

## О строительстве Московского метрополитена

*Г.Л. Сафина, А.Н. Рожков, А.М. Мыльников*

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет*

**Аннотация:** Ни один современный мегаполис невозможно представить без такого общественного транспорта, как метро. Метро является важнейшим элементом инфраструктуры для крупных городов и предоставляет удобный, быстрый, безопасный и экологически чистый способ передвижения для населения. Строительство метрополитена - длительный и сложный процесс, который требует больших инвестиций и учета множества факторов. При строительстве станций метро необходимо проводить работы по прокладке инженерных коммуникаций, таких как электрические кабели, трубопроводы для водоснабжения, канализации, вентиляции и других систем. Эти коммуникации обеспечивают работу станций и комфорт для пассажиров. Возведение инженерных сетей в метрополитене является сложным и многолетним процессом, требующим применения новых технологий и высокой квалификации специалистов. Однако, правильное планирование и координация работ может значительно сократить время и затраты на проект, обеспечивая бесперебойную работу станций метро в будущем. Работа посвящена особенностям строительства Московского метрополитена, который считается одним из крупнейших метрополитенов в мире по протяженности и пассажиропотоку.

**Ключевые слова:** метрополитен, инженерные коммуникации, кабель высокого напряжения, вентиляционная шахта, тоннельный вентилятор.

Метрополитен (или метро) – это подземная железнодорожная система, которая обычно используется для перевозки пассажиров в городах. Метрополитен представляет собой сеть тоннелей и станций, соединенных между собой и обслуживаемых поездами на специальных рельсах.

История создания и строительства современным методом метро кроется в глубоком 1825 г., именно тогда известный на то время английский инженер французского происхождения Марк Изамбард Брюнель начал строительство первого в мире тоннеля под рекой Темзой при помощи изобретённого им проходческого щита [1, 2]. В диаметре тоннели могут различаться от одного до 19 метров. Самый большой диаметр тоннеля в мире составляет 17.6 м, если быть точнее, это диаметр проходческого щита, используемого в строительстве автомобильного тоннеля в Гонконге [3].

В настоящее время для строительства Московского метро используются 6-метровые и 10-метровые тоннелепроходческие механизированные комплексы. Все 6-метровые щиты названы женскими именами, например: «Марина», «Ольга», «Людмила» и «Светлана», «Роза» и «Наталия». Десятиметровые щиты, иначе их еще называют щитами-гигантами, кроме одного, также имеют женские имена: «Надежда», «Виктория», «Лилия» и «Победа» (рис. 1). Связано это с тем, что покровительницей метростроителей является святая Варвара, и во всем мире принято давать названия щитам в честь выдающихся женщин.



Рис. 1. – Проходческий щит-гигант «Победа» [4]

Метро в Москве появилось 15 мая 1935 г. Первая линия метро протяженностью 11 километров соединяла станции «Сокольники» и «Парк культуры». Четыре вагона входили в первый состав. Интервал между поездами составлял более 5 минут [5]. Сейчас Московское метро считается одним из крупнейших в мире по протяженности и пассажиропотоку, помимо этого признано самым красивым [6].

Рассмотрим более подробно, что представляет собой строительство метрополитена в настоящее время. В данном строительном процессе можно выделить следующие этапы:

1. Выбор места проведения работ. На этом этапе необходимо учесть густонаселённость данной территории, сколько жилья планируется возвести

---

в дальнейшем, наличие промышленных предприятий и заводов, крупных бизнес-центров, в которые люди ежедневно пребывают на работу и т.д. [7]. При выборе места для новой станции метрополитена так же влияет и фактор населённости соседних районов.

2. Инженерные изыскания [8]. Это комплекс мероприятий, направленных на изучение технических, геологических, гидрологических и геомеханических условий, на которых будет осуществляться строительство метрополитена. В процессе инженерных изысканий проводятся геодезические работы для определения границ участков строительства, замеров высот, маркировки осей тоннелей и станций. Также проводятся геологические исследования для определения состава грунта, глубины залежания подземных вод и расчёта нагрузок на фундаменты сооружений [9].

Для проектирования и строительства тоннелей проводятся гидрогеологические изыскания, которые позволяют определить уровень грунтовых вод, их поток и направление движения, а также характеристики породы и прочности грунта.

Также проводятся инженерно-геологические изыскания для определения условий крепления грунта, исследования влияния подземных вод на конструкции и прочности грунта, оценки степени опасности обрушения, проводятся исследования по определению возможности захвата карстовых полостей и проникновения грунтовых вод в туннельные сооружения [10].

Таким образом, инженерные изыскания позволяют получить необходимую информацию для проектирования и строительства метрополитена, а также для принятия мер по предотвращению аварийных ситуаций и обеспечения безопасности на всех этапах эксплуатации метро.

3. Разработка проектной документации. В основу берутся результаты проведённых инженерных изысканий. При подготовке проекта задают глубину проходки, типы и виды конструкций и способ прокладки подземных

---

тоннелей, также составляют проектно-сметную документацию. Проект необходимо разрабатывать таким образом, чтобы никакие здания на поверхности, памятники архитектуры, парк не подверглись разрушению. При этом затраты государства на строительство должны быть как можно меньше. Если всё же существует необходимость в возведении тоннеля вблизи к поверхности земли, то создаются меры сохранности и безопасности этих объектов от шума, блуждающих токов и вибраций, возникающих при строительстве и эксплуатации линий метрополитена.

4. Строительно-монтажные работы. Согласно проектным решениям производят строительство тоннелей метро. Самый частый и экономичный вариант – строительство тоннеля на глубине менее 20 метров при условии, если на поверхности нет жилых домов, в основном линии метро проходят под магистралями. Что касается станций, то их строят двумя способами: закрытый и открытый. В Москве новые станции метро строятся открытым способом (рис. 2).



Рис. 2. – Открытый способ строительства станции метро «Народное Ополчение» (авторская разработка).

Открытый способ подразумевает строительство в разрытых котлованах. Закрытый способ применяется при строительстве глубоких линий метро, он является самым трудоёмким и дорогостоящим [11, 12].

Теперь поговорим об инженерных коммуникациях, возводимых при строительстве метрополитена. Перед застройкой крупных объектов, таких, как метрополитен, необходимо выносить/демонтировать инженерные коммуникации из зоны стройплощадки (электрические кабели, опоры освещения, опоры двойного назначения, кабели освещения, водопровод, бытовую канализацию, теплотрассу и многие другие). Аналогично строятся новые сети для будущей эксплуатации метро.

Электрические кабели высокого напряжения до 20 кВ являются одной из основных инженерных сетей, необходимых для обеспечения надежной работы метрополитена (рис. 3). Высоковольтные кабели проходят через тоннели метро и соединяют станции с электроподстанциями, где происходит преобразование напряжения. Электрические кабели высокого напряжения представляют собой сложную сеть, которая должна работать без сбоев, чтобы обеспечивать безопасность и надежность метро. По официальным данным ГУП «Метрополитен» за 2018 г. в строящихся тоннелях метро было проложено более 180 км кабеля высокого напряжения.



Рис. 3. – Изолированный кабель высокого напряжения  
(авторская разработка)

Ещё одна из важнейших коммуникаций – это вентиляционная камера/шахта (рис.4). Вентиляционная система в метро требуется для поддержания необходимого уровня кислорода внутри тоннеля, а также для



удаления загрязнений и отходящих от поездов выхлопных газов. Она также помогает снизить температуру внутри тоннеля в жаркую погоду и предотвратить образование конденсата в холодное время года.



Рис. 4. – Вентиляционная шахта (авторская разработка)

Тоннельные вентиляторы являются основой современной системы вентиляции в метро. Они установлены вдоль всей длины тоннеля и обеспечивают подачу свежего воздуха и удаление отработанного воздуха из тоннеля. Тоннельные вентиляторы работают на принципе вытяжной вентиляции. Они создают разрежение внутри тоннеля, что приводит к движению воздуха из зоны высокого давления (внешней среды) в зону низкого давления (внутри тоннеля). Таким образом, свежий воздух поступает в тоннель через воздухозаборные устройства, расположенные на поверхности, а отработанный воздух удаляется через вентиляторы, которые могут быть установлены как вдоль тоннеля, так и на концах станций [13].

В камере шахты обычно устанавливают два вентилятора с диаметром рабочего колеса до 2.5 м. Они имеют летний и зимний режимы. Режимы меняют в зависимости от сезона: летом вентиляторы работают на отток воздуха, зимой – на приток.

Современные тоннельные вентиляторы обладают высокой производительностью и энергоэффективностью, а также обеспечивают высокую надежность и безопасность. Они также могут быть оснащены

---

датчиками качества воздуха и автоматическими системами управления, которые позволяют поддерживать оптимальные параметры внутри тоннеля в реальном времени.

Артемовский машиностроительный завод ВЕНТПРОМ является основным производителем и поставщиком вентиляторов для Московского метрополитена (рис. 5).



Рис. 5. – Тоннельные вентиляторы (авторская разработка)

На основе всего выше сказанного можно заключить, что метрополитен является наиболее технически сложной формой общественного транспорта как в плане строительства, так и обслуживания. Без него перемещение на дальние расстояния наземным транспортом в густонаселенных городах заняло бы гораздо больше времени. Метрополитен включает множество инженерных сетей. Помимо основных, что описаны в статье, существуют слаботочные системы (такие, как телефон, интернет, пожарная сигнализация), водопровод, система откачки грунтовых и дождевых вод и другие. Все эти системы работают вместе, чтобы обеспечить безопасную и эффективную эксплуатацию метрополитена.

## Литература

1. Pike D.L. The Greatest Wonder of the World": Brunel's Tunnel and the Meanings of Underground London // *Victorian Literature and Culture*. 2005. Vol. 33, №. 2. Pp. 341–367
2. Brunel I. The life of Isambard Kingdom Brunel, Civil Engineer. Cambridge University Press, 2011. 614 p.
3. Chan A W Y., Yeung C.H.C., Westmoreland A.J., Fok S.W., Ng C.C.W., Guedon F. Construction of the Tuen Mun–Chek Lap Kok Link Sub-sea Tunnels in Hong Kong // *HKIE Transactions*. 2021. Vol. 28. № 3. Pp.139–153. DOI: 10.33430/V28N3THIE-2019-0043
4. Щит-гигант «Победа» проложил тоннель на восточном участке БКЛ. URL: [mos.ru/news/item/93374073/?utm\\_source=search&utm\\_term=serp](https://mos.ru/news/item/93374073/?utm_source=search&utm_term=serp)
5. Емельянов О., Карпухин Л. Московский метрополитен. М.: Московский рабочий, 1960. 108 с.
6. Киншт А.В., Шамец А.А. Культурно-эстетическая функция советского и российского метро // *Вестник ТГАСУ*. 2021. Т. 23. № 1. С. 34–49. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-1-34-49
7. Харченко И.Я., Пестрякова Е.А., Пискунов А.А, Харченко А.И., Бетербиев А.С., Сонин А.Н. Особенности проектирования, строительства и эксплуатации тоннелей метрополитена и притоннельных сооружений в условиях плотной городской застройки // *Транспортные сооружения*. 2019. Т. 6. № 3. 35SATS319. DOI: 10.15862/35SATS319
8. Шеина С.Г., Белаш В.В., Каменцев В.Ю., Мазин П.О., Ларин Н.С. Особенности инженерно-геологических изысканий для строительства в условиях плотной городской застройки // *Инженерный вестник Дона*. 2022. № 3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2022/7580](https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2022/7580)
9. Муравьева Е.А., Денисова Д.А., Манько А.В. Геологические особенности строительства эстакад метрополитена в районе Тху Тьем,





Хошимин // Инженерный вестник Дона. 2022. № 5. URL:  
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2022/7637

10. Пашкин Е.М. Инженерно-геологические проблемы строительства Московского метрополитена // Метро и тоннели. 2013. № 3. С. 32–34.

11. Бурлакова О.Д., Башкирова Е.А. Сравнительный анализ стоимости строительства метро в зависимости от технологии строительства // Вестник Самарского муниципального института управления. 2018. № 2. С. 51–57.

12. Леденцов К.Е., Закабуня Р.Ю. Анализ стоимости строительства метро в зависимости от технологии строительства. На примере плана метро г. Владивостока // Сборник научных статей по итогам VII международной научно-практической конференции «Мир в эпоху глобализации экономики и правовой сферы: роль биотехнологий и цифровых технологий». 2021. С. 79–84.

13. Зедгенизов Д.В., Попов Н.А. О повышении эффективности управления тоннельными вентиляторами метрополитена мелкого заложения // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2018. № 4. С. 124–133.

### References

1. Pike D.L. Victorian Literature and Culture. 2005. Vol. 33, №. 2. Pp. 341–367

2. Brunel I. The life of Isambard Kingdom Brunel, Civil Engineer. Cambridge University Press, 2011. 614 p.

3. Chan A W Y., Yeung C.H.C., Westmoreland A.J., Fok S.W., Ng C.C.W., Guedon F. HKIE Transactions. 2021. Vol. 28. № 3. Pp.139–153. DOI: 10.33430/V28N3THIE-2019-0043

4. Shchit-gigant «Pobeda» prolozhil tonnel' na vostochnom uchastke BKL [Shield-giant «Victory» tunnel on the eastern section of BCL]. URL: [www.mos.ru/news/item/93374073/?utm\\_source=search&utm\\_term=serp](http://www.mos.ru/news/item/93374073/?utm_source=search&utm_term=serp)



5. Emel'yanov O., Karpuhin L. Moskovskij metropoliten [The Moscow subway]. M.: Moskovskij rabochij, 1960. 108 p.

6. Kinsht A.V., Shamets A.A. Vestnik TGSAU. 2021. Vol. 23. № 1. Pp. 34–49. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-1-34-49

7. Harchenko I.YA, Pestryakova E.A., Piskunov A.A, Harchenko A.I., Beterbiev A.S., Sonin A.N. Transportnye sooruzheniya. 2019. Vol. 6. № 3. 35SATS319. DOI: 10.15862/35SATS319

8. Sheina S.G., Belash V.V., Kamencev V.YU, Mazin P.O., Larin N.S. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2022/7580

9. Murav'eva E.A., Denisova D.A., Man'ko A.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. № 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2022/7637

10. Pashkin E.M. Subways and tunnels. 2013. № 3. Pp. 32–34.

11. Burlakova O.D., Bashkirova E.A. Vestnik Samarskogo municipal'nogo instituta upravleniya. 2018. № 2. Pp. 51–57.

12. Ledencov K.E., Zakabunya R.YU. Sbornik nauchnyh statej po itogam VII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Mir v epohu globalizacii ekonomiki i pravovoj sfery: rol' biotekhnologij i cifrovyh tekhnologij». 2021. Pp. 79–84.

13. Zedgenizov D.V., Popov N.A. Fiziko-tekhicheskie problemy razrabotki poleznyh iskopaemyh. 2018. № 4. Pp. 124–133.