

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ И МЕТРОПОЛИТЕНОВ

Галынская С. С., студент гр. ГМс-111, 5 курс
Научный руководитель: Горбунова В. А., старший преподаватель
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.
Горбачева

Современная урбанистическая и градостроительная политика невозможна без рассмотрения вопросов подземного размещения городских коммуникаций. Использование подземного пространства для городских нужд наиболее актуально для развития городов с ограниченной по природным условиям территорией размещения, особенно для тех, которые расположены на холмистой местности. Здесь резко возрастают транспортные проблемы, проблемы размещения городских коммуникационных сетей, резко возрастают затраты на доставку воды и бытовых стоков в жилых районах.

Решением городской транспортной проблемы, вызванной возрастанием числа автомобилей, уменьшением пропускной способности наземных автодорог, нехваткой парковочных мест для автомашин становятся метрополитен, городские автотранспортные и пешеходные тоннели мелкого заложения.

Предполагается, что в ближайшие годы под землей будет размещено около 70% всех гаражей, 80% складов, 40% промышленных предприятий, 30% административных и 50% коммунальных предприятий.

Метрополитен имеет такие разновидности:

- 1) надземные линии – при пересечении водотоков, в сложных топографических условиях, на выходах в депо, окраины городов;
- 2) линии скоростного трамвая – решение транспортной проблемы в местах наиболее загруженных городских магистралей при наличии большого потока как рельсового, так и безрельсового транспорта;
- 3) линии мини-метро – когда обычный метрополитен по своей провозной способности оказывается нерациональным или слишком дорогим;
- 4) облегченное метро – для периферийных городских районов.

Истоки тоннелестроения уходят в глубокую древность. Первый судоходный тоннель длиной около 160 м был построен во Франции на Лангедокском канале в 1679-1681 гг. Первый ж/д тоннель длиной 1190 м был построен в 1826-1830 гг. в Англии на линии Ливерпуль – Манчестер. Несмотря на быстрое развитие тоннелестроения, длина тоннелей, сооружавшихся с использованием ручного бурения и черного пороха, не превышала 3,5 км. Уровень техники ограничивал возможности строительства длинных тоннелей. Открытие пироксилина (1845 г.) и динамита (1866 г.), а также успешное применение в горном деле бурильных машин произвели технический переворот в тоннелестроении.

В России идея метрополитена долго не находила отклика у государства. И лишь 15 мая 1935 г. открылось пассажирское движение по первой линии

московского метрополитена протяженностью 11,2 км, включающей 13 станций. Затем в Ленинграде 15 ноября 1955 г. вводится в эксплуатацию первая линия Ленинградского метрополитена протяженностью 10,8 км.

При строительстве тоннелей применяют следующие способы проходки: горный; щитовой; открытые и специальные.

При строительстве тоннелей горным способом одной из наиболее трудоемких операций является разработка грунта. Некрепкие грунты можно разрабатывать вручную или с применением механизированных инструментов, крепкие грунты разрабатывают буровзрывным способом или рабочими органами тоннелепроходческих машин (ТПМ). В последнее время ведутся работы по созданию и внедрению новых, более эффективных способов разработки грунта: гидравлического, термического, электрофизического, химического.

К числу новейшего оборудования для строительства тоннелей горным способом относят проходческие комбайны, предназначенные для механизации отбойки и погрузки горной массы при проведении горизонтальных и наклонных от -18° до $+12^\circ$ горных выработок, в шахтах, опасных по газу и пыли, при строительстве подземных сооружений и разработке рудных и нерудных месторождений полезных ископаемых. Форма сечений выработок – любая, кроме круглой. Исполнительный орган – телескопическая стрела с продольно-осевой коронкой. К ним относят проходческие комбайны КП21, 1ГПКС, КСП-35 (рис. 1).



КП21



1ГПКС



КСП-35

Рис.1. Проходческие комбайны

При строительстве тоннелей щитовым способом основные горнопроходческие операции и возведение обделки производятся под прикрытием подвижной временной крепи – щита. При этом достигается быстрое закрепление выработки постоянной обделкой, осуществляется комплексная механизация всех технологических процессов, обеспечивается безопасность ведения работ, повышаются темпы проходки.

Для проходки автодорожных тоннелей применяют щиты кругового поперечного сечения диаметром 10...14 м. Они состоят из ножевого кольца, подрезающего грунт по контуру выработки и предохраняющего работающих в забое; опорного кольца, воспринимающего внешние нагрузки и несущего щитовые домкраты; хвостовой оболочки, в пределах которой монтируют тоннельную обделку. Различают щиты немеханизированные, в которых грунт разрабатывают вручную, и механизированные, оснащенные рабочим органом для разработки и удаления грунта. В настоящее время осуществляется комплексная автоматизация и механизация тоннельно-щитовых работ. На базе

механизированных щитов созданы проходческие комплексы, включающие в себя оборудование для всех видов горнопроходческих, монтажных, гидроизоляционных и вспомогательных работ (рис. 2). Основное оборудование размещают на технологической платформе, которая соединяется со щитом и перемещается вместе с ним.

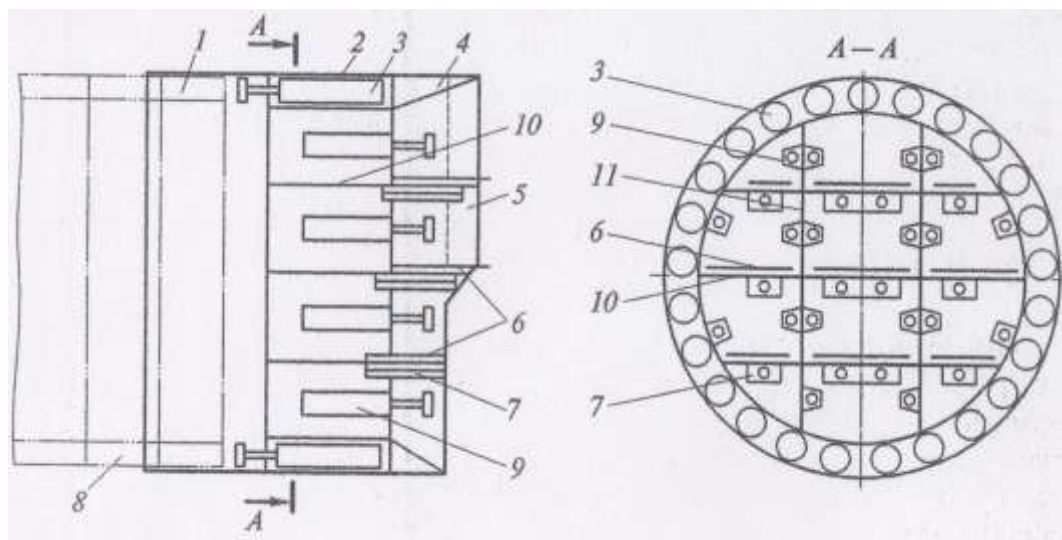


Рис. 2. Схема проходческого щита: 1 – хвостовая оболочка; 2 – опорное кольцо; 3 – щитовые домкраты; 4 – ножевое кольцо; 5 – аванбек; 6 – выдвижные платформы; 7 – платформенные домкраты; 8 – обделка; 9 – забойные домкраты; 10 – горизонтальные перегородки; 11 – вертикальные перегородки.

Для ведения щитов созданы системы автоматического контроля с лазерными геодезическими приборами и электронным оборудованием. Монтаж сборных обделок при щитовой проходке производят тубинго- и блокоукладчиками, которые размещают непосредственно на щите или на специальной тележке. При щитовой проходке тоннелей, так же как и при горном способе, устраивают искусственную вентиляцию, освещение и водоотлив.

В последние годы на базе механизированных созданы автоматизированные щиты, управляемые бортовыми компьютерами.

Крупнейшим в мире является тоннелепроходческий комплекс Bertha, созданный для проходки двухуровневого подземного тоннеля в Сиэтле. Его размеры являются впечатляющими (рис.3). Машина состоит из 48 частей общим весом 7777 тонн и занимает объем 31606 кубических метров. Вес наиболее тяжелого элемента составляет приблизительно 9000 тонн. Диаметр 6350-тонного комплекса составляет 17,5 метров, а длина 99,3 метра.

Вращающаяся часть машины (ротор) оснащена двумястами шестьюдесятью резцами разного назначения, так как одни из них могут разрушать относительно мягкие грунты, другие справляются с крупными валунами, третьи способны выбирать разрыхленный грунт и направлять его в камеру грунтопригруза. Из этой камеры материал ликвидируется благодаря шнековому конвейеру, а после попадает на ленточный транспортер.

Комплекс мощностью в двадцать пять тысяч лошадиных сил движется на десять метров в день, одновременно с земляными работами размещая на стенках тоннеля бетонные блоки обкладки толщиной 0,6 метра каждый. Каждое кольцо обкладки состоит из десяти блоков, а его вес составляет сто шестьдесят три тысячи килограммов.



Рис. 3. Тоннелепроходческий комплекс Vertha и тоннель в Сиэтле

Хотя комплекс в существенной мере является автоматизированным, для его обслуживания все еще необходимо двадцать пять человек. Основная задача оператора заключается в слежении за процессом работы всех систем Vertha, используя различные датчики и видеокамеры. Внутри машины предусмотрено расположение комнаты для отдыха персонала и кухни.

Проходческие щитовые комплексы ПЩМ предназначены для проходки коллекторных тоннелей внутренним диаметром 3,2; 3,6 и 4,0 м с креплением железобетонными модульными блоками в неводоносных или осушенных водопонижением грунтах I-IV категорий по СНиП, а также в водонасыщенных грунтах в сочетании со специальными способами работ (замораживанием, химическим укреплением, избыточным давлением сжатого воздуха и др.)

Ряд тоннелепроходческих комплексов (Herrenknecht AVN 1500, LOVAT RME-375 SE 21400, Robbins DS1413) представлен как горнотехническое оборудование, они предназначены для прокола скальных пород в цельной породе, для смешанного грунта и мягкой породы.

Городские автотранспортные и пешеходные тоннели мелкого заложения сооружают преимущественно открытыми способами с предварительным вскрытием поверхности земли. В зависимости от характера городской планировки и застройки, условий движения транспорта и пешеходов применяют котлованный и траншейный способы, являющиеся разновидностями открытого способа работ. Новейшим оборудованием для строительства тоннелей открытым способом являются, например, Гусеничный экскаватор Hyundai R480LC-9S, Колесный бульдозер Komatsu WD900-3, Самосвал HOWO 6 x4.

При строительстве тоннелей или их участков под дорогами, дамбами, небольшими реками, каналами, возвышенностями, под фундаментом зданий или подземными коммуникациями применяют способ продавливания (рис. 7). Сущность этого способа состоит в том, что обделку вдавливают в грунт домкратной установкой (3), расположенной на поверхности земли или в котловане. Домкратная установка остается неподвижной на весь период работ. Вперед продвигаются секции обделки (2) с головным звеном (1), выполненным в виде специальной режущей ножевой конструкции. Под защитой этой конструкции разрабатывают грунт и выдают его по готовой части тоннеля на поверхность земли. Новейшее оборудование для строительства тоннелей специальными способами являются: домкратные установки для продавливания труб, виброударная установка УВГ-51, подъемный кран Grove GMK 7450.

Настоящая ситуация в отрасли метростроения такова, что наиболее эффективным в условиях плотной городской застройки является закрытый способ строительства метро на мелком заложении с применением тоннелепроходческих механизированных комплексов с активным пригрузом забоя и сборной водонепроницаемой обделкой. Строителями освоены прогрессивные технологии сооружения тоннелей без помех для эксплуатации различных магистралей с использованием защитных экранов из труб и грунтоцементных свай, метода продавливания.

В то же время, самым слабым местом отечественного метростроения сегодня является отсутствие собственного производства тоннелепроходческих комплексов и другого оборудования для подземного строительства. Конечно, в краткосрочной перспективе покупка ТМПК за рубежом экономически выгоднее, но не надо забывать, что отрасль щитового машиностроения имеет стратегическое для страны значение.

Список литературы

1. Освоение подземного пространства мегаполисов: Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). – М.: Издательство «Горная книга». – 2013. – № ОВ7. – 256 с.
2. Гарбер В.А. Проблемы качества в тоннеле- и метростроении. Роль науки в обеспечении высокого уровня качества. // Метро и тоннели. – 2015 г. – № 2. – С. 21 – 24.
3. Гоппе В.Р. Проблемы проектирования новых линий московского метрополитена. // Метро и тоннели. – 2015 г. - № 4 – С. 10 – 13.