пассажирским путям определенного количества вагонов, осей, тонн брутто или же за выполнение объема перевозок в тонно-километрах брутто с учетом поправочных коэффициентов, которые применяются при подсчете трудоемкости ремонтов и содержания пути. Нормативные расчетные ставки могут утверждаться таким образом, чтобы обеспечить службе пути минимум прибыли, необходимой для ее нормального функционирования, и, вместе с тем, не допустить неоправданного увеличения себестоимости трамвайных перевозок. Из этих соображений должен определяться и плановый финансовый результат.

Таблица 63. Нормативы численности рабочих путевого хозяйства трамвая

Наименование работ	Норматив, чел./км
Обслуживание путей	0,85
Профилактический ремонт	0,32
Планово-предупредительный ремонт	0,28
Мастерские службы пути	0,15
Всего	1,6

Источником финансирования капитальных работ являются так называемые амортизационные отчисления, которые определяются отдельно на полное восстановление и капитальные ремонты по всем группам основных средств. Нормы ежегодных амортизационных отчислений в процентах от стоимости основных средств приведены в табл. 62.

Основанием для определения численности рабочих по ремонту и содержанию пути являются нормативы численности, утвержденные для путевого хозяйства

трамвая на 1 приведенный километр одиночного пути, а для путевого хозяйства промышленного железнодорожного транспорта— дифференцированно в зависимости от грузонапряженности, типа рельса и вида балласта (табл. 63).

Нормативы рабочей силы на текущее содержание 1 км внутризаводского пути на песчаном балласте изменяются от 0,5 до 2,6, а на гравийном (ракушечном, асбестовом и т. п.) — от 0,45 до 2,5 чел/км.

58. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПУТЕВЫХ РАБОТ

При производстве путевых работ, при осмотре и проверке пути и сооружений должна быть обеспечена безопасность всех работающих. Улучшение условий труда, предупреждение несчастных случаев и травм является непреложной обязанностью каждого рабочего и особенно руководителей всех рангов. Руководитель обеспечивает рабочих средствами индивидуальной защиты, исправным инструментом и приспособлениями, необходимой сигнализацией, инструктирует их о безопасных приемах выполнения работ, следит за выполнением правил по технике безопасности, организует наблюдение за движением поездов и соответствующее оговещение работающих.

При производстве работ на проезжей части улиц и проездов рабочие и инженерно-технические работники должны обязательно надевать сигнальные оранжевые жилеты, а при разработке грунта на глубине более 1 м, работе на строительно-дорожных машинах, звеньевой укладке пути, разборке и укладке дорожных покрытий, погрузочно-разгрузочных и сварочных работах — еще и защитные каски.

Все места работ независимо от их объема и длительности должны ограждаться в соответствии с Инструкцией по ограждению мест производства работ в условиях дорожного движения в городах. Ночью места производства работ должны быть освещены. Освещенность должна быть не менее 30 лк, а при сварочно-наплавочных работах — не менее 50 лк.

При выполнении земляных работ действуют общие требования безопасности. Основные из них: в зоне расположения подземных сооружений грунт должен разрабатываться вручную, только лопатами (зимой с отоплением грунта), поэтому расположение этих сооружений до начала работ должно быть четко обозначено на поверхности; все разрытия на улицах и проездах должны быть ограждены с установкой предупредительных надписей и знаков, а ночью — сигнального освещения; в грунтах естественной влажности рытье котлованов и траншей с вертикальными стенками может производиться без крепления на глубину не более: в насыпных грунтах — 1 м, в супесях — 1,25, в суглинках и глинах — 1,5 м; грунт, выброшенный из траншеи или котло-

вана, должен размещаться не ближе 0,5 м от бровок; в местах переходов и проездов через траншеи и котлованы должны устраиваться удобные и прочные мостики или настилы; при работе экскаватора людям нельзя находиться ближе 5 м от зоны его действия; работа экскаватора под контактной сетью допускается под руководством ответственного лица при заземлении экскаватора и при гарантированном соблюдении просвета между проводами и максимально поднятым ковшом не менее 1 м; бульдозер или грейдер на насыпи высотой более 2 м не должен приближаться к свежесыпанной бровке земляного полотна ближе чем на 1 м; запрещается при движении вставать на раму или отвал бульдозера или грейдера, запрещается находиться между работающими механизмами.

Все групповые путевые работы должны выполняться под наблюдением ответственного руководителя работ. Все работники, обслуживающие электроустановки, машины и агрегаты, должны быть обучены и аттестованы в установленном порядке. При выполнении работ в зоне путей рабочие должны находиться или двигаться лицом навстречу движению; при невозможности этого выставляется специальный сигналист. Категорически запрещается прикасаться к контактному проводу при его обрыве.

Весь ручной инструмент должен всегда быть в исправном состоянии: не должен иметь наплывов, заусенцев, трещин, должен быть правильно и хорошо заточен, деревянные ручки чисто и гладко остроганы. Машины и механизмы должны иметь паспорта и инструкции по эксплуатации, в соответствии с которыми обеспечивается их содержание и исправность. Все движущиеся части машин и механизмов в местах, где есть возможность соприкосновения с ними людей, должны быть ограждены. Электрооборудование, а также металлические корпуса механизмов с электроприводом должны надежно заземляться. Осматривать, ремонтировать, чистить и смазывать машины и механизмы можно только после их остановки и снятия напряжения. Специфика эксплуатации отдельных машин и механизмов определяет в каждом случае дополнительные правила безопасности при работе с ними.

При сооружении и ремонте рельсовых путей необходимо строго соблюдать технологический режим и правила производства работ. Для обеспечения безопасности при этом важно четко и слаженно выполнять все действия по команде руководителя работ. Сдвигая рельсы поперек оси пути, следует стоять только с одной стороны плети, противоположной направлению сдвижки. При продольном перемещении рельсов (тягачом или вручную клещами) запрещается находиться на пути их перемещения. Нагрузка на каждого рабочего не должна превышать 40 кг.

Запрещается: разгонять зазоры ударами рельса в накладку, проверять точность совпадения отверстий в рельсах и накладках пальцами; снимать, раздвигать и удерживать накладку и рельсовые концы при разборке и сборке стыков руками; стоять с внешней стороны рельса, изгибаемого прессом. При завинчива-

нии и отвинчивании гаек стыковых болтов движение ключа следует производить на себя, ни в коем случае не бить по ключу, не увеличивать его длину, не применять прокладки между гайкой и губками ключа. При выдергивании костыля лапчатым ломом нельзя увеличивать усилие, становясь на лом ногами или ложась на него корпусом. При забивке костылей необходимо стоять над рельсом лицом вдоль пути, так чтобы молоток был в противоположной стороне от рабочих, вывешивающих шпалу. При переноске рельсов и шпал необходимо пользоваться специальными клещами. При вывеске пути домкраты должны устанавливаться без перекосов. Категорически запрещается при вывешенном звене убирать руками мусор из-под шпал, рельсов и подкладок, а также находиться на шпалах или брусках в процессе подъема. При перевозке материалов на путевом вагончике рабочие должны идти только сзади, поддерживая груз и обеспечивая медленное передвижение вагончика.

Источником повышенной опасности является оборудование, применяемое при сварочно-наплавочных работах и резке металла. Именно поэтому к производству таких работ допускаются рабочие не моложе 18 лет, получившие соответствующую квалификацию. Металлические части электросварочных установок, не находящихся под напряжением, а также свариваемые детали должны быть заземлены; элементы, находящиеся под напряжением, ограждены. При производстве работ необходимо следить за плотностью контактов и исправностью изоляции. Сварщики должны быть обеспечены спецодеждой, спецобувью и защитными приспособлениями. Запрещается смотреть на электрическую дугу незащищенными глазами, производить работы во время грозы, дождя или снегопада на открытом воздухе. Специальные условия безопасности необходимо соблюдать и при выполнении электродной и термитной сварки рельсовых стыков, а также при резке металла горючими жидкостями (керосином, бензином).

Очень внимательными должны быть рабочие-путейцы при выполнении погрузочно-разгрузочных работ, при работе с самоходными кранами и погрузчиками, при перевозке грузов автомобилями, железнодорожными и грузовыми платформами, при перевозке механизмов на трейлерах и специальном подвижном составе, а также при перевозках людей. Правила безопасности при производстве этих операций определяют порядок действий при работах с основными грузами, характерными для строительства, ремонта и содержания пути: рельсами, шпалами, балластом, креплениями, тарными грузами.

Особую осторожность следует соблюдать на работах по снегоборьбе. Эти работы обычно выполняются в трудных погодных условиях и в срочном порядке, чтобы обеспечить бесперебойность движения. Это же относится к производству аварийно-восстановительных работ.

При ремонте действующих путей должна обеспечиваться безопасность движения поездов, маневровых подач и трамваев. С этой

целью на внутризаводских путях, как и на других железнодорожных линиях, в зависимости от сложности и характера выполняемых работ их ограждают сигналами остановки, уменьшения скорости или сигнальными знаками о подаче свистка. При фронте работ протяженностью 200 м и менее, требующих остановки поездов, на расстоянии 50 м от границ ограждаемого участка ставят переносные красные сигналы, на расстоянии 1000—1200 м от них укладывают по три петарды в шахматном порядке через 20 м одна от другой и на расстоянии 200 м от первой петарды устанавливают сигналы уменьшения скорости. Петарды и сигналы уменьшения скорости охраняются сигналистами. Если фронт работ более 200 м, сигналисты выставляются и у красных сигналов. Место работ, требующее снижения скорости движения поездов, ограждают знаками «Начало опасного места» и «Конец опасного места» в 50 м от границ участка и в 800—1000 м от них переносными сигнальными знаками уменьшения скорости. Если работы производятся на станционных путях или путях грузовых фронтов, то стрелки, ведущие на путь, где производятся работы, требующие остановки, запираются или зашиваются, а переносные красные сигналы устанавливаются на месте производства работ в 50 м от границ участка, напротив предельного столбика или между острьями стрелочного перевода в зависимости от взаиморасположения места работ, наличия пошерстных и противопошерстных стрелок, а также входных сигналов. Аналогично размещаются и сигналы уменьшения скорости. Если работы выполняются без ограничения скорости движения, на расстоянии 800—1000 м от места работ устанавливается знак подачи свистка, по которому машинист подает сигналы, оповещающие рабочих-путейцев о приближении поезда.

Во всех случаях, когда при следовании поездов необходима особая бдительность поездных бригад и когда необходимо предупредить их о работах на пути и о режиме движения по местам их производства, на поезда выдаются письменные предупреждения.

На путях трамвая при производстве работ, требующих остановки движения, на расстоянии 20 м от границы участка устанавливают по оси пути двусторонние красные диски, а в темное время суток — красные фонари и в 120 м от сигнала остановки еще и сигнал уменьшения скорости — желтый диск (фонарь желтого цвета). Если выполняются работы, требующие снижения скорости движения до 5 км/ч, на расстоянии 120 м до начала участка справа по направлению движения ставится сигнал уменьшения скорости, а через 120 м от конца участка — зеленый диск (фонарь зеленого цвета), разрешающий движение с нормальной скоростью.

До установки всех предусмотренных ограждений запрещается приступать к соответствующим работам. Точно также снимать ограждение можно лишь после того, как путь будет приведен в состояние, допускающее безопасный пропуск поездов. Для откры-

тия движения без ограничения скорости необходимо, чтобы сборные стыки имели не менее четырех полностью закрепленных болтов; сварные стыки были зачищены; шпалы зашиты не менее чем двумя костылями (шурупами) с каждого конца и плотно подштопаны, а в подрельсовом сечении подбиты; путь не должен иметь отклонений в плане, по ширине колеи и по уровню сверх установленных допусков. Весь путевой инструмент должен быть убран, материалы, выгруженные или подготовленные к погрузке около пути, уложены так, чтобы не нарушался габарит приближения строений.

Контрольные вопросы

1. Как определяется приведенная длина пути?
2. Перечислите машины и механизмы, применяемые в путевом хозяйстве трамвая.
3. Какими способами осуществляется снегоборьба и снегозащита?
4. Из чего состоит производственно-финансовый план службы пути?
5. Как должны ограждаться места производства работ?
6. Какие требования техники безопасности предъявляются к путевому инструменту?

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Акведуки 40
Амортизационные отчисления 285

Б

База экипажа жесткая 125
Базы звеносборочные 272
Балласт асбестовый 78
— песчаный 78
— ракушечный 78
— щебеночный 77
Балластные гнезда 39
— ложа 39
— мешки 39
Балльная оценка состояния пути 259
Берма 30
Бесстыковой путь температурно-напряженный 65
— — — температурно-ненапряженный 66
Бровка 30
Брусья переводные 73
Болт стыковой 53, 54

В

Виадуки 40
Внешние подъездные железнодорожные пути (см. Подъездные железнодорожные пути внешние)
Внутренние подъездные железнодорожные пути (см. Подъездные железнодорожные пути внутренние)
Внутрицевовые пути 12
Водоборьба 283
Водоотводные коробки 34
Вписывание в кривую динамическое 123
— — — статическое 123
Вредное пространство крестовины 110
Выброс пути 145
Выемки 27

Г

Габарит погрузки 21
— подвижного состава 19
— приближения строений 19, 20
Глухие пересечения косоугольные 116
— — — криволинейные 116
— — — прямоугольные 116
Головка рельса 48
Гололед 282
Горло крестовины 110
Гравий карьерный 78
Графики технологических процессов ремонта пути 243, 244

Грузонапряженность промышленных железных дорог 13
Грунты:
— влажность 27
— гранулометрический состав 28
— коэффициент внутреннего трения 28
— коэффициент фильтрации 28
— объемный вес 27
— пористость 27
— степень плотности 28
— удельный вес 27

Д

Деформации остаточные 200
— упругие 200
Дистанция пути 267
Дорожные покрытия сборно-совмещенные 102
— — — сплошные 101
— — — штучные 98
Дренаж вертикальный 37
— горизонтальный 36
— закрытый 36
— замерзающий 36
— незамерзающий 36
— открытый 36
— продольный 35
— — — электрический 95

З

Забеги реборды 127
Замыкатели стрелочные (см. Стрелочные замыкатели)

И

Изменение объема грунтов при разработке 29
Износ рельсов 203, 204, 206
— шпал 205
Изъяснения технические 148
— — — экономические 148

К

Карьеры песчаные 272
Категории подъездных железнодорожных путей 11
Колеса рельсового транспорта 13
Колесные пары 13
Костыль путевой 57
Компенсатор накладочный температурный 66
Контроль 102, 106, 110, 130, 131
Корневое устройство вкладышно-накладочное 108
— — — трамвайное 113
— — — шкворневое 108

Крестовины 105, 106, 109, 114
 Кривые вертикальные 192, 193
 — концентрические 157
 — круговые 155
 — переводные 111
 — переходные 158
 Крутизна откосов 32
 Кюветы открытые 36

Л

Лотки поперечные 34
 — продольные 36

М

Макроструктура рельса 46
 Марка крестовины 110
 Математический центр крестовины 110
 Микроструктура рельса 46
 Мосты деревянные 40
 — железобетонные 40
 — каменные 40
 — металлические 40

Н

Нагрузка от колесной пары на рельсы 7, 8, 11
 Накладки стыковые к железнодорожным рельсам 51
 — — к трамвайным рельсам 52
 — — переходные 54
 Насадка колесной пары 13
 Насыпи 27
 Неисправности пути 247
 — стрелочных переводов 206
 Нормы амортизационных отчислений 285
 Нулевые места 27

О

Обочина 29
 Околотки 268
 Оси несцепные свободные 8
 — сцепные движущие 8
 Осмотр путей 254, 255
 Основания подрельсовые бесшпальные 85, 88, 89, 90
 — — шпальные 85—87
 Основная площадка земляного полотна 29
 Остряки криволинейные 107, 108
 — прямолинейные 107, 108
 Откосы 29
 Очистка путей 253

П

Перевод стрелки автоматический 115
 — — ручной 115
 — централизованный 115
 Переводная кривая (см. Кривая переводная)
 Песчаные заносы 283
 План внутризаводских путей 23
 — трамвайных путей 22
 Плечо балластной призмы 79
 Плоскость колен 16
 Поворотный круг 117
 Подбивка пути 217
 Подземные коммуникации 42
 Подкладки 58, 59
 Подошва откоса 30
 — рельса 48
 Подпорные стенки 42
 Подуклонка рельсов 15, 204
 Подездные железнодорожные пути
 внешние 11
 — — — внутренние 11

Подъемка пути 217, 227
 Покилометровый запас 266
 Полоса отвода 18
 Поперечный профиль пути (см. Профиль пути поперечный)
 Потайной толчок 247
 Предельный столбик 164
 Приведенная длина пути 268
 Продольный профиль пути (см. Профиль пути продольный)
 Проектные горизонталы 194
 Пропитка деревянных шпал 72, 73, 271
 Просадки рельсовых нитей 204, 259
 Противоугоны пружинные 70
 Противоугоны самозаклинивающиеся 70
 Профили балластной призмы заглубленной 79
 — — — незаглубленной 79
 Профили земляного полотна
 индивидуальные 32
 — — — нормальные 31
 — — — специальные 31

Профиль пути поперечный 24
 — — — продольный 23, 189, 191
 Путевой инструмент гидравлический 279
 — — — ручной 179
 — — — электрический 277
 Путьевые колодцы 34
 Путьевые машины для:
 баллаستировки пути 274
 очистки щебеночного балласта 275
 передвижки временных отвалных
 путей 275
 подбивки пути 275
 подъемки и рихтовки 275
 укладки путевой решетки 274
 Путиемерительные вагоны 257
 — — — средства 256
 — — — тележки 257
 Путепроводы 40

Р

Работы вспомогательные 209
 — земляные 212
 — отделочные 209
 — по одиночной смене деревянных
 шпал 227
 — по одиночной смене дефектного
 рельса 264
 — по одиночной смене железобетонных
 шпал 265
 — по регулировке и разгонке зазоров
 228, 264
 — по укладке балласта 214
 — по укладке рельсо-шпальной
 решетки 214
 — по устройству водоотводных соору-
 жений 220
 — по устройству дорожных покрытий
 221
 Рабочая документация 153
 Рабочий проект 153
 Размеры стрелочных переводов железнодо-
 рожных 165
 — — — трамвайных
 172, 173
 Рамные рельсы 107
 Реборда колеса 13, 14
 Резервы 34
 Рельсовые скрепления промежуточные нераз-
 дельные 55
 — — — раздельные 59
 — — — смешанные 56
 Рельсовый стык токопроводящий, изолирую-
 щий (см. Стык рельсовый)
 Рихтовка пути 218, 227

С

Сварка рельсов газопрессовая 67
 — — — термитная 68

- — электродуговая 68
- — электроконтактная 68
- Сердечник крестовины 110
- Сетевой график 233—235
- Скорости на внутривозвездских путях 13
 - на трамвайных линиях 9
- Служба пути 267, 268
- Снегоборьба 282
- Снегозащита 281
- Станции конечные 181
 - промежуточные 181
- Стоки ливневые 197
 - снеговые 197
- Стрелка железнодорожная 105
 - трамвайная литая 111, 112
 - трамвайная одноперая 113
 - трамвайная сборная 111

- Стрелочное тело 112
- Стрелочные замыкатели 113
- Стрелочные переводы двойные 103
 - — одиночные 103
 - — перекрестные 103
 - — совмещенные 105
- Стрелочные улицы веерные 186
 - — под предельным углом наклон 186
 - — составные 186
 - — пучковые 187
- Стрелочный башмак 107
- Стык рельсовый изолирующий 55
 - — сборный 50
 - — сварной 51
 - — токопроводящий 54
- Стыковой зазор 51, 204, 205
- Стыковые соединители междупутные 96
 - — обводные 96
 - — путевые 96

Т

- Термическая обработка рельсов 46
- Температурный накладочный компенсатор (см. Компенсатор температурный накладочный)
- Технические условия на приемку пути 230
- Технологический процесс 239
- Типы брусев 74
 - рельсов 47, 50
 - шпал деревянных 72
 - шпал железобетонных 75, 76
- Ток блуждающий 94
 - тяговый 94
- Тоннели 41
- Трамвайный путь в тоннелях 94
 - — на мостах 92
 - — на обособленном полотне 9
 - — на самостоятельном полотне 9

- — на совмещенном полотне 9
- Трамвайные узлы 118
- Тяги контрольные 109
 - стрелочные 109
 - путевые 62

У

- Угол крестовины 110
 - стрелочный 108
 - стрелочный начальный 109
- Укладка рельсов в кривых 216
- Уклон водоотводной системы 37
 - поперечный 25
 - продольный 8
- Уравнивательный прибор 66
- Усовики крестовины 106
- Уширение земляного полотна в кривых 31

Х

- Характеристика железнодорожных вагонов 11
 - промышленных локомотивов 12
 - трамвайных вагонов 8
 - рельсов железнодорожных 46
 - рельсов трамвайных 46
- Химический состав рельсовой стали 45

Ш

- Шаблон путевой контрольный 256
 - — рабочий 256
- Шаг остряка 109
- Шейка рельса 49
- Ширина колеи в кривых 129
 - — внутривозвездских путей 16
 - — стрелочных переводов 258
 - — трамвайных путей 16
- Ширина междупутья 17, 18
- Шпалы железобетонные железнодорожные 75
 - — трамвайные 76
- Шурупы 56

Щ

- Щебень 77

Э

- Элементы круговой кривой 155
 - круговой переходной кривой 159
- Эпюра разбивочная 172
 - сборочная 173
 - стрелочного перевода 111, 164
 - шпальная 73
- Эстакады 40

Введение	3
Глава I. Рельсовый путь на городской улице и промышленной площадке	5
1. Элементы пути и условия его работы	5
2. Трамвайный путь на городской улице	7
3. Особенности внутризаводского пути	10
4. Взаимодействие пути и подвижного состава	13
5. Геометрические характеристики расположения пути	16
6. Рельсовые пути в плане и профиле	22
Глава II. Земляное полотно и искусственные сооружения	26
7. Виды и конструкции земляного полотна	26
8. Водосбор и водоотводные сооружения	33
9. Деформации земляного полотна и меры их предупреждения	38
10. Общие сведения об искусственных сооружениях и подземных коммуникациях	40
Глава III. Верхнее строение пути	43
11. Рельсы	43
12. Рельсовые стыковые скрепления	50
13. Рельсовые промежуточные скрепления	55
14. Бесстыковой путь. Сварка рельсов	65
15. Угон пути и борьба с ним	69
16. Шпалы и переводные брусья	71
17. Балластный слой и балластные материалы	76
18. Подрельсовые основания	84
19. Рельсовые пути, работающие в особых условиях	91
20. Блуждающие токи и электрические соединения рельсовых цепей	94
21. Виды дорожных покрытий и особенности их применения	97
Глава IV. Соединения и пересечения рельсовых путей	102
22. Стрелочные переводы, их назначение и схемы работы	102
23. Железнодорожные стрелочные переводы	107
24. Трамвайные стрелочные переводы	111
25. Глухие пересечения и механические соединительные устройства	116
26. Комбинированные соединения и пересечения путей	118
Глава V. Устройство рельсовой колеи в кривых участках пути	120
27. Особенности движения экипажей в кривых участках пути	120
28. Особенности конструкций рельсовой колеи в кривых. Определение ширины колеи	124
	295

	29. Возвышение наружного рельса в кривых	132
Глава VI.	Расчеты пути на прочность и устойчивость	
	30. Расчетные характеристики. Основы статического расчета рельса	136
	31. Основы динамического расчета рельса. Определение напряжений и деформаций в элементах пути	140
	32. Особенности расчета пути на железобетонных шпалах и бесшпально-бетонных основаниях	144
	33. Расчет бесстыкового пути	145
Глава VII.	Изыскания и проектирование трамвайных и внутризаводских линий	147
	34. Изыскания и стадии проектирования	147
	35. Проектирование плана трассы	154
	36. Расчеты эпюр стрелочных переводов и глухих пересечений	162
	37. Расчеты и проектирование трамвайных узлов	174
	38. Проектирование станционных и деповских путей	181
	39. Проектирование продольного профиля линии	188
	40. Проектирование водоотводных сооружений	196
Глава VIII.	Нормы содержания пути	200
	41. Деформации пути и его элементов	200
	42. Нормы и допуски содержания пути	202
Глава IX.	Строительство и реконструкция трамвайных и внутризаводских путей	207
	43. Основы организации строительства	207
	44. Порядок производства строительных работ	211
Глава X.	Ремонты внутризаводских и трамвайных путей	222
	45. Система ремонтов пути и их периодичность	222
	46. Порядок производства работ по ремонту пути	224
Глава XI.	Планирование и организация путевых работ	231
	47. Проектирование производства путевых работ	231
	48. Составление технологических процессов путевых работ	239
Глава XII.	Текущее содержание пути	246
	49. Задачи и особенности текущего содержания пути	246
	50. Контроль за состоянием пути	254
	51. Оценка состояния пути	258
	52. Организация и производство работ по текущему содержанию пути	262
Глава XIII.	Основы ведения путевого хозяйства	267
	53. Структура управления путевым хозяйством	267
	54. Производственные предприятия путевого хозяйства	269
	55. Путевые машины, механизмы и инструменты	273
	56. Защита пути от заносов и размывов	280
	57. Производственная программа и нормативы	285
	58. Техника безопасности и безопасность движения при производстве путевых работ	287
	Предметный указатель	292