

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Боброва Е.А.

Научный руководитель – доцент Преснов О.М.

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

В современном мегаполисе с его многочисленным населением, тесной застройкой и перегруженными транспортными магистралями невозможно обойтись без метрополитена. Метрополитен – это рельсовый вид общественного транспорта, трассы которого проложены отдельно от улиц, зачастую под землей. Первая подземная линия метрополитена протяженностью 3,6 км. была построена в Лондоне в 1863 г. Второй метрополитен был открыт в Нью-Йорке в 1868 г. как надземный, однако в настоящее время надземные участки не сохранились, они впоследствии были заменены подземными (первая подземная линия открыта в 1904 г.). В СССР первая линия метрополитена была торжественно открыта в Москве 15 мая 1935 года.

К основным сооружениям метрополитена относятся: станции, предназначенные для посадки, высадки и пересадки пассажиров, приема и отправления поездов; перегонные тоннели, по которым движутся поезда, камеры съездов, служащие для соединения двух перегонных тоннелей, тупики, соединительные служебные тоннели, санитарно-технические и технологические устройства, депо, инженерный корпус метрополитена.

Линии метрополитена строят закрытым (подземным) и открытым способами. Закрытые способы применяют при сооружении метрополитена глубокого и мелкого заложения (на глубине 10-15 м.). Для транспортирования разработанного грунта, доставки материалов, конструкций и спуска людей служат специально устраиваемые шахтные стволы. Открытые способы применяют при сооружении линий метрополитена мелкого заложения. При строительстве метрополитена мелкого заложения применяют комбинированный способ, при котором станции метрополитена возводят в котлованах открытым способом, а перегонные тоннели между станциями сооружают закрытым способом.

Проходка тоннелей закрытым способом осуществляется щитовым или горным способом (буровзрывным методом или с помощью горнопроходческих комбайнов). Обычно сооружение тоннелей производится щитовым способом при помощи тоннелепроходческих машин (ТПМ). При применении ТПМ устойчивость окружающего массива нарушается в значительно меньшей степени, чем при буровзрывном способе, поскольку динамические воздействия уменьшаются. В связи с этим практически устраняется опасность вывалов и осадок поверхности земли. ТПМ состоит из трех основных частей: передняя часть, имеющая режущие инструменты, непосредственно контактирует с забоем; в средней части по периметру размещены домкраты передвижения щита; хвостовая часть представляет собой цилиндрическую оболочку, внутри которой возводится очередное кольцо обделки тубингоукладчиком. По мере разработки породы в забое щит продвигается вперед под действием гидравлических домкратов, упирающихся в собранное кольцо обделки. В результате в хвостовой части щита освобождается пространство для укладки следующего кольца. Возведение обделки сопровождается закрепным тампонажем, заполняющим кольцевой зазор между обделкой и поверхностью грунта.

Обделка является постоянной конструкцией, предназначенной для закрепления внутренней поверхности горной выработки и придания ей правильного, соответствующего

щего проекту очертания. Обделка тоннеля должна выдерживать горное давление по контуру выработки (давление окружающих выработку пород), гидростатическое давление подземных вод, временные нагрузки, передаваемые с поверхности земли (при мелком заложении тоннеля), сейсмические воздействия и другие нагрузки.

Сборные обделки – это ряд соединенных в трубу широких колец, собранных из отдельных элементов - тюбингов (чугунных, железобетонных) или блоков. Чугунный тюбинг представляет собой цилиндрический сегмент с двумя кольцевыми и двумя радиальными бортами, между ними расположены кольцевое и 2-3 радиальных ребра жесткости. Болтовые отверстия в бортах тюбинга служат для соединения смежных тюбингов в кольцо, а колец – в обделку тоннеля. В спинке тюбинга имеется заворачивающееся металлической пробкой отверстие для нагнетания за обделку специальных уплотняющих и гидроизолирующих растворов. Железобетонные тюбинги могут быть сплошного или ребристого сечения. В первом случае тюбинг имеет гладкую внутреннюю поверхность, во втором – представляет собой элемент коробчатого сечения, подобно чугунному тюбингу.

Кольцо обделки собирают из тюбингов разных типов. Нормальные тюбинги имеют радиально направленные продольные борта. Верхний ключевой (замыкающий) тюбинг, которым замыкают кольцо изнутри тоннеля при его сборке, имеет скошенные продольные борта, придающие тюбингу клиновидную форму. Два тюбинга, смежных с ключевым, имеют по одному скошенному борту. Тюбинги, поступающие с завода, имеют маркировку: нормальные – Н, смежные – С и ключевые – К.

При открытом способе обделка возводится в котловане. Она выполняется из сборного железобетона прямоугольной формы и состоит из укрупненных блоков (стенowego блока, блока перекрытия и лоткового блока), которые монтируют в тоннельную секцию с помощью козлового крана, расположенного на земной поверхности. Отдельные блоки соединяют путем сварки выпусков арматуры, стыки между блоками и швы между секциями замоноличивают или зачеканивают расширяющимся цементом. Кроме того, обделку выполняют из готовых секций, которые устанавливают в котловане на подготовленное основание свободно вплотную друг к другу. В продольном направлении секции друг с другом соединяют при помощи стальных болтов или стальных полос, привариваемых к металлическим закладным деталям секций.

В сложных инженерно-геологических условиях строительства – в водоносных песчано-глинистых грунтах, плывунах, в трещиноватых скальных грунтах с большим притоком подземных вод – применяют специальные способы, целью которых является укрепление неустойчивых грунтов, ликвидация поступления воды или временное осушение грунтов. К специальным способам относятся водопонижение, кессон, замораживание и химическое закрепление грунтов.

Конструкции и способы сооружения подземных станций метрополитена зависят от глубины заложения и вида грунтов.

К станциям глубокого заложения относятся одноводчатые станции со сборными железобетонными обделками, сооружаемые в плотных устойчивых грунтах и других грунтах без притока воды, и трехводчатые станции пилонного и колонного типа, сооружаемые как в обводненных и слабых неустойчивых грунтах, так и в грунтах без притока воды.

Одноводчатые станции из монолитного или сборного железобетона и трехпролетные колонные станции с плоским перекрытием относятся к станциям мелкого заложения. При строительстве станций этого типа в сейсмоопасных районах блоки перекрытия обвязывают железобетонными сейсмическими поясами.