

# МЕТРОПОЛИТЕН

Авторы: В. Е. Меркин, С. А. Тархов (история метрополитена)

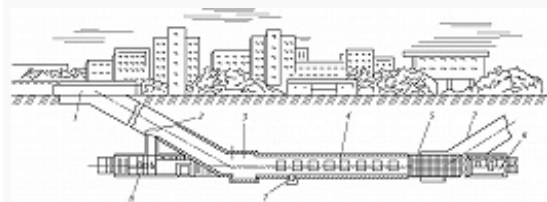


Рис. 1. Основные сооружения станции метрополитена глубокого заложения: 1 – вестибюль станции; 2 – наклонный (эскалаторный) тоннель; 3 – натяжная камера эскалатора; 4 – платформенная часть станции; 5 –...

МЕТРОПОЛИТЕН, метро (от франц. métropolitain, букв. – столичный, от греч. μητρόπολις – главный город, столица), внеуличная электрифицированная железная дорога, предназначенная для массовой перевозки людей в крупных городах. Для городов с населением св. 1 млн. чел. М. рассматривается как осн. вид обществ. транспорта, обеспечивающий скоростной транспортной связью жилые районы и пром. зоны, адм. центры, места массового отдыха (провозная способность линии М. составляет

45–50 тыс. пассажиров в час). Комплекс инж. сооружений и технологич. устройств М. включает станции (рис. 1), которые служат для посадки и высадки пассажиров, соединяющие их перегонные (путевые) тоннели, а также ряд пристанционных и притоннельных сооружений (вестибюли, камеры съездов для оборота подвижного состава, депо, тупиковые тоннели для отстоя поездов в ночное время, камеры для водоотливных установок, помещения для тягово-понижительных электроподстанций, вентиляц. камеры и др.).

## Проектирование метрополитена

Разработка проектов линий М. ведётся отд. участками (очередями) на основании утверждённой перспективной схемы М., являющейся составной частью комплексной схемы развития всех видов транспорта для данного города, с учётом действующих нормативных документов. При составлении перспективной схемы М. должна

обеспечиваться полная автономность движения поездов по каждой линии, а также в прямом и обратном направлениях. В некоторых городах мира (напр., в Нью-Йорке) движение поездов М. организуется как с остановками на всех станциях, так и минуя некоторые из них (экспрессные линии). В ряде городов (Париж, Лос-Анджелес и др.) наряду с обычными линиями эксплуатируются линии скоростного М., связывающего пригороды с центр. районами. Линии М. прокладываются преим. подземными, т. к. они не нарушают исторически сложившейся планировки города, не стесняют движения гор. наземного транспорта и пешеходов. Наземные линии М., как правило, сооружают в районах города с относительно невысокой плотностью застройки, при устройстве объединённых пересадочных станций М. с пригородными железными дорогами, на конечных участках линий, примыкающих к депо; участки наземных линий на эстакадах строят при пересечении автомобильных и железных дорог и др. преград. При этом в некоторых городах в силу определённых причин (историч. традиции, сложный рельеф, трудные для подземной проходки грунты и др.) доминируют наземные линии (напр., в Лондоне 55% сети, в Чикаго – ок. 90%). Наземные участки М. имеют ограждения. Линии М. оборудуются средствами автоматики и связи и разделяются на блок-участки с системами автоблокировки и автоматич. регулирования скоростей движения. Это обеспечивает безопасность следования поездов между станциями при высоких (до 100 км/ч) скоростях и коротких интервалах движения.

Расположение линий М. в плане и продольном профиле, глубина их заложения, типы тоннельных сооружений, методы производства работ определяются в результате проведения комплекса проектно-изыскательских мероприятий и зависят от планировочной структуры и застройки города, рельефа местности, инж.-геологич. и др. условий строительства. Продольный профиль линий проектируют из условия размещения станций (как наиболее сложных и трудоёмких сооружений) на возможно меньшей глубине. Миним. уклон продольного профиля подземных линий М. из условий водоотвода должен составлять 3‰; макс. уклон продольного профиля на прямых и кривых участках подземных линий, а также закрытых наземных принимают равным 40‰, на открытых наземных участках – не более 35‰.

## **Станции метрополитена**



Рис. 2б. Станция «Красные Ворота» (Москва).

Фото А. И. Нагаева

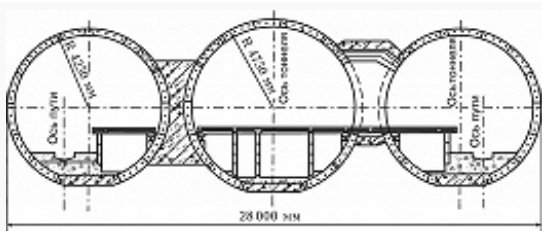


Рис. 2а. Трёхсводчатая станция пилонного типа: конструктивная схема.

Станции М. размещаются в пассажирообразующих узлах города – на площадях, в местах пересечения магистралей, у вокзалов, в местах сосредоточения культурно-зрелищных центров. В ср. расстояние между станциями М. в Москве и др. городах СНГ составляет 1–1,5 км, а за рубежом – 0,5–0,8 км (на участках скоростного М. – 2–5 км).

Станции располагают, как правило, на прямых в плане участках трассы, по возможности, на возвышениях (для облегчения разгона подвижного состава при следовании к следующей станции и торможении при приближении к ней). Станции бывают островного типа (платформа расположена между путями) и с боковыми платформами (при

центр. расположении путей). В практике отеч. метростроения применяются преим. станции островного типа. Вестибюли для входа на станции могут быть наземными или подземными. Подъём пассажиров с посадочной платформы станции в вестибюли осуществляется обычно эскалаторами. При большой разнице в высотном положении платформы станции и пола вестибюля эскалаторы размещаются в спец. наклонных (эскалаторных) тоннелях. В ряде М. мира для указанных целей используют лифтовые подъёмники большой вместимости (до 150 чел. и более), располагаемые в вертикальных шахтных стволах. Перегонные тоннели проектируют однопутными или двухпутными. Расстояние между осями однопутных перегонных тоннелей принимают равным междупутью на станциях. Прямые в плане участки тоннелей сопрягаются круговыми и переходными кривыми; радиусы круговых кривых на гл. путях не должны быть менее 300 м.

Строительство подземных сооружений в зависимости от глубины их заложения, инж.-геологич. и др. условий может осуществляться закрытым (без вскрытия земной поверхности) или открытым (в котлованах или траншеях) способом. В сложных инж.-

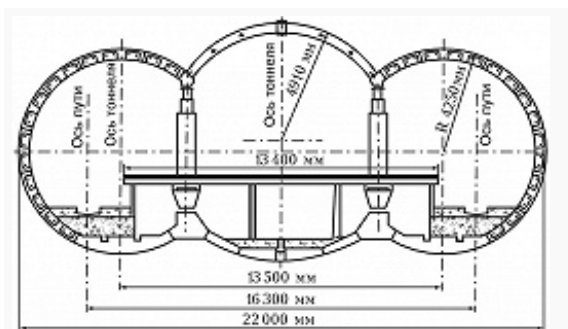


Рис. 3а. Трёхсводчатая станция колонного типа: конструктивная схема.

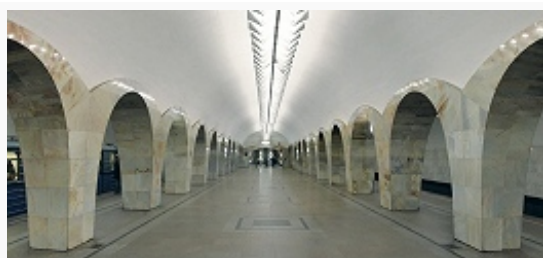


Рис. 3б. Станция «Кузнецкий Мост» (Москва).

Фото А. И. Нагаева

геологич. условиях (в водоносных песчано-глинистых грунтах, пльвунах, в сильнотрещиноватых скальных грунтах с большим притоком подземных вод и др.) применяют спец. способы закрепления грунтов.

Для станций глубокого заложения наиболее характерны трёхсводчатые конструкции, состоящие из трёх параллельных тоннелей (двух боковых и одного среднего), своды которых имеют общие опоры в виде пилонов (пилонные станции, рис. 2) или двух рядов колонн (колонные станции, рис. 3). В последние десятилетия всё шире применяются односводчатые конструкции, одним пролётом перекрывающие платформу и весь блок служебных помещений (рис. 4). При сооружении станций мелкого заложения, возводимых в

котлованах, распространены две конструктивные схемы: трёхпролётная (колонная рамного типа с плоским перекрытием) и однопролётная (гл. обр. односводчатая).

## Оборудование метрополитена

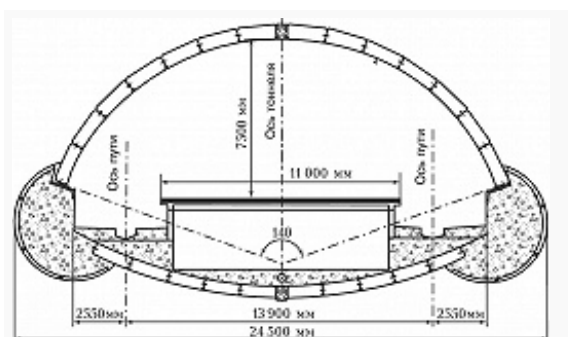


Рис. 4а. Односводчатая станция глубокого заложения: конструктивная схема.

Электроэнергия для тяги поездов, освещения и нужд разл. электропотребителей М. подаётся от тягово-понижительных (раздельных или совмещённых) электроподстанций, которые получают питание переменным током напряжением 6–10 кВ от энергосистемы города.

Для моторвагонного подвижного состава на тяговых подстанциях переменный ток преобразуют в постоянный напряжением 825 В (в М. стран СНГ). Токпроводящими элементами

для питания подвижного состава являются ходовые рельсы и третий (контактный) рельс. Ток по кабелю подводится к контактному рельсу, откуда через скользящие токоприёмники – к тяговым двигателям поезда. К источникам освещения и оборудованию электроэнергия подаётся от понизительных подстанций напряжением до 380 В.



Рис. 4б. Станция «Лиговский проспект» (С.-Петербург).

Фото Д. В. Соловьёва

М. в странах СНГ оборудован системой искусств. вентиляции. Свежий воздух подаётся вентиляторами через спец. вентиляц. стволы или шахты, которые располагаются на перегонах между станциями и на самих станциях. Воздухопроводами служат тоннели. Для улучшения температурного режима в М. стран СНГ подача воздуха реверсируется в зависимости от времени года: зимой воздух подаётся через вентиляц. шахты на перегонах и

выдаётся на станциях, летом – наоборот. За рубежом нередко используется естеств. вентиляция с расчётом на поршневое действие движущихся в тоннеле поездов, однако эта система не всегда обеспечивает требуемые санитарно-гигиенич. условия.

В М. организуется санитарно-технич. хозяйство, включающее водоснабжение и канализацию служебных и технич. помещений, систему отвода воды. Для этих целей служат спец. насосные станции и дренажные установки, которые связаны с системой гор. коммунальных сетей водопровода, ливнестоков и канализации.

## Тенденции развития метрополитена

Развитие М. в совр. условиях идёт в направлении увеличения плотности линий, создания удобных пересадочных узлов и разветвлённых систем входов, приближённых к объектам массового посещения, а также комплексного использования подземного пространства, образуемого при строительстве, для включения его в гор. инфраструктуру.

Одним из направлений развития М. является полная автоматизация его

функционирования. Так, на линиях ряда М. мира (Париж, Лилль, Сингапур и др.) с 1990-х гг. курсируют автоматизир. поезда, управляемые с диспетчерского пункта, на который поступает информация от систем управления, видеонаблюдения и безопасности, установленных в поездах и на станциях. Платформы на станциях имеют ограждения из бронированного стекла с автоматически открывающимися дверями в местах посадки-высадки пассажиров.

Более чем в 30 городах мира используют малогабаритные автоматизир. подвижные составы на рельсовом или комбиниров. рельсово-шинном ходу, т. н. мини-метро, преимуществами которых являются меньший уровень шума по сравнению с обычными поездами, плавный ход, более быстрые разгон и торможение, возможность преодолевать уклоны до 130 ‰. В отдалённых от центра районах города с неплотной застройкой в ряде случаев применяется т. н. лёгкое метро, проходящее преим. по поверхности земли или на эстакадах. Строительство наземных и надземных станций и перегонов «лёгкого метро» (наиболее простых по конструкции) обходится дешевле и занимает меньше места и времени по сравнению с подземным. Эксплуатация мини-метро и «лёгкого метро» предполагает обращение по линии составов из 3–5 вагонов с меньшими, по сравнению с вагонами классического М., габаритами и провозной способностью (до 30 тыс. пассажиров в час).

## **Историческая справка**

Первые внеуличные железные дороги проложены в 1860–63 в Лондоне (подземная, длиной 3,6 км, построена фирмой «Metropolitan Railway»; использовалась паровая тяга; в 1890–96 электрифицирована) и в 1868 в Нью-Йорке (надземная на металлич. эстакаде; использовалась канатная тяга, с 1871 – паровая; в 1890 электрифицирована). Старейшими на Европ. континенте являются М. в Будапеште (1896) и Париже (1900). Прообразами М. стали подземная линия на канатной тяге в Глазго (1896; электрифицирована в 1935), линия трамвая с подземными и надземными участками в Вене (1898).

М. действуют в более чем 140 городах мира при общей длине линий св. 4 тыс. км. Протяжённость линий крупнейших М. достигает нескольких сотен километров (см. табл.); рекордные протяжённость и количество станций имеет М. в Нью-Йорке.

Метрополитен в России и других странах бывшего СССР действует в 16 городах (кон. 2011). Первым по времени создания и крупнейшим является Московский метрополитен. Первые проекты подземных паровых железных дорог в Москве предлагались в 1869 и 1875. В нач. 1914 Моск. гор. управой составлен проект из 3 диаметральных линий, однако он не был выполнен из-за начала 1-й мировой войны. В 1925–30 Управлением (с 1928 трест) моск. гор. железных дорог разработан проект М. из 4 диаметральных и 1 кольцевой линий. На его основе в соответствии с постановлением Пленума ЦК ВКП(б) от 15.6.1931 подготовлен рабочий проект при участии брит., герм. и франц. инженеров. Первая линия М. (Сокольники – Крымская пл., с веткой до Смоленской пл., 13 подземных станций, 11,2 км) строилась с 1932 под рук. инж. П. П. Роттерта (Ротерта), её эксплуатация начата 15.5.1935. Затем построены первые станции двух новых радиусов (1935–38) и начато строительство третьей очереди М. (1939, в т. ч. одного нового радиуса), которое закончено в 1944, в ходе Вел. Отеч. войны. Во время войны станции М. использовались как бомбоубежища. На ст. «Кировская» (ныне «Чистые Пруды») был размещён командный пункт Ген. штаба; на ст. «Маяковская» 6.11.1941 с участием высшего руководства страны состоялось торжеств. заседание, посвящённое 24-й годовщине Окт. революции. В 1944–1954 построена Кольцевая линия, соединившая все радиальные линии и осн. ж.-д. вокзалы, в 1950–80-е гг. – 5 новых линий, до районов массовой застройки продлены старые линии. С 1950-х гг. наряду с подземными сооружались наземные участки некоторых линий Моск. М. С 1990-х гг. сооружение новых станций М. замедлилось. В 2003 открыта первая линия Моск. М., вышедшая за пределы Моск. кольцевой автодороги, – Бутовская, которая также явилась первой линией «лёгкого метро» в Москве (5,5 км, 5 наземных станций). К кон. 2011 Моск. М. насчитывал 12 линий, 185 станций, 15 депо; по данным на 2008, он являлся вторым в мире (после Токийского) по величине пассажиропотока (св. 2,5 млрд. чел. в год), третьим (после М. в Каире и Сянгане) по перегруженности пассажирами (в ср. 14,54 млн. чел. на 1 станцию в год).

**Таблица. Города мира с наиболее развитой сетью метрополитена (2011)**

		Пуск в	Количество	Протяжённость	Количество
--	--	--------	------------	---------------	------------

Страна	Город	эксплуатацию (год)	линий	линий, км	станций
<b>Европа</b>					
Австрия	Вена	1976	5	74,2	90
Великобритания	Лондон	1863	11	402	270
Германия	Берлин	1902	10	146,3	173
	Гамбург	1912	3	100,7	89
	Мюнхен	1971	6	103,1	100
	Франкфурт-на-Майне	1968	9	65	87
Испания	Барселона	1924	11	123,5	165
	Мадрид	1919	13	323	293
Норвегия	Осло	1966	6	84,2	94
Россия	Москва	1935	11 (а также 1 линия «лёгкого метро»)	300,2 (5,5)	180 (5)
	Санкт-Петербург	1955	5	112,5	64
Румыния	Бухарест	1979	5	69,3	51
Украина	Киев	1960	3	63,7	49
Франция	Париж	1900	16 (а также 5 линий скоростного метро)	215 (587)	301 (257)
Швеция	Стокгольм	1950	7	105,7	100
<b>Азия</b>					
Иран	Тегеран	1999	4	120	69
КНР	Гуанчжоу	1999	8	236	144
	Пекин	1969	14	336	198



	Сянган	1979	10	175	84
	(Гонконг) Шанхай	1995	11	424,8	277
	Шэньчжэнь	2004	5	178,4	137
Республика Корея	Сеул	1974	15	897,9	328
Сингапур	Сингапур	1987	4	146,5	89
Япония	Осака	1933	8	129,9	125
	Токио	1927	13 (а также 1 портовая линия)	328,8 (12,2)	274 (8)
<b>Америка</b>					
Аргентина	Буэнос- Айрес	1913	6	60	78
Бразилия	Сан-Паулу	1974	5	74,3	64
Канада	Монреаль	1966	4	69,2	68
	Торонто	1954	4	70	69
Мексика	Мехико	1969	11	201,4	175
США	Вашингтон	1976	5	171,1	86
	Нью-Йорк	1868	26 (а также 1 линия скоростного метро PATH)	1355 (22,2)	468 (13)
	Чикаго	1892	8	360,7	144
Чили	Сантьяго	1975	5	103	108

Московский М. создавался как подземный архит. комплекс монументальных сооружений большого обществ. значения. Торжеств. «подземная архитектура» станций была призвана служить ярким доказательством преимуществ социалистич. общества. В проектировании станций участвовали В. Г. [Гельфрейх](#), А. Н. [Душкин](#), Я. Г. Лихтенберг, И. А. [Фомин](#), А. В. [Щусев](#), Р. А. Шейнфайн и др. видные архитекторы,

которые стремились не только создать комфортные условия для пассажиров, зрительно преодолеть угнетающее человека ощущение подземелья, но и придать каждой станции М. индивидуальный архит. облик. Торжеств. комплексы Моск. М. украшены статуями и рельефами (скульпторы М. Г. Манизер, Г. И. Мотовилов и др.), монументально-декоративными композициями (живопись, майолика, мозаики, витражи работы А. А. Дейнеки, П. Д. Корина, Е. Е. Лансере и др.); большое внимание уделялось «архитектуре света» – изощрённым эффектам искусств. освещения подземных перронов и переходов. Во 2-й пол. 1950-х гг. в строительстве станций сов. М. внедрялась унификация объёмно-планировочных решений и конструкций индустриального изготовления, произошёл отказ от сложных декоративных украшений, замысловатых форм и орнаментов, что позволило ускорить и удешевить строительство. Возрождение индивидуального подхода к архит. проектированию станций М. наметилось к кон. 1960-х гг.

Первый проект метрополитена в Санкт-Петербурге предложен правлением Балтийской ж. д. в 1889. Строительство М. в Ленинграде началось в апр. 1941, прервано с началом Вел. Отеч. войны и возобновлено в 1946. Эксплуатация 1-й очереди М. начата 15.11.1955. В 2009 в С.-Петерб. М. действовали 5 линий, 63 станции, 6 депо, он занимал 13-е место в мире по величине пассажиропотока (830 млн. чел. в год), 5-е место по перегруженности пассажирами (в ср. 13,17 млн. чел. на 1 станцию в год), а также являлся вторым по протяжённости линий на постсоветском пространстве (112,5 км), его доля в перевозках гор. обществ. транспорта в С.-Петербурге составляла 41%.

С 1950-х гг. М. строились и в др. городах СССР. Линии М. были открыты в Киеве (1960), Тбилиси (1966), Баку (1967), Харькове (1975), Ташкенте (1977), Ереване (1981), Минске (1984), Горьком (ныне Нижний Новгород; 1985), Новосибирске (1986), Куйбышеве (ныне Самара; 1987), Свердловске (ныне Екатеринбург; 1991) (большинство из них имеют 1–2 линии, М. в Ташкенте, Киеве и Харькове – 3 линии). Особенно интенсивно общая длина сети М. в СССР и пассажиропоток увеличивались в 1975–90 (с 274 до 496 км, с 2972 до 5844 млн. чел. в год). В 1990–2000-х гг. темпы метростроения в РФ и др. странах быв. СССР сильно замедлились, в ряде городов произошло сокращение пассажиропотока (Нижний Новгород, Новосибирск, Самара,

Ереван, Тбилиси). М. были открыты в Днепропетровске (1995), Казани (2005) и Алматы (2011).

Из-за замедления или приостановки строительства линий М. и изменения размещения центров занятости в городах в 1990–2000-е гг. мн. М. обеспечивают небольшую долю от общего объёма перевозок гор. обществ. транспорта (напр., в Новосибирске и Ташкенте – ок. 16%). Исключением являются М. Тбилиси (66,4% в 2008), Москвы (59,8%), Киева (49%) и Харькова (46%). По данным за 2007–08, по числу ежегодно перевозимых пассажиров (млн. чел.) выделяются М. в Киеве (664), Минске (290) и Харькове (282), эти же системы входят в число наиболее перегруженных пассажирами М. в мире (млн. чел. на 1 станцию в год): Киев (14,43, 4-е место), Минск (11,6, 8-е место), Харьков (10,08, 12-е место).

Метрополитены строятся в Омске (с 1992, метромост через р. Иртыш открыт в 2005), Челябинске (с 1992), Красноярске (с 1995).

## Литература

Лит.: Прокофьев И. Ю., Чехарин В. И. Трассами Московского метрополитена: справочник-путеводитель. М., 1973; Царенко А. П., Федоров Е. А. Московский метрополитен им. В. И. Ленина. М., 1980; Дни и годы Метростроя. М., 1981; Московскому метрополитену – 50. М., 1985; Московское метро: фотопутеводитель. 2-е изд. М., 1986; Ереванский метрополитен. Ер., 1989; Тоннели и метрополитены / Под ред. В. Г. Храпова. М., 1989; Справочник инженера-тоннельщика / Под ред. В. Е. Меркина, С. Н. Власова, О. Н. Макарова. М., 1993; Фролов Ю. С., Крук Ю. Е. Метрополитены на линиях мелкого заложения: Новая концепция строительства. М., 1994; Метрополитен Ленинграда – Петербурга. Страницы истории. 40 лет. СПб., 1995; Главатских В. А., Молчанов В. А. Строительство метрополитенов. М., 2006; Наумов М. С., Кустый И. А. Московское метро. М., 2006; Нойтатц Д. Московское метро: от первых планов до великой стройки сталинизма (1897–1935). М., 2006; Метрогипротранс, 1933–2008: Летопись. День сегодняшней. Новый век. М., 2008; Тоннели метрополитенов: устройство, эксплуатация и ремонт. М., 2009; Первушина Е. В. По Петербургу на метро. М.; СПб., 2010.

