

Журнал

Тоннельной ассоциации России, входит в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

## Председатель редакционной коллегии

К. Н. Матвеев, председатель правления ТАР

## Зам. председателя редакционной коллегии

И. Я. Дорман, доктор техн. наук

## Ответственный секретарь

С. В. Мазеин, доктор техн. наук, зам. руководителя Исполнительной дирекции

## Редакционная коллегия

В. В. Адушкин, академик РАН

В. Н. Александров

М. Ю. Беленький

А. Ю. Бочкарев, канд. экон. наук

В. В. Внутских

С. А. Жуков

Б. А. Картозия, доктор техн. наук

Е. Н. Курбацкий, доктор техн. наук

М. О. Лебедев, канд. техн. наук

И. В. Маковский, канд. техн. наук

Ю. Н. Малышев, академик РАН

В. Е. Меркин, доктор техн. наук

А. Ю. Старков

Б. И. Федунец, доктор техн. наук

Т. В. Шелитько, доктор техн. наук

Ш. К. Эфендиев

## Тоннельная ассоциация России

тел.: (495) 608-8032, 608-8172

факс: (495) 607-3276

www.rus-tar.ru

e-mail: info@rus-tar.ru

## Издатель

ООО «Метро и тоннели»

тел./факс: +7 (495) 981-80-71

127521, Москва,

ул. Октябрьская, д. 80, стр. 3,

оф. 4206

e-mail: metrotunnels@gmail.com

## Генеральный директор

О. С. Власов

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов журнала только с письменного разрешения издательства

© ООО «Метро и тоннели», 2021

### Строительство метро

Помним историю, думаем о будущем 2

Южный участок Большой кольцевой линии – в высокой степени готовности 6

### Юбилеяры отрасли

История подготовки инженеров–строителей в МИИТе 10

Б. А. Лёвин, Т. А. Скрыбина

### Информация

Новые нормативно–методические документы для освоения подземного пространства в Москве 16

В. Е. Меркин, Е. Н. Петрова, В. В. Космин

China Railway Construction Corporation Limited 20

Заявление о политике ООО «СиАрСиСи Рус» в области промышленной безопасности 21

### Проектирование

Объемно–планировочные решения станций метрополитена Москвы мелкого заложения в сочетании с двухпутными перегонными тоннелями 24

Д. А. Бойцов

Новые станции третьей линии Минского метрополитена 28

В. Е. Шалаев

### Железнодорожные тоннели

Самый протяженный подводный тоннель в России 32

Л. В. Маковский, В. В. Кравченко

### Гидроизоляция

Опыт по восстановлению водонепроницаемости эскалаторного тоннеля из чугунных тубингов 34

Т. Е. Кобидзе, О. Б. Крымов

### В порядке обсуждения

Альтернатива строительства станции «Суворовская» Кольцевой линии метро в Москве 36

С. Е. Ермолаев

### Автомобильные тоннели

Тенденции освоения подземного пространства городов в связи с растущей автомобилизацией 38

М. А. Тимофеева, К. В. Романевич, И. В. Поцешковская

### Зарубежный опыт

Китай: ввод 700 километров метро в 2020 году 43

В. В. Космин

### Щитовая проходка

Гигант в Европе: самый большой ТПМК с грунтопригрузом пересекает финишную черту 44

Александр Эльз

Партнеры Тоннельной ассоциации России



Мосметрострой



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Российский университет транспорта (МИИТ) (с. 10)

## ПОМНИМ ИСТОРИЮ, ДУМАЕМ О БУДУЩЕМ

Одна из старейших российских строительных компаний в октябре этого года отмечает свое 90-летие. В преддверии юбилея АО «Мосметрострой» мы пообщались с генеральным директором Сергеем Анатольевичем Жуковым и узнали об основных событиях производственной жизни организации.



– Сергей Анатольевич, Ваша компания имеет долгую историю, множество строительных площадок, но, тем не менее, какой проект Вы назвали бы основным в настоящее время?

– За последние годы самый масштабный объект компании – строительство северо-восточного участка Большой кольцевой линии (БКЛ). Осенью 2020 г. мы завершили проходческие работы по сооружению перегонных тоннелей между шестью станциями БКЛ. В однопутном исчислении их длина составила 26,4 км. Станции «Авиамоторная», «Лефортово» и «Электрозаводская» уже введены в эксплуатацию и радуют жителей и гостей столицы современным дизайном и функциональностью.

То есть сегодня наши основные силы сосредоточены на строительстве еще трех станций северо-восточного участка – это «Марьиная Роща», «Рижская» и «Сокольники». «Рижская» и «Марьиная Роща» являются станциями глубокого заложения, там идет переборка боковых станционных тоннелей – железобетонные кольца диаметром 6 м меняют на чугунные диаметром 8,5 м. На «Сокольниках» уже завершены работы по возведению основных монолитных конструкций платформенного участка. Следующий этап – сооружение вестибюлей, монтаж инженерных систем и оборудования, а также архитектурная отделка полов, колонн и балконов. В тоннелях заканчиваются горно-капитальные работы, ведется проходка и устройство внутренних конструкций притоннельных сооружений, а также гидроизоляционные работы. Главной задачей на ближайшие месяцы остается укладка жесткого основания и верхнего строения пути.

– Удивите ли Вы жителей и гостей столицы новыми станциями, будет ли в них что-то новое или необычное?

– Конечно, ведь мир не стоит на месте, как и технологии. Например, станция «Марьиная Роща» БКЛ – одна из самых технически сложных строящихся станций столичного метрополитена, что признают и городские власти, и метростроители. Здесь уже сооружен самый протяженный наклонный ход длиной 130 м для четырех линий эскалаторов. К тому же, строители впервые сооружают четырехэтажный вестибюль вместе с блоком технических помещений и тягово-понижительной подстанцией. Обычно

эти инженерные сердца станций метро располагаются ближе к тоннелям, под землей.

Основные помещения входного павильона готовы, в них выполнена черновая отделка. Ведутся работы по монтажу инженерных систем, устанавливается силовое оборудование на тягово-понижительной подстанции и вентиляционное оборудование в самом вестибюле.

Дизайн единственного вестибюля является необычным для всей городской подземки: главным украшением станут округлые колонны, напоминающие фарфоровую посуду, а в качестве опор наземного фойе выступают огромные шары. К лету для них смонтируют металлические конструкции, которые удержат оригинальные детали будущей станции.

Готовность северо-восточного участка БКЛ оценивается примерно в 65 %, а запуск движения поездов планируется в 2022 г.

– Помимо северо-восточного участка БКЛ, на каких еще строительных площадках ведутся работы?

– Наша компания ведет работы по продлению Люблинско-Дмитровской линии, которая пройдет под МКАДом в поселок Северный. Всего на участке длиной 6,9 км появятся три новые станции: «Улица 800-летия Москвы», «Лианозово» и «Физтех». Три тоннелепроходческих комплекса задействованы в строительстве. Легендарный щит «Клавдия» прокладывает правый перегонный тоннель между станциями «Улица 800-летия Москвы» и «Лианозово».

Это единственный метростроевский щит канадской фирмы Lovat, не менявший своего имени на протяжении всего времени. Нынеш-

Станция «Электрозаводская» Большой кольцевой линии





**Общий вид на строящийся вестибюль станции «Марьяна Роща» Большой кольцевой линии**



**Дизайн-проект вестибюля станции «Марьяна Роща» Большой кольцевой линии**

няя проходка для опытной «Клавдии» – двенадцатая по счету. Оба перегона от «Лианозово» к «Физтеху» сооружают «Татьяна» и «Ирина». В феврале текущего года завершилась проходка наклонного хода второго выхода со станции «Окружная» Люблинско-Дмитровской линии, он соединит станционный зал с вестибюлем № 2. Пока на станции работает только один южный подземный вестибюль. Будущий северный выход станет частью транспортно-пересадочного узла, из которого пассажиры смогут пересечь на одноименные платформы МЦК и платформы пригородных электропоездов.

Помимо этого, три станции Каховской линии: «Каховская», «Варшавская» и «Каширская» с 2019 г. закрыты на комплексную реконструкцию. Совсем скоро самая короткая линия столичной подземки войдет в состав самой протяженной в мире кольцевой. Задача метростроителей не только сохранить исторический облик станций, но и внедрить современные инженерные системы, заменить верхнее строение пути и построить соединительную ветку в электродепо «Замоскворецкое». Сейчас на «Каховской» ведутся архитектурно-отделочные работы, выполняется устройство основных конструкций вестибюля и строительство нового пешеходного перехода на «Севастопольскую» Серпуховско-Тимирязевской линии. Общая готовность составляет 50 %. Параллельно идет устройство верхнего строения пути, отремонтированы тупики за станцией – они переданы под прокладку инженерных систем, идет обновление перегона между станциями «Каховская» и «Варшавская» для повышения надежности тоннелей и увеличения срока их службы. На «Варшавской» демонтирована облицовка платформы и разбираются путевые стены. По соседству, на «Каширской», установлена отсечная перегородка на станции, разобрана треть колонн и частично полы платформы, идет облицовка путевых стен. Что касается дизайна станций, то они не претерпят изменений, речь идет лишь о замене устаревших облицовочных материалов новыми. Литые настенные панно на станции «Каховская» на тему эпизодов Гражданской войны также сохранятся. Завершение реконструкции станции «Каховская» и ее открытие в составе южного



**7 декабря 2020 г. началась проходка правого перегонного тоннеля между станциями «Улица 800-летия Москвы» и «Лианозово» Люблинско-Дмитровской линии**

**Архитектурно-отделочные работы на станции «Каховская» Большой кольцевой линии**





Вид сверху на северные порталы тоннелей Чортановцы в Республике Сербия

Устройство верхнего строения пути в тоннеле Чортановцы (Республика Сербия)



участка БКЛ от «Прспекта Вернадского» до «Каховской» планируется в этом году.

**– Сергей Анатольевич, мы знаем, что Ваша компания имеет проекты за пределами не только Москвы, но и страны. Какие строительные площадки Вы считаете самыми значительными?**

– Действительно, границы нашей работы не ограничены столицей. Например, в рамках 2-го этапа проекта «Реконструкция тоннеля под рекой Амур у города Хабаровск на Дальневосточной железной дороге» Московский метрострой в 2020 г. подписал контракт и приступил к работам по реконструкции вентиляционной шахты № 3, зданий и сооружений ВОХР на острове Мостовой. До конца 2021 г. силами специалистов ММС Интернэшнл необходимо выполнить работы по отсыпке территории на острове, ремонт обделки вентиляционной шахты и притоннельных сооружений, строительство железобетонной рубашки, устройство противодиффузионной завесы, сооружение электропитательной, строительство объектов ВОХР, прокладку инженерных сетей и коммуникаций, благоустройство территории.

Также специалисты дочерней компании ММС Интернэшнл в 2020 г. продолжили работы по реализации контрактов в Республике Сербия. Главным объектом является строительство двух тоннелей на участке высокоскоростной железной дороги Стара Пазова – Нови Сад.

В прошлом году состоялись сбойки правого тоннеля протяженностью 1086 м и левого – длиной 1156 м. Сооружение постоянной обделки тоннелей было завершено осенью: правого – в сентябре, левого – в ноябре. В конце февраля 2021 г. закончили строительство верхнего строения пути по левому и правому перегонному тоннелю общей протяженностью 2242 пог. м. Также в этом году предстоит осуществить монтаж систем электроснабжения, электроосвещения, связи, вентиляции, систем пожаротушения и информационно-коммуникационных систем. Сдача тоннелей запланирована на 2021 г. Кроме того, в рамках другого контракта ведется строительство комплекса искусственных сооружений (ИССО) на этом же участке дороги, в том числе путепроводов тоннельного и мостового типов, подземных пешеходных переходов, водопропускных труб и др. К настоящему времени завершено сооружение конструктива по 41 объекту из 46. Сдача объектов ИССО в эксплуатацию также запланирована на 2021 г.

Специалисты ММС Интернэшнл работают и в Черногории. В начале декабря прошлого года компания приступила к реконструкции четырех тоннелей железнодорожной линии Врбница – Бар. По контракту предстоит выполнить работы по восстановлению обделки четырех тоннелей общей протяженностью 986 пог. м, в том числе бурение и инъектирование скважин, нагнетание за обделку, срубку деструктивного бетона, ремонт деформационных швов и трещин, нанесение напыляемой гидроизоляции и устройство обделки из армированного торкрет-бетона.





**Заместителю руководителя Исполнительной дирекции  
Тоннельной ассоциации России, доктору технических наук  
Сергею Валерьевичу Мазину – 60 лет!**

Сергей Валерьевич Мазин родился 16 апреля 1961 г. в селе Лойно Кировской области. В 1984 г. закончил физико-технический факультет Московского горного института и получил специальность горный инженер-физик.

С 1984 по 1996 г. работал на Норильском горно-металлургическом комбинате. Прошел путь от подземного лаборанта до начальника подземного участка прогнозирования и предотвращения горных ударов в шахтопроходческом управлении № 5 Норильского шахтостроительного треста. Занимался исследованиями и промышленным внедрением научных разработок в прикладных областях горного дела (проходка, крепление и закладка горных выработок, предотвращение горных ударов на глубоких горизонтах нового рудника «Скальный»). В 1993 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук.

После переезда из Норильска в Москву в 1996–1998 гг. работал подземным горным мастером «Специализированного управления подземных работ» (СУПР) на щитовой проходке подземных коллекторов диаметром от 2 до 4 м. Участвовал в подземном строительстве коллектора для инженерных коммуникаций по улице Цюрупы и Нахимовскому проспекту, канализационного коллектора в Матвеевском (Москва).

В период с 2001 по 2011 г. работал сервис-инженером в отделе больших щитовых машин фирмы «Херренкнехт тоннельсервис» филиала немецкой фирмы «Херренкнехт», производящей тоннелепроходческую технику. Занимался разработкой предпроектной и рабочей документации для механизации строительства тоннелей, паспортизацией нового оборудования, обучением технического персонала и анализом производственных процессов на работающих щитовых комплексах. Участвовал в техническом сопровождении монтажа, проходки, демонтажа и ремонта проходческих комплексов диаметром от 6 до 14,2 м, применявшихся в Москве в ходе строительства уникальных Лефортовского и Серебряноборских тоннелей, перегонных тоннелей Митинско-Строгинской линии Московского метрополитена.

С 2011 г. работает в Тоннельной ассоциации России – сначала начальником научно-технического отдела, а затем заместителем руководителя Исполнительной дирекции. Сергей Валерьевич принимал участие в экспертизе промышленной безопасности объектов Московского метрополитена и ряда проектов подземного строительства в России, а также экспертиз технических устройств на опасных производственных объектах. Участвовал в проектировании мероприятий промышленной безопасности в проектах организации строительства для объектов Люблинско-Дмитровской, Калининско-Солнцевской, Сокольнической и Кожуховской линии, участков Третьего пересадочного контура Московского метрополитена. Принимает участие в научно-техническом сопровождении проектирования и строительства объектов Московского метрополитена, в формировании и развитии нормативно-технической базы подземного строительства.

В 2013 г. Сергей Валерьевич защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук по теме: «Комплексный маркшейдерско-геофизический мониторинг для геомеханического обеспечения щитовой проходки при освоении подземного пространства мегаполисов».

С. В. Мазин – член редакционной коллегии журнала «Метро и тоннели», автор более 80-ти публикаций в научных журналах, читает курс лекций по программе «Современные эффективные, безопасные методы и средства строительства тоннелей, метрополитенов, прочих подземных сооружений» в Российском университете транспорта (МИИТ).

Является профессором кафедры транспортных тоннелей и метрополитенов Института Пути, строительства и сооружений РУТ (МИИТ), действительным членом Академии горных наук, членом Государственной аттестационной комиссии и диссертационных советов в Горном институте НИТУ МИСиС, членом Научно-технического экспертного совета ТАР, лауреат конкурса им. С. Н. Власова «Инженер года Тоннельной ассоциации России – 2015».

***Правление Тоннельной ассоциации России поздравляет Сергея Валерьевича с 60-летием  
со Дня рождения и желает юбиляру доброго здоровья, счастья и многих лет плодотворной  
творческой жизни, направленной на расширение применения комплексных подходов к освоению  
подземного пространства при реализации проектов развития  
транспортной инфраструктуры нашей страны.***

*Правление Тоннельной ассоциации России*

## ЮЖНЫЙ УЧАСТОК БОЛЬШОЙ КОЛЬЦЕВОЙ ЛИНИИ – В ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ ГОТОВНОСТИ

В этом году завершается строительство южного участка Большой кольцевой линии Московского метрополитена, в состав которого входят три станции: «Зюзино», «Воронцовская» (проектное название «Калужская») и «Новаторская» (проектное название «Улица Новаторов»). Сейчас работы находятся на завершающем этапе. Что делается и что осталось – об этом нашему журналу рассказал первый заместитель генерального директора ООО «ИБТ» Олег Николаевич Загребнев.



**– Олег Николаевич, до сдачи сразу трех объектов в эксплуатацию осталось всего полгода. Успеет ли ИБТ завершить все работы?**

– Все работы на участке ведутся согласно директивному графику. В активной фазе – монтаж верхнего строения пути от станции «Зюзино» до

«Калужской». Сегодня на всех трех станциях ведутся архитектурно-отделочные работы (рис. 1), монтаж внутренних и внешних инженерных сетей, обратная засыпка станций и возведение пешеходных выходов. То есть объекты находятся в высокой степени готовности.

Рис. 1. Строящаяся платформа «Зюзино»



– *Кстати, почему пешеходные выходы в большинстве случаев строят фактически в последний момент?*

– На самом деле – это обычный процесс с понятной логикой. Пешеходные выходы проще стыковать с уже готовым конструктивным станцией, нежели держать их в гордом одиночестве «на консервации» в ожидании возведения нескольких этажей подземки. Плюс это ускоряет весь процесс строительства и делает его более точным.

– *Вы озвучили информацию об архитектурно-отделочных работах. Можно ли говорить о том, что по их завершении по участку можно пускать пробный поезд?*

– Так говорить, конечно, нельзя, хотя было бы очень неплохо. Дело в том, что отделочные и облицовочные работы – одни из самых простых в создании станции метро. Чтобы украсить станцию мрамором или навесить панели на путевые стены, например, требуется всего одна неделя. Основной же объем работ, и, зачастую, самый сложный приходится на установку, монтаж и пусконаладку инженерных систем. Как правило, эта процедура занимает минимум полгода.

– *Во время проходки на участке «Зюзино» – «Калужская» (рис. 2) столкнулись со сложной гидрогеологией. В чем была проблема и как с ней справились?*

– Действительно получилась непростая история. Мы прошли больше половины пути, на обычной для ТПК скорости, как совершенно неожиданно столкнулись с водонасыщенным песком. У машин сточился режущий инструмент, который пришлось заменять, не выходя из-под земли. В течение 1,5 месяцев был проведен ряд сложных манипуляций, включая кессонные работы, после чего проходка была успешно завершена. Справедливости ради скажу, что если бы проектировщики рассчитали трассу на 2 м выше, этих проблем можно было бы избежать.

– *Честно сказать, ООО «ИБТ» славится своим оперативным решением вопросов. Как Вы думаете, что позволяет компании успешно и в кратчайшие сроки не только решать трудные задачи, но и вовремя выполнять свои обязательства перед городом?*

– Грамотное руководство, дисциплина, дружный коллектив, высококвалифицированные специалисты.

– *Какие планы у компании после сдачи южного участка БКЛ в эксплуатацию?*

– Завершить строительство участка Калининско-Солнцевской линии от «Расказовки» до «Внуково» (рис. 3 и 4), и участвовать в новых тендерах. Все-таки подземное строительство – наш конек, и хотелось бы продемонстрировать все наши возможности и способности на новых уникальных и сложных объектах.



Рис. 2. Готовый тоннель



Рис. 3. Трасса «Расказовка» – «Внуково»

Рис. 4. Котлован «Внуково»



**В мае 2021 г. Российский университет транспорта МИИТ (РУТ) празднует юбилей – 125 лет с момента основания. Сегодня – это крупнейший отраслевой вуз страны, исторически обеспечивающий многоуровневую профессиональную подготовку специалистов высочайшего класса, это базовый центр кадрового обеспечения и научного сопровождения развития транспортной отрасли.**

**Б**олее 80-ти выпускников МИИТа стали управляющими и главными инженерами ведущих строительных трестов, начальниками и главными инженерами заводов металлических и железобетонных конструкций.

Среди них:

- И. А. Иванченко (выпуск 1928 г.) – главный инженер и начальник Мостотреста, начальник Главмостостроя Минтрансстроя СССР, лауреат Государственной премии СССР;
- В. Т. Фёдоров (выпуск 1932 г.) – начальник Управления Моссовета по строительству набережных и мостов, начальник Главного управления шоссейных дорог;
- Г. П. Соловьёв (выпуск 1948 г.) – лауреат Ленинской премии, дважды лауреат Государственной премии СССР и премии Совета министров РСФСР, начальник Главмостостроя, член коллегии Минтрансстроя, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой оснований и фундаментов МИИТа;
- В. Г. Нак (выпуск 1949 г.) – заслуженный строитель РСФСР, председатель совета директоров «Ямалтрансстрой»;
- Ю. Е. Власов (выпуск 1951 г.) – начальник Главтоннельмостостроя Минтрансстроя СССР;
- В. Н. Боровиков (выпуск 1954 г.) – заслуженный строитель РСФСР, директор Воронежского завода мостовых металлических конструкций;
- Б. Н. Яцков (выпуск 1973 г.) – главный инженер Мосметростроя, разработчик про-

грессивных технологий строительства тоннелей механизированным способом;

- Б. М. Мурашов (выпуск 1980 г.) – генеральный директор ФГУ – Дирекция по строительству транспортного обхода города Санкт-Петербурга, почётный работник транспорта России, заслуженный строитель;
- Е. Г. Сур (выпуск 1981 г.) – соучредитель СК МОСТ, управляющей компании «УСК МОСТ», легенда отечественного мостостроения. На счету СК Мост много разнообразных строительных объектов, где эта фирма выступала субподрядчиком, в том числе недавно сданный в эксплуатацию вантовый мост во Владивостоке через пролив Босфор Восточный с самым большим пролётом в мире – 1104 м;
- А. Ю. Малафеев (выпуск 1988 г.) – главный инженер института «Гипротранспуть», почётный железнодорожник, почётный работник АО «Росжелдорпроект».

Выпускники МИИТа руководили и руководят не только производственными организациями, но и проектными и научными предприятиями. Более 40 человек были директорами и главными инженерами, в их числе:

- Е. И. Крыльцов (выпуск 1928 г.) – 22 года находился на посту генерального директора ОАО «Гипротрансмост»;
- М. С. Руденко (выпуск 1931 г.) – начальник ЦПКБ Мостотреста, заслуженный строитель РСФСР, лауреат Ленинской премии,

член постоянного комитета Международной ассоциации по мостам и конструкциям;

- П. С. Сметанкин (выпуск 1934 г.) – главный инженер Мосметростроя, лауреат Сталинской премии, заслуженный строитель РСФСР;
- К. С. Силин (выпуск 1938 г.) – Герой Социалистического Труда, доктор технических наук, профессор, академик Инженерной академии России, академик Китайской инженерной академии, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, заслуженный рационализатор РСФСР, автор 20 изобретений, кавалер двух орденов Ленина, лауреат Ленинской и Государственной премий СССР, премии Совета министров СССР;
- Н. Д. Сентюрин (выпуск 1951 г.) – начальник специального конструкторского бюро Главмостостроя, лауреат премии Совета министров СССР, заслуженный строитель РСФСР;
- В. И. Катанов (выпуск 1955 г.) – директор ВПТИтрансстрой, заслуженный строитель РСФСР;
- С. И. Сеславинский (выпуск 1957 г.) – генеральный директор АО «Метротранспро-транс», лауреат премии Совета министров СССР, заслуженный строитель РСФСР;
- А. В. Чернышёв (выпуск 1958 г.) – начальник Главтранспроекта, лауреат Государственной премии СССР, дважды лауреат премии Совета министров СССР;
- М. А. И. Родов (выпуск 1959 г.) – главный инженер ОАО «Гипростроймост», лауреат Го-



сударственной премии СССР и премии Совета министров СССР;

- Г. П. Корноухов (выпуск 1967 г.) – генеральный директор ОАО «Гипротрансмост»;
- Б. Ф. Канаев (выпуск 1970 г.) – директор Мосжелдорпроекта.

История МИИТа богата успехами изобретателей и рационализаторов, в числе которых:

- В. П. Самойлов (выпуск 1949 г.) – директор СКТБ и НТЦ «Мосинжстрой», автор и соавтор 60 изобретений, лауреат Государственной премии СССР, заслуженный строитель РСФСР;
- Э. В. Сандуковский (выпуск 1949 г.) – начальник комплекса управлений Мосметростроя, автор 16 изобретений, лауреат Государственной премии СССР;

- Н. Н. Бычков (выпуск 1952 г.) – автор более 60 изобретений в области транспортного строительства, заслуженный изобретатель Российской Федерации, лучший изобретатель Минтранстроя, лауреат Ленинской премии;

- В. П. Пассек (выпуск 1958 г.) – доктор технических наук, автор 50 изобретений, заслуженный изобретатель Российской Федерации, награжден золотой медалью на Международной выставке изобретений в Брно;

- В. Е. Меркин (выпуск 1961 г.) – директор НИЦ «Тоннели и метрополитены» ЦНИИСа, доктор технических наук, профессор, автор 63 изобретений, заслуженный изобретатель РСФСР, заслуженный изобретатель Российской Федерации, лауреат премии Совета министров СССР и премии имени П. П. Мельникова.

Героями Социалистического труда в разные годы стали выпускники МИИТа: В. В. Алексеев, А. Н. Комаровский, Ю. А. Кошелев, А. Г. Левин, Г. А. Николаев, К. С. Силин, А. Ф. Смирнов, Т. В. Фёдорова.

Многие из выпускников университета в разное время находились на постах заместителей министров транспортного строительства.

В 2014 г. группа ученых МИИТа была удостоена премии Правительства Российской Федерации за коллективный труд «Учебные, научные и методические разработки по оптимизации и развитию сети железных дорог, строительству и управлению транспортными инфраструктурами для целевой подготовки высококвалифицированных специалистов». Работа выполнялась под руководством д. т. н. профессора Бориса Владимировича Гусева. Среди этих ученых – выпускники (а ныне сотрудники) МИИТа – первый проректор д. т. н., профессор В. В. Виноградов, директор ИПСС д. т. н., профессор Т. В. Шепитько, профессор, д. т. н. И. И. Иванченко, профессор к. т. н., зав. кафедрой Э. С. Спиридонов, доцент, к. т. н. Т. А. Скрыбина.

В настоящее время многие выпускники МИИТа занимают руководящие должности в проектных, строительных организациях и заводах. Например, выпускник МИИТа 1986 г. А. В. Бобриков является генеральным директором головной организации по проектированию мостов России ОАО «Гипростроймост» (Москва). Его по праву можно назвать блестящим руководителем и талантливым инженером.

Это далеко не полный перечень выпускников МИИТа, прославивших его во всех областях строительного искусства. В МИИТ приезжали стажироваться 821 человек, учиться в аспирантуре – 4132 специалиста и в докторантуре 12 человек, а защитившие или повысив свой научный уровень, уезжали к себе на родину будущие крупные учёные и педа-

гоги. Главное, что МИИТ всегда был, есть и будет замечательной кузницей инженеров-строителей и учёных.

Сохраняя традиции Императорского Московского инженерного училища с 1896 г. РУТ (МИИТ) прошел славный путь развития и становления, содействуя кадровому и научному обеспечению стратегии развития единого транспортного комплекса России.

Сегодня РУТ (МИИТ) – это современный образовательный комплекс, где учебный процесс и научная деятельность обеспечивается уникальным высококвалифицированным профессорско-преподавательским составом, комплекс, где готовят специалистов транспортного строительства мирового уровня.

В год 125-летия знаменитого МИИТа мы вспоминаем прошлое и понимаем, что его выпускники создают будущее, глубоко чувствуют социальное и экономическое значение своего труда и меру ответственности за созданные многими поколениями россиян уникальные сооружения страны.

Коллектив Тоннельной ассоциации России выражает глубокую признательность за многолетнее взаимодействие и надеется на дальнейшее плодотворное сотрудничество.

Поздравляем с юбилеем, выражаем преподавателям и сотрудникам благодарность за достойный уровень исполнения благородной миссии по воспитанию и подготовке инженерных кадров.

Желаем коллегам-единомышленникам, студентам и выпускникам продолжения славных традиций, претворения в жизнь новых замыслов, достижения поставленных целей!

*Правление Тоннельной ассоциации России*



# ИСТОРИЯ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ-СТРОИТЕЛЕЙ В МИИТе

**Б. А. Лёвин**, д. т. н., профессор, президент РУТ (МИИТ)  
**Т. А. Скрябина**, к. т. н., доцент РУТ (МИИТ)

**М**осковское инженерное училище Ведомства путей сообщения было основано 23 мая 1896 г., а 24 мая того же года получило название «Императорского» (ИМИУ) (рис. 1). Его создание было связано с потребностью России в инженерных кадрах путейцев-строителей. Институт инженеров путей сообщения в Санкт-Петербурге не мог полностью её удовлетворить.

Это был период бурного развития железнодорожного строительства в России, когда за 10 лет (с 1890 по 1900 гг.) было построено около 20 тыс. км дорог. Величайшим достижением мирового уровня по праву считается Великая транссибирская железнодорожная магистраль протяжённостью более 8 тыс. км (1891–1916 гг.). В 1916 г. газета «Ля Франс» писала: «После открытия Америки и постройки Суэцкого канала история не отмечала события более богатого прямыми и косвенными последствиями, чем строительство Сибирской дороги». На этой магистрали были сооружены уникальные мосты через реки Обь, Амур, Енисей, авторами проектов которых были выдающиеся мостовики Н. А. Белелюбский, Л. Д. Проскураков и др. (рис. 2).

Всё это и предопределило открытие второго в России учебного заведения по подготовке инженеров.

ИМИУ располагалось на Бахметьевской улице (ныне улица Образцова) и представляло собой учебное заведение, в котором были как лаборатории, оснащённые самым современным оборудованием (рис. 3), так и общежития для студентов. Отопление и освещение аудиторий были сделаны на высоком уровне. Хорошо продуманную систему вентиляции не имел ни один институт (как в



Рис. 1. Императорское Московское инженерное училище

России, так и за рубежом). ИМИУ явилось первым учебным заведением, электрическое освещение зданий которого предусматривалось проектом. Была даже своя домовая церковь (рис. 4), кстати, ныне восстановленная – церковь Святителя Николая Чудотворца.

Главным идеологом, а впоследствии куратором создания училища считается Н. П. Петров – инженер-генерал-лейтенант товарищ (заместитель) министра путей сообщения, почётный член Петербургской академии наук, участник строительства Транссибирской магистрали. Он возглавлял Департамент государственных железных дорог и Инженерный совет МПС.

ИМИУ должно было готовить технические кадры для практической деятельности в области железнодорожного строительства и

эксплуатации подвижного состава. Студенты, окончившие трехгодичный теоретический курс, посылались на двухлетнюю железнодорожную, строительную или другую инженерную практики. Звание инженера-строителя (с правом осуществления «всякого рода строительных работ и составления проектов сооружений, за исключением сложных проектов механизмов») выдавалось после получения удостоверений от технических специалистов об усиленном прохождении практики с защитой отчёта и сдачей экзаменов.

Первым директором ИМИУ был ординарный профессор Ф. Е. Максименко. Одновременно с открытием ИМИУ были созданы кафедры:

- «Строительная механика и мосты» (зав. кафедрой – ординарный профессор Л. Д. Проскураков)

Рис. 2. Железнодорожный мост через р. Амур по проекту Л. Д. Проскуракова



Рис. 3. Механическая лаборатория им. Л. Д. Проскуракова (со старой открытки)

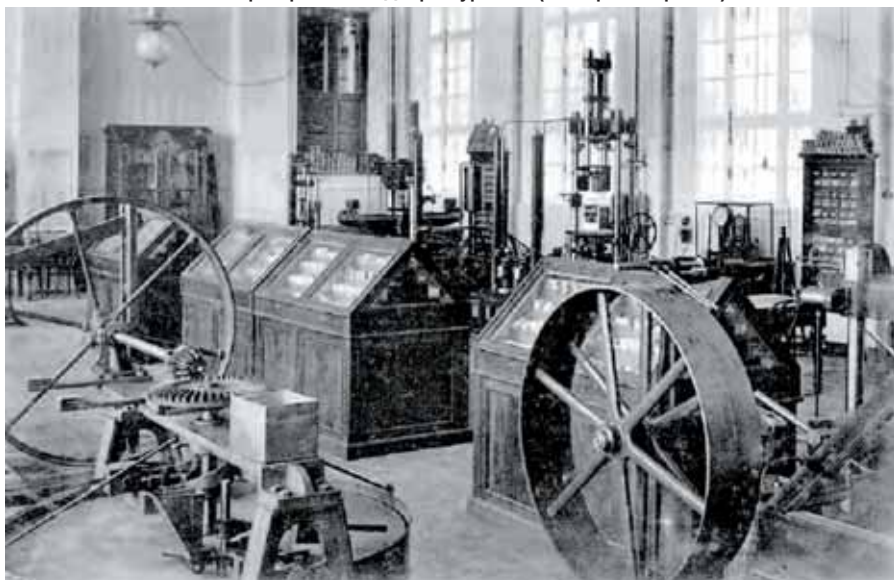




Рис. 4. Домовая церковь (актовый зал) – со старой открытки



Рис. 5. Железнодорожный мост через р. Енисей по проекту Л. Д. Проскурякова

ряков, получивший золотую медаль в Париже за мост через р. Енисей на Транссибе) (рис. 5);

- «Гидравлика и водоснабжение» (зав. кафедрой – Ф. Е. Максименко, такого набора приборов и работ, как на этой кафедре, не было ни в одном высшем учебном заведении России и за границей);

- «Физика» (зав. кафедрой – проф. П. Н. Лебедев, прославившийся работами по измерению влияния светового давления на твердые тела и газы);

- «Теоретическая механика» (зав. кафедрой – проф., академик С. А. Чаплыгин, имел много работ по гидроаэродинамике);

- «Геодезия» (зав. кафедрой С. М. Соловьёв – почётный член Общества русских зем-

лемеров, первый председатель Геодезического управления России);

- «Химия» (зав. кафедрой И. А. Каблуков – крупный специалист в области органической химии и соляных растворов);

- «Геология» и т. д.

В 1896 г. в училище было зачислено 63 студента, а занятия вели 18 преподавателей (ординарных профессоров, адъюнктов, штатных преподавателей и т. д.).

Первый выпуск состоялся в 1901 г., и молодые инженеры начали работать на строительстве Московской окружной железной дороге (1903–1908), где построили четыре моста через р. Москву – одни из лучших искусственных сооружений железнодорожно-

го строительства России (рис. 6). Все «выпускники занимали ответственные должности и обращали на себя внимание своей подготовленностью, знанием дела, работоспособностью и строгим соблюдением чести и служебного долга» (мнение Московского округа путей сообщения).

Среди первых выпускников ИМИУ были, например, И. П. Прокофьев, Б. Н. Веденисов (1901 г.), И. Г. Александров (1903 г.) и др.

И. П. Прокофьев, выдающийся специалист в области строительной механики, автор многочисленных учебников и книг; 26 лет заведовал кафедрой строительной механики в МИИТе. После Гражданской войны, как руководитель работ по восста-

Рис. 6. Андреевский железнодорожный мост через р. Москву по проекту Л. Д. Проскурякова





Рис. 7. Первая очередь Днепрогэса по проекту И. Г. Александрова

новлению мостов, он имел особый мандат, подписанный В. И. Лениным: все ведомства, не исключая военного, должны были неукоснительно выполнять его приказы. Он разработал теорию по расчёту устойчивости мостовых опор, «его деятельность способствовала техническому прогрессу советских железных дорог» (из высказывания министра путей сообщения И. В. Ковалёва).

Б. Н. Веденисов – крупнейший специалист в области земляного полотна, зав. кафедрой общего курса железных дорог МИИТа, был участником наиболее крупных строек СССР

И. Г. Александров – выдающийся инженер-мостовик; автор проектов многих мостов (в том числе Финляндского железнодорожного в Санкт-Петербурге); автор инструкций по ремонту мостов, зав. отделом проектов в Комитете государственных сооружений; автор проекта Днепрогэса (рис. 7); поддержал предложение о строительстве БАМа; представитель СССР в Международной комиссии по большим плотинам. Он был искусным

строителем мостовых сооружений, крупным механиком и одновременно энергетиком и экономистом.

Но выпускники ИМИУ не защищали дипломов и не получали звания инженера путей сообщения, хотя обладали высокими профессиональными навыками и теоретическими знаниями. Поэтому министр путей сообщения С. В. Рухлов предложил устранить это несоответствие и преобразовать ИМИУ в полноправный институт. Это и было сделано постановлением от 15 июля 1913 г.: ИМИУ было преобразовано в МИИПС (Московский институт инженеров путей сообщения), а 27 декабря он получил имя Николая II. «Уверен, что институт моего имени будет служить рассадником знающих и опытных инженеров на пользу дорогой Родине», – написал Николай II в телеграмме по поводу открытия МИИПСа. С этого времени МИИПС стал готовить инженеров путей сообщения «с правом на производство строительных работ и составление проектов всяких зданий и сооружений».

Рис. 8. Первая очередь строительства Московского метрополитена. Смоленский метромост



Первая мировая война 1914 г. обострила необходимость увеличения числа инженерных кадров для железнодорожного транспорта, поэтому Министерство путей сообщения приняло решение об увеличении численности студентов МИИПСа в 4 раза. В этот период институт готовил инженеров путей сообщения (железных, шоссейных и водных дорог), поэтому в его эмблеме присутствовали «топорик и якорь».

Гражданская война нанесла огромный ущерб стране. На железной дороге больше всего пострадали мосты. Их общая длина превышала 90 км, количество составило 3351 сооружение; было также разрушено 74 тыс. км железных дорог и уничтожено около 122 тыс. вагонов.

Поэтому перед вузами (в том числе перед МИИПСом) были поставлены задачи по подготовке инженеров, специализирующихся на восстановлении железных дорог, вокзалов, мостов и других сооружений. И в МИИПСе 15 сентября 1919 г. открылось новое подразделение – Рабфак (Рабочий факультет по ускоренной подготовке инженерных специальностей). В 1923 г. Рабфак (а в 1929 г. – МИИТ) окончил Н. Н. Соколов – генерал-директор пути и строительства 3-го ранга, участник Гражданской войны 1920–1922 гг., в дальнейшем главный инженер Центрального управления строительно-восстановительных работ 1943–1944 гг.

По распоряжению Наркомпроса РСФСР от 19 ноября 1924 г. Технические курсы НКПС были объединены с МИИПСом и образовали новое учебное заведение – МИИТ (Московский институт инженеров транспорта). В это время уже действовали пять факультетов: «Строительный» (с отделениями «Постройка железных дорог» и «Инженерные сооружения»), «Водный» (речное и морское направления), «Эксплуатационный», «Тяговый» и «Электромеханический».

После восстановления народного хозяйства от интервенции и Гражданской войны в 1935–1937 гг. отмечался самый пик строительных достижений в России, в которых активное участие принимали студенты и выпускники МИИТа. Так, 96 студентов факультета метростроения работали на строительстве первой очереди Московского метрополитена (рис. 8). В тот период кафедрой тоннелей руководил Л. Ф. Николаи; в свое время он входил в состав комиссии по исследованию на месте положения дел и хода работ Транссиба.

Студенты также работали на строительстве шести уникальных мостов через р. Москву: Б. Каменном, Б. Устьинском, Б. Москворецком, Б. Краснохолмском, Крымском и Новоспасском. В конкурсе проектов Б. Каменного моста принимали участие: Г. П. Передерий – заведующий кафедрой мостов МИИТа, И. Г. Александров и др. По смелости мысли, оригинальности архитектурного замысла все эти мосты были выдающимися отечественными сооружениями.

Братья Н. Д. и А. Д. Доронины, выпускники строительного факультета, изобрели прибор для полуавтоматического раскрытия парашюта, создали десантный парашют; за эти достижения были дважды удостоены Государственной премии СССР. В. Н. Баландин был организатором авиационной промышленности. Герой Социалистического труда, академик АН СССР, лауреат Государственной премии СССР, мостовик по образованию Г. А. Николаев долгое время был ректором МВТУ.

МИИТ прославили также А. Н. Комаровский и С. С. Давыдов. Генерал армии А. Н. Комаровский (выпуск 1928 г.) – главный инженер, начальник эксплуатации канала им. Москвы (рис. 9), заместитель наркома по строительству. Во время Великой Отечественной войны был начальником Управления по строительству оборонительных сооружений, руководил строительством здания МГУ на Ленинских горах; с 1963 г. – зам. министра обороны СССР по строительству и расквартированию войск.

Генерал-майор С. С. Давыдов (выпуск 1925 г.) – вице-президент Академии строительства и архитектуры СССР, вице-президент Международной федерации инженеров напряженного железобетона, д. т. н., профессор, автор проектов и научный руководитель многих сложных сооружений, член президиума и главный эксперт по строительным конструкциям НКПП СССР, председатель комиссии по проблемам строительства АН СССР. Во время Великой Отечественной войны работал в Кремле, в распоряжении Верховного главнокомандующего. Заведовал кафедрой подземных сооружений в Военно-инженерной академии; кафедрой строительных конструкций в МАРХИ, ВЗИСИ, МИИТе; лауреат Государственной премии; имел 40 авторских свидетельств на изобретения в области армополимербетона.

В этот период в МИИТе произошли большие организационные преобразования: например, на базе автодорожных специальностей в 1931 г. был образован новый институт – МАДИ, а водные специальности в 1930 г. перешли в Ленинградский институт инженеров водного хозяйства.

Первый студенческий строительный внутривузовский отряд был организован в МИИТе в 1928 г., когда за летний период достроили один этаж в первых корпусах (ввиду нехватки помещений) (рис. 10).

Большим событием в жизни института стало открытие в 1926 г. обучения по единому профилю «Военные сообщения». В 1930 г. в Москве была сформирована сводная студенческая территориальная стрелковая дивизия из трех стрелковых полков по три стрелковых батальона в каждом. В ней МИИТ сформировал 1-й батальон 1-го полка.

Студенческий батальон МИИТа состоял из пяти стрелковых рот общей численностью 1241 человек. Студенты III и IV курсов – бойцы батальона привлекались к караульной и патрульной службе на улицах Москвы. В 1937 г. был принят закон «О первичном во-



**Рис. 9. Железнодорожный мост системы Бачелиса через шлюз № 8 канала им. Москвы**

енном обучении студентов и студенток вузов и техникумов СССР». Не ограничиваясь рамками закона, МИИТ проявил инициативу – провёл в мае 1937 г. совместные учения своего сводного студенческого батальона и 1-го стрелкового отряда (полка) Западной железной дороги.

Выпускники МИИТа продолжали работать на уникальных строительных объектах. Так, в 1937 г. по проекту инженера А. И. Скрябина был построен уникальный мост-тоннель-канал в Тушине (г. Москва). Это был прообраз развязки в двух уровнях – паромов канала им. Москвы и автомобильного транспорта и пешеходов на Волоколамском шоссе (рис. 11).

К июню 1941 г. в МИИТе было уже семь факультетов, в том числе факультет промышленно-гражданского строительства (ПГС).

Великая Отечественная война нарушила мирные планы подготовки инженеров в МИИТе. Выпускники строительного, энергомеханического факультетов и мостов оканчивали краткосрочные курсы комсостава железнодорожных войск и направлялись в действующую армию.

Шестьсот студентов строили оборонительные сооружения в Кунцево и под Смоленском, стали бойцами 3-й Коммунистической дивизии, которая была преобразована в 53-ю гвардейскую Тартускую краснознаменную стрелковую дивизию сводного лыжного батальона. 112 выпускников вошли в состав железнодорожных войск и ВОСО. Эти войска восстановили 117 тыс. км пути, 15 тыс. мостов, 48 тоннелей, построили 2500 вокзалов, 2345 пунктов водоснабжения, 183 паровозных депо; воинские перевозки составили 486 477 поездов.

**Рис. 10. Современный вид 1-го корпуса МИИТа (после достройки одного этажа в 1928 г.)**





Рис. 11. Мост-тоннель-канал в Тушине по проекту выпускника МИИТа инженера А. И. Скрябина

6 июня 1941 г. была сформирована 6-я (160-я) Дивизия народного ополчения Дзержинского района, куда вошли 300 МИИТовцев; впоследствии эта дивизия получила название Брестской стрелковой краснознаменной. МИИТ гордится своими питомцами-фронтовиками: Героем Советского Союза В. В. Павловым (окончил факультет мостов и тоннелей, был инженером-подрывником партизанского соединения); секретарем Минского подпольного обкома партии Белоруссии И. Д. Варшавеней (окончил строительный факультет, в Минске в его честь названа улица); командиром партизанского соединения майором В. П. Чепигой (окончил факультет тоннелестроения, стал национальным героем Польши, посмертно награжден крестом Грюнвальда 3 степени).

Участниками Великой Отечественной войны, например, были выпускники МИИТа Ф. А. Гвоздевский (генерал-майор НКВД), И. Д. Гоцеридзе (нач. ГУВВРа); Н. М. Колоколов (уполномоченный НКПС по восстановлению мостов 5-го Украинского фронта); Б. П. Константинов (генерал-ди-

ректор пути и строительства 3-го ранга Юго-западного фронта, начальник Мостового управления ГУВВРа МПС); И. Л. Москалёв (руководитель восстановления 40 крупных мостов); В. Т. Фёдоров (формировал дорожные подразделения, обеспечивая операции во время конфликта с Японией); Н. А. Холин (генерал-директор пути и строительства 2-го ранга, начальник Мостового управления ГУВВРа, под его руководством были восстановлены 1300 малых мостов и труб, 2760 больших и средних мостов протяженностью 248 км, 46 железнодорожных тоннелей); А. Т. Цетуров (генерал-директор пути и строительства 3-го ранга, в годы войны руководил строительством оборонительных сооружений Ленинграда) и многие, многие другие.

МИИТовцы участвовали во всех крупных битвах и сражениях, дошли до Берлина. Герой Советского Союза полковник К. Я. Самсонов был командиром батальона, личный состав которого водрузил Знамя Победы над Рейхстагом. Впоследствии он работал на военной кафедре МИИТа.

Ни одна страна в мире, кроме СССР, не восстанавливала мосты со скоростью 81,5 м

в сутки. Так был восстановлен Дарницкий мост через Днепр длиной 1059 м (рис. 12), высоководный в Киеве – за 66 суток, наплавной в Днепропетровске – за 7,5 суток и т. д. В 1943 г. было построено 102 км новых линий, 762 искусственных сооружения. За сутки вводили в эксплуатацию 14,5 км железнодорожных путей.

Коллектив МИИТа до 1943 г. был эвакуирован в Новосибирск и Томск.

В 1944–1945 гг. создается факультет мостов и тоннелей. Его первым деканом стал выпускник МИИТа А. Ф. Смирнов, талантливый инженер, дважды лауреат премии Б. Г. Галеркина, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, член-корр. АН СССР, с 1954 по 1963 г. – заведующий кафедрой строительной механики МИИТа, впоследствии генеральный директор ЦНИИСКА им. Кучеренко.

Начался восстановительный период в СССР. Период высочайшего подъёма, энтузиазма и героизма трудовых будней советского народа. В 1946–1947 гг. студенты принимали участие в реконструкции Самотёчной площади, в 1956 г. 560 человек участвовали в работе первого добровольного Целинного отряда на Алтае; в 1957 г. 530 студентов, а в 1958 г. – 1200 студентов осваивали целину в Казахстане.

В 1974 г. началось грандиозное строительство Байкало-Амурской магистрали длиной 4300 км в условиях землетрясений 9 баллов, перепада температур 85 градусов Цельсия (–55 – +30 °С). На ней было построено 30 км тоннелей, 4 тыс. мостов, виадуков и труб, выполнено 400 млн м<sup>3</sup> земляных работ (рис. 13). И снова МИИТовцы приняли активное участие в этой стройке XX века, а также других объектах СССР. Ежегодно студенческие отряды в количестве 2500–2900 человек выезжали на БАМ: прокладывали железнодорожные пути, строили мосты, в том числе в Тынде, Беркаките, Чаре, Комсомольске-на-Амуре. Всего с 1959 и по 1981 г. силами студентов было освоено около 100 млн руб. капвложений. Кроме того, они восстанавливали Ташкент после землетрясения, строили трассу Архангельск – Карпогоры.

Рис. 12. Дарницкий мост через р. Днепр в Киеве



Рис. 13. Тоннель БАМа





Рис. 14. Останкинская телебашня в Москве



Рис. 15. Живописный мост через р. Москву

Учитывая заслуги студентов на стройках России – на целине (совхоз Софиевский) и БАМе (Тында) – улицы получили название «Миитовская». Имя «Миитовская» носит также железнодорожная платформа Рижского направления Московской железной дороги. Платформа построена в 1966 г. и по предложению студентов-строителей названа в честь МИИТа – института, который готовит инженеров транспорта. Она находится на 40-м километре участка Гучково – Новоиерусалимская.

Среди выпускников-строителей МИИТа было 20 лауреатов Госпремии СССР, 19 лауреатов премии Совмина СССР, 10 лауреатов Ленинской премии, 2 лауреата Сталинской премии, 39 заслуженных строителей РСФСР и России, 22 человека награждены орденом Ленина, 8 человек имели два ордена Ленина, 5 человек удостоены звания заслуженный деятель науки и техники РСФСР.

В МИИТе в своё время учились на строительном факультете И. Г. Иванов-Дятлов – участник Гражданской и Великой Отечественной войн, награждённый тремя Георгиевскими крестами; Питирим (К. В. Нечаев) – митрополит Волоколамский и Юрьевский, первый заведующий кафедрой геологии МИИТа; Б. В. Гусев – ныне заведующий кафедрой строительных материалов МИИТа, лауреат Государственных премий СССР и РФ, член-корр. РАН, президент Российской и Международной инженерных академий, д. т. н., профессор.

Выпускники МИИТа принимали участие в научных разработках, проектировании и строительстве уникальных объектов Москвы, таких как Останкинская телебашня (рис. 14) или Живописный мост через р. Москву (рис. 15).

В первой половине 1990-х гг. в МИИТе работало 64 кафедры, из них 35 – выпускающие. Всего за всю историю МИИТа было подготовлено более 140 тыс. инженеров и инже-

неров-экономистов (в том числе с 1901 по 2005 г. – 24952 инженера строительных специальностей), более 2,5 тыс. иностранных инженеров для 78 стран мира.

В 1990-е гг. началось трудное время перестройки. В соответствии с постановлением Совмина от 15 июня 1993 г. МИИТ получил статус университета и стал называться Московским государственным университетом путей сообщения.

В 1997 г. для улучшения и обеспечения работы структур подразделений принимается решение о создании крупных объединений – институтов родственных специальностей. Так, все строительные специальности были объединены в ИПСС (Институт пути, строительства и сооружений). Сюда вошли факультеты мостов и тоннелей, строительный, ПГС, САПР, менеджмент в строительстве и т. д. Было создано семь таких институтов.

Новая структура и новый подход к управлению (а также принятие «Положения о платной образовательной деятельности» в 1997 г.) стали стимулировать кафедры.

11 января 2009 г. в соответствии с постановлением Правительства России в состав МИИТа вошли РГО – ТУПС и 16 техникумов и колледжей железнодорожного транспорта ШУРС. МИИТ стал одним из крупнейших учебных заведений России. На момент объединения общая численность обучающихся составила 74,7 тыс. человек (в том числе более 40 тыс. по программе высшего образования и около 30 тыс. – среднего).

В разные годы МИИТу были присвоены специальные награды – орден Трудового Красного знамени в 1945 г., орден Ленина в 1946 г., орден Мира и дружбы (Венгрия) в 1976 г.

Сотрудники и преподаватели кафедр Института пути, строительства и сооружений

МИИТа постоянно принимают участие в исследованиях (как консультанты, руководители научных и практических разработок, в том числе как эксперты при строительстве, испытаниях или реконструкции объектов строительства России и зарубежья).

МИИТ хорошо известен не только в России, но и в странах Европы, Азии, Африки и Америки.

МИИТ бережно хранит лучшие традиции подготовки инженеров; воссоздан архитектурный облик первых корпусов ИМИУ, восстановлен Мемориально-музейный комплекс, и можно быть уверенным, что задумки руководителей университета будут обязательно выполнены преподавателями, сотрудниками и студентами – будущими выпускниками.

#### Список литературы

1. Анзин В. Для войск стальных магистралей // Режим доступа: <http://www.ug.ru/issues/?action=print&toid=4003>.
2. Архив Мемориально-музейного центра МИИТа.
3. Зинзинов Н. А., Рыжик С. А. Выдающиеся инженеры и учёные железнодорожного транспорта. М.: Транспорт, 1990.
4. Кабанов П. А. Стальные перегоны. М, 1973.
5. МИИТ на рубеже веков 2001 / Под ред. Б. А. Лёвина. М, 2001.
6. Транспортное строительство. Инженеры, ученые, организаторы транспортного строительства. Энциклопедия. Т. 2, М, 2001.
7. Лёвин Б. А. «МИИТовская» глава в истории Московского метрополитена // Метро и тоннели. –2016. –№ 2. –С. 35–36.
8. Левин Б. А., Скрябина Т. А. Из истории подготовки инженеров-строителей в МИИТе. «Путь и путевое хозяйство», –2012. –№ 8, –С. 35–40.

# НОВЫЕ НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА В МОСКВЕ

**В. Е. Меркин**, д. т. н., проф., ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации»

**Е. Н. Петрова**, к. т. н., МАДИ

**В. В. Космин**, к. т. н., Российская академия транспорта

**Как известно, в последнее время в Москве ведутся беспрецедентные по масштабам и технической сложности работы по освоению подземного пространства в городе. Прежде всего, это развитие метрополитена, который ежегодно прирастает новыми линиями, станциями и перегонами, и при этом темпы нарастают, планы грандиозные (рис. 1). Средняя длина линий и среднее количество станций, вводимых в эксплуатацию в год, были увеличены с 5,4 км линий и 2,6 станций в год за период 2007–2011 гг. до 13,09 км линий и 6 станций в год за период 2012–2020 гг. (всего за эти годы введено в эксплуатацию 117,81 км линий и 54 станции).**

Градостроительная и инженерно-геологическая обстановка на территории Москвы в высокой степени специфична и отличается высокой сложностью. В связи с этим правительством Москвы длительное время ведётся формирование региональной системы нормативно-методических документов (территориальных норм), в том числе по подземному строительству, отражающих указанную специфику и потребности проектно-строительных организаций города.

С 2016 г. в НИЦ «Тоннельной ассоциации» как компании-победителе конкурсов (с привлечением профильных организаций и отдельных специалистов) по заданию Департамента градостроительной политики г. Москвы разработан ряд документов нормативно-методического и справочно-методического характера по подземному строительству. Шесть из них вошли в Московский территориальный строительный каталог ([www.mtsk.mos.ru](http://www.mtsk.mos.ru)) и два документа проходят стадию утверждения. К числу разработанных документов относятся следующие.

• **Технические рекомендации по проектированию двухпутных перегонных тоннелей метрополитена щитами с активным пригрузом забоя и водонепроницаемой сборной железобетонной обделкой в гидрогеологических условиях Московского региона** (ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации» и АО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» при участии Тоннельной ассоциации России и ОАО «НИИ Мосстрой», утв. 15.10.2018 г.) [1].

Экономический эффект и сокращение сроков ввода объектов в эксплуатацию при проходке двухпутных тоннелей могут быть достигнуты в результате исключения значительной части притоннельных и пристанционных сооружений (камер съездов, сбоек и т. п.). Это имеет решающее значение в условиях г. Москвы с её плотной застройкой, большим числом существующих подземных сооружений и коммуникаций, затрудняющих размещение котлованов для строительства притоннельных сооружений открытым

способом. Отказ от строительства притоннельных сооружений закрытым способом в сложных инженерно-геологических условиях г. Москвы, требующим проведения значительного объёма работ по стабилизации грунтового массива, позволит также сократить расход материальных ресурсов и ускорить сроки строительства.

Рассматриваемые «Технические рекомендации ...» содержат материалы:

- по определению основных требований к изысканиям, пропускной способности, плану и продольному профилю, конструкциям, верхнему строению пути, инженерному обеспечению и оборудованию, защите городских сооружений, организации строительства, а также соблюдению требований санитарных норм и защиты окружающей среды при сооружении двухпутных тоннелей метрополитена;

- проектированию трассы двухпутных тоннелей (плана и профиля) в условиях городской застройки исходя из соображений уменьшения воздействия на окружающую среду, повышения безопасности, уменьшению рисков и снижению сроков строительства в увязке со станционными комплексами;

- проектированию конструкций обделок двухпутных тоннелей: общей компоновки (с горизонтальным или «винчестерным» размещением путей), размещению оборудования в тоннеле, расчёту и разработке конструкции обделок;

- методике расчёта конструкции и параметров (дизайна) форм для изготовления высокоточной обделки с учётом характеристик трассы тоннеля, экспериментальное проектирование и испытания тоннельной обделки для реального объекта строительства;

- оценке влияния сооружения тоннелей на окружающую городскую застройку, по геотехническому и геоэкологическому мониторингу, промышленной безопасности и оценке рисков от строительства;

- технологии сооружения перегонных тоннелей с помощью ТПМК, выбору рациональной организационно-технологической

схемы строительства участков линий с двухпутными тоннелями;

- контролю качества сооружения тоннелей ТПМК и возможному устранению дефектов

- геодезическому и маркшейдерскому сопровождению строительства;

- оценке экономической эффективности и рациональности сооружения участков линий с двухпутными тоннелями.

Особенностью нового документа являются адаптированные к двухпутным тоннелям требования по обеспечению эксплуатационной безопасности тоннелей.

• **Руководство по выбору материалов и технологий для стабилизации забоя и кондиционирования грунта при сооружении тоннелей механизированными щитовыми комплексами** (ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации» при участии Тоннельной ассоциации России, НИУ МГСУ, Горного института МИСиС, АО «ЦНИИС» и ОАО «НИИ Мосстрой», утв. 23.01.2019 г.) [2].

Это руководство устанавливает правила выбора материалов и технологий для кондиционирования грунта при сооружении тоннелей ТПМК с грунтовым пригрузом забоя, определяет эффективные области применения и основные требования к подбору кондиционирующих добавок, а также регламентирует порядок действий в случае возникновения нештатных ситуаций при проходке.

Кондиционирование (изменение свойств) грунта во время проходки выполняется с применением специально подобранных реагентов – пенообразователей, полимеров и бентонитового раствора.

Современные правильно подобранные реагенты также расширяют диапазон геологических условий, где может успешно применяться активный грунтовой пригруз забоя: от очень липких глин до крупного гравия ниже горизонта грунтовых вод, т. е. на участках, которые раньше были областью применения исключительно ТПМК с гидропригрузом.

Учитывая недостаточную изученность свойств новых материалов и технологичес-



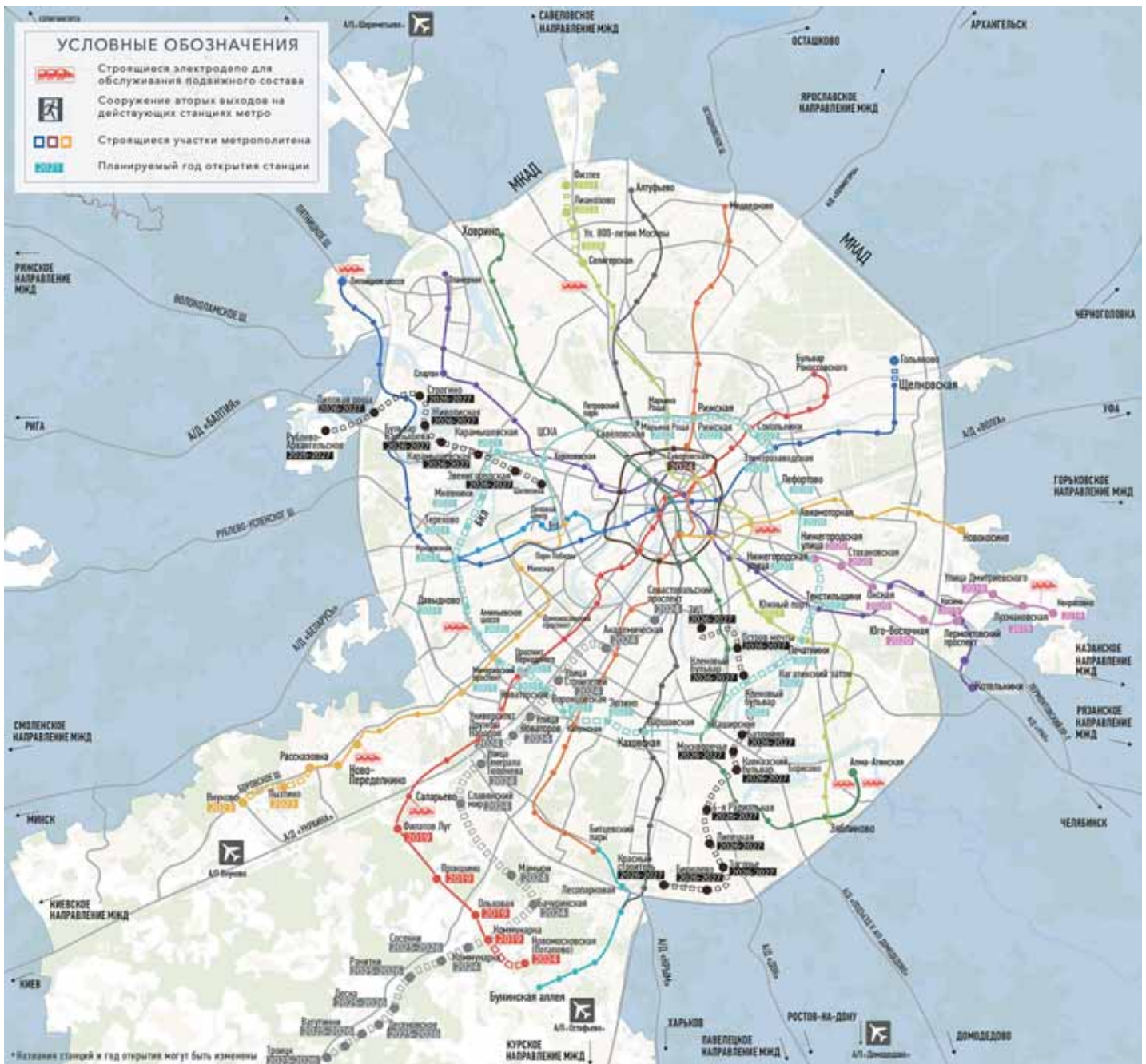


Рис. 1. Сеть Московского метрополитена (текущее состояние и ближайшая перспектива)

ких особенностей их применения, что во многих случаях приводит к возникновению нештатных ситуаций, разработка руководящего документа справочно-методического характера, в котором были бы прописаны требования к материалам и технологиям для стабилизации забоя и кондиционирования грунта при щитовой проходке в сложных геологических и градостроительных условиях города Москвы, – одна из актуальных задач для отечественного тоннелестроения, эффект от решения которой, учитывая практически повсеместное использование щитов с грунтопригрузом, особенно высокий.

Руководство основано на системном анализе и технико-экономическом сравнении зарубежных и отечественных современных материалов и технологий для стабилизации забоя и кондиционирования грунта, в том числе использованных при щитовой про-

ходке тоннелей в Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде, на олимпийских объектах в Сочинском регионе, за рубежом.

Требования Руководства распространяются на сооружение тоннелей с применением материалов и технологий для стабилизации забоя и кондиционирования грунта при щитовой проходке в г. Москве и в других регионах РФ в схожих градостроительных и геотехнических условиях.

Впервые представлены результаты комплексного использования современных технологий управления изменениями свойств грунтовых условий при проходке тоннелей.

Рассмотрены современные материалы для образования пенорастворов, полимерные и минеральные добавки в растворы, улучшающие грунтовые условия, в том числе:

- повышение однородности и пластичности грунта;

- снижение водопроницаемости разрабатываемого грунта;
- снижение вязкости грунта и повышение скольжения вращающихся деталей о грунт;
- уменьшение крутящих моментов вращающегося ротора и шнекового конвейера;
- уменьшение износа исполнительного органа вследствие снижения трения режущей поверхности рабочего органа;
- устранение налипания грунта на ротор щита;
- уменьшение величины крутящего момента вращающегося рабочего органа и шнекового конвейера.

Приводятся сравнительные данные по материалам для кондиционирования, применяемым в РФ и за рубежом.

Даны рекомендации по производству работ, описано устройство пеногенератора, рассмотрены вопросы контроля качес-



тва, в частности, контроль «кажущейся плотности» грунтового материала в призабойной камере.

Установлены правила выбора материалов и технологий для кондиционирования грунта при сооружении тоннелей механизированными щитами с активным грунтовым пригрузом забоя, определены эффективные области применения и основные требования к подбору кондиционирующих добавок, а также регламентирован порядок действий в случае возникновения нештатных ситуаций при проходке.

• **Руководство по проектированию и технологии выполнения работ по компенсационному нагнетанию в грунты основания для обеспечения сохранности зданий и сооружений при освоении подземного пространства в городе Москве** (ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации» и НИУ МГСУ при участии Горного института МИСиС, утв. 16.10.2019 г.) [3].

Метод компенсационного нагнетания, проведение которого возможно практически в любых нескальных грунтах, является одним из наиболее эффективных для защиты объектов, попадающих в зону влияния строящихся подземных сооружений.

Важным преимуществом технологии компенсационного нагнетания по сравнению с другими методами защиты зданий и сооружений является возможность прогнозирования и компенсации с высокой степенью достоверности процессов развития вероятных деформаций.

Руководство содержит требования к исходной информации для разработки проектов по компенсационному нагнетанию, а также требования к материалам и оборудованию и критерии их выбора применительно к характерным для Москвы условиям строительства, технологии нагнетания и расчётные положения применяемой методики.

Представлены основные положения методики расчётного обоснования технологических параметров компенсационного нагнетания и оценки изменения напряжённо-деформируемого состояния окружающего массива.

Описаны технология и методы производства работ в различных, характерных для

г. Москвы инженерно-геологических и градостроительных условиях.

Приводимые в Руководстве расчётные положения для определения технологических параметров нагнетания растворов, требования к материалам, оборудованию, алгоритму действий и контролю при производстве инъекционных работ прошли производственную проверку при строительстве метрополитеном ряда городов РФ.

• **Технические рекомендации по автоматизированному геотехническому мониторингу зданий и сооружений при освоении подземного пространства в городе Москве** (ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации» при участии АО «НИЦ «Строительство» НИИОСП им. Н.М. Герсеванова, ФГУП «ГСПИ» ГК «Росатом», АО «НИПИИ «Ленметрогипротранс», утв. 29.07.2019 г.) [4].

Во всех подземных работах необходимо применение систем мониторинга, поэтому современные способы предполагают автоматизацию процессов, что нашло отражение в Технических рекомендациях.

Для эффективного применения геотехнического мониторинга объектов строительства определены области рационального применения различных видов систем, измерительных устройств и способов выполнения работ, приведён перечень возможного к применению современного оборудования. Учтены практически все методы и средства для геотехнического мониторинга и сформулированы требования для их эффективной интеграции в автоматизированной системе, указаны частота измерений и требуемая точность. Разработаны требования к проектированию, монтажу и эксплуатации систем автоматизированного геотехнического мониторинга, а также к программному обеспечению для систем автоматизированного геотехнического мониторинга. Выполнена оценка потенциальной эффективности от применения автоматизированной системы комплексного геотехнического мониторинга на объектах стройкомплекса Москвы.

Основные положения Технических рекомендаций прошли опытную проверку и успешно применяются на объектах подземного строительства в Москве и Санкт-Петербурге. Возможный эффект от применения

положений Технических рекомендаций – снижение материальных затрат не менее, чем в 2 раза по сравнению с традиционными методами получения и обработки информации о техническом состоянии сооружений, повышение надёжности строительства и эксплуатации сооружений, профилактика нештатных ситуаций.

• **Руководство по проектированию бетонных и железобетонных тоннельных обделок с использованием композитных материалов** (ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации» при участии АО «ЦНИИС», ОАО «НИИ Мосстрой», ООО «Сигма Тау», утв. 30.12.2020 г.) [5].

Применение композитных материалов является одним из наиболее эффективных и апробированных способов снижения расходов на изготовление основных несущих и ограждающих конструкций тоннельных сооружений при освоении подземного пространства. Под композитными материалами в данном случае понимают такие материалы как фибробетон (ФБ) и фибронабрызг-бетон (ФНБ), сталефибробетон (СФБ), для изготовления которых используют конструкционную металлическую и неметаллическую фибру, при этом фибровое армирование может использоваться как замена стержневого армирования, так и в комбинации со стержневой арматурой.

Обделки тоннельных сооружений могут быть выполнены из одного композитного материала либо в комбинации различных композитных материалов (многослойные и комбинированные с другими видами крепления выработок конструкции).

Сборные элементы (блоки) тоннельных обделок выполняют из монолитного бетона или железобетона, армированного или неармированного стержневой арматурой с конструкционной металлической (стальной) фиброй.

Монолитные (многослойные и комбинированные) ограждающие конструкции представляют собой тоннельные обделки, выполненные из ФБ или ФНБ в сочетании с набрызг-бетоном (НБ), монолитным железобетоном, фибробетоном (МФБ), в том числе с арочным или анкерным креплением выработок.

Успешный опыт строительства подземных сооружений с применением обделок из композитных материалов за рубежом подтверждает высокую степень надёжности, прочности и долговечности конструкций из композитных материалов, что обуславливает необходимость разработки рекомендательных (методических) документов по проектированию и испытанию фибробетонных тоннельных конструкций в дополнение к существующей в РФ нормативной базе.

Дисперсное фибровое армирование компенсирует главные недостатки бетона – низкую прочность при растяжении и хрупкость разрушения. Армирование фиброй по сравнению с обычным стержневым армированием позволяет получить экономический

эффект при возведении и изготовлении конструкций вследствие:

- существенного сокращения трудоёмкости изготовления арматурных каркасов;
- снижения расходов на ремонт конструкций, уменьшения внутренних дефектов в виде неперовибрированных зон за стержневой арматурой и повышения стойкости к циклическим воздействиям (высушивание – увлажнение, положительные и отрицательные температуры);
- безопасности работы по креплению выработки при проходке тоннелей и повышенной её устойчивости, быстрого и безопасно проведения работ по восстановлению конструкций в случае аварийной ситуации при применении ФНБ.

В отличие от арматурных стержней и секток при растяжении конструкций, фибра в большинстве случаев выдёргивается без разрыва, включаясь в работу в момент формирования микротрещин в бетоне. Бетон благодаря наличию фибры способен выдерживать большие деформации растяжения после образования трещин. Таким образом, ФБ можно отнести к прочным, вязкоразрушающимся материалам.

Характеристикой свойства ФБ сохранять несущую способность при значительных деформациях следует считать показатель остаточного сопротивления растяжению.

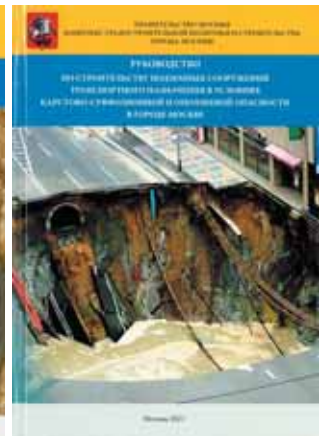
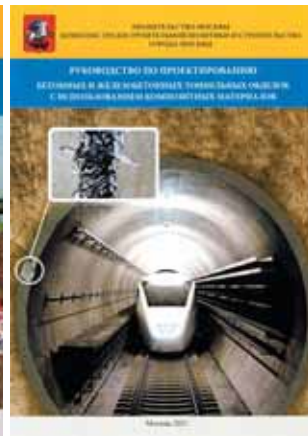
Руководство содержит правила проектирования сборных железобетонных и набрызг-бетонных тоннельных конструкций с использованием композитных материалов. При его разработке использованы результаты исследований отечественных и зарубежных учёных, анализ методов расчёта, опыт применения композитных материалов в различных областях строительства.

Возможный эффект от использования конструкций в соответствии с положениями Руководства – сокращение сроков (до 65 %) и стоимости (до 15 %) строительно-монтажных работ, снижение стоимости изготовления конструкций до 20 %, повышение их эксплуатационной надёжности и долговечности.

• **Руководство по строительству подземных сооружений транспортного назначения в условиях карстово-суффозионной и оползневой опасности в городе Москве** (ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации», Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН и НИУ МГСУ, утв. 30.12.2020 г.) [6].

Актуальность проблемы строительства в условиях карстово-суффозионной и оползневой опасности определяется необходимостью их учёта, поскольку в Москве 48 % территории города находится в зоне геологического риска, 12 % – в зоне потенциального геологического риска и только 40 % территории безопасно.

Обеспечение надёжности сооружений в условиях карстово-суффозионной и оползневой опасности требует применения дополнительных защитных мероприятий. Как



показывают исследования Института проблем комплексного освоения недр РАН, цена соответствующих мероприятий на отдельных участках городской территории может в 3–4 раза превышать затраты на аналогичные цели в благоприятных условиях заложения объекта.

Основные разделы Руководства содержат:

- алгоритм оценки риска, методики и примеры определения интенсивности образования и размеров карстовых провалов;
- алгоритм оценки риска, методики и примеры определения интенсивности образования и размеров оползней;
- мероприятия по защите сооружений в случаях карстово-суффозионной и оползневой опасности.

Потенциальные риски, обусловленные местными геологическими и гидрогеологическими условиями, в каждом отдельном случае должны выявляться экспертами и проектировщиками на стадии подготовки проекта. Затем выявленные риски могут быть снижены или исключены с помощью следующих мероприятий: выбор рациональных методов строительства, дополнительных изысканий по заранее разработанной программе, анализ надёжности и устойчивости конструкций и сооружений.

В результате количественной оценки рисков можно получить величину финансовых расходов, которые, как ожидается, будут отражать затраты на реализацию проекта и оценивать возможное увеличение сроков строительства.

Показано, какие конструктивные мероприятия по защите сооружений могут быть реализованы при строительстве подземных сооружений в условиях карстово-суффозионной опасности.

Отдельные результаты научных исследований, положенные в основу рассмотренных нормативно-методических документов, отражены также в монографии В. Е. Меркина, М. Г. Зерцалова и Е. Н. Петровой «Подземные сооружения транспортного назначения», вышедшей в 2020 г. в издательстве «Инфра-Инженерия» [7].

### Список литературы

1. *Технические рекомендации по проектированию двухпутных перегонных тоннелей*

*метрополитена щитами с активным пригрузом забоя и водонепроницаемой сборной железобетонной обделкой в гидрогеологических условиях Московского региона* (рук. В. Е. Меркин, утв. 15.10.2018 г.). М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 105 с.

2. *Руководство по выбору материалов и технологий для стабилизации забоя и кондиционирования грунта при сооружении тоннелей механизированными щитовыми комплексами* (рук. В. Е. Меркин, утв. 23.01.2019 г.). М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 63 с.

3. *Руководство по проектированию и технологии выполнения работ по компенсационному наметанию в грунты основания для обеспечения сохранности зданий и сооружений при освоении подземного пространства в городе Москве* (рук. В. Е. Меркин, утв. 16.10.2019 г.). М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 68 с.

4. *Технические рекомендации по автоматизированному геотехническому мониторингу зданий и сооружений при освоении подземного пространства в городе Москве* (рук. В. Е. Меркин, утв. 29.07.2019 г.). М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 139 с.

5. *Руководство по проектированию бетонных и железобетонных тоннельных обделок с использованием композитных материалов* (рук. В. Е. Меркин, утв. 30.12.2020 г.). – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 66 с.

6. *Руководство по строительству подземных сооружений транспортного назначения в условиях карстово-суффозионной и оползневой опасности в городе Москве* (рук. В. Е. Меркин, утв. 30.12.2020 г.). М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 175 с.

7. *Подземные сооружения транспортного назначения* / В. Е. Меркин, М. Г. Зерцалов, Е. Н. Петрова. М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. – 432 с.

### Для связи с авторами

Меркин Валерий Евсеевич  
mve11@inbox.ru  
Петрова Елена Николаевна  
nizta@inbox.ru  
Космин Владимир Витальевич  
vvcosmin@mail.ru



## CHINA RAILWAY CONSTRUCTION CORPORATION LIMITED

## 中国铁道建筑总公司



**China Railway Construction Corporation (CRCC) – вторая крупнейшая государственная строительная компания в Китайской Народной Республике. В списке крупнейших публичных компаний мира Forbes Global 2000 за 2019 г. заняла 200-е место (58-е по выручке, 310-е по чистой прибыли, 240-е по активам и 604-е по рыночной капитализации; из китайских компаний в этом списке заняла 35-е место).**

**Ф**ормирование компании началось в 1948 г. в виде подразделения Народно-освободительной армии Китая, в 1982 г. оно было переведено в подчинение Министерства железных дорог КНР. В 1990 г. Министерство свои предприятия по строительству и обслуживанию путей реорганизовала в две компании: China Railway Engineering Corporation и China Railway Construction Corporation, в 2000 г. они были выведены из подчинения министерства. В 2003 г. к China Railway Construction была присоединена другая государственная строительная компания – China Civil Engineering Construction Corporation.

China Railway Construction Corporation находится под контролем группы China Railway Construction Group, в свою очередь полностью подчинённой Комитету по конт-

ролю и управлению государственным имуществом Китая (SASAC).

Председателем совета директоров компании с июня 2018 г. является Чэнь Фэньцзянь, который ранее занимал руководящие посты в другой китайской строительной компании, China Communications Construction. Президент – Чжуан Шанбяо (с декабря 2017 г., в компании – с 2005 г.).

Компания занимается строительством железнодорожной инфраструктуры в Китае, тоннелей, мостов, скоростных шоссе, аэропортов, портов и др. На внутренний рынок приходится около 95 % выручки, более половины зарубежных контрактов приходится на страны Африки. Основные подразделения:

- строительство транспортной инфраструктуры (87 % выручки);

- разведка, проектирование и консультации (2,3 % выручки);

- производство оборудования (тоннелепроходческих комплексов, рельсоукладчиков, подъёмных кранов) и материалов (в первую очередь цемента и стальной арматуры, 2,2 % выручки);

- жилая недвижимость (в 2018 г. было сдано 6,64 млн м<sup>2</sup>, 5,1 % выручки);

- логистика (склады с общей площадью 1,33 млн м<sup>2</sup>, связанные с ними железнодорожные линии, хранилища для нефтепродуктов, 8,8 % выручки).

#### Проекты

В 2008 г. компания получила контракт на строительство железнодорожной линии протяжённостью 352 км, которая проходит с запада на восток Ливии, а также 800-километровой

линии от Себхи до Мисурата, по которой будут осуществляться перевозки железной руды.

В 2009 г. был заключён контракт на строительство метрополитена Мекки, в 2010 г. открылась его первая линия.

В 2011 г. открыта Пекин-Шанхайская высокоскоростная железная дорога.

В 2011 г. подписано соглашение о строительстве экспресс-линии между столицей Бангладеш и международным аэропортом страны, однако реализация проекта затянулась из-за нехватки финансирования, в 2018 г. был открыт первый участок, составляющий 10 % от всей линии.

В июле 2014 г. в Турции открыта высокоскоростная линия, связавшая Анкару со Стамбулом, построенная при участии CRCC.

В ноябре 2014 г. заключён контракт стоимостью около \$12 млрд с Нигерией, по

которому CRCC построит линию длиной 1400 км, которая свяжет столицу Лагос с портом Калабар; на начало 2019 г. проект оставался на стадии подготовительных работ.

В декабре 2015 г. компания заключила контракт о модернизации железной дороги между столицами Мали и Сенегала стоимостью \$1,26 млрд.

### Российское подразделение компании ООО «СиАрСиСи Рус»

ООО «СиАрСиСи Рус» с 2017 г. участвует в строительстве метро в Москве совместно с АО «Мосинжпроект».

В 2017 г. ООО «СиАрСиСи Рус» подписало контракт на строительство трёх станций Большой Кольцевой линии Московского метрополитена – «Аминьевское шоссе», «Мичу-

ринский проспект», «Проспект Вернадского». Их открытие планируется в 2021 г.

С апреля 2019 г. ООО «СиАрСиСи Рус» выполняет работы по строительству Коммунарской линии Московского метрополитена – станции «Улица Генерала Тюленева», «Славянский мир», «Мамыри».

Также ООО «СиАрСиСи Рус» уже участвует в строительстве транспортно-пересадочного узла «Мичуринский проспект».

В сентябре 2020 г. дочерняя компания China Railway Construction Corporation International подписала контракт на строительство пятого участка национальной автомагистрали Москва – Казань протяжённостью 107 км.

Кроме подрядов CRCC в России готова участвовать и как инвестор – делать это планируется через CRCC Real Estate.



## ЗАЯВЛЕНИЕ О ПОЛИТИКЕ ООО «СИАРСИСИ РУС» В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ



Во исполнение требований *Федерального Закона от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»* и *постановления Правительства РФ от 17 августа 2020 г. N 1243 «Об утверждении требований к документационному обеспечению систем управления промышленной безопасностью»* Общество с ограниченной ответственностью «СиАрСиСи Рус» (далее – ООО «СиАрСиСи Рус») заявляет о проводимой политике в области промышленной безопасности при эксплуатации опасных производственных объектов.

### 1. Цели и обязательства ООО «СиАрСиСи Рус» по снижению риска аварий на опасных производственных объектах и их представителями по вопросам обеспечения промышленной безопасности

**Цели:**

- обеспечение уровня промышленной безопасности в подразделениях, эксплуатирующих опасные производственные объекты, при которых риск возникновения инцидентов и аварий минимален и соответствует уровню развития техники и технологии;
- обеспечение безопасной эксплуатации опасных производственных объектов, предупреждение инцидентов, аварий и обеспечение готовности подразделений к локализации и ликвидации последствий аварий и инцидентов на опасных производственных объектах;
- снижение размеров экологического, экономического и социального ущерба от возможных аварий на опасных производственных объектах;
- обеспечение готовности формирований ООО «СиАрСиСи Рус», а также привлечённых по договору специализированных фор-

мирований к действиям по локализации и ликвидации последствий возможных аварий, пожаров и чрезвычайных ситуаций;

- предупреждение случаев травматизма работников ООО «СиАрСиСи Рус», эксплуатирующих опасные производственные объекты;
- проведение консультаций с работниками опасных производственных объектов ООО «СиАрСиСи Рус» и их представителями по вопросам обеспечения промышленной безопасности.

### Обязательства:

- соблюдение требований законодательства в области промышленной безопасности и охраны труда, планирование и реализация мероприятий по снижению риска аварий на опасных производственных объектах;
- обеспечение функционирования многоуровневого производственного контроля производственной деятельности предприятия в части обеспечения промышленной безопасности, охраны труда, пожарной и экологической безопасности;
- организация обучения персонала ООО «СиАрСиСи Рус» по вопросам промышленной безопасности, охраны труда, пожарной и экологической безопасности, действиям по локализации и ликвидации аварийных ситуаций и их последствий;
- соблюдение обязательств перед работниками ООО «СиАрСиСи Рус», предусмотренных действующим законодательством и направленных на организацию безопасного ведения работ, предупреждение несчастных случаев на производстве;
- внедрение в производство научных разработок, технологий и методов управления промышленной безопасностью и охраной труда;
- создание эффективной системы управления промышленной безопасностью;

- обеспечение реализации технической политики в области промышленной безопасности посредством применения современных практик в области экспертного сопровождения промышленной безопасности, технических освидетельствований, модернизации и замены технических устройств, выработавших установленный срок службы, обновления технологических процессов, а также соблюдение приоритета модернизации и замены технических устройств перед продлением срока их эксплуатации при организации и проведении планово-предупредительных ремонтов, в соответствии с требованиями промышленной безопасности;
- проведение эффективной кадровой политики, основанной на качественном подборе и расстановке руководителей и специалистов, имеющих и стремящихся на высоком профессиональном уровне неукоснительно соблюдать требования промышленной безопасности, а также на принципах постоянного повышения технического уровня персонала;
- формирование системы стимулирования (мотивации) персонала, эксплуатирующего опасные производственные объекты, к реализации мер по повышению уровня состояния промышленной безопасности;
- разработка и внедрение системы раннего предупреждения возможности возникновения инцидентов, аварий на опасных производственных объектах, представляющих потенциальную опасность, и обеспечение оперативной реализации комплекса превентивных мер, направленных на устранение потенциальных рисков;
- постоянная оценка рисков возникновения аварий, обеспечение разработки, реализации и контроля за исполнением мер по их снижению, а также страхование граждан-

ской ответственности владельца опасного производственного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном производственном объекте;

- требование от подрядчиков (субподрядчиков), ведущих работы для организации, соблюдения требований охраны труда, промышленной и экологической безопасности;
- осуществление информирования и поддержание открытого диалога о деятельности в области промышленной безопасности со всеми заинтересованными сторонами (общественность, государственные надзорные органы и др.).

## 2. Обязательства ООО «СиАрСиСи Рус» по проведению консультаций с работниками опасных производственных объектов и их представителями по вопросам обеспечения промышленной безопасности

ООО «СиАрСиСи Рус» считает основной целью деятельности в области промышленной безопасности обеспечение защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и их последствий.

ООО «СиАрСиСи Рус» осознает свою ответственность за возможное негативное проявление результатов деятельности по эксплуатации опасных производственных объектов и выражает уверенность, что указанная деятельность может и должна осуществляться без инцидентов и аварий.

Политика ООО «СиАрСиСи Рус» распространяется на всех руководителей и работников ООО «СиАрСиСи Рус», эксплуатирующих опасные производственные объекты, в том числе технологическое оборудование, поднадзорное Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор).

Проведение консультаций с работниками опасных производственных объектов и их представителями по вопросам обеспечения промышленной безопасности осуществляется с целью осознания работниками опасного производственного объекта того, что обеспечение промышленной безопасности есть неотъемлемая и важная часть трудовой деятельности организации.

ООО «СиАрСиСи Рус»:

- осознает свою ответственность за охрану жизни и здоровье персонала организации при эксплуатации опасных производственных объектов;
- выражает уверенность в том, что деятельность ООО «СиАрСиСи Рус» может осуществляться без аварий и инцидентов при эксплуатации опасных производственных объектов;
- обязуется соблюдать приоритетность мероприятий, связанных с предупреждением (предотвращением) аварий и инцидентов на опасных производственных объектах организации, а также ликвидации последствий этих событий;

- заявляет о своем стремлении к выполнению всех требований промышленной безопасности при эксплуатации опасных производственных объектов.

## 3. Обязательства ООО «СиАрСиСи Рус» по совершенствованию системы управления промышленной безопасностью

Основные принципы деятельности ООО «СиАрСиСи Рус» в области промышленной безопасности по совершенствованию системы управления промышленной безопасностью:

- признание и обеспечение приоритета жизни и здоровья работников организации по отношению к результатам производственной деятельности;
- установление единых требований на предприятии к организации работ в области промышленной безопасности с учетом мирового опыта;
- обеспечение непрерывного функционирования и совершенствования системы управления промышленной безопасностью ООО «СиАрСиСи Рус», являющейся частью общей системы управления промышленной безопасностью.

Реализация настоящей Политики является обязательством ООО «СиАрСиСи Рус» в области промышленной безопасности. Настоящая политика является открытым документом.

Генеральный директор ООО «СиАрСиСи Рус»



Мэн Тао

30.03.2021





**31 марта 2021 г. исполнилось 70 лет Чеканову Валерию Владимировичу, руководителю ОАО «Минскметропроект» с 1984 по 2018 г. и весьма известной личности в сообществе проектировщиков метро и тоннелей.**

В. В. Чеканов – заслуженный строитель Республики Беларусь, кавалер знаков «Почетный транспортный строитель России» и «Почетный строитель Российской Федерации», лауреат Премии Совета Министров СССР.

После окончания в 1973 г. Новосибирского института инженеров железнодорожного транспорта Валерий Владимирович работал в Ташметропроекте г. Ташкента. С 1977 г. начальник группы

конструкторского отдела «Минскметропроект» – филиала Всесоюзного Государственного Ордена Трудового Красного Знамени проектно-изыскательского института «Метрогипротранс».

В. В. Чеканов – первый главный инженер проектов 1-го участка 1-й линии Минского метрополитена. Лично проектировал первый тоннель метро от станции «Парк Челюскинцев» до станции «Московская».

В 1984 г. Валерий Владимирович возглавил Минскметропроект.

Являясь директором института, руководил проектированием и обеспечением ввода в эксплуатацию станций второй и первой линий Минского метрополитена, ряда объектов в Российской Федерации:

- автодорожные тоннели № 1 и 3 совмещенной (автомобильной и железнодорожной) дороги Адлер – горноклиматический курорт «Альпика-Сервис» для зимней Олимпиады 2014 г.;
- «Автомобильная дорога Алагир («Кавказ») – Нижний Зарамаг до границы с Республикой Грузия, тоннели на км 86+30 и км 93+00 в Республике Северная Осетия-Алания»;
- участок продления Замоскворецкой линии Московского метрополитена от станции «Красногвардейская» до станции «Алма-Атинская»;
- расширение электродепо «Печатники» и строительство электродепо «Братеево».

В. В. Чеканов – инициатор внедрения в ОАО «Минскметропроект» системы менеджмента качества ИСО 9000 (действует с 2002 г.) и ряда прогрессивных технических решений: монолитно-прессованная обделка, сборная железобетонная обделка, обжатая в породе, конструкция односводчатой полносборной железобетонной станционной обделки, строительство несущих конструкций методом «стена в грунте», которые впервые были использованы в практике проектирования и строительства метрополитена в Минске и городах бывшего СССР.

В настоящее время В. В. Чеканов продолжает успешно трудиться в родном институте «Минскметропроект» в должности заместителя главного инженера.

***Уважаемый Валерий Владимирович!***

***От имени всех проектировщиков и строителей подземных сооружений России поздравляем Вас со славным юбилеем!***

***Желаем Вам, Валерий Владимирович, доброго здоровья, благополучия и долгих лет жизни. Чтобы Ваше жизненное кредо – проектировать так, чтобы не только современники, но и потомки радовались и восхищались, всегда оставалось неизменным!***

*Президиум правления  
Тоннельной ассоциации России*

# ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ СТАНЦИЙ МЕТРОПОЛИТЕНА МОСКВЫ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ В СОЧЕТАНИИ С ДВУХПУТНЫМИ ПЕРЕГОННЫМИ ТОННЕЛЯМИ

## SPACE-PLANNING SOLUTIONS FOR THE SHALLOW-LAYING METRO STATIONS OF MOSCOW IN COMBINATION WITH THE DOUBLE-TRACK TUNNELS BETWEEN STATIONS

Д. А. Бойцов, начальник архитектурно-строительного отдела ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс», к. арх.

D. A. Boytsov, Head of the Architectural and Construction Department of OJSC «SRD&SI «Lenmetrogioprotrans», PhD

В настоящее время разработаны проектные решения по новому типу станций мелкого заложения в сочетании с двухпутными перегонными тоннелями. Проектные решения по новому типу станций основаны на формировании объемно-планировочного решения, позволяющего минимизировать строительный объем и общую площадь станции при сохранении нормативных комфортных пассажирских пространств, а также унификации составных элементов станционных комплексов.

Результатом проектирования ОАО «Ленметрогипротранс» стала разработка модульной блокированной станции, составные элементы которой могут перекомпоновываться и модернизироваться в зависимости от пассажиропотока и градостроительной ситуации.

По объемно-планировочным решениям основными преимуществами данного подхода являются: возможность свободной планировки в зависимости от градостроительных условий, возможность типизации каждого из блоков, возможность перспективных разработок станционных комплексов при их развитии.

*Currently, design solutions have been developed for the new type of shallow-locating stations in combination with double-track tunnels between stations. The design solutions for the new type of stations are based on the forming of a space-planning decisions that allows to minimize the construction volume and the total area of the station while maintaining the standard comfortable for passenger spaces, as well as unifying the components of the station complexes.*

*As a result of the project activities of OJSC «Lenmetrogioprotrans» was the development of a modular blocked station, the components of which can be recomposed and upgraded depending on the passenger traffic and urban development situation.*

*In terms of space-planning solutions, the main advantages of this approach are: the possibility of free planning depending on urban conditions, the possibility of unification each of the blocks, the possibility of future developments of station complexes during their development.*

В настоящее время в Москве и Санкт-Петербурге имеется опыт реализации станций метрополитена на участках линий с двухпутными тоннелями. На участках линий метрополитена с двухпутными тоннелями, с наружным диаметром обделки 10,0–10,6 м, пути организованы параллельно в одном уровне. Расстояние между путями, как правило, принимают равным 4 м для удобства организации стрелочных переводов и съездов. Для участков линии с такими тоннелями станции имеют ряд специфических особенностей, отличающихся от станций, сооружаемых на участках с двумя однопутными

тоннелями. Во-первых, это боковые посадочные платформы, во-вторых, минимальная возможная глубина платформ от уровня земли – 16 м, что обусловлено технологической необходимостью проходки двухпутного тоннеля на подходах к станции участках. В связи этим на станциях обязательным условием является наличие подъемно-транспортного оборудования (эскалаторов, лифтов). С учетом данной специфики в 2017 г. проектным институтом «Ленметрогипротранс» были разработаны проектные решения по новому типу станций мелкого заложения в сочетании с двухпутными перегонными тоннелями.

Проектные решения по новому типу станций основаны на формировании объемно-планировочного решения, позволяющего минимизировать строительный объем и общую площадь станции при сохранении нормативных комфортных пассажирских пространств, а также унификации составных элементов станционных комплексов. Результатом проектирования стала разработка модульной блокированной станции, составные элементы которой могут перекомпоновываться и модернизироваться в зависимости от пассажиропотока и градостроительной ситуации.



Данный тип станций был применен для участка Кожуховской (Некрасовской) линии Московского метрополитена, станции «Стахановская», «Окская», «Юго-Восточная» (рис. 1). Три станции расположены последовательно и отличаются пропускной способностью пассажиропотока, расположением в среде застройки или под улично-дорожной сетью.

### Отличия и преимущества

Конструктивная схема станций отличается минимизацией колонн в пассажирской зоне. Разработано специальное решение с увеличенным междупутьем в объеме станции и с устройством за счет этого центральной несущей стены, которая воспринимает все нагрузки от перекрытий. Благодаря данному техническому решению на платформах нет колонн и, соответственно, уменьшены препятствия в пассажирской зоне.

По компоновке станции отличаются большей компактностью в плане в отличие от станций на участке линии с однопутными тоннелями. Станции длиной не более 190 м за счет расположения блоков помещений в четыре яруса.

По объемно-планировочным решениям основными преимуществами данного подхода являются:

- возможность свободной планировки в зависимости от градостроительных условий, блоки могут трансформироваться и менять свое положение (рис. 2);
- возможность типизации каждого из блоков;
- возможность перспективных развитий станционных комплексов, например, при формировании на базе станции транспортно-пересадочных узлов.

Преимущества по реализации объектов:

- время проектирования сокращается относительно объемно-планировочных решений, формируемых на базе полностью индивидуальных разработок;
- общий период строительства станции около 2,5 лет;
- стоимость реализованных объектов на линии метрополитена с двухпутным тоннелем ниже аналогов: станция «Стахановская» Кожуховской (Некрасовской) линии метрополитена с двухпутным тоннелем дешевле на 9 % стоимости станции на участке двух однопутных тоннелей (станция «Говорово» на Калининско-Солнцевской линии).

Рис. 3. Расположение модулей в составе станции

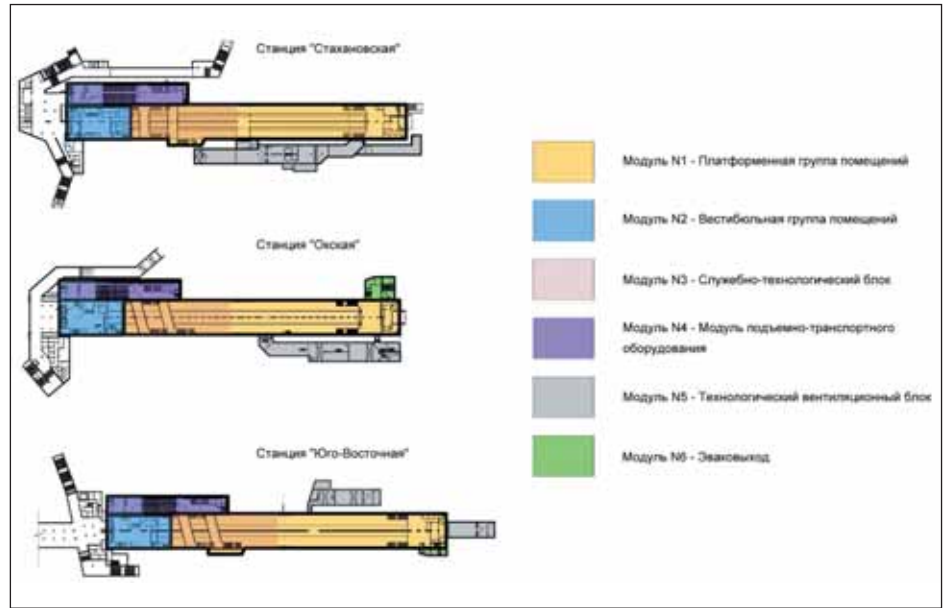


Рис. 1. Станции Кожуховской (Некрасовской) линии

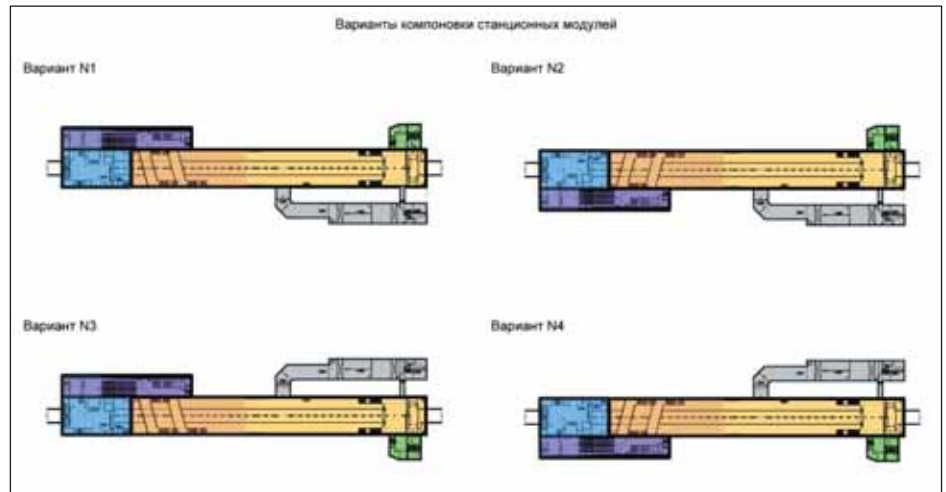


Рис. 2. Варианты компоновки станции

### Особенности модульной компоновки

На каждой станции расположены помещения, скомпонованные в группы. Из модулей формируется общий объем. В состав станционного комплекса входят модули, относящиеся к платформенной, вестибюльной, служебно-технологической зоне (рис. 3).

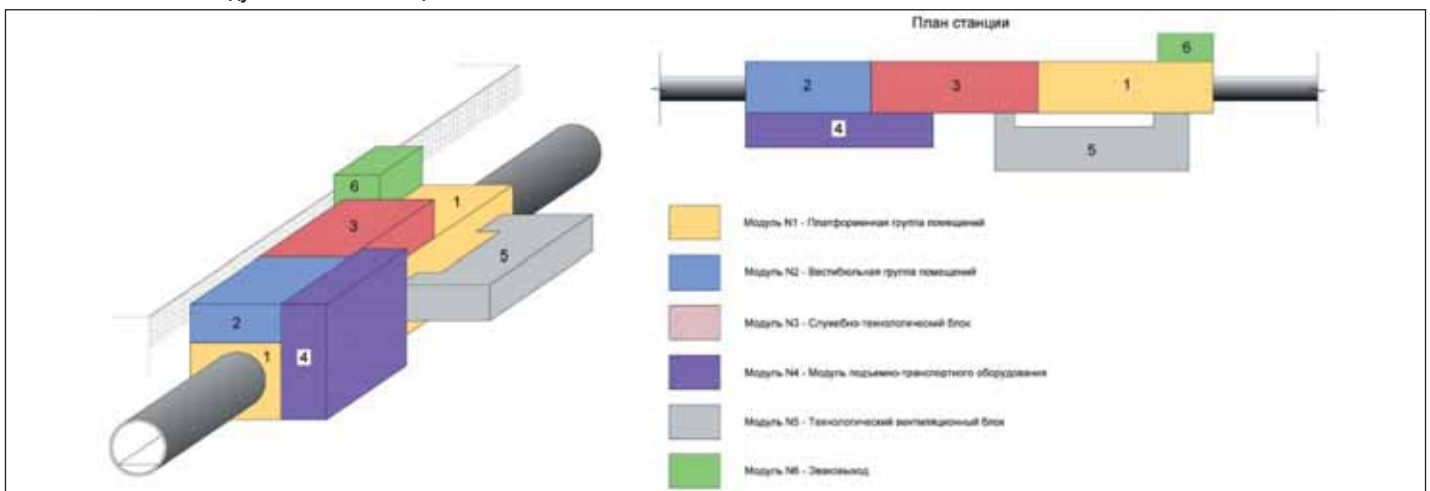




Рис. 4. Станция «Стахановская»

Вестибюльный модуль находится в верхнем подземном уровне. Из подземного вестибюля организован эскалаторный спуск на станцию. Эскалаторная группа выполнена единой для минимизации количества лент, работающих на спуск и подъем одновременно, минимизации вспомогательных технологических помещений, обеспечивающих работу эскалаторов. Решение данной задачи заключается в устройстве переходной площадки над путями (мостового перехода), с которой предусмотрен подъем эскалаторов в вестибюль. На данной площадке осуществляется распределение пассажиропотоков, а также спуск на боковые платформы по лестничным маршам высотой до 3,5 м.

Организация второго эвакуационного выхода выполняется в соответствии с градостроительными условиями. В случае развития станционного комплекса с данного моста возможно организовать выходы в отдельный блок с эскалаторами и вестибюльными помещениями. Данный блок может быть выполнен за пределами общего станционного объема.

Преимущества проектного решения – «мобильная» планировка станционного комплекса. Благодаря данному решению, основанному на блокировании функциональных зон в виде обособленных элементов, есть возможность адаптировать данный тип станции под различные градостроительные условия. Блоки могут смещаться, поворачи-

ваться и разворачиваться относительно центральной двухпролетной основы станционного комплекса. При этом вся технология и планировочные взаимосвязи сохраняются.

Конструктивно обособленные модули-блоки в составе станционного комплекса позволяют вести работы по одним из блоков независимо от остальных.

Обособленность компоновки модулей станции позволяет строить первый блок, не дожидаясь решения технических вопросов по остальным, позволяет индивидуально модернизировать один или несколько блоков, не реконструируя станцию целиком (например, поменять эскалаторное оборудование в вестибюльном блоке без остановки работы станции). Данное преимущество реализовано в настоящее время на строящейся станции «Кленовый бульвар», спроектированной по принципам модульной компоновки аналогично станциям Кожуховской (Некрасовской) линии метрополитена. На станции «Кленовый бульвар» Третьего пересадочного контура (Большой кольцевой линии) Московского метрополитена возникла необходимость организации пересадки на станцию проектируемой линии метро, планировочные решения из модулей позволили без устройства дополнительных конструкций выполнить несколько стыковочных зон с платформенной и вестибюльной частью, не влияя на служебно-технологические зоны.

#### Особенности инженерного обеспечения станции

Системы электроснабжения, вентиляции, отопления и кондиционирования, водоснабжения и водоотведения при блокированной компоновке имеют свою специфику. В каждом из блоков предусмотрены инженерно-коммуникационные связи, проходящие транзитно через блок, а также предусмотрены стыковочные зоны, рассчитанные на перепуск инженерных сетей между блоками.

При традиционной компоновке на станциях между основным оборудованием (трансформаторами, вентоборудованием, эскалаторным оборудованием и др.), а также между инженерными системами и потребителями организуются связи таким образом, что сети идут через коридорно-коллекторную планировочную структуру станционного комплекса. Траектория трассировок, количество поворотов и вертикальных переключений в данном случае непосредственно зависят от расположенных по пути служебных, бытовых и технологических групп помещений.

Аналогичные принципы использованы и при блокированной компоновке станционного комплекса внутри каждого из блоков, но локально и в меньшем объеме. Отличием является организация дополнительных специальных коммуникационных шахт и коллекторов внутри блоков, расположенных с учетом увязки с соседними блоками. Данные коммуникационные связи внутри станции не увеличивают габарит сооружения. Для коллекторов, каналов и шахт предусмотрены зоны, не эксплуатируемые пассажирами и не приспособляемые под служебные помещения. Так, например, в составе платформенного блока в центральной части организованы шахты для связи подплатформенных коллекторов и трансфор-

маторной подстанции, расположенной в блоке над платформами.

С целью оптимизации инженерно-коммуникационных связей блоки станционного комплекса компонуются таким образом, чтобы сократить протяженность сетей. Для этого, например, технологический блок с трансформаторным и распределительными залами, аппаратными и электрощитовыми расположен в геометрическом центре станционного комплекса. Таким образом, получается равное расстояние до примыкающих к нему блоков (эскалаторного, платформенного, вестибюльного и вентиляционного), и в уровне техэтажа и вестибюля при организации сетей электропитания нет необходимости организовывать транзитные пути для инженерных коммуникаций через весь уровень.

Данная концепция сохраняется при различных модификациях блокированных компоновок, поскольку технологический блок при всех вариантах остается в центре, а вестибюльный, эскалаторный и вентблок примыкают к нему с любой из сторон в зависимости от градостроительной ситуации (см. рис. 1).

Особого внимания заслуживает техническое решение, связанное с вентиляцией и дымоудалением в пассажирской зоне платформенного уровня станций. Вентоборудование, осуществляющее данную функцию, расположено в конструктивно обособленном блоке. Данный вентблок работает в различных режимах, обеспечивая вентиляцию и дымоудаление как перегонного двухпутного тоннеля, так и станции через вентканал платформенного блока. На практике для оптимальной связи вентблока и станционного вентканала пришлось интегрировать стыковочный рукав в верхней части платформенной пассажирской зоны, что с архитектурной точки зрения не является оптимальным, поскольку локально занижает пассажирское пространство и визуальное перспективное раскрытие платформенного участка. Альтернативным вариантом была интеграция данной стыковки через верхний техэтаж, расположенный над пассажирской зоной, но в этом случае вентрукав, проходящий поперек станции, разделит бы группы технологических помещений и это повлекло бы за собой нарушение планировочных взаимосвязей и формирование дополнительных площадей. Однако реализацию такой альтернативы удалось осуществить на строящейся станции «Нагатинский затон» БКЛ за счет большей глубины ее заложения и наличию дополнительного технологического уровня.

Организация всех трасс инженерных коммуникаций, система коллекторов и шахт подчинена общему функциональному зонированию станционных комплексов, скомпонованных по блокированному принципу. Расположение коммуникационных помещений и трасс инженерных сетей в составе блока в зависимости от общего планировочного решения станции может быть переориентировано за счет разворота или зеркального отображения планировочной структуры каждого их блоков.

## Выводы

Идея модульного или крупноблочного формирования объектов строительства развивается и внедряется с середины XX века. В настоящее время благодаря новым технологиям освоения подземных



Рис. 5. Станция «Окская»

пространств данная идеология переходит на новый востребованный и актуальный этап развития. Концепция позволяет конструировать принципиально новые объекты транспортной инфраструктуры, не обособленные и замкнутые в собственных границах, а объекты, способные стать основой развивающихся многофункциональных комплексов и будущих транспортно-пересадочных узлов.

Существенным преимуществом объектов, спроектированных по модульной технологии, является удобство их перспективного развития и модернизации. При этом типизация объемно-планировочного решения не влияет на архитектуру метро – при свободных планировках с открытыми пассажирскими пространствами возможна реализация разнообразных решений, обладающих запоминающейся индивидуальностью, что является важным критерием для комфортной эксплуатации метрополитена (рис. 4 и 5).

## Ключевые слова

Станция метрополитена, объемно-планировочные решения, мелкое заложение, блокированная компоновка.

*Metro station, space-planning solutions, shallow location, blocked layout composition.*

## Для связи с автором

Бойцов Дмитрий Анатольевич  
DBoitsov@lmg.ru



# НОВЫЕ СТАНЦИИ ТРЕТЬЕЙ ЛИНИИ МИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

В. Е. Шалаев, начальник отдела ПСКА ОАО «Минскметропроект»

6 ноября 2020 г. состоялось открытие первого пускового участка третьей линии Минского метрополитена. Полная протяженность третьей линии составит 17,7 км. Она должна пройти с севера на юг города. На линии планируется построить 14 станций. В составе первого пускового участка были введены в эксплуатацию три перегона, четыре станции (две из которых – пересадочные), два оборотных тупика, соединительная ветка с действующей второй линией, здание эксплуатационного персонала и новый инженерный корпус.

В 2023 г. планируется ввод в эксплуатацию второго пускового участка с тремя станциями и электродепо. Проектируется участок продления третьей линии в северном направлении – в сторону микрорайона «Зеленый Луг».

Особенностью проекта является новый уровень автоматизации и безопасности на основе современных технологий.

Впервые в Республике Беларусь проходка тоннелей закрытого способа работ выполнена механизированным проходческим комплексом, которому дали имя «Алеся». Тоннелепроходческий комплекс с грунтопригрузом изготовлен французской фир-

мой CSM «BESSAC» и предназначен для проходки тоннелей диаметром 6 м.

Важная особенность третьей линии – применение автоматических дверей на платформах станций, исключающих падения людей на пути. Система «Двери автоматические станции» (ДАС) представляет собой светопрозрачные конструкции высотой 1,7 м, образующие барьерное ограждение между платформой и путями. Элементы системы ДАС смонтированы максимально близко к краю платформы, чтобы минимизировать образующийся зазор между барьерными ограждениями и поездом. Система настроена таким образом, что двери открываются только при полной остановке поезда. На случай аварийной ситуации или блокировки ДАС предусмотрены аварийные двери, которые открываются вручную со стороны пути нажатием на ручку двери.

Все новые станции третьей линии имеют свои особенности и отличаются конструктивными, объемно-планировочными и архитектурными решениями.

## Станция «Юбилейная площадь»

Станция «Юбилейная площадь» расположена по ул. Сухая и примыкает вестибюлем к су-

ществующему подземному пешеходному переходу станции «Фрунзенская» второй линии метрополитена со стороны Юбилейной площади. Это – самая глубокая станция в Минске. Глубина котлована станции составляла более 25 м. Глубина заложения и местоположение станции приняты из условия пересечения с действующей второй линией метро. С учетом градостроительных условий и глубины заложения станции, основные станционные сооружения (СТП, венткамера, часть технических помещений) расположены над платформенным участком. Это позволило значительно сократить длину станционного комплекса и значительно уменьшить объем строительно-монтажных работ.

Станция запроектирована с одним вестибюлем. Вход на станцию «Юбилейная площадь» обеспечивается через кассовый вестибюль, который примыкает к существующему пешеходному переходу станции «Фрунзенская». Пересадка со станции «Фрунзенская» на станцию «Юбилейная площадь» и наоборот осуществляется по двум отдельным пешеходным тоннелям.

Интерьеры станции «Юбилейная площадь» создают настроение праздника, эмоционального подъема и торжественности. Этот эффект достигается благодаря использованию контра-





Платформа станции «Юбилейная площадь»



Кассовый зал станции «Юбилейная площадь»



Платформа станции «Площадь Франтишка Богушевича»



Кассовый зал станции «Площадь Франтишка Богушевича»

стных цветов (насыщенный красный и белый) в сочетании с мягким рассеянным светом светильников, в виде колец разных диаметров.

### Станция «Площадь Франтишка Богушевича»

Станция «Площадь Франтишка Богушевича» расположена в центральной части города, на площади Богушевича. Объёмно-планировочное решение станции принято с учётом сложившейся градостроительной ситуации и существующих подземных коммуникаций. Станция «Площадь Франтишка Богушевича» запроектирована с одним вестибюлем, который переходит в развитый подземный пешеходный переход с объектами попутного обслуживания и четырьмя лестничными спусками шириной 6 м с каждой стороны перекрестка.

Станция трехпролетная с островной платформой. Интерьер станции связан с её названием и основан на символическом и ассоциативном восприятии творчества поэта, эпохи и среды, в которой жил и работал Франтишек Богушевич. Колористическая гамма станции – это тёплые бежево-коричневые тона, характерные для сельской усадебной архитектуры того времени, в трактовке современными отделочными материалами.

Интерьеры вестибюля и пешеходного перехода выполнены с использованием различных отделочных материалов, чтобы подчеркнуть разные по функции пространства. В то же время пространство вестибюля инте-

грировано в пешеходный переход благодаря наличию витражей.

В отделке вестибюля и платформы используются одни и те же стилистические приёмы и решения. Лаконичный и простой по форме, тёплый по цвету вестибюль лишь намекает на основное смысловое содержание интерьера, которое в полном объёме раскрывается на платформе. Светлые, золотисто-бежевые колонны, облицованные металлокерамическими панелями, в сочетании с нейтральным светлым полом и направленным на пассажирскую зону освещением акцентируют внимание на платформе.

### Станция «Вокзальная»

Станция «Вокзальная» располагается на Южной привокзальной площади. Станция пересадочная. Ширина островной платформы – 15,4 м. Это – первая в Минске станция с наземным вестибюлем. Малая глубина заложения связана с тем, что часть станционного комплекса расположена над действующими тоннелями первой линии.

Основная художественная идея интерьера перронного зала – образ дороги. Посредством ис-

пользования современных архитектурных и дизайнерских приёмов, отделочных материалов, введением сюжетных графических и скульптурных произведений, авторский коллектив создал динамичное пространство интерьера.

Основной приём формирования образа платформенной части станции – создание динамичной композиции в центральной части потолка (при помощи контрастной покраски и световых линий). Посетитель, попадающий на платформу, видит своего рода перспективу ночной дороги, которая стремительно превращается в стрелу и завершается в пространстве (в зоне лифта) скульптурной композицией «Дерево дорог». Наземный вестибюль оборудован зенитным фона-

Кассовый зал станции «Вокзальная»





Платформа станции «Вокзальная»



Платформа станции «Вокзальная»

рем, через который солнечный свет попадает на платформу.

### Станция «Ковальская слобода»

Станция «Ковальская слобода» располагается на пересечении улиц Жуковского и Воронянского. Станция – островная, сводчатая, однопролётная, с одним вестибюлем, связь с которым осуществляется по двум лестничным маршам.

Основная художественная идея станции «Ковальская слобода» – синтез современной архитектуры и национального культурного наследия. Посредством использования современной архитектуры и дизайнерских приёмов, актуальных отделочных материалов, введением сюжетных графических и скульптурных произведений (согласно тематике названия станции), авторский коллектив предлагает посетителям прикоснуться к культуре ремесленничества в Беларуси. При этом представление сюжетных произведений выполняется на современном техническом и оформительском уровне.

Основной прием формирования образа и достижения выразительности форм – создание спецэффектов в центральной части свода станции посредством использования свето-объёмных тематических композиций на потолке. Использование графических полотен также развивает тему названия станции, но уже на уровне глаз посетителей.

Станции третьей линии Минского метрополитена разработаны с применением со-

временных архитектурных и дизайнерских приёмов и отделочных материалов.

Основные акценты сделаны на архитектурное освещение и цветовую гамму современных облицовочных материалов, успешно применяемых в отделке фасадов зданий и сооружений, а также на включение декоративно-художественных композиций в интерьеры станций. Архитектурные решения сами по себе не новы, но имеют свои особенности:

- отделка колонн и потолков выполнена на контрасте с тёмными путевыми стенами и остеклением станционных дверей;
- облицовка колонн представлена в антивандалном исполнении – из металлических панелей с керамическим покрытием на подсистеме. Участки, наиболее подверженные ударным и механическим воздействиям, защищены колесо-отбойниками из шлифованной нержавеющей стали;
- стены облицованы высококачественным керамическим гранитом с фактурой и цветом, позволяющими расширить возможности природного камня;
- полы выполнены в традиционном материале – из гранита серых оттенков с рисунком, разделяющим зоны пассажиропотоков и подчёркивающим направление движения. Покрытие полов включает три вида отделки: термическую обработку на входах, шлифовку поверхности в распределительных залах подземных переходов, полировку покрытия внутри станций и на пересадочных узлах.

Для людей со слабым зрением в покрытии пола предусмотрены тактильные указатели контрастного цвета;

- потолки представлены в широком ассортименте, начиная от высококачественной штукатурки под покраску и заканчивая металлическими и стеклянными панелями на подсистеме. Потолки имеют разную фактуру, цвет, конструкцию, что позволяет реализовать большинство архитектурных идей;
- единое пространство кассового зала с перронным на ст. «Вокзальная», а также наличие светового фонаря наземного вестибюля позволило осветить лестничный спуск на платформу;
- наличие большого количества художественной графики и скульптур на ст. «Ковальская слобода» позволило придать объекту особый стиль и выразительность;
- присутствие в интерьерах художественных произведений делает каждую станцию индивидуальной, особенной, неповторимой в своём роде.

В настоящее время идёт строительство второго пускового участка третьей линии от станции «Ковальская слобода» в южном направлении. Данный участок представлен тремя станциями: «Аэродромная», «Немошанский сад» и «Слущкий гостинец».

Станция «Аэродромная» будет расположена в центре перспективной застройки «Минск-Сити». Станция с двумя вестибюлями, один из которых выходит на перекрёст-

Платформа станции «Ковальская слобода»



Кассовый зал станции «Ковальская слобода»





Платформа станции «Аэродромная»



Кассовый зал станции «Аэродромная»



Платформа станции «Неморшанский сад»



Кассовый зал «Неморшанский сад»



Платформа станции «Слуцкий гостинец»



Кассовый зал станции «Слуцкий гостинец»

ке перспективных улиц, второй прилегает к центральному ядру застройки «Минск-Сити». Основная художественная идея станции «Аэродромная» – среда, определяющая состояние полёта, где присутствуют взлётная полоса и воздушное пространство (небо с облаками).

Станция «Неморшанский сад» располагается на пересечении улиц лейтенанта Кижеватова и Осиповичской. Основная художественная идея станции «Неморшанский сад» – образ сада (образ современной жизни и культуры, подверженный влиянию экологизации). Несмотря на то, что пространство станции не связано с внешней средой, ав-

торский коллектив, посредством использования современной архитектуры и дизайнерских приёмов, современных отделочных материалов, стремится создать эмоциональную связь с внешним пространством.

Станция «Слуцкий гостинец» располагается вблизи проектируемой двухуровневой развязки, на пересечении улиц лейтенанта Кижеватова, Корженевского и Серова. Концепция интерьера станции «Слуцкий гостинец» представляет собой набор исторических метафор, цитат, обличённых в современную форму и цвет. Доминирующим цветом в интерьере принят синий. Одним из знаменитых исторических наследий, связан-

ных со Слуцком, по праву считаются слуцкие пояса. Некоторые узоры, используемые в изделиях из ткани, в упрощённом, стилизованном виде нашли своё отражение и в интерьере станции. Через всю платформу станции, под потолком, проходит металлическая конструкция в виде ромбов, внутри которых установлены светильники, дающие рассеянный свет. Использование неоновой подсветки тёплых оттенков придает интерьеру станции особый эффект уюта и спокойствия.

Благодаря новым станциям метро город Минск станет ещё более удобным и комфортабельным. Ввод объектов в эксплуатацию намечен на 2023 г.



# САМЫЙ ПРОТЯЖЕННЫЙ ПОДВОДНЫЙ ТОННЕЛЬ В РОССИИ

## THE LONGEST UNDERWATER TUNNEL IN RUSSIA

Л. В. Маковский, к. т. н., профессор МАДИ, кафедра мостов, тоннелей и строительных конструкций  
В. В. Кравченко, к. т. н., доцент МАДИ, кафедра мостов, тоннелей и строительных конструкций

L. V. Makovskij, Professor, PhD MADU, Department of Bridges, Tunnels and building constructions  
V. V. Kravchenko, PhD MADU, Department of Bridges, Tunnels and building constructions

Рассмотрены вопросы проектирования и строительства крупнейшего в России подводного железнодорожного тоннеля длиной 7,2 км под р. Амур в районе г. Хабаровска. Приведены краткие сведения об истории создания этого тоннеля и его функционирование в период Великой Отечественной войны, а также с 1964 г. по настоящее время. Приведены основные особенности трассирования тоннеля и разработки конструктивно-технологических решений. При строительстве тоннеля на береговых участках применяли горный и открытый способы работ с возведением монолитной обделки из бетона и железобетона, а в подрусловой части – щитовой способ работ со сборной обделкой из чугунных тубингов. Уделено внимание эксплуатационным устройствам и оборудованию тоннеля, а также мерам по защите тоннеля в случае военных действий. В настоящее время намечена реконструкция тоннельного перехода, предусматривающая строительство параллельного тоннеля рядом с существующим, что значительно повысит пропускную способность Транссибирской магистрали.

*The issues of design and construction of the largest in Russia underwater railway tunnel with a length of 7.2 km under the river. Amur near the city of Khabarovsk. Brief information about the history of the creation of this tunnel and its operation during the Great Patriotic War, as well as from 1964 to the present, is given. The main features of tunnel routing and development of constructive and technological solutions are given.*

*During the construction of the tunnel on the coastal sections, the mining and open methods of work were used with the construction of a monolithic lining made of concrete and reinforced concrete, and in the under-channel part, a panel method of work with a prefabricated lining of cast-iron tubing was used. Attention was paid to the operational devices and equipment of the tunnel, as well as measures to protect the tunnel in the event of hostilities. Currently, reconstruction of the tunnel crossing is planned, providing for the construction of a parallel tunnel next to the existing one, which will significantly increase the capacity of the Trans-Siberian Railway.*

История создания железнодорожного перехода через р. Амур в районе г. Хабаровска насчитывает более 100 лет. В 1906 г. были проведены предварительные изыскания, на основе которых разработаны проекты мостового и тоннельного переходов. Был выбран вариант моста, однако строительство его началось только в 1916 г. в связи с прокладкой Транссибирской железнодорожной магистрали и завершилось в 1918 г [1].

Предпочтение мостовому переходу было отдано, в первую очередь, в связи с тем, что технические возможности тоннелестроения в те годы были ограничены. В период Гражданской войны мост несколько раз взрывали, препятствуя переброске через Амур воинских частей и техники. Кроме того, в связи с оккупацией Манчжурии Японией было решено построить более надежное и менее уязвимое сооружение – подводный тоннель.

Следует отметить, что в конце 30-х годов пропускная способность однопутной железной дороги была практически исчерпана, а все возрастающие грузопотоки требовали модернизации мостового перехода и сооружения подводного тоннеля.



Рис. 1. План участка для строительства мостового перехода и тоннеля через р. Амур: 1 – мостовой переход; 2 – тоннель; 3 – остров

Проектно-изыскательские и подготовительные работы начали в 1937 г. специалисты «Союздорпроекта», «Метропроекта» и Военной академии им. Куйбышева. Проектно-техническую документацию и окончательную смету, по которой стоимость строительства тоннеля составит 294,5 млн руб., утвердили в 1938 г [1, 2].

Были предложены девять вариантов трассы тоннеля, из которых выбрали сочетание прямолинейных и криволинейных в плане и профиле участков с радиусом кривизны до 1,5 км (рис. 1). Такая трасса считается неблагоприятной с точки зрения строительства и эксплуатации тоннеля, однако в наибольшей

степени отвечает требованиям надежности и безопасности сооружения.

Общая длина однопутного тоннеля, расположенного на расстоянии 0,5 км от действующего моста, составляет почти 7,2 км, примерно половина из которых проходит под дном Амура на глубине 10–14 м (рис. 2). На западном берегу, в черте г. Хабаровска, тоннель проходит на мелком заложении на протяжении 1350 м, на восточном береговом участке длиной 2500 м – на глубине до 70 м.

В первую очередь были пройдены четыре шахтных ствола – один на острове (1), остальные на берегах (2). Их использовали для мон-



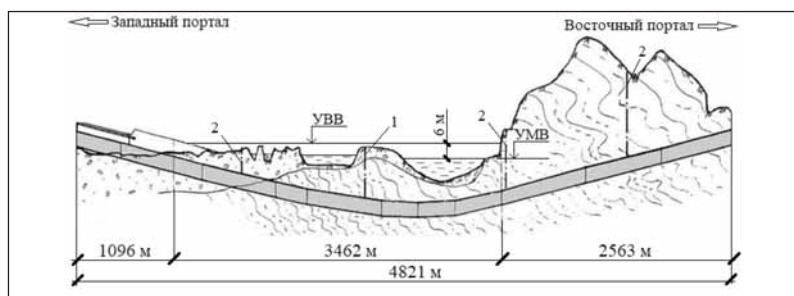


Рис. 2. Продольный разрез по оси тоннеля: 1 – шахтный ствол на острове; 2 – береговые шахтные стволы



Рис. 3. Вид из тоннеля на Восточный портал



Рис. 4. Западный (а) и Восточный (б) порталы тоннеля

тажа проходческих щитов, а на стадии эксплуатации – для проветривания тоннеля [2, 3].

Проходку берегового участка со стороны восточного портала вели горным способом из трех забоев с возведением обделки из монолитного бетона (рис. 3).

На противоположном, западном участке в черте г. Хабаровска тоннель сооружали открытым способом с возведением обделки из монолитного железобетона.

Сооружение подводной части тоннеля вели щитовым способом с использованием пяти немеханизированных щитовых агрегатов диаметром 7,5 м. Щиты были опущены через шахтные стволы в монтажные камеры.

Породу в забоях щитов разрабатывали отбойными молотками и транспортировали через шахтные стволы на поверхность.

Обделку возводили из чугунных тубингов; причем на некоторых подруловых участках чугунные кольца обделки усиливали внутренней железобетонной рубашкой. Скорость щитовой проходки достигала 5 м/сут., что для того времени считалось высоким показателем.

В строительстве тоннеля участвовали около 5,5 тыс. человек из 15 строительных организаций и военно-инженерных частей, в том числе 900 специалистов из Московского Метростроя [1, 4].

Общее руководство осуществлял главный инженер Н. А. Ермолаев.

При строительстве тоннеля было разработано около 1,5 млн м<sup>3</sup> грунта и уложено более 135 тыс. м<sup>3</sup> бетона.

В июле 1941 г. по тоннелю пропустили первый железнодорожный состав, а осенью 1942 г. тоннель заработал на полную мощность. В том же году состоялось официальное открытие всей транспортной магистрали (рис. 4).

Тоннель оборудован системами искусственной вентиляции, освещения, обогрева и сигнализации, которые исправно функционировали несколько десятков лет. Для защиты тоннеля от проникновения в него поездов неприятеля была предусмотрена возможность затопления через шахтные стволы.

Важную роль сыграл тоннель в 1945 г., когда воинские части и технику срочно перебрасывали к советско-японской границе и когда начались непосредственные боевые действия с японскими войсками и в районе Халкин-Гол на территории Монголии, захваченной Японией. На какое-то время из тоннеля убрали железнодорожные пути, чтобы дать возможность самостоятельному проезду танков.

По окончании войны тоннель был законсервирован и использовался для оборонных целей, и только в 1964 г. по нему возобновили пропуск грузовых железнодорожных составов.

После проведенной в 1980 г. электрификации магистрали по тоннелю началось движение пассажирских поездов.

В 2009 г. после второй реконструкции моста по нему открылось двухпутное встречное движение поездов [4].

Тоннель успешно эксплуатируется в настоящее время, пропускает до 40 пар поездов в сутки. В дальнейшем предусмотрена реконструкция тоннельного перехода в соответствии с разрабатываемым сейчас проектом. Он предусматривает строительство параллельного тоннеля рядом с существующим, что позволит увеличить пропускную способность в обоих направлениях в условиях непрерывного возрастания нагрузки на Транссиб.

До настоящего времени Амурский тоннель является самым протяженным подводным тоннелем и вторым по длине железно-

дорожным тоннелем в России после горного Северомуйского.

В настоящее время завершается строительство трансграничного подводного тоннеля под Амуром между Россией и Китаем для соединения газопровода «Сила Сибири» с Китайской газопроводной системой.

Тоннель длиной 1,3 км включает две параллельные выработки диаметром 2,5 м, по которым будут проложены газопроводные трубы.

#### Ключевые слова

Тоннель, подводный тоннель, Транссибирская магистраль, щитовая проходка.

*Tunnel, underwater tunnel, Trans-Siberian Railway, shield boring.*

#### Список литературы

1. Маковский Л. В., Меркин В. Е., Мостков В. М. Опыт строительства крупнейших подводных тоннелей. «Подземное пространство мира», 1999. № 5, с. 11–16.
2. Маковский Л. В., Кравченко В. В. Подводные транспортные тоннели из отпусных секций. - М.: КноРус, 2017, 160 с.
3. Опыт и перспективы строительства подводных тоннелей в России. «Метро», 1996. № 1, с. 5–13.
4. Интернет-ресурсы:  
<https://amurmedia.ru/story/tonnelpodamurom/index.html>  
<https://dgt.ru/proekty/rekonstruktsiya-tonnelya-pod-rekoj-amur-u-gkbabarovska-nadalnemostchnoy-zheleznoy-dorogi>

#### Для связи с авторами

Маковский Лев Вениаминович  
tunnels@list.ru  
Кравченко Виктор Валерьевич  
609vkv@gmail.com



# ОПЫТ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ ЭСКАЛАТОРНОГО ТОННЕЛЯ ИЗ ЧУГУННЫХ ТЮБИНГОВ

## EXPERIENCE TO RESTORE THE WATERPROOFNESS OF THE ESCALATOR TUNNEL MADE OF CAST-IRON TUBING

Т. Е. Кобидзе, АО «Мосинжпроект»  
О. Б. Крымов, АО «Мосинжпроект»

T. E. Kobidze, Mosinzhproekt  
O. B. Krymov, Mosinzhproekt

Размораживание грунтов на станциях «Шереметьевская» и «Ржевская» привело к конструктивной деформации и обильным водопрооявлениям через стыковые соединения и тампонажные отверстия чугунных тубингов. Для устранения водопрооявлений применили традиционный метод: инъектирование цементно-вяжущей смеси в заобделочное пространство. За счет смывания тампонажного раствора данное решение не привело к желаемому результату. Для устранения возникшей проблемы было предложено два технологических решения: нагнетание специального разработанного тампонажного раствора на основе цементно-вяжущей смеси фирмы BASF и инъектирование стыковых соединений полиуретановыми смолами фирмы BASF и Normet, которые при контакте с водой формируют жесткую пену. Для безопасного нагнетания сильнообводнённой конструкции были разработаны специальные технические решения. Принятые мероприятия привели к положительным результатам, а именно достижению водонепроницаемости ремонтируемых объектов.

*Thawing of the soil at the station «Sheremetyevskaya» and the station «Rzhevskaya» led to structural deformation and abundant water through the butt joints and grouting holes of cast-iron tubing. To eliminate water occurrences, it was decided to use the traditional method: to inject a cement-binding mixture into the back-filling space. Due to the flushing of the grouting solution, this solution did not lead to the desired result. To solve this problem, two technological solutions were proposed, in particular, the injection of a special developed grouting solution based on a BASF cement-binder mixture and the injection of butt joints with BASF and Normet polyurethane resins, which form a rigid foam when in contact with water. Special technical solutions have been developed for the safe injection of a highly watered structure. The measures taken led to positive results, namely, the achievement of waterproofness of the repaired objects.*

### Проблема

Итак, сначала стоит поговорить об исходных данных. Мы имеем два объекта – ст. «Ржевская» и ст. «Шереметьевская». Оба наклонных хода-близнеца построены в соответствии с нормативными документами [1–4]. Состоят из чугунных тубингов диаметром 10,4 м. Проходка и монтаж тубингов на этих станциях производились в замороженных грунтах. Размораживание грунтов привело к конструктивной деформации и обильным водопрооявлениям через стыковые соединения и тампонажные отверстия чугунных тубингов, что встречается довольно часто на такого вида объектах [5, 6].

### Стандартное технологическое решение по устранению водопрооявлений

Для устранения водопрооявлений было принято решение применить традиционный метод: инъектировать цементно-вяжущую смесь в заобделочное пространство. За счет

смывания тампонажного раствора это не привело к желаемому результату.

### Новое технологическое решение по устранению водопрооявлений

Для решения возникшей проблемы было предложено два технологических решения: нагнетание специального разработанного тампонажного раствора на основе цементно-вяжущей смеси фирмы BASF и инъектирование стыковых соединений полиуретановыми смолами фирмы BASF и Normet, которые при контакте с водой формируют жесткую пену. Для безопасного нагнетания сильнообводнённой конструкции были разработаны специальные технические решения. Принятые мероприятия привели к положительным результатам, а именно достижению водонепроницаемости ремонтируемых объектов.

Работы по уплотнению заобделочного пространства выполняются на основе п. 1.4 ВСН 132-92 «Правила производства и прием-

ки работ по нагнетанию растворов за тоннельную обделку» [3].

П. 1.4. При уточнении гидрогеологических условий по трассе тоннеля по исполнительной документации при возможном подъеме уровня грунтовых вод, воздействия техногенных и других факторов должна предусматриваться уплотнительная инъекция окружающих тоннель грунтов с целью повышения их водонепроницаемости.

*Технология нагнетания в заобделочное пространство*

1. Подготовить деревянные клинья, деревянные чопики, превентор с запорным шаровым краном (труба металлическая диаметром 50 мм с нарезанной метрической резьбой).

2. Высверлить отверстие 12 мм в пробке тампонажного отверстия и оценить визуально интенсивность притока воды и выноса частиц песка. Если процесс интенсивный (определяет технолог), то в целях предотвращения развития выноса пльвуна устано-



Рис. 1. Пример выполненных работ по инъектированию стыковых соединений полиуретановыми смолами фирмы BASF и Normet



Рис. 2. Пример выполненных работ по уплотнению заобделочного пространства путем нагнетания специально разработанного тампонажного раствора на основе цементно-вяжущей смеси фирмы BASF и инъектирования стыковых соединений полиуретановыми смолами фирмы BASF и Normet

вить и разжечь в высверленном отверстии инъекционный пакер и предварительно закачать небольшое количество быстрореагирующей однокомпонентной полиуретановой пены (MasterRoc 355 THIX).

3. Открутить пробку из технологического отверстия, установить превентор с запорным шаровым краном для последующей заправки инъекционного состава MasterEmaco A 640, перебуриТЬ (пересверлить) свежезаканченный полимеризовавшийся материал MasterRoc 355 THIX буром (сверлом) 32–42 мм, закрыть кран превентора.

4. Присоединить инъекционные шланги со смесителем к превентору. Открыть кран превентора и произвести нагнетание инъекционного состава MasterEmaco A 640 с помощью цементационной станции под давлением <1 Мпа.

В одно отверстие нагнетается от 63 до 90 л готового раствора (47–70 кг). 50 % объема раствора (первая часть) нагнетается с В/Ц = 1 без ускорителя схватывания, вторая часть – в непрерывном режиме, с применением высокоактивного ускорителя схватывания MasterRoc 167 по однолинейной или двухлинейной схеме в зависимости от степени обводненности.

При отсутствии повышения давления после заправки расчетного объема раствора требуется выждать 24 ч и повторить нагнетание.

Расход материалов на 1 м<sup>3</sup> инъекционного раствора подбирается в зависимости от крупности песка, степени обводненности и изменчивости условий нагнетания в процессе инъектирования.

*Технология нагнетания стыковых соединений чугунных тубингов*

1. Герметизация фильтрующих стыков между чугунными тубингами обделки эскалаторных тоннелей производится нагнетанием инъекционно-уплотняющего состава TamPur 130 через распорные пакеры с плоской головкой 13×100 мм.

2. Работы ведутся снизу-вверх с возвращением и повторным инъектированием (допрессовкой), которая производится через каждые пять-шесть пакеров в период жизнеспособности инъекционного состава TamPur 130.

3. Инъектирование начинается с первого нижнего пакера, установленного в болт, находящегося ниже уровня протечки, при этом пакер из следующего, находящегося выше болта, вынимается.

4. Инъектирование производится:

- пока инъекционный насос подает материал;
- если после остановки насоса происходит сбрасывание давления в манометре насоса;
- при начале выхода материала из следующего болтового соединения.

5. Дополнительные инъекционные работы ведутся в случае возникновения протечек на ранее проинъектированных участках и производится менее вязкой полиуретановой гидроактивной инъекционной смолой «Geotek LV».

6. Устанавливаются минимум два перфорированных болта, ниже и выше уровня протечки. В нижний болт устанавливается пакер с плоской головкой 13×100 мм, верхний болт остаётся открытым.

7. Инъектирование производится до тех пор, пока материал поступает, либо прекращает поступать, либо давление в манометре сбрасывается после остановки насоса, либо при начале выхода материала из следующего пакера.

8. Демонтаж пакеров осуществляется после полимеризации инъекционно-уплотнительного состава, а затем временные перфорированные болты заменяются постоянными.

### Выводы

В данный момент материал себя показывает хорошо. Большая часть водопроявля-

ний устранена, но из-за постоянного движения грунтового массива есть локальные водопроявления, которые впоследствии будут устранены.

### Ключевые слова

Водопроявления, раствор, водонепроницаемость, чугунный тубинг, технология нагнетания, превентор.

*Waterproofing, solution, waterproofness, cast-iron tubing, pumping technology, preventer.*

### Список литературы

1. СТО НОСТРОЙ 2.3.18-2011 Освоение подземного пространства. Укрепление грунтов инъекционными методами в строительстве.
2. ГОСТ 33762-2016 Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Требования к инъекционно-уплотняющим составам и уплотнениям трещин, полостей расщелин.
3. ВСН 132-92 Правила производства и приемки работ по нагнетанию растворов за тоннельную обделку.
4. Руководство по ремонту бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений с учетом обеспечения совместимости материалов // М.: ОАО «ЦНИИС», 2010.
5. Колонтаевский Е. В., Мишедченко А. А. Гидроизоляция комбинированной чугунно-бетонной крепи // *Метро и тоннели*. – 2020, № 3, с. 34–41.
6. Бурин Д. Л. Особенности эксплуатации стволов шахтной вентиляции в условиях Петербургского метрополитена // *Метро и тоннели*. – 2018, № 1, с. 8–12.

### Для связи с авторами

Кобидзе Тенгиз Евгеньевич  
KobidzeTE@mosinzhprouekt.ru  
Крымов Олег Борисович  
Krymov.OB@mosinzhprouekt.ru



# АЛЬТЕРНАТИВА СТРОИТЕЛЬСТВА СТАНЦИИ «СУВОРОВСКАЯ» КОЛЬЦЕВОЙ ЛИНИИ МЕТРО В МОСКВЕ

С. Е. Ермолаев, АО «Метрогипротранс»

**Представлены размышления опытных проектировщиков о будущем стройплощадки метрополитена в центре Москвы. Предлагается новое техническое решение пешеходной доступности к метрополитену с использованием траволаторов.**

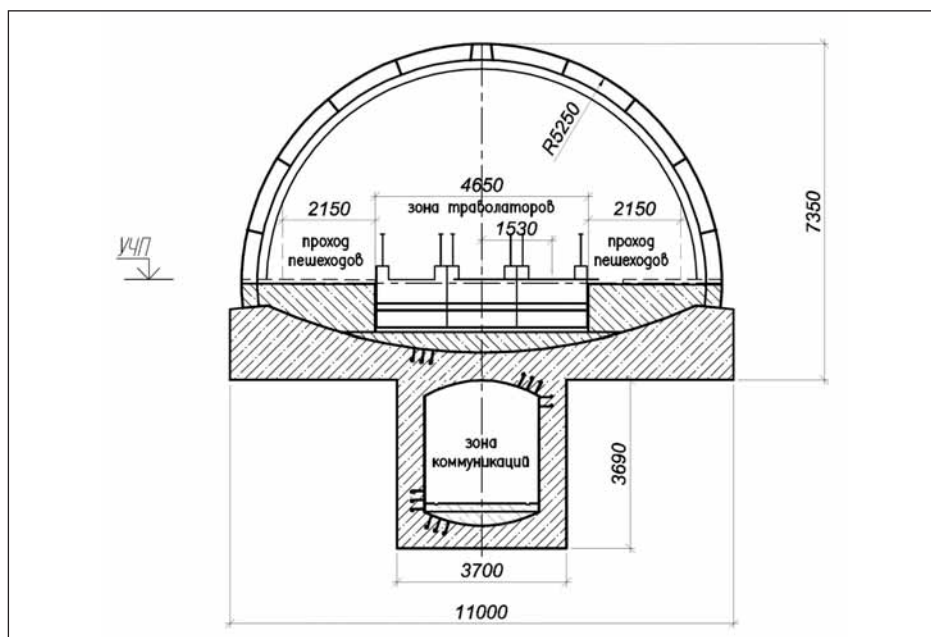
## История

Многие годы москвичи наблюдают за странной строительной площадкой, расположенной практически в центре города напротив второго выхода из Екатерининского сада. Какие-либо строительные работы на площадке не производятся, на ней складированы строительные материалы, а также там находится самое главное сооружение – шахтный ствол. В памяти москвичей старшего поколения это место связано с Самарским переулком, с его двухэтажными деревянными домиками и проходящими посередине проезжей части трамвайными путями, а также расположенным напротив сада входом на крохотный стадион «Буревестник», существовавшим до 1976 г., пока не началось строительство к Олимпиаде-80 ныне демонтированного здания спортивного комплекса «Олимпийский». Рядом проложен Олимпийский проспект, фрагмент не до конца реализованного проекта 1935 г. магистрали «Северный Луч». Проспект также сооружен к этой олимпиаде, для чего в те же годы пришлось снести огромный район из деревянных двухэтажных домов, по которому до той поры гости столицы называли Москву «большой деревней».

## Причина

Какова причина появления этой странной стройплощадки, и какая ее дальнейшая судьба?

В 1940-е годы, когда проектировалась Кольцевая линия метрополитена, предусматривалось соорудить 12 станций, расположенных в узловых точках города, через которые в дальнейшем намечалось провести радиальные линии метрополитена вдоль вылетных магистралей. Среднее расстояние между осями станций – около 1,8 км. Почти такое же расстояние между осями станций «Новослободская» и «Проспект Мира», что приблизительно соответствует среднему расстоянию между всеми станциями метрополитена глубокого заложения в городе Москве. При разработке рабочей документации во второй половине 1940-х годов на этом перегоне было принято увеличенное междупутье 25,4 м, обеспечивающее возможность в будущем построить в перегон промежуточную станцию без изменения движения поездов. Кстати, по этой же причине увеличенное междупутье было приня-



Сечение одиночного тоннеля с тремя траволаторами

то во второй половине 1930-х годов на перегонах между станциями «Маяковская» и «Площадь Свердлова» (сейчас «Театральная»), а так же между станциями «Площадь Революции» и «Курская». Предложение о сооружении новой диаметальной линии метрополитена в направлении север – юго-восток, пересекающей Кольцевую линию у станции «Курская» и в районе Площади Коммуны, появилось только в конце 1970-х годов, то есть спустя четверть века после пуска в эксплуатацию всего кольца.

## Аналог

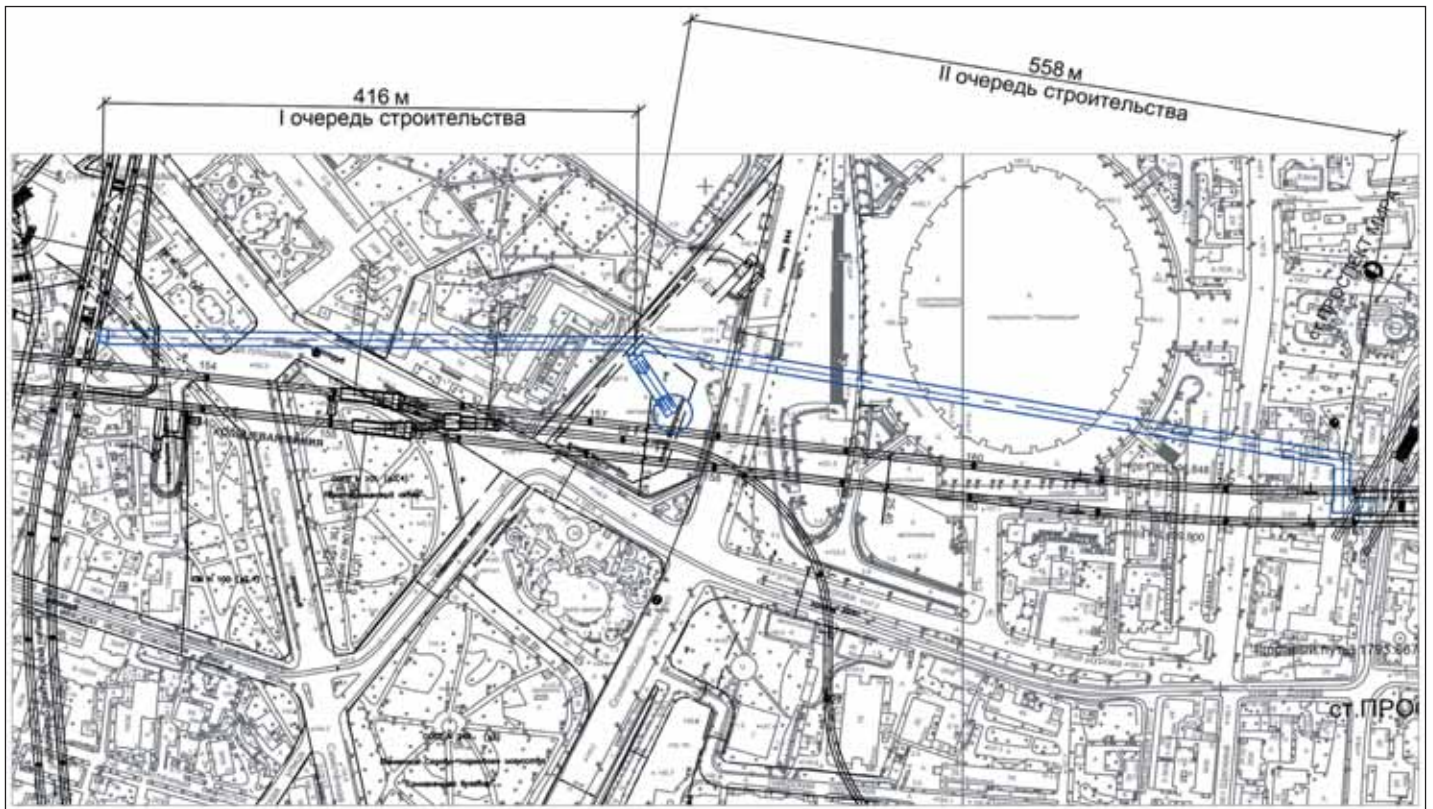
В начале 1980-х годов началось проектирование этой линии от станции «Курская» в направлении Люблино, а в конце 1980-х годов – в направлении Дмитровского шоссе через станцию «Петровско-Разумовская» до платформы Марк Савеловского направления железной дороги. Тогда же появились первые реальные проработки способов сооружения двух станций: на новой линии, получившей название Люблинско-Дмитровской, и на Кольцевой с устройством пересадки между ними. К тому времени уже имелся опыт сооружения новой станции «Горьковская» (ныне «Тверская») на эксплуатируемом перегоне глубокого заложения II очереди строительства между станциями «Маяковская» и

«Площадь Свердлова» (ныне «Театральная»). Станция сооружалась в 1975–1979 гг. без устройства обходных тоннелей и без прекращения движения поездов (главный конструктор – Е. С. Барский, главный специалист проекта организации строительства – С. З. Горский). Однако в процессе строительства происходили значительные деформации обделки, подлежащей демонтажу, с образованием трещин в чугунных тубингах колец в зоне прохода поездов.

## ТЭО станции «Площадь Коммуны»

В 1990 г. проектный институт «Метрогипротранс» разработал технико-экономическое обоснование строительства станции «Площадь Коммуны» (без перерыва движения поездов) в двух вариантах: I – без устройства объездных тоннелей по аналогии со станцией «Горьковская»; II – с устройством объездных тоннелей диаметром 5,5 м, общей длиной около 1700 м, в которые перекадываются пути и расположенные в перегонных тоннелях коммуникации. Стоимость капитальных вложений в ценах 1984 г. по варианту I – 55,9 млн руб., по варианту II – 64 млн руб.

В июне 1992 г. технико-экономическое обоснование было утверждено Государственной экспертизой со строительством



станции по варианту I. Но еще раньше было принято решение о начале работ по сооружению рабочего ствола для этой станции, и силами треста «Шахтспецстрой» в 1992 г. был пройден на проектную глубину ствол диаметром 6 м со стройплощадки, расположенной на месте бывшего Самарского переулка. В связи со сложной экономической ситуацией в стране дальнейшие проектные и строительные работы по сооружению этой станции были приостановлены. Активное строительство станции «Достоевская» на Люблинско-Дмитровской линии метрополитена велось в 2006–2010 гг. с пуском ее в эксплуатацию в июне 2010 г.

В этом же году Департаментом строительства Москвы было утверждено задание на разработку проектной документации станции «Суворовская» Кольцевой линии Московского метрополитена. С учетом обеспечения максимальной безопасности работ стадией «проект» предусматривалось предварительное строительство объездных тоннелей, с кратковременным закрытием движения на период переключения кабельных линий и переустройства путей. Общая стоимость строительства в ценах 2014 г. оценивалась более 25 млрд руб. В связи с высокой стоимостью строительства дальнейшие проектные работы были вновь приостановлены. Попытки возобновить работы предпринимались накануне эпидемии коронавируса, но и они летом 2020 г. были прекращены. По сообщениям правительства Москвы ущерб бюджету столицы от эпидемии превысил 700 млрд руб. В этой ситуации необходимо найти оптимальное техническое решение, позволяющее решить транспортные проблемы города.

### Новое техническое решение

Эксплуатируемая на Люблинско-Дмитровской линии станция «Достоевская» имеет значительный резерв пропускной способности по пассажиропотоку. Станции «Проспект Мира» Кольцевой и Калужско-Рижской линии значительно перегружены, что было особенно заметно во время проведения соревнований и концертов в спорткомплексе «Олимпийский», ныне демонтированном и подлежащем воссозданию в ближайшие семь лет, а также во время религиозных праздников в московской Соборской Мечети. Перехватить большую долю пассажиропотока позволил бы второй выход со станции «Достоевская», с перспективой в дальнейшем устройстве пересадки на Кольцевую линию через западный торец станции «Проспект Мира». Существующие градостроительные условия позволяют расположить верхний вестибюль на пустыре с северной стороны от пересечения Олимпийского проспекта и улицы Дурова, то есть в пределах 200-метровой зоны от наиболее пассажирообразующих объектов. В таком случае длина переходного коридора от станции «Достоевская» до оси эскалаторного тоннеля к верхнему вестибюлю составит около 416 м; от станций «Проспект Мира» до оси эскалаторного тоннеля – около 558 м. Коридоры аналогичной длины, оборудованные траволаторами, имеются в международных аэропортах. В отечественной практике метрополитенов коридор с траволаторами меньшей протяженности сооружен в Санкт-Петербурге от станции «Спортивная», расположенной на Каменном острове, до Васильевского острова и проходит под руслом Малой Невы.

Расположить два траволатора с проходами для пешеходов вдоль них возможно как в одном тоннеле наружным диаметром 11,5 м, так и в трех тоннелях диаметром 6 м (третий тоннель предназначен для обслуживания и эвакуации).

Из строительных и экономических соображений предпочтительнее вариант с тремя тоннелями: по объему разрабатываемого грунта экономия составит 18 %; увеличатся скорости проходки горизонтальных тоннелей почти на 50 %; значительно уменьшаются геотехнические риски при строительстве.

В предложенном варианте с целью уменьшения одновременных капитальных вложений работы можно разделить на два пусковых комплекса: первый – от станции «Достоевская» до выхода на Олимпийский проспект; второй – от выхода на Олимпийский проспект до станции «Проспект Мира».

### Заключение

В отличие от варианта со строительством станции «Суворовская» не потребуется закрытие участка улицы Дурова от Суворовской площади до Самарского переулка в связи со строительством эскалаторного тоннеля и вестибюля. На 2,5 года сокращается срок строительства, стоимость которого уменьшится более чем на 11 млрд руб.; значительно повышается пешеходная доступность к спорткомплексу «Олимпийский» и расположенным поблизости объектам массового пребывания людей.

В заключение хотелось бы, чтобы свое мнение по этому вопросу высказали компетентные специалисты в области пассажироперевозок и эксплуатации метрополитена.



# ТЕНДЕНЦИИ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ГОРОДОВ В СВЯЗИ С РАСТУЩЕЙ АВТОМОБИЛИЗАЦИЕЙ

**М. А. Тимофеева**, магистрант кафедры архитектуры ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»

**К. В. Романевич**, к. т. н., старший научный сотрудник ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»

**И. В. Поцешковская**, к. архитектуры, доцент, заведующий кафедрой архитектуры ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»

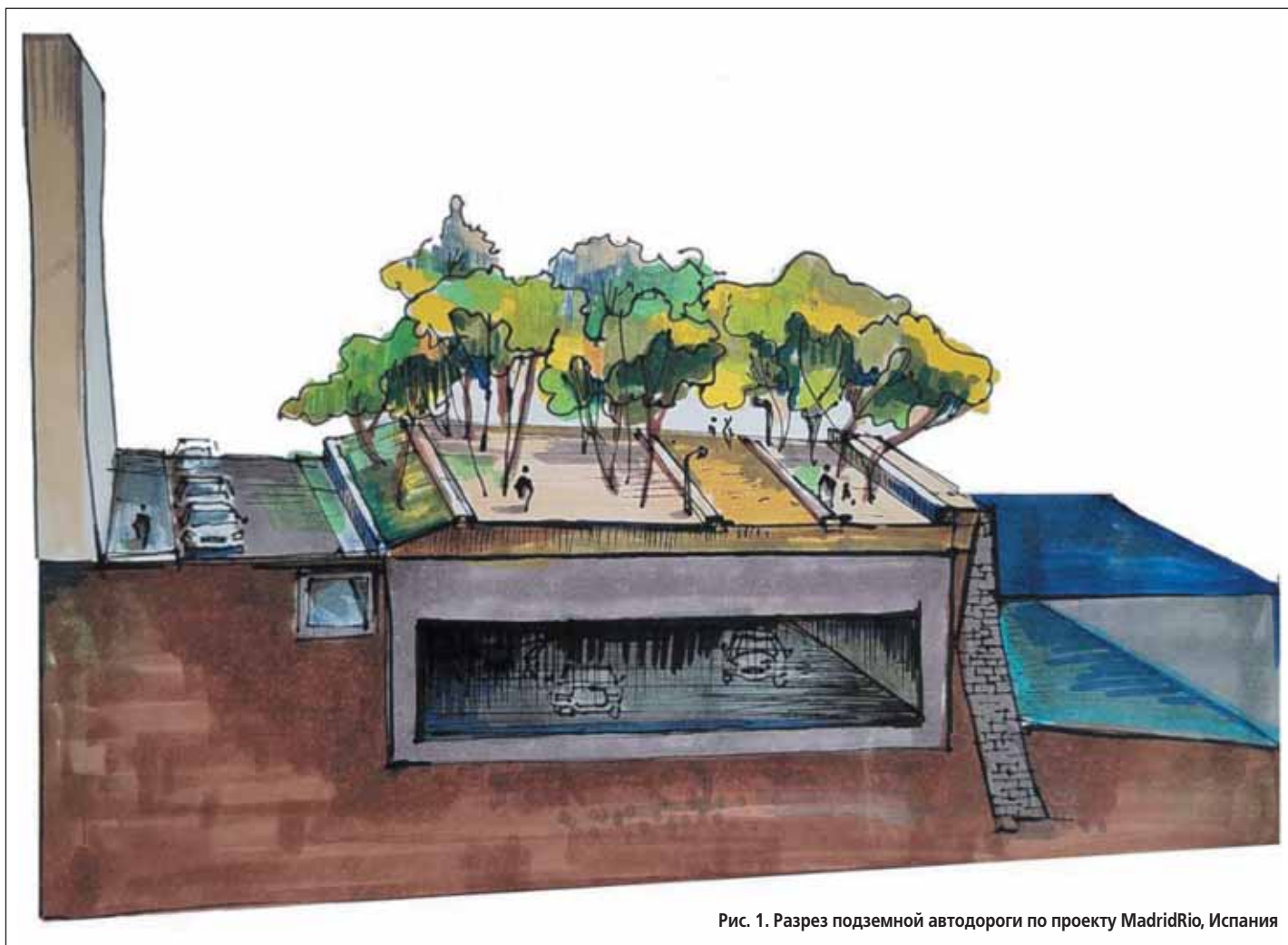


Рис. 1. Разрез подземной автодороги по проекту MadridRio, Испания

В статье рассматриваются преимущества многоуровневого проектирования автомобильных дорог и тенденции освоения подземного пространства в городах мира. Анализируется отечественный и зарубежный опыт, в том числе инновационные проектные предложения. Городские автотранспортные тоннели рассматриваются как способ расширения пешеходных и рекреационных пространств (социальный аспект), уменьшения вредных выбросов, освобождения пространства под озеленение (экологический аспект) и возможность экономической выгоды для городского бюджета в условиях растущей урбанизации и автомобилизации. Отмечается, что отдельные тоннели не решают кардинально нарастающие транспортные проблемы городов, необходима их интеграция в единую сеть по типу метрополитена для автотранспорта.

**Н**ачиная с 2007 г. более половины населения мира проживает в городах, и, согласно докладу ООН, подготовленному в 2019 г., к 2030 г. этот показатель вырастет до 60 % [1]. Россия входит в пятерку стран с самым высоким уровнем городского населения – свыше 72 % наряду с Грецией, Францией, Испанией и США.

Быстрая урбанизация приводит к перегруженности инфраструктуры, в первую очередь – дорожно-транспортной. По данным аналитического агентства «Автостат», за последние 10 лет показатель автомобилизации в России вырос с 233 легковых автомобилей на 1 тыс. жителей на начало 2010 г. до 308 автомобилей на 1 января 2020 г. (на 30 %), причем в Санкт-Петербурге



Рис. 2. Трасса туннеля Silvertown под рекой Темзой, Лондон



Рис. 3. Проектная схема расположения новых автомобильных туннелей, Лондон, 2016 г.

этот показатель выше среднего на 9 единиц и на 10 % выше, чем в Москве [2].

Растущая автомобилизация порождает ряд проблем.

1. Экологические проблемы: загрязнение воздуха отработанными газами и мельчайшими твердыми частицами, в том числе продуктами износа автомобильных шин и дорожного полотна, загрязнение грунтовых вод токсичными стоками от автодорог, автомоек и стоянок автотранспорта; шумовое вибрационное и электромагнитное загрязнение, разрастание пригородов, которые поглощают места обитания диких животных и сельскохозяйственные земли, омертвление растительности [3, 4].

2. Транспортные проблемы: потеря городского общественного пространства (до 50 % площади городов отводится под парковки, гаражи, дорожное полотно и заправочные станции), захламливание дворовой территории транспортными средствами – машины занимают пространства под озеленение, благоустройство и пешеходную инфраструктуру.

Снижение негативного влияния урбанизации на человека может быть достигнуто устойчивым развитием территорий. В соответствии с Градостроительным кодексом РФ это означает «обеспечение безопасности и благоприятных условий жизнедеятельности человека, ограничение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и обеспечение охраны и рационального использования природных ресурсов в интересах настоящего и будущего поколений» [5].

Интересы настоящего и будущего поколений предполагают развитие экономики, не сопровождающееся загрязнением. Поэтому цель общества XXI века – это соблюдение баланса интересов между экономическими, социальными и экологическими факторами развития для улучшения качества жизни в условиях современного города. Территории под озеленение, пе-

шеходную инфраструктуру и рекреации в исторических городах с плотной застройкой необходимо освобождать путем комплексного развития подземного пространства. Создаваемые в современных условиях ревитализации бывших промышленных территорий в исторических центрах городов новые «зелёные» зоны и общественные пространства способствуют сохранению экологии, развитию социальной стабильности и коммуникационным связям среди различных групп населения. Архитектурно-градостроительная практика развитых стран мира наглядно демонстрирует, что одним из наиболее эффективных путей решения территориальных, а, следовательно, и транспортных проблем больших городов, особенно выросших на месте исторических поселений, является комплексное освоение подземного пространства [6–8].

В мировой практике известно множество примеров успешного освоения подземного пространства путем строительства городских автотранспортных туннелей вместо существующих наземных магистралей. Одним из первых (1991–2007) осуществленных проектов был BigDig в Бостоне, представляющий собой сеть инженерных сооружений, включая протяженные автотранспортные туннели. Территории бывшей надземной автомагистрали были преобразованы в парк, после окончания строительства уровень утарного газа в городе снизился на 12 % [6].

В центре Мадрида в 2003–2013 гг. была создана пешеходная зона MadridRio (рис. 1). Транспортную инфраструктуру шоссе M30 по берегам реки Мансанарес перенесли под землю, а освободившиеся более 3000 га земли преобразовали в парк, связав два берега реки пешеходными мостами.

Понадобились 40 км подземного дорожного полотна, чтобы освободить 10 км наземного пространства для ревитализации территории и создания комфортной го-

родской среды [4]. Расчет длины проезжей части туннелей был выполнен с учетом всех примыканий, прямого и обратного хода. Дополнительно реконструкции подверглись значительные территории – более 650 га в шести округах Мадрида. Помимо благоустройства местности были реконструированы расположенные на ней старые бойни и фруктовый рынок, обновлены фасады жилых зданий. Это позволило: улучшить экологию, восстановить целостность пространственной среды, повысить инвестиционную привлекательность и экономический уровень развития столицы Испании [6].

Образцом долгосрочного планирования развития города является освоение подземного пространства Хельсинки. Уникальный опыт Финляндии демонстрирует сохранение природных ландшафтов путем создания масштабной подземной инфраструктуры.

В Хельсинки под землей располагаются не только парковки, торговые площади и дата-центры, но и служебные подземные сооружения, бассейны и другие общественные пространства. Тоннели под популярными торговыми улицами позволяют разгружать товары в магазины, вывозить мусор и совершать другие технические процессы, не нарушая движение на поверхности. Подземное строительство Хельсинки продолжается и распланировано на годы вперед, в его основе: сохранение исторического облика города (через снижение видимой урбанизации), энергоэффективность, улучшение экологической обстановки (очистные сооружения, станции нагрева и передачи воды) и экономическое преимущество над наземным строительством в условиях холодного климата.

Известны проекты целых подземных городов под существующими мегаполисами с ведущей к ним сетью автотранспортных туннелей, например в Чикаго, США и др.



Рис. 4. Схема развития автомобильных дорог в Стокгольме, Швеция (пунктиром отмечено подземное расположение)

В число первых, но пока нереализованных эко-проектов, входит концепция многоуровневого города AMFORA в историческом центре столицы Нидерландов. При условии реализации проекта, большая часть транспорта будет перенаправлена в подземный уровень с паркингами и развитой об-

внутри них. Кольцевые объездные и транзитные автостреды, частично или полностью находящиеся под землей, позволяют разгрузить интенсивное движение в мегаполисах мира. Так, после открытия туннеля Яматэ (YamateTunnel) длиной 18,2 км (самый протяженный городской автодорож-

ественной инфраструктурой, что разгрузит дороги в историческом центре. Проект AMFORA рассматривается администрацией Амстердама как возможный путь решения проблем: пространство в городе ограничено, движение на узких улицах почти всегда затруднено, концентрация вредных примесей в воздухе значительно превышает европейские нормы [9].

Сегодня идея перенаправления городского автотранспорта под землю является наиболее перспективной тенденцией освоения подземного пространства. Во всем мире возводятся целые сети подземных автомагистралей, как вокруг городов, так и

новый туннель в мире) в Токио количество заторов сократилось на 40 % [10].

В Лондоне насчитывается более 50 городских автотранспортных тоннелей – так много, что уже сейчас можно преодолеть весь город на автомобиле под землей. Дополнительно ведется строительство новых тоннелей, благодаря которым уменьшаются заторы, повышается надежность и отказоустойчивость дорожной сети районов города. В 2020 г. началось строительство SilvertownTunnel (рис. 2), окончание которого запланировано на 2025 г., обсуждаются другие проекты тоннелей под Темзой: LowerThamesCrossing, GallionsReachCrossing, BelvedereCrossing и др.

Несмотря на это, отдельные короткие тоннели не решают кардинально транспортные проблемы и поступают новые предложения. Так, несколько лет назад мэрией Лондона был предложен проект строительства двух автотранспортных тоннелей длиной 18 и 25 км, которые призваны снизить загруженность города на 20 % (рис. 3).

Швеция много инвестирует в развитие инфраструктуры своей столицы: в последние годы построено несколько новых авто- и железнодорожных линий, частично расположенных под землей. Открытый в 2014 г. участок завершил организацию внутренней кольцевой автодороги в Стокгольме, в настоящее время ведется строительство внешнего кольца, на котором отдельного внимания заслуживает участок E4 The Stockholm bypass. Это звено соединит южную и северную части Стокгольма,

Таблица

Год, город, страна	Название	Длина, км	Диаметр, м	Максимальная скорость в туннеле, миль/ч (км/ч)	Статус	Результат
Весна 2017 г. – декабрь 2018 г., Хоторн, Калифорния, США	Тестовый туннель Хоторн	1,83	3,8	127 (205)	Завершено	Экспериментальные исследования для разработки систем общественного транспорта компании The Boring Company, Loop и Hyperloop
С 2017 г., Вашингтон, округ Колумбия, США	Baltimore Loop	56,81	3,66–7,32	150 (241,4)	В процессе экологической экспертизы и получения разрешений	Организация высокоскоростных подземных систем общественного транспорта Loop и Hyperloop из набора параллельных двойных тоннелей
С октября 2019 г., Лас-Вегас, Невада, США	LVCC Loop в конференц-центре Лас-Вегаса	1,33	3,66	–	Реализуется	Обеспечение быстрой и удобной транспортировки посетителей конгрессов и выставок через кампус LVCC. Loop соединит новый выставочный зал LVCC с существующим кампусом и сократит время передвижения с 15 до 1 мин.
С мая 2020 г., Лос-Анджелес, Калифорния, США	Dugout Loop	6	4,26	150 (241,4)	В процессе экологической экспертизы и получения разрешений	Создание высокоскоростной подземной системы общественного транспорта с нулевым уровнем выбросов, соединяющей районы Лос-Фелис, Восточный Голливуд или RampartVillage («западный вокзал») до стадиона Dodger в городе Лос-Анджелес



освободит главные дороги и внутренние районы города и снизит уязвимость транспортной системы (рис. 4).

Изыскания по этому участку велись в течение нескольких десятилетий, рассмотрено большое количество различных альтернатив, в результате был выбран вариант, при котором более 18 из 21 км пути находятся в тоннелях. Такое решение позволит уменьшить воздействие на природную и культурную среду, которой шведы весьма дорожат.

Строительные работы по первым основным контрактам E4 The Stockholm bypass начались в 2015 г. Ожидается, что строительство участка займет еще около 10 лет. По оценкам Управления транспорта Швеции это будет одна из самых длинных автотранспортных тоннельных систем в мире, к 2035 г. объездная дорога будет пропускать примерно 140 000 автомобилей в день (по данным на 2020 г. всего в Стокгольме – 953 391 легковых и 148 436 грузовых автомобилей).

Аналогичные сооружения в мегаполисах возводятся сейчас во Франции (A86 вторая кольцевая дорога вокруг Парижа), Австралии (тоннель WestConnex на автомагистралях M4, M8), Китае (десятки автомагистралей) и других странах.

Привлекают внимание концептуальные проекты подземного освоения города, предложенные компанией Илона Маска The Boring Company, которая с 2016 г. занимается исследованием, проектированием и строительством новой скоростной системы общественного транспорта под землей с нулевым уровнем выхлопных выбросов.

Компания утверждает преимущества своего подхода к дорожному проектированию, среди которых следующие [11].

1. Неограниченная пропускная способность: нет практических ограничений на количество уровней тоннелей, которые можно построить, поэтому может быть достигнута любая существующая или предполагаемая пропускная способность. Эта гиб-

кость контрастирует с наземной транспортной системой, где расширение проезжей части вызывает ряд проблем.

2. Минимальное землепользование: тоннели сводят к минимуму использование ценных земель на поверхности. Тоннели также не конфликтуют с действующими транспортными системами.

3. Минимальное воздействие на поверхность: конструкция и эксплуатация тоннеля не создают заметного поверхностного шума или вибрации. Строительство и эксплуатация тоннелей бесшумна и незаметна населению.

4. Всепогодная эксплуатация: дождь, снег, ветер и температура поверхности не влияют на работу системы.

5. Гибкая транспортная инфраструктура: может включать общественный транспорт, движущиеся тротуары, пешеходные дорожки и систему для грузовых перевозок.

6. Возможное расширение: по причинам, перечисленным выше, намного проще расширить тоннельную систему, чем наземную.

7. Экономия за счёт объёма работ: стоимость строительства в США сейчас варьируется от 100 млн до 1 млрд долларов за милю тоннеля. Масштабное тоннельное строительство экономически целесообразно при снижении затрат на тоннелирование более чем в 10 раз, что достигнуто при оценке строительства тоннелей Loop TBC в 10 млн долларов за милю.

По данным официального сайта The Boring Company в феврале 2021 г. выделяются четыре основных проекта (табл.).

Утверждается, что эта транспортная система принесет значительную пользу населению благодаря сокращению времени в пути на частном и общественном транспорте, уменьшению загруженности городского трафика, уменьшению транспортных расходов за счёт тарифов и сокращению выбросов выхлопных газов.

В Российской Федерации сфера подземного строительства развивается в научном и прикладном направлениях, совершенствуются технологии тоннелестроения.

При проектировании и строительстве тоннелей разрабатываются экспериментальные инженерные решения с применением современных технологий, материалов и оборудования [12].

Значимым примером решения проблем автомобилизации следует назвать преобразование транспортной инфраструктуры в г. Сочи, приуроченное к Олимпиаде 2014 г. Транспортную сеть, проложенную с учётом горного ландшафта и за относительно короткий срок, составили: совмещённая авто- и железная дорога «Адлер – Альпика-Сервис», федеральная магистраль А-148, дублирующая движение по Курортному проспекту г. Сочи (рис. 5), и объездная трасса, избавившая город от транзитного трафика.

Применение инновационных тоннелестроительных работ при сооружении транспортных тоннелей в Сочи в 2008–2013 гг. позволило достигнуть значительных скоростей проходки. По оценкам специалистов при других обстоятельствах на выполнение такого объёма работ понадобилось бы не менее 50 лет.

Развитию транспортного тоннелестроения способствует опыт проектирования и строительства метрополитенов, а также автотранспортных тоннелей в двух российских столицах. В последние два десятилетия построены Лефортовский тоннель (2003), Шереметьевский (2005), Волоколамский (2007–2009), Алабяно-Балтийский (2013), Винчестерный тоннель Северо-Западной хорды (2016) и др.

В Санкт-Петербурге в 2007 г. был построен Токсовский тоннель, в 2011 г. под судоходным каналом защитной дамбы в Финском заливе – 6-полосный автодорожный подводный тоннель; в 2016 г. в составе центрального участка Западного скоростного диаметра – открыт тоннель под рекой Смоленкой.

Три проекта реконструкции площади Восстания в Санкт-Петербурге демонстрируют развитие возможностей освоения подземного пространства с учетом транспортной, коммерческой и экологической

**Рис. 5. Тоннели дублера Курортного проспекта, г. Сочи, зима 2021 г.**



составляющих [13]. Первый проект датируется 1980-ми годами, в котором проектное предложение предусматривало транспортную связь улиц города через 6-полосный автотранспортный тоннель под Невой, соединенный с многофункциональным комплексом, предполагаемым под площадью Восстания. Общие общественные предприятия чередовались бы с подземным паркингом на 268 машиномест.

Спустя десять лет от правительства Санкт-Петербурга поступил заказ на создание подземного торгового центра на площади Восстания. В 1993 г. был разработан проект 5-этажного подземного пространства с живыми зелеными насаждениями и атриумом в центре. Окончательный вариант в 2006 г. представлял собой подземный 3-этажный торговый центр с нижним уровнем-автостоянкой.

В 2008 г. было разработано проектное предложение, которое предполагало строительство многофункционального комплекса, включающего в себя: систему подземных пешеходных переходов, двухуровневый паркинг на 1200 машиномест, общественную зону отдыха с фонтанами и двухуровневым атриумом, предприятия торговли и питания [13]. Данные проектные предложения демонстрируют более чем 30-летнее развитие концепции освоения подземного пространства в центре культурной столицы и изменение приоритетов, вызванное возросшим количеством автотранспорта, отсутствием свободных участков в центральных районах с исторической застройкой, диверсификацией городских функций.

Важными представляются пока неосуществленные идеи подводной альтернативы мостам и набережным Санкт-Петербурга. В начале 2000-х гг. был разработан проект Орловского тоннеля под Невой, который был призван связать Смольную и Свердловскую набережные. Согласно проекту, тоннель общей протяженностью 3500 м и длиной подрусловой части 1000 м проектировался двухъярусным, с тремя полосами движения в каждую сторону. Орловский тоннель должен был войти в так называемый «транспортный обход» центра – комплекс развязок, благодаря которому автомобилисты смогут добираться с юга на север, минуя Невский проспект и другие ключевые улицы [14]. В 2011 г. должно было начаться строительство; предполагалось, что оно завершится в конце 2015 г.

В Комитете по развитию транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга предложили перенести часть функций Орловского тоннеля на открытый тоннель под мостом Александра Невского на правом берегу Невы. Конечно, он не мог стать круглосуточной переправой с одного берега на другой, но ускорил бы съезд с моста для дальнейшего движения в северном направлении [14].

Для обеспечения непрерывного движения от Пироговской набережной до Васильев-

ского острова Комитетом по развитию транспортной инфраструктуры был разработан проект Кронверкского «коридора». Оба проекта заморожены.

В качестве основной причины торможения строительства тоннелей в мегаполисах как альтернативы наземным автомагистралям называется высокая стоимость строительства.

Планировочная структура города включает комплексную транспортную сеть. Одна из обязанностей муниципалитета – обеспечение свободного перемещения в пределах городской территории, и положительный опыт в мировой практике должен стать примером управляющего воздействия. Пути решения включают комплекс мер, среди которых: транзитно-ориентированное развитие, приоритет общественного транспорта над личным, создание интермодальной системы общественного транспорта, экологичность общественного транспорта, деавтомобилизация центральной части города, организация эффективной системы хранения личного автотранспорта и парковок [15].

## Выводы

В связи с непрерывно возрастающей интенсивностью автомобильного движения, растущей урбанизацией и автомобилизацией, концепции комплексного освоения подземного пространства открывают возможности для решения многих транспортных, социальных и экологических задач, особенно для городов с высокой плотностью населения, сложным ландшафтом, памятниками истории и культуры.

В последние два десятилетия техника и технология строительства подземных сооружений получили значительное развитие. В мировой и российской практике создаются и внедряются новые нормативные базы, регулирующие комплексный подход при освоении подземного пространства, накоплен уникальный опыт строительства открытым и закрытым способами.

Становится реальной в ближайшей перспективе возможность организации подземных транспортных сетей, соединяющих многофункциональные сооружения, возведенные ниже уровня земли в исторической части российских городов. Учитывая опыт зарубежных стран, развитие научной и технической базы в Российской Федерации, оптимальным вариантом устойчивого развития городов представляется разработка интегрированной наземно-подземной транспортной системы в рамках единого генерального проекта. Гибридность городской инфраструктуры, включающей помимо наземного пространства подземные многофункциональные комплексы и транспортные сооружения, позволит сохранить историческую ценную пространственную среду крупных российских городов.

Необходимо также отметить, что отдельные тоннели не в состоянии решить кардинально транспортные проблемы городов,

необходима их интеграция в единую сеть по типу метрополитена для автотранспорта. Это подразумевает создание долгосрочной градостроительной программы освоения подземного пространства мегаполисов.

## Ключевые слова

Устойчивое развитие территории, урбанизация, транспорт, автомобилизация, подземная сеть автомобильных дорог, тоннелестроение.

## Список литературы

1. *Население мира растет, стареет и переезжает в города / Новости ООН.* <https://news.un.org/ru/story/2019/04/1352171>.
2. *Обеспеченность автомобилями в Петербурге на 10 % выше, чем в Москве/ АО «Автомостат».* <https://www.autostat.ru/news/46334>.
3. Ложкин В. Н., Ложкина О. В. *Перспективы сокращения экологического ущерба от автотранспорта в городах Российской Федерации на примере Санкт-Петербурга/ Биосфера.* СПб.: Фонд научных исследований «XXI век». 2011. Т. 3. № 3. – С. 409–418.
4. Подгорнова Н. А. *Экологические проблемы автомобильного транспорта и пути решения // Молодой ученый.* – 2016. – № 22.2. – С. 48–50.
5. *«Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 г. № 190-ФЗ.*
6. Глозман О. С. *Градостроительные основы формирования подземных пространств: Методика выявления зон размещения объектов многофункционального общественного подземного пространства.* М.: ФИЛИНЬ, 2017.
7. Шашкин А. Г. *Развитие подземного пространства для сохранения исторического мегаполиса «Геотехника», том X, № 4/2018.*
8. Картозия Б. А. *Освоение подземного пространства крупных городов. Новые тенденции. Труды Международного научного симпозиума «Неделя горняка 2015, М., Издательство «Горная книга».* – С. 615–630.
9. Дровалева И. *Проект AMFORA в центре Амстердама/ Подземный эксперт.* <https://undergroundexpert.info/opyt-pod-zemnogo-stroitelstva/stroyasbbiesya-obekty/proekt-amfora-nl>.
10. <https://www.autonews.ru/news/5c8e86559a7947836aeb0343>.
11. *Tunnel Offerings/ The Boring Company.* <https://www.boringcompany.com/products>.
12. *Маковский Л. В., Кравченко В. В., Сула Н. А. Автоторожные и городские тоннели.* М.: Учебное пособие, МАДИ. 2016.
13. *Проект освоения подземного пространства площади Восстания/ ООО «Адитум».* – СПб., 2008.
14. Волкова Е. *Орловский тоннель в Санкт-Петербурге: проект, который не был реализован.* <https://undergroundexpert.info>.
15. Трухачёв Ю. Н. *Общая теория систем расселения (Методологическая концепция).* – Ростов-на-Дону: НИО «Южный Градостроительный центр»/ «Архитектурный вестник», 2020.

# КИТАЙ: ВВОД 700 КИЛОМЕТРОВ МЕТРО В 2020 ГОДУ

В. В. Космин, Российская академия транспорта

По сложившейся традиции последнего десятилетия ежегодно декабрь в КНР отмечается вводом новых линий метрополитена. Китайским метростроителям уже многие годы есть что вводить. В результате за полвека создана первостепенная в мире сеть подземных магистралей. Это отражено в предыдущей публикации автора на соответствующую тему (см. журнал «Метро и тоннели», 2019 г., № 1, с. 42–43 [1]), где, в частности, отмечены высокие темпы метростроения и показано постоянное их нарастание в последние годы, несмотря на большие объёмы уже выполненных по всей стране работ по созданию метрополитенов.

Но 2020-й год в китайском метростроении ознаменовался очередными впечатляющими рекордными показателями: в 15 городах по более чем трём десяткам проектов в целом за год, включая 4 в ноябре, введены в эксплуатацию 29 линий (19 новых и 10 – удлинение) общей протяжённостью более 700 км. При этом в отдельных городах вводились по несколько линий (Чэнду – четыре новые плюс одна – удлинение; Цинь – три новые; Ханчжоу – две новые и одна – удлинение; Циндао и Чэнчжоу – по две новые линии; Шанхай и Ухань – по одной новой и одной – удлинению; Пекин – две удлинению). Вводы отдельных линий в некоторых городах достигали впечатляющих величин: по линии 6 в Чэнду – 69 км (самая длинная линия в мире, введённая в эксплуатацию одновременно), по линии 6 в Ханчжоу – 50,5 км; по линии 8 в Циндао – 48,3 км. Общая картина итогов работы китайских метростроителей показана на рис. 1.

В Циндао в составе линии 8 метрополитена введён самый длинный в Китае подводный тоннель метро (подводная часть 5,4 км, вместе с наклонными подходами – 7,9 км, виадук 6,4 км).

При этом следует иметь в виду, что большинство вводов приурочено к достаточно обширным системам метрополитенов отдельных городов и, в то же время, с большой удельной плотностью населения, приходящейся на один километр протяжённости метрополитена (рис. 2). При этом простоты вводов впечатляющие. Например, в столице провинции Сычуань г. Чэнду, где общий ввод 2020 г. составил свыше 160 км, до этого было более 400 км, а теперь стало 558 км, и в планах дальнейшего развития сети метрополитена – её утроение, в том числе к 2035 г. ввод в действие 35 линий общей протяжённостью до полутора тысяч километров. В Шанхае, где функционирует самая большая в Китае сеть метрополитена, введённые в эксплуатацию две новые линии довели общую протяжённость в этом горо-

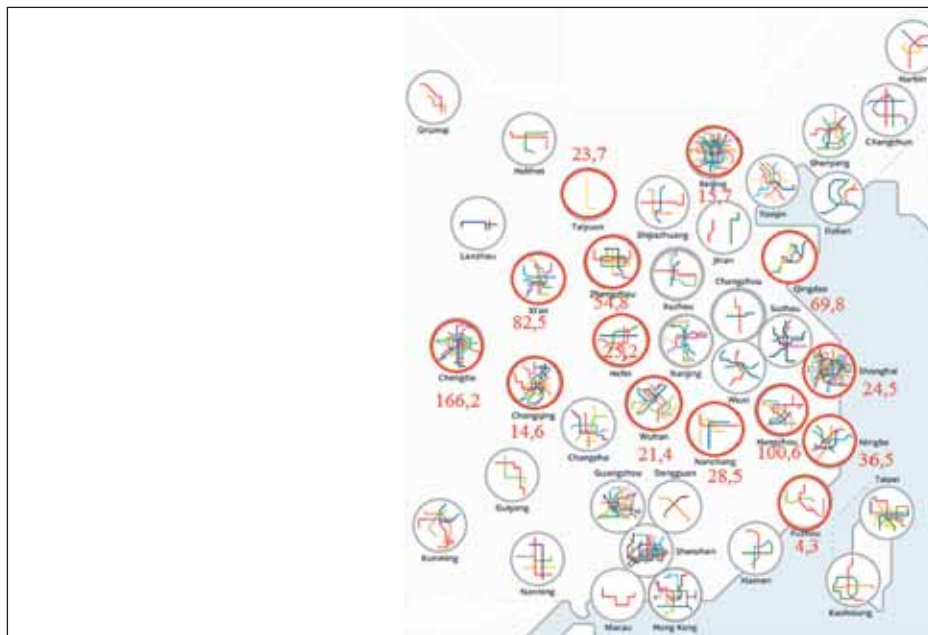


Рис. 1. Вводы новых линий метрополитена в КНР (города с вводами выделены, вводы показаны в километрах)

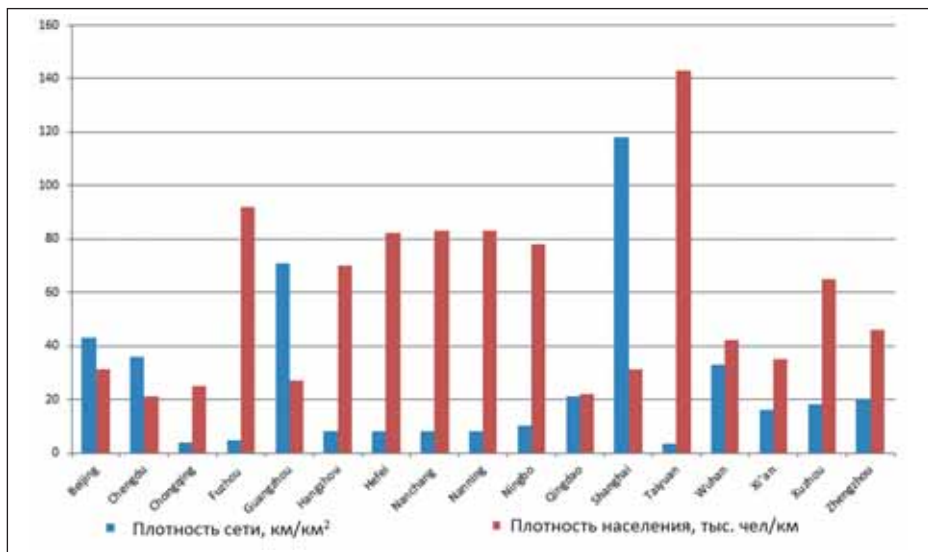


Рис. 2. Характеристики метрополитена по городам с вводами новых линий (удлинения существующих) в 2020 г.

де до 729 км с 430 станциями. В г. Наньчан, где открытие первого участка метрополитена состоялось всего шесть лет назад, сегодня, после ввода в эксплуатацию объектов 2020 г., протяжённость сети достигла почти 90 км, а намечается на перспективу практически её удвоение (до 162 км).

Правительство КНР представило амбициозные планы по вводу к 2035 г. ещё 35 линий суммарной протяжённостью не менее 1 666 км, в том числе 1 389 км линий метро и 277 км пригородных железных дорог.

Китайское метростроение на подъёме, и думается, что новые достижения страны в этой области не заставят себя ждать.

## Список литературы

1. Космин В. В. *Сеть метрополитена в КНР // Метро и тоннели*, 2019 г., № 1, с. 42–43.
2. [https://www.railwaygazette.com/long-reads/china-metro-openings-hit-record-high/58572.article?utm\\_source=MRnewsletter&utm\\_medium=email&utm\\_content=Main%20Story%20Link&utm\\_campaign=MRnewsletter%2020210303&adredir=1](https://www.railwaygazette.com/long-reads/china-metro-openings-hit-record-high/58572.article?utm_source=MRnewsletter&utm_medium=email&utm_content=Main%20Story%20Link&utm_campaign=MRnewsletter%2020210303&adredir=1)
3. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Chengdu\\_Metro\\_Planning.svg](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Chengdu_Metro_Planning.svg)

## Для связи с автором

Космин Владимир Витальевич  
vvcosmin@mail.ru



# ГИГАНТ В ЕВРОПЕ: САМЫЙ БОЛЬШОЙ ТПМК С ГРУНТОПРИГРУЗОМ ПЕРЕСЕКАЕТ ФИНИШНУЮ ЧЕРТУ

Александр Эльль, Продукт-менеджер отдела Транспортных тоннелей, Herrenknecht AG, Германия

**В июне 2020 г. самый большой в мире тоннелепроходческий механизированный комплекс (ТПМК) с грунтопригрузом забоя «Лючия» (диаметр 15,87 м) закончил проходку автомобильного тоннеля длиной 7,7 км к северу от Флоренции, Италия. ТПМК и команда проекта, несмотря на многочисленные препятствия, менее чем за три года успешно справились с невероятно сложной задачей. Строительная площадка столкнулась с ограничениями, вызванными особыми геологическими условиями, крайне большим уровнем абразивности вмещающих пород, загазованностью почвы, нехваткой воды, необходимой ТПМК таких больших размеров. Всё это удалось успешно преодолеть благодаря сплоченной работе команды профессионалов, использующих высококласную тоннелепроходческую технику последнего поколения с инновационными решениями.**

**Т**оннель Санта Лючия, пересекая Апеннины на севере Италии, является частью проекта Variante di Valico, целью которого является увеличение пропускной способности существующей автомагистрали А1 Милан – Неаполь на участке между Болоньей и Флоренцией.

Большинство мероприятий по модернизации трассы уже завершено – сооружены новые мосты, тоннели, модернизирована инфраструктура. При строительстве большинства тоннелей использовались традиционные методы. Но в 2011 г. для строительства двух тоннелей Sparvo был представлен новый способ строительства – с помощью ТПМК. Финальная сбойка щита «Мартина» диаметром 15,5 м с грунтопригрузом забоя компании Herrenknecht на проекте Sparvo произошла в августе 2013 г.

В то время как большинство северных участков автомагистрали уже открыты для движения, часть южных участков всё ещё находится на этапе строительства.

Тоннель Санта Лючия (рис. 1) – один из самых важных элементов южного участка трассы.

Он расширит магистраль до двух многополосных автодорог длиной 7,7 км. Тоннель Санта Лючия будет использоваться исключительно для движения на юг в направлении Флоренции, в то время как обе существующие автомагистрали возьмут на себя поток в направлении севера, образуя суммарно четыре полосы. Внутреннее пространство тоннеля Санта Лючия представляет собой трехполосную дорогу (ширина каждой полосы составляет 3,75 м), с обеих сторон которой располагаются боковые зоны безопасности с шириной по 0,7 м. Для механизированной разработки полученного поперечного сечения потребовался ТПМК с большим диаметром. Благодаря оптимизированному маршруту, из ранее извилистой автомагистрали, тоннель позволит снизить уровень аварийности, а также уменьшить время в пути и, таким образом, сократить

расход топлива у десятка тысяч легковых и грузовых автомобилей.

Эксплуатация автодорожных тоннелей такой длины требует наличие целого ряда сопутствующих сооружений, в частности это эвакуационные тоннели, площадки для аварийных остановок, светофоры, повсеместное освещение и пр.

На этом проекте было принято решение расположить эвакуационный проход под полотном автомагистрали в том же тоннеле. Он представляет собой отдельный, полностью изолированный канал (рис. 2). Доступ к эвакуационному проходу осуществляется по лестницам каждые 250 м через небольшие сбойки, пройденные классическим методом. Весь тоннель планируется открыть для движения летом 2021 г.

## Геология и технологические решения: изменчивые геологические условия требуют комбинированного подхода

Разработка ТПМК началась еще в 2013 г., когда компания Pavimental заключила контракт с компанией Herrenknecht для выполнения эскизного проекта со специфическими горно-геологическими условиями.

Тоннель проходит через пласты известняка и сланца, которые чередуются несколько раз по трассе тоннеля.

На большей части трассы (76 %) тоннель проходит по формации Монте-Морелло, состоящей в основном из мергелевых известняков. Это горная порода хорошего качества, средней прочности (до 90 Мпа), с преимущественно стабильным забоем, за ис-



Рис. 1. Маршрут тоннеля и существующая автомагистраль

ключением переходных областей и локальных зон разломов.

Оставшиеся 24 % трассы тоннель проходит по трём типам Формации Силано, которые представляют собой в основном сланцы с вкраплениями известняка и песчаника. Такие породы имеют гораздо более низкую прочность и даже содержат значительное количество метана, который часто встречается в районе Апеннин и региона Тоскана. Из-за постоянного чередования двух геологических образований, с тектоническими контактными зонами между ними, лоб забоя зачастую представляет собой смесь несколь-

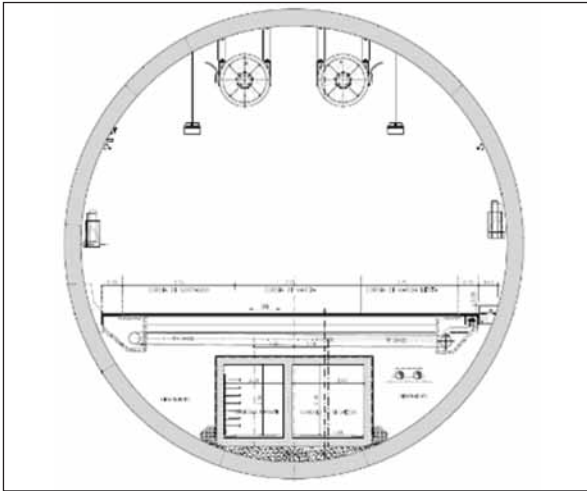


Рис. 2. Внешний диаметр туннеля Санта Лючия составляет 15,87 м. Эвакуационный туннель расположен под полотном автомагистрали и представляет собой отдельный, изолированный канал



Рис. 3. Изолированный ленточный транспортер

ких пластов с различными физико-механическими свойствами.

Кроме того, по трассе туннеля встречаются участки с особо малой глубиной залегания, в некоторых местах даже меньше диаметра ТПМК. К примеру, одна из существующих автомагистралей находится в подобной зоне. При её прохождении, без остановки движения транспорта, потребовалась просто филигранная точность и тщательный контроль всех процессов проходки.

На другой чаше весов – участки с глубиной залегания до 270 м, что потребовало от команды разработчиков ТПМК Herrenknecht создать систему с давлением поддержки забоя до 6 бар включительно.

Чтобы соответствовать таким изменчивым геологическим условиям, необходимо было найти компромиссное решение, что особенно заметно в конструкции ротора. Он оснащен как шарошками, для разработки твердых пород формации Монте-Морелло, так и резаками, для работы с мягким грунтом формации Силано, с открытым межлучевым пространством в 40 %. Это позволяет ТПМК бесперебойно работать на двух настолько различных типах вмещающего массива.

### Метан: безопасность прежде всего!

Важным требованием проекта была поставка оборудования для проходки при условии наличия газа в массиве. Поэтому фирма Herrenknecht усовершенствовала уже доказавший себя на практике щит с грунтопригрузом таким образом, чтобы выбросы опасного газа из разработанного грунта не имели доступа в технологическую зону комплекса. В конструкцию системы защитного оборудования была добавлена новая концепция разделения, которая впервые применялась для проходки туннеля в грунте, насыщенном газами. Она заключается в установке изолирующей оболочки вокруг системы ленточного конвейера, чтобы содержащий газ воздух не поступал к технологическому оборудованию комплекса (рис. 3).

Кроме того, конструкция позволяет постоянно контролировать герметичность данной системы. Чтобы предотвратить образование пустот и ограничить образование искр в забойной камере во время процесса проходки, на протяжении всего пути ТПМК должен был работать с заполненной камерой забоя (в режиме активного грунтопригруза). Специалисты компании Herrenknecht дополнительно разработали точную систему обнаружения газа, оповещения и отключения всех систем комплекса, чтобы обеспечить безопасность персонала на ТПМК и за его пределами в соответствии с современными нормами. В зависимости от местонахождения датчика система реагирует с разной чувствительностью. Например, такая концентрация метана как 10 % LEL (10 % от нижнего взрывоопасного предела) не вызовет остановку проходки, если это было зафиксировано в изолированной зоне ленточного конвейера. Однако если такой уровень содержания метана обнаружится за пределами этой системы, будет инициирована немедленная остановка процесса проходки и приводов.

Для обеспечения сценариев полной остановки проходки, на входе в туннель установлена двухканальная система вентиляции, которая, в случае необходимости, может очистить воздух в туннеле. Такая система обеспечивает безопасное и быстрое возвращение в туннель и возобновление проходки. В зависимости от режима работы (проходка, установка высокоточных блоков, техническое обслуживание, разведочное бурение и пр.), свежий воздух направляется на разные части ТПМК, объем потоков регулируется при этом с помощью специальных клапанов.

Чтобы предотвратить постоянную остановку проходки, компания Herrenknecht разработала систему, позволяющую регулировать допустимую скорость проходки в зависимости от концентрации метана в изолированной зоне конвейера. К тому же были введены различные цветовые коды,

которые предупреждают персонал на ТПМК и за его пределами о наличии или отсутствии метана.

В дополнение ко всем вышеупомянутым мерам все компоненты на ТПМК, вблизи которых мог, теоретически, произойти выброс метана из разработанной породы, были выполнены исключительно во взрывобезопасном исполнении (фонари, датчики, подъемники и пр.).

### Из Шванау в Барберино

В августе 2016 г., спустя двенадцать месяцев после поступления заказа, партнеры отпраздновали приемку 4500-тонной тоннелепроходческой машины на заводе компании Herrenknecht в г. Шванау, Германия (рис. 4).

После демонтажа основные неразборные части щита отправились на судне в Равенну через Роттердам, а затем наземным транспортом в Барберино, на строительную площадку. Особые сложности вызвала доставка главного привода диаметром 9,2 м и весом 320 т. Вся система защитного оборудования доставлялась на грузовых машинах, благодаря чему на строительной площадке работы по сборке шли одновременно с демонтажом оборудования на заводе Herrenknecht. Еще до прибытия основных неразборных частей щита на стройплощадку, два сегмента технологических тележек были полностью готовы, обеспечивая, таким образом, существенное сокращение сроков. Самоходные модульные транспортеры (англ. Self-propelled Modular Transporter) доставили полностью собранное защитное оборудование на более поздней стадии к месту сбора порталного крана (рис. 5). Поскольку монтажная площадка была сильно ограничена по длине, предварительная сборка части оборудования позволила сэкономить более месяца времени.

### 60% пирамиды Хеопса

Проходка началась 11 мая 2017 г. и продолжилась три года. После накопления опыта



Рис. 4. Приемка ТПМК в августе 2016 г. была отпразднована с заказчиком Autostrade per l'Italia S.p.A и подрядчиком Pavimental S.p.A на заводе компании Herrenknecht в г. Шванау, Германия

и оптимизации процессов, команда подрядчика Pavimental достигла средней скорости – 5 колец (11 м) в день с ТПМК Herrenknecht, что соответствовало запланированному объёму.

30 сентября 2019 г. была зафиксирована лучшая дневная производительность – 10 колец (22 м) при длине тоннеля 5,775 м. А лучшая недельная скорость проходки, 55 колец (121 м), была достигнута 3 января 2019 г.

В ходе выполнения проекта ТПМК извлек 1,5 млн кубометров породы, что соответствует почти 60 % объема Великой пирамиды Хе-

опса. Команда установила почти 31 тыс. высокоточных блоков тоннельной обделки (конструкция кольца 9+0), ширина каждого кольца составляет 2,2 м, а толщина 550 мм. Каждый тубинг весит примерно 16 т. Такие величины показывают объем работы, с которым пришлось столкнуться инженерам и строительным командам во время проекта Санта Лючия.

На проектах с большими диаметрами все становится не только пропорционально больше. Некоторые процессы меняются полностью, делая работу еще сложнее и чувстви-

тельнее к отклонениям всевозможных факторов, по сравнению со строительством метро и ТПМК средних размеров. Кроме того, разработка и управление огромными частями ТПМК большого диаметра требует просто филигранной точности.

В качестве одного из примеров такой непревзойдённой точности можно привести успешное пересечение существующей автомагистрали с глубиной залегания тоннеля всего 25 м. Стоит отметить, что проходка никак не повлияла на действующее движение на самой важной связующей дороге между севером и югом Италии. Точные пропорции соотношения вертикального давления и объёмов извлечения грунта требовали просто ювелирного обращения операторов с оборудованием.

### Кондиционирование грунта: поиск баланса

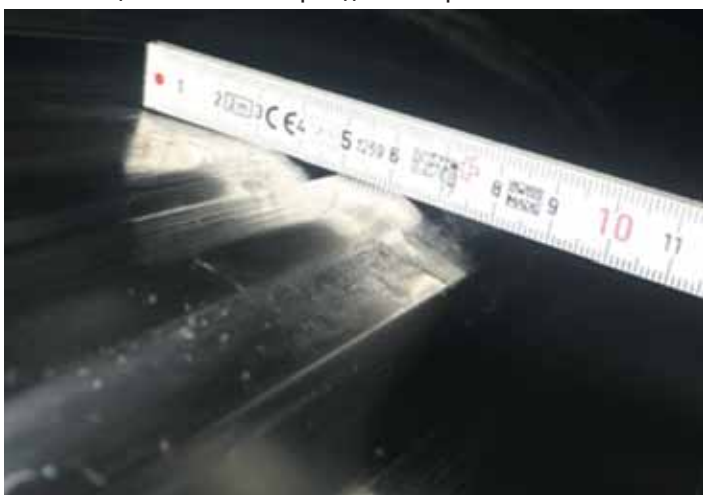
Очевидно, что для сохранения оптимальной скорости режущего инструмента (окружная скорость) ТПМК больших диаметров должны работать при более низкой скорости вращения ротора. В то же время работа на низких оборотах может негативно повлиять на получение однородной смеси из извлеченного материала и кондиционера грунта. Работа с заполненной забойной камерой, как того требует техника безопасности при наличии газа в почве, да и для стабильного поддержания лба забоя, увеличивает потребность в оптимизации процессов, особенно в условиях большой абразивности Формации Монте-Морелло. Инъектирование большого объёма пены через 20 независимых линий в роторе могло бы частично устранить данную проблему, но по экологическим причинам (срок биоразложения реагента) и из-за требований к механическим свойствам разработанного грунта, использование пены было ограничено до минимума. В таких случаях требуется увеличение количества инъектируемой воды. Но недостаток воды в регионе, не только в летнее время, но также весной и ранней осенью, постоянно ограничивал количество проходок в день.

Чтобы добиться максимального результата, команда разработала более эффективный

Рис. 5. Самоходный модульный транспортер передвигает предварительно смонтированные элементы технологической тележки



Рис. 6. Кольцо износа главного привода в сентябре 2017 г.



способ инъецирования воды и пены, избегая закупорки центра ротора и снижая износ периферийных инструментов. В летнее же время на стройплощадку поставлялась вода дополнительно, чтобы избежать чрезмерных перебоев в работе.

Однако в сезоны с хорошим водообеспечением разработанный грунт приходилось выдерживать на протяжении долгого времени на гидроотвале, для выведения излишней жидкости. Из-за дальнейшего использования в качестве материала для обратной засыпки, допустимые требования по экологии и механическим параметрам грунта также снизили количество проходок в сутки. Большое количество породы было использовано в качестве засыпки на близлежащей стройке, где велось строительство новой зоны обслуживания и заправочной станции.

### Система уплотнения: два варианта решения одной проблемы

Другим испытанием, связанным с проблемой кондиционирования грунта и существенной длиной тоннеля, оказался повсеместный износ компонентов. Объем использования обычных расходных запасных частей (например, фильтра, сенсоры и пр.) был сопоставим с другими проектами. Однако режущий инструмент и всевозможные детали износа, а также кольцевое уплотнение главного привода подверглись высокому уровню износа ввиду высокой абразивности массива горных пород. Оказалось, что в кольцевом уплотнении привода, не предназначенном для подземной замены, со временем сильно изнашивается закаленная поверхность, в особенности у первого, фронтального, уплотнения (рис. 6).

Поскольку во время технического обслуживания комплекса наблюдалось постоянное увеличение содержания мелких частиц в системе смазки, команда приняла решение выполнить проверку этого уплотнения. Её результаты показали, что резиновое уплотнение было в хорошем состоянии, а кольцо износа, по которому скользят резиновые уплотнения, необходимо было заменить раньше запланированного срока из-за прогрессирующего износа. Чтобы создать другую контактную поверхность для уплотнительной кромки, которая была бы возвращена в работу в состоянии «как новая», приняли решение сместить кольцо износа. Но это была только однократная возможность.

Необходимые инструменты и оборудование уже были наготове, нужно лишь замесить борозды на кольце износа. Они оказались шириной и глубиной в несколько миллиметров. Перемещение кольца, наконец, состоялось после зимнего перерыва в 2017 г. Более ранним попыткам помешали наличие метана и недостаточная устойчивость забоя. Дальнейшее перемещение контактной зоны уплотнения было уже невозможным, а учитывая вероятность постоянного усугубления ситуации износа, нужно незамедлительно искать новые решения, тем

более что щит успел продвинуться не более чем на 1,2 км от стартового котлована. Команда специалистов Herrenknecht предложила и подготовила два варианта решения данной проблемы.

Первая мера была превентивной. Компания Herrenknecht разработала и изготовила новые сегментные кольца износа, которые могли доставляться в забойную камеру через штатные люки. На доставку запасных частей на стройку потребовалось четыре месяца, где они в последствии хранились на складе до востребования.

Компания Herrenknecht также одновременно начала исследования по поиску решения для проведения ремонта отсутствующего кольца непосредственно на месте эксплуатации. Были проведены испытания нескольких вариантов. Один из методов показал настолько выдающиеся результаты в лабораторных испытаниях, что был сразу применен на проекте, взамен установки нового сегментированного кольца. Такой метод также призван сократить объем работ и время ремонта в забойной камере по сравнению с изначальным процессом по замене кольца, включающим демонтаж, монтаж и переустановку. На оставшейся части тоннеля этот метод показал своё высокое качество и устойчивость восстановленной части.

Когда в 2018 г. повреждения стали опять заметными, был произведен ремонт двух борозд общей длиной 50 м в течение нескольких недель. После такого обслуживания проходка продолжалась без перебоев и на протяжении семи месяцев команда отмечала, что система уплотнения была в идеальном состоянии. Когда в конце 2019 г. уже известные симптомы повторились после пройденных 5,8 км, команда сместила кольцо износа в последний раз.

### Работа на строительной площадке

Другими факторами, повлиявшими на общую продолжительность проекта помимо вышеупомянутых, стали регулярные паузы для технического обслуживания, восстановления ротора и хвостовой оболочки, а также геологоразведочные работы (разведочное бурение) и, конечно, закрытие строя.

Ситуация с пандемией, значительно затронувшая север Италии, негативно повлияла на течение проекта с марта 2020 г. до окончания работ. Но, несмотря на все сложности, подрядчику Pavimental удалось после-



Рис. 7. Сбойка щита с грунтопригрузом забоя «Лючия» фирмы Herrenknecht (диаметр 15,87 м) в июле 2020 г.

довательно и безопасно для здоровья преодолеть все трудности на стройплощадке.

### Заключение

8 июня 2020 г. состоялась финальная сбойка, которая ознаменовала новый этап на пути к завершению глобального плана по увеличению пропускной способности автомагистрали A1 (рис. 7). Успех этого проекта доказал, что механизированное тоннелирование с помощью щитов было и есть правильным решением для строительства. Несмотря на все трудности, как работа с большими диаметрами на больших расстояниях, постоянное изменение горно-геологических условий (изменчивая геология, вывалы, большой водоприток, высокая абразивность, наличие метана и пр.), конструкция ТПМК, разработанная с учетом конкретных особенностей данного проекта, сработала без нареканий и справилась с поставленной задачей.

Важными факторами на пути к успеху была совокупность большого опыта успешных проектов компании Herrenknecht, высокий командный дух всех профессионалов, вовлечённых в проект, а также гибкость сознания, позволяющая выполнять работу с помощью новых всё более и более эффективных решений, отвечающих требованиям современности.

Работа с тоннелепроходческими комплексами больших диаметров – это больше, чем совокупность сваренной стали и нажатие кнопок на пульте управления, это также командная работа сплоченного коллектива высококлассных профессионалов!



## ПАМЯТИ АРКАДИЯ ГЕОРГИЕВИЧА ФУРСЫ



**1 февраля 2021 г. на 66-м году жизни скончался наш соратник и большой друг – Фурса Аркадий Георгиевич.**

Аркадий Георгиевич в 1980 г. окончил Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта (ЛИИЖТ), получив специальность инженера-строителя, и с тех пор всю свою жизнь посвятил строительству, развитию и обеспечению надежной и безопасной эксплуатации Петербургского метрополитена.

Обладая обширными профессиональными знаниями, огромным опытом организации строительного производства, Аркадий Георгиевич более 10 лет работал заместителем начальника ГУП «Петербургский метрополитен», курируя вопросы капитального строительства в этом крупнейшем в Санкт-Петербурге транспортном предприятии. Его всегда отличал комплексный подход к вопросам развития городского пассажирского транспорта и, в частности, ведущего в городе вида транспорта – Петербургского метрополитена.

Заслуги Аркадия Георгиевича в развитии Петербургского метрополитена по достоинству отмечены Правительством России и администрацией Северной столицы нашей страны. Он награжден орденами «За заслуги перед Отечеством» 1 и 2 степени, медалью «За добросовестный труд», знаком «Почетный строитель России», почетной грамотой Министерства транспорта РФ. Отмечен почетным званием «Заслуженный строитель Российской Федерации».

Наряду с выполнением большого объема производственной работы в Санкт-Петербурге, Аркадий Георгиевич, понимая, что в таком сложном и небезопасном деле, как освоение подземного пространства, требуется сплочение и постоянный обмен опытом между специалистами, занятыми в метро- и тоннелестроении, активно участвовал в работе Тоннельной ассоциации России и многие годы входил в состав её правления. Мы благодарны ему за те усилия, которые он прилагал для сплочения тоннелестроителей России, для развития плодотворного обмена знаниями и опытом в нашей общественной организации.

Мы скорбим о потере нашего коллеги и товарища.  
Приносим искренние соболезнования его родным и близким.  
Память об Аркадии Георгиевиче навсегда останется в наших сердцах.

*Правление Тоннельной ассоциации России*