

ЛЕКЦИЯ 9

МЕТРОПОЛИТЕНЫ

1 Общие сведения

Метрополитен представляет собой внеуличную электрическую железную дорогу, предназначенную для перевозки пассажиров. Он является наиболее удобным, безопасным и экономичным видом внутригородского транспорта.

В комплекс сооружений, устройств и оборудования метрополитенов входят: путь и путевое хозяйство, тоннели, подвижной состав, станционное хозяйство, устройства сигнализации, централизации, блокировки и связи, устройства электроснабжения, эскалаторное хозяйство, устройства тоннельной вентиляции, водоснабжения, отопления, водоотвода, канализации, восстановительные и противопожарные средства.

Линии метрополитена подразделяются на подземные, наземные и надземные.

Подземные являются основным и наиболее распространенным видом линий метрополитенов; они могут быть мелкого и глубокого заложения.

Наземные линии метрополитенов размещают на поверхности земли. Строят их обычно в качестве конечных участков линии в сравнительно малонаселенных районах города, чаще всего в выемках, с учетом возможности переустройства в будущем с развитием города в подземные.

Надземные линии размещают на эстакадах. Они не получили широкого распространения и оправдывают себя лишь в отдельных случаях при трудных топографических условиях города, пересечении рек, железных и автомобильных дорог.

Метрополитены обеспечивают более высокую скорость движения, чем другие виды массового городского транспорта; она составляет в среднем 30-70 км/ч при сравнительно низкой себестоимости перевозок. Однако сооружение метрополитенов требует крупных капитальных затрат. Поэтому их строят обычно в городах с населением более 1 млн. чел., на направлениях со сравнительно большими расстояниями перевозок и устойчивыми пассажиропотоками интенсивностью не менее 25 тыс пассажиров в 1 ч в одном направлении при невозможности освоить эти потоки другими видами городского транспорта.

2 Особенности отдельных устройств метрополитенов

Принципы устройства и эксплуатации метрополитенов и железных дорог во многом аналогичны. В метрополитенах такая же *ширина колеи* — 1520 мм (на прямых участках пути и на кривых радиусом 400 м и более). Отклонения от ширины колеи не должны превышать по уширению +6 мм и

по сужению — 4 мм. Работа метрополитенов осуществляется в строгом соответствии с *графиком движения поездов*, действуют общие для всех метрополитенов Правила технической эксплуатации метрополитенов, Инструкция по сигнализации, Инструкция по движению поездов и маневровой работе.

Руководство метрополитенами страны осуществляет Главное управление метрополитенов. Для руководства отдельными отраслями хозяйства в метрополитенах имеются службы: движения, подвижного состава, пути, сигнализации и связи, электростанций и сетей, тоннельных сооружений, санитарно-техническая, эскалаторная, материально-технического снабжения. В службах метрополитена имеются соответствующие дистанции (пути, сигнализации и связи и др.), а также энергоучастки.

В состав линейных предприятий метрополитена входят заводы по ремонту подвижного состава и эскалаторов, электродепо, объединенные мастерские.

В плане линии метрополитена проектируют вдоль основных магистралей по кратчайшим направлениям. Станции метрополитенов располагают на прямых участках.

Для обслуживания пассажиров, обеспечения безопасности движения и пропускной способности линии метрополитена делятся на отдельные перегоны обычно длиной 1—2 км, на границах которых располагаются станции. Перегоны в свою очередь состоят из отдельных блок-участков, ограниченных светофорами или изолирующими рельсовыми стыками. У каждого светофора в створе с изолирующими стыками устанавливается автостоп для предупреждения проезда поездом запрещающего сигнала. На линиях, оборудованных новейшими системами автоматики, контроль скорости движения поезда и остановка его осуществляются автоматически устройствами, расположенными непосредственно на подвижном составе.

Станции метрополитена предназначаются для обслуживания пассажиров, а при наличии путевого развития — и для производства маневровой работы. Различают еще станции закрытого типа, не имеющие пассажирских платформ и оборудованные дверями, отделяющими ее средний зал от путевых тоннелей. Станции метрополитена размещают в местах образования пассажирских потоков — на площадях, пересечениях автомагистралей, у железнодорожных и речных вокзалов, стадионов и парков, крупных предприятий, на пересечениях линий метрополитенов между собой и с линиями железных дорог.

Питание тяговых двигателей моторных вагонов метрополитена происходит от третьего рельса, называемого контактным, по которому токоприемник вагона скользит во время движения. Контактный рельс располагается вдоль рельсовой колеи, с левой стороны по ходу поезда и только в местах расположения стрелочных переводов и перекрестных съездов возможно размещение его с правой стороны.

Для осмотра, мелкого ремонта, уборки и отстоя подвижного состава на метрополитене предусматривают *пункты технического обслуживания* с тупиковыми путями, на которых поезда проходят с главных путей по специальным съездам. *Съезды* размещают на линиях мелкого заложения в тоннеле прямоугольного сечения, примыкающем непосредственно к станции, а на линиях глубокого заложения — в специальных камерах. *Тупиковые пути* располагают в тоннелях, очертание и конструкция которых зависят от числа путей и глубины заложения. Осмотр и мелкий ремонт вагонов производятся на смотровых канавах, рассчитанных на длину поезда плюс 2 м для возможности осмотра состава снизу.

Для оборота подвижного состава и перехода его на другие линии предусматривают специальные пути и соединительные ветви. Оборот подвижного состава на конечной станции может быть выполнен также с помощью петлевого устройства. Для перехода поездов с одной линии метрополитена на другую предусматриваются специальные соединительные ветви.

На линиях метрополитенов строят наземные депо для технического обслуживания ТО-1, ТО-2, ТО-3, ТО-4 и текущих ремонтов ТР-1, ТР-2, ТР-3 подвижного состава, а также для его экипировки и отстоя. Капитальный и средний ремонты вагонов ведутся на заводах, а также специализированных ремонтных депо.

3 Габариты метрополитенов

Безопасное следование поездов на линиях метрополитенов обеспечивается соблюдением установленных габаритов подвижного состава, приближения строений и приближения оборудования (рис.1). *Габарит подвижного состава*, за пределы которого не должна выходить ни одна часть его, имеет высоту 3700 мм и ширину в верхней части 3070 мм. *Габарит приближения оборудования* представляет собой предельное, поперечное, перпендикулярное оси пути очертание, внутри которого не должны размещаться никакие части оборудования, за исключением устройств, непосредственно взаимодействующих с

подвижным составом (контактный рельс, скоба путевой части автостопа и др.).

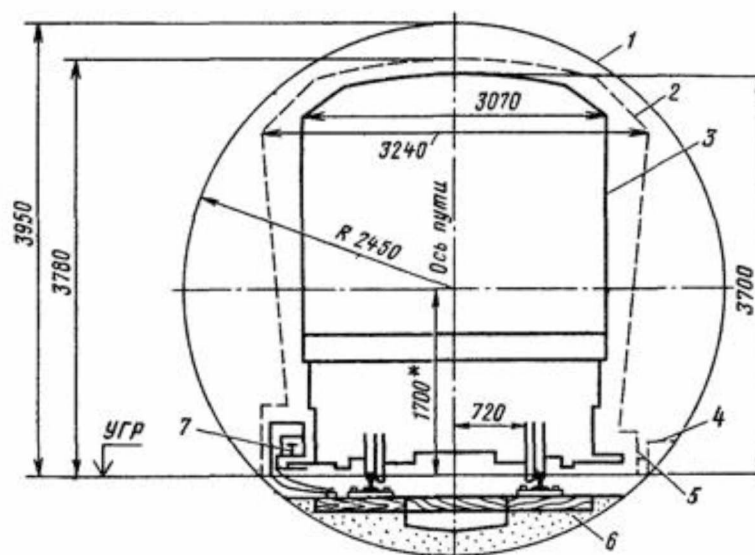


Рисунок 1 – Схема совмещенных габаритов подвижного состава, приближения строений и оборудования для тоннелей кругового очертания на перегонах:

- 1 – габарит приближения строений; 2 – габарит приближения оборудования;
- 3 – габарит подвижного состава; 4 – служебная дорожка, 5 – место для установки автостопа; 6 – бетонное основание; 7 – габарит контактного рельса

Пространство между габаритом приближения строений и габаритом приближения оборудования установлено для размещения устройств пути, автоматики и телемеханики для движения поездов, связи, электроснабжения, освещения, санитарной техники и других устройств, а также дорожки для прохода обслуживающего персонала.

Пространство между габаритом приближения строения и габаритом подвижного состава предусмотрено для перемещений подвижного состава, вызванных отклонениями в состоянии отдельных элементов пути.

4 Краткие сведения об устройстве пути в метрополитенах

На открытых наземных участках метрополитена, а также в местах расположения стрелочных переводов и перекрестных съездов (для удобства ремонта) применяют пути на балластном основании. В тоннелях и на закрытых наземных участках пути укладывают на бетонном основании, что позволяет содержать его в чистоте. В бетонный слой втапливают шпалы с превышением над ним на 1 см. Возможна также укладка пути на железобетонном основании.

В качестве подрельсового основания применяют в тоннелях и на закрытых наземных участках деревянные (обычно сосновые) шпалы или

железобетонные опоры, а на открытых наземных участках — железобетонные или деревянные шпалы. *Длина шпал 2,7 м.*

На 1 км главного пути укладывается на прямых участках в тоннелях 1680 шпал, на наземных участках—1840 шпал, в кривых в тоннелях — 1840 шпал и на поверхности — 2000 шпал. На главных путях применяют *рельсы типов Р50 и Р65*, на остальных путях — Р43.

На наземных участках, а также в тоннелях на кривых радиусом менее 300 м укладывают рельсы длиной 25 м, на стрелочных переводах и в парковых путях используют рельсы длиной 12,5 м.

Главные пути метрополитенов оборудуют противоугонами, а на кривых участках при радиусе 300 м и менее устанавливают контррельсы.

На метрополитенах применяют стрелочные переводы с марками крестовин не круче 1/9 на всех путях, кроме парковых и прочих, и не круче 1/5 на парковых и прочих путях. Глухие пересечения должны иметь крестовину марки не круче 1 /9, а глухие пересечения перекрестных съездов — не круче 2/9.

У главных путей с правой, стороны по направлению движения устанавливают постоянные путевые и сигнальные знаки.

Предельные столбики на наземных линиях и предельные рейки в тоннелях указывают место, далее которого на пути нельзя устанавливать подвижной состав в направлении стрелочного перевода или глухого пересечения. Предельные столбики располагают на середине междупутья, а предельные рейки — в междупутье, в том месте, где расстояние между осями сходящихся путей составляет в тоннелях и на наземных участках 3400 мм, а на парковых путях, предназначенных для подвижного состава железных дорог – 4100 мм.

5 Вагоны метрополитенов

Подвижной состав метрополитенов России состоит из цельнометаллических моторных вагонов типов: Д, Е, 81-717.5м, 81-718/719, 81-722/723/724, 81-765 и т.д.. На каждой оси моторного вагона устанавливается тяговый двигатель. Вагоны (рис. 2) оборудованы токоприемниками для нижнего токосъема с контактного рельса (рис. 3), установленного слева от ходового рельса. Вагоны оборудуются пневматическими, электрическими и, кроме того, ручными тормозами.



Рисунок 2 – Состав из вагонов 81.765/766/767

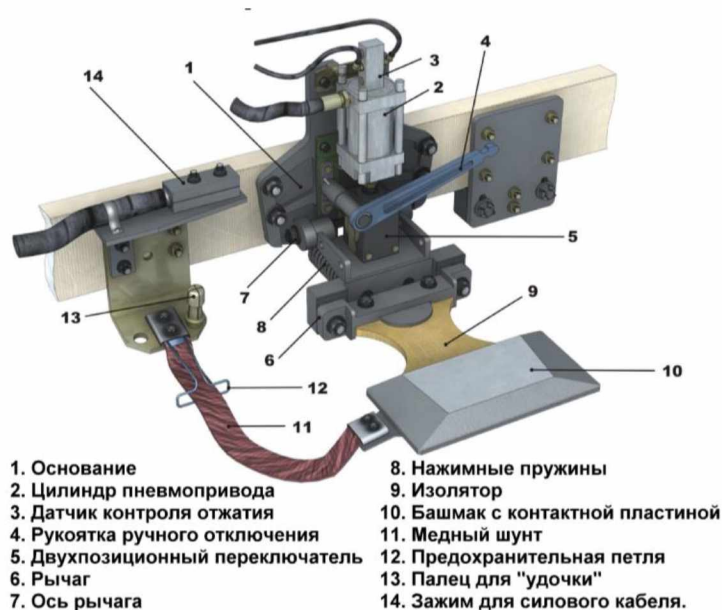


Рисунок 3 – Токоприемник (ТРА-02)

Вагоны метрополитена оборудуют автосцепкой и устройствами электропневматического управления дверями поезда из любой кабины, а также кранами выключения пневматического управления дверями для возможности открытия их вручную. Во всех вагонах предусмотрены устройства громкоговорящего оповещения пассажиров и экстренная связь «пассажир-машинист», а в головных и хвостовых вагонах, кроме того, устройства радиосвязи с поездным диспетчером.

6 Система электроснабжения метрополитенов

Электроснабжение метрополитенов происходит следующим образом: трехфазный ток напряжением 6—8 кВ от энергосистемы города поступает по высоковольтной линии на тяговую или тяговопонижительную

(совмещенную) подстанцию и оттуда после преобразования посредством трансформатора и кремневого выпрямителя к местам потребления. Передача электроэнергии потребителям может быть осуществлена и посредством понизительных тяговых подстанций, на которых напряжение переменного тока 6—10 кВ, получаемого по кабелям от ближайшей тяговой подстанции, понижается до 380, 220 и 127 В.

Питание контактного рельса электрическим током производится по кабелям, идущим от шин постоянного тока тяговой подстанции, Обратным провозом служат ходовые рельсы, от которых ток по кабелю возвращается на тяговую подстанцию. Ток от контактного рельса через токоприемник вагона поступает к тяговым двигателям, превращающим электрическую энергию в механическую, которая через передачу приводит в движение колесные пары вагонов.

Контактный рельс 4 (рис. 4) подвешивают головкой вниз на металлических опорах-кронштейнах 5, которые прикрепляют к концам деревянных шпал 6 путевыми шурупами, а к концам железобетонных шпал — вертикальными закладными болтами. При этом токоприемник 2, постоянно подтягиваемый пружинами вверх, скользит по головке контактного рельса, обеспечивая таким образом нижний токосъем (рис. 5).

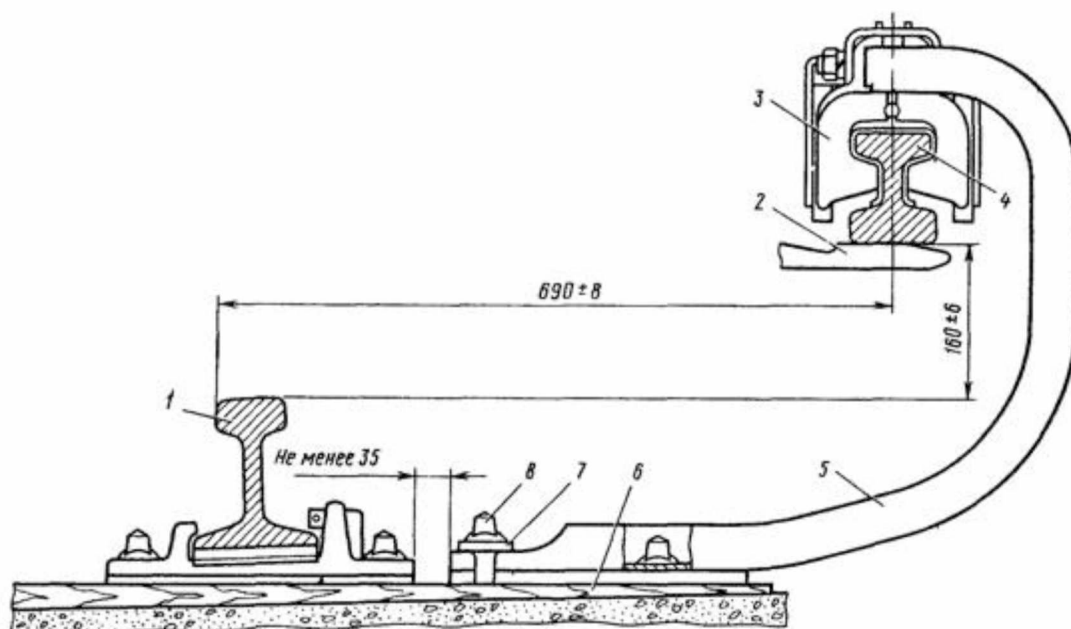


Рисунок 4 – Подвеска контактного рельса:

1 – ходовой рельс, 2 – токоприемник, 3 – крепежный узел контактного рельса, 4 – контактный рельс, 5 – опора-кронштейн, 6 – шпала, 7 – стальная планка, 8 – шурупы

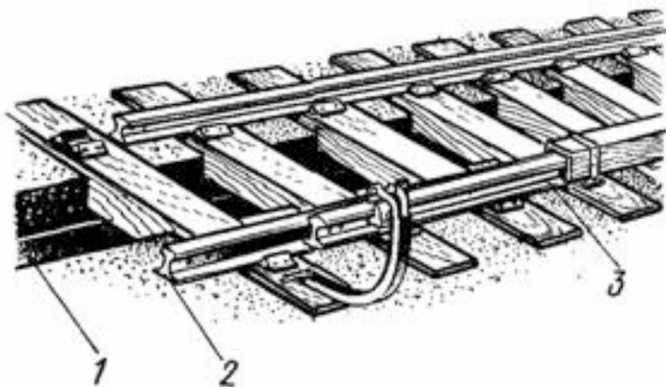


Рисунок 5 – Месторасположение контактного рельса в пути:
1 – дренажный лоток, 2 – ходовой рельс, 3 – контактный рельс

Для возможности отключения того или иного участка контактного рельса при повреждении или ремонте контактной сети его секционируют, т. е. делят на отдельные изолированные секции (участки).

Длина контактных рельсов, выпускаемых промышленностью, составляет 12,5 и 25 м. Во избежание угона контактный рельс закрепляют противоугонами.

7 Устройства автоматики, телемеханики и связи

Для обеспечения безопасности и организации движения поездов линии метрополитенов оборудуются устройствами:

- комплексной системы автоматизированного управления движением поездов, состоящей из подсистем автоматического регулирования скорости и автоматического управления поездами (АУП);
- электрической централизации стрелок и сигналов (ЭЦ), предназначенной для управления стрелками и светофорами станций с путевым развитием и парковых путей электродепо с пульт-табло постов ЭЦ;
- диспетчерской централизации (ДЦ) для управления стрелками и светофорами с центрального диспетчерского пункта, а также для контроля за состоянием управляемых объектов на станциях и перегонах.

Система автоматического регулирования скорости движения поездов обеспечивает: непрерывный контроль за соблюдением машинистом максимально допустимых скоростей и автоматическое торможение при превышении их; автоматическое торможение поезда (маневрового состава) до полной его остановки перед занятым или поврежденным участком пути и

перед светофором с запрещающим показанием; сигнальные показания (например, допустимой скорости движения) на пульте в кабине управления.

Устройствами АРС оборудуют главные пути, соединительные ветви, пути для оборота и отстоя составов, а также электроподвижной состав, предназначенный для эксплуатации на этих путях.

Применяемая на метрополитенах система автоведения позволяет осуществить управление движением поездов из одного пункта без непосредственного участия машинистов, но под их контролем. Для этого применяют центральный пост автоведения, напольные устройства и поездное оборудование.

Светофоры, как и на железных дорогах, размещаются с правой стороны по направлению движения поезда.

На линиях, оборудованных автоблокировкой с автостопами и защитными участками в качестве основных сигнальных показаний светофоров (независимо от места установки и значения их), приняты:

- один зеленый, разрешающий движение с установленной скоростью;
- один желтый, разрешающий движение с готовностью остановиться; следующий сигнал закрыт;

- один желтый и один зеленый огни, разрешающие движение с уменьшенной скоростью и готовностью проследовать следующий светофор с желтым огнем со скоростью не более 35 км/ч, а на открытых наземных участках — не более 25 км/ч;

- два желтых огня, разрешающие проследовать светофор с уменьшенной скоростью (не более 35 км/ч); поезд следует с отклонением по стрелочному переводу;

- один красный огонь, требующий остановки и запрещающий проезд сигнала.

При АРС в кабине управления поездом имеются указатели, выполненные в виде светящихся ячеек с цифрами и буквами. Цифровое сигнальное показание указывает предельно допустимую скорость на данном участке.

На линиях, оборудованных устройствами АЛС-АРС и автоматической блокировкой без автостопов и защитных участков, сигналы, подаваемые светофорами- полуавтоматического действия при отключенных сигнальных огнях светофора автоблокировки, имеют следующие значения:

- один синий огонь— разрешается движение по сигнальному показанию АЛС в кабине управления поездом. не превышая, указанной на нем скорости;

- один красный огонь—«Стой! Запрещается проезжать сигнал».



Рисунок 6 – Система автоматического регулирования скорости (АРС-АЛС)

На всех линиях метрополитенов должны быть следующие основные виды связи: поездная диспетчерская, поездная радиосвязь, тоннельная, электродиспетчерская, электромеханическая диспетчерская, радиосвязь диспетчеров с восстановительными формированиями, эскалаторная диспетчерская, стрелочная, оперативная служебная между диспетчерскими пунктами и объектами СЦБ, автоматики, телемеханики и др.

На метрополитенах предусматриваются устройства управления работой станций с применением телевидения и, в частности, теленаблюдения за перемещением пассажиров.

8 Понятие об организации движения поездов

Основой организации перевозок на линиях метрополитенов является *график движения поездов*, который координирует действия и определяет план эксплуатационной работы всех подразделений: станций, депо, тяговых подстанций, пунктов технического обслуживания, дистанций пути, сигнализации и связи, эскалаторного хозяйства и др.

Четкая и бесперебойная работа метрополитенов и безопасность движения обеспечиваются точным выполнением Правил технической эксплуатации. Инструкции сигнализации, Инструкции по движению поездов и маневровой работе, а также должностных инструкций, требований техники безопасности и Правил внутреннего трудового распорядка рабочих и служащих метрополитена.

На метрополитенах применяется диспетчерская система руководства. Оперативное управление движением поездов осуществляет *поездной*

диспетчер, устройствами электроснабжения – электродиспетчер, эскалаторами – диспетчер эскалаторов.

Вопросы для самоконтроля

1. Как называется транспортный объект представляет собой внеуличную электрическую железную дорогу, предназначенную для перевозки пассажиров?
2. Что входит в комплекс метрополитена?
3. Какова скорость движения (в км/ч) в метрополитене?
4. Какова ширина рельсовой колеи (в мм.) в метрополитене?
5. Какие типы вагонов применяются в метрополитенах?
6. Каковы принципы организации движения поездов в метрополитенах?