

Журнал
Тоннельной ассоциации России

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. П. Абрамчук
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. 420Б
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», 2019

Строительство метро

Метро Москвы продолжит расти	2
Масштабные задачи Московского метростроя	5
ООО «ИБТ» – один из лидеров метростроительной отрасли Москвы	8

Тоннельные технологии

Опыт тоннельной щитовой проходки с гидропригрузом	14
С. В. Мазеин, А. С. Вознесенский	

Железнодорожные тоннели

О тоннеле на о. Сахалин	18
Н. И. Кулагин, В. А. Маслак, К. П. Безродный, М. О. Лебедев	

Проектные решения

О строительстве станционного комплекса В05 Фиолетовой (четвёртой) линии Бакинского метрополитена полузакрытым способом под защитой экрана из труб, выполненных методом микротоннелирования	22
А. П. Михайлов, Р. Л. Гучёк	

Управление рисками

Технологическая безопасность подземного строительства в условиях плотной городской застройки	26
Д. С. Конюхов	

Обобщая опыт

Современные методы строительства крупнопролетных городских подземных сооружений мелкого заложения	30
Л. В. Маковский, В. В. Кравченко, Н. А. Сула	

Архитектура метрополитена

Архитектурно-художественное решение центрального участка Большой кольцевой линии Московского метрополитена: «Деловой центр» – «Петровский парк»	34
Н. И. Шумаков, А. Ю. Орлов	

Зарубежный опыт

Сеть метрополитена в КНР	42
В. В. Космин	

Книжная полка

Защита сооружений от воды	44
---------------------------	----

Партнеры Тоннельной ассоциации России



Мосметрострой



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Станция «Рассказовка»
Московского
метрополитена
(с. 8)

МЕТРО МОСКВЫ ПРОДОЛЖИТ РАСТИ

Марат Хуснуллин, заместитель мэра Москвы в правительстве Москвы по вопросам градостроительной политики и строительства, в интервью журналу «Метро и тоннели» рассказал о реализации программы развития метрополитена, рекордах прошедшего года и перспективах развития системы подземного рельсового транспорта города.



– Марат Шакирзянович, 2018 год стал годом метро, были открыты сразу 17 станций. За счет чего удалось добиться такого результата?

– Да, мы действительно побили рекорд, который был в год рождения Московского метрополитена – 1935-й, когда одновременно запустили для пассажиров первые 13 станций Сокольнической линии. И с тех пор за более чем 80-летнюю историю столичной подземки ни разу столько километров и станций не вводилось, так что 2018-й год, безусловно, знаковый для нас, для всего города, для истории метро. Мы вообще в последние восемь лет добились небывалых доселе темпов и объемов метростроения. За счет чего? Прежде всего, потому что мэр Москвы Сергей Семенович Собянин выделяет это направление как приоритетное в развитии транспортной инфраструктуры, к метростроению – самое пристальное внимание и, соответственно, финансирование. Без финансирования ничего бы не строилось и не вводилось, тем более столько. Причем объемы средств, учитывая наши масштабные планы, год от года только растут. Наша задача – построить комфортный город. А метро в шаговой доступности от мест проживания москвичей, от мест приложения труда – один из ключевых показателей комфорта и удобства для граждан. Чем быстрее люди получают рядом с домом и работой скоростной общественный транспорт, тем быстрее они станут экономить свое время, повысится производительность труда, а это напрямую влияет на экономику, разгрузится город, потому что многие перестанут пользоваться наземным транспортом, улучшится экология. Большую роль в том, что мы стали строить такими темпами, сыграл выбор единого оператора строительства метро-

политена. Им стала компания «Мосинжпроект», взявшая на себя весь процесс – от проектирования, выбора подрядчика до ввода объектов в эксплуатацию. Имея в качестве единого оператора строительства метро такую компанию, Москва имеет возможность более эффективно осуществлять контроль за строительством метро. Мосинжпроекту удалось привлечь лучших проектировщиков, архитекторов, строителей, сконцентрировать современные образцы строительной техники. Компания координирует все работы, отвечает и за потраченные средства, и за конечный результат, и, что немаловажно, за риски, которые являются неотъемлемым элементом для любого строительства. Причем выполняя функции управляющей организации по строительству метро, Мосинжпроект заинтересован не только в том, чтобы строить метро высокими темпами, но и в том, чтобы потратить на это минимум денег, естественно, не в ущерб качеству работ. Чем больше компания сэкономит на строительстве метро, тем больше средств останется в бюджете города. В итоге Мосинжпроект строит сегодня вдвое больше, чем строил в свое время Мосметрострой, а город, благодаря тому, что есть такой единый оператор метростроения, сэкономил порядка 250 миллиардов рублей, которые направлены на финансирование важнейших для москвичей программ.

Высокие темпы и объемы метростроения удается поддерживать и потому, что мы фактически ушли от строительства станций глубокого заложения и перешли на «мелкие» (конечно же, там, где это позволяют геологические и иные условия). Построить мелкую станцию и проще, и быстрее, и дешевле. Это экономит до 30 % времени и ресурсов. Кроме того, работы организовали в три смены, это тоже ускоряет процесс. Некоторые виды работ стали вести параллельно: например, стадию проектирования – совмещать с подготовкой стройплощадки, отделочные работы – с закупкой и монтажом оборудования. Город увеличил число тоннелепроходческих механизированных комплексов, причем разных диаметров. На сегодняшний день в столичной подземке тоннели прокладывают более 20 таких щитов, а всего в арсенале их около 30. Причем отработав один участок, щит «перебрасывается» на другой, что также экономит и время, и ресурсы. Для сравнения: в 2011-м году было только 5 щитов, поэтому и вводили по одной-две станции в год, а теперь сдаем в среднем по 10, а в 2018-м – аж 17. Подземные работы у нас ведутся в круглосуточном режиме на всех участках линий и станций – где-то в активной

фазе, где-то на старте, где-то завершаются, какие-то участки проектируются, но главное, что рабочий процесс не останавливается ни на минуту. В работе сейчас одновременно 80 км тоннелей. И, конечно же, мы многое поменяли в самих технологиях строительства.

– Одним из главных новшеств в строительстве Московского метрополитена стала проходка тоннелей при помощи 10-метрового щита. Расскажите, какие участки строятся таким способом, и что это за метод, в чем его эффективность?

– Тоннелепроходческие комплексы диаметром 6 м заняты на строительстве однопутных тоннелей, 10-метровые щиты – на экономящих время и деньги двухпутных. Первый в столице двухпутный тоннель с применением 10-метрового тоннелепроходческого механизированного комплекса начали строить в последние дни 2016 г. Щит, которому метростроители присвоили красивое и романтическое имя «Лилия», стартовал на Кожуховской ветке от станции «Косино» в сторону станции «Нижегородская». Второй ТПМК-гигант по имени «Виктория» использован при проходке тоннеля от станции метро «Окская улица» до «Стахановской». Этот метод строительства мы называем «испанским», а точнее, «мадридским»: в свое время его применили именно в столице Испании, где с 2004 по 2007 г. таким образом построили 80 станций, на тот момент это было самое быстрорастущее в мире метро. Такой метод выгодно применять там, где возводятся станции мелкого заложения. 10-метровым щитом-гигантом строятся двухпутные тоннели, а станции сооружаются с «береговыми» платформами по разным сторонам путей. Экономия и ускорение работ достигаются за счет того, что путь прокладывают не два щита, а один, а значит, сокращается количество специалистов на его обслуживание и расход материалов. Технология позволяет сэкономить до 30 % стоимости относительно однопутной схемы. Для строительства двух обособленных тоннелей необходимы два щита и около 200 квалифицированных рабочих, а в двухпутных тоннелях работает один щит, для обслуживания которого требуется примерно 130 человек. При двухпутной схеме также нет необходимости дублировать некоторые элементы – системы связи и освещения, силовые кабели... Еще один плюс – высокая скорость проходки: так, щит «Лилия» в среднем за месяц проходил под землей 350 м. Для московского метростроения это очень быстро. Кроме того, щит большого диаметра,

прокладывая тоннель, оставляет за собой практически готовую по габаритам станцию – это тоже экономит время и деньги. В целом же этот метод позволяет экономить на сооружении одной станции до 80 миллиардов рублей. Это большие деньги, на которые можно построить еще порядка 18 км новых линий метро. Кстати, «Нижегородская» станет первой в истории метростроения станцией, при строительстве которой будут применять сразу пять тоннелепроходческих щитов. Это очень сложная станция, поскольку она станет частью крупнейшего в Москве транспортно-пересадочного узла, который объединяет МЦК, железнодорожную платформу Горьковского направления «Карачарово», Большую кольцевую линию и Некрасовскую (розовую) ветку подземки. При ее сооружении сейчас работает 10-метровый щит. Кроме того, туда придут два 6-метровых щита, а уйдут еще два щита аналогичного диаметра. У нас еще ни разу такого не было, чтобы в одном котловане одновременно заходило и уходило пять щитов. Помимо участков Некрасовской линии, щиты-гиганты будут использоваться при строительстве двухпутных тоннелей общей протяженностью более 14 км на восточном участке Большой кольцевой линии – между станциями «Текстильщики» и «Кленовый бульвар», а также на западном участке второго кольца, где расположатся станции «Давыдково», «Можайская» и «Терехово».

– Какие еще новые технологии внедряются в процессы строительства метро в Москве?

– Самые разные. Используем новые методы и технологии строительства и отделки тоннелей и станций. Это и сооружение стволов стволопроходческими комплексами, и алюминотермитная сварка рельсов, и технология изготовления отечественных микроцементов «Интрацем» и материалов «Аквабиндер». Впервые в практике отечественного тоннелестроения разработана документация для изготовления и монтажа водонепроницаемой сборной отделки диаметром 10,5 м из высокоточных железобетонных блоков. Эта отделка разработана в связи с началом строительства двухпутных тоннелей метро. Раньше эта документация заказывалась за рубежом. Наши конструкции более эффективны, с меньшим расходом арматуры и лучшим качеством бетона. Стали применять драгоценные инструменты – алмазные рабочие сверла, фрезы и жала. Их использование для сложных горнопроходческих работ в скальном грунте заметно повышает безопасность и скорость проходки – строительство ускоряется в разы. При этом стоимость «алмазного» оборудования не намного выше обычного – разница в цене составляет 10–15 %. Применяем и интересные нетиповые технологические решения. Смелая инновационная идея была применена, например, при сооружении станции «Деловой центр». Это место – настоящий подземный город, где пересекаются сразу три линии метро, а над всем этим – небоскребы Москвы-Сити. Чтобы им

не навредить, специалисты проложили специальные вибропути. Для понимания: это закрепленная на специальных пружинах плита, по которой проходят пути. Когда на платформе оказывается состав, пружины практически полностью нейтрализуют вибрационное воздействие на высотки и другие здания.

С помощью современных строительных технологий по-новому решаются и традиционные проблемы метростроителей. Как известно, с непростыми гидрогеологическими условиями первопроходцы столичной подземки столкнулись еще в 30-е годы прошлого века. Тогда же была применена до сих пор остающаяся актуальной система против обрушений и других типичных проблем, угрожающих тоннелям, – заморозка грунта. На смену используемому в то время трудоемкому «рассольному» способу замораживания пришел сначала более современный метод – низкотемпературное замораживание с использованием жидкого азота. Но и последний сегодня применяется достаточно редко. Жидкий азот – удовольствие дорогое, к тому же на «схватку» грунта уходит более месяца. Поэтому заморозка с применением жидкого азота теперь используется лишь при проходке наклонных эскалаторных тоннелей. Для прочих случаев есть более совершенная и экономичная альтернатива – технология струйной цементации грунтов (jet grouting). Этот новый метод основан на одновременном разрушении и перемешивании грунта высоконапорной струей цементного раствора. Технология особенно эффективна, когда приходится возводить объекты в песчаном грунте, в мягкопластичной глине и т. д.

В одном из перегонных тоннелей у станции «Фонвизинская» на 40-метровом участке применялся инновационный способ укрепления выработки – набрызг-бетон. Технология набрызг-бетона в середине прошлого века стала важным шагом в развитии тоннелестроения и горнодобывающей промышленности. Метод показал свою эффективность (на 8–10 % сокращается объем выработки грунта, на 25 % – расход материала и на 10 % – время производства работ), и теперь его будут применять на других стройках метро. На сооружении станций «Жулебино» и «Лермонтовский проспект» при выполнении работ по гидроизоляции тоннелей строители использовали новую технологию полимерной мембраны. Её преимущество в том, что в случае какого-либо механического повреждения конструкции позволяет ограничить проникновение воды лишь одной или несколькими секциями, что дает возможность оперативно ликвидировать проблему. Гидроизоляция тоннеля восстанавливается быстро, с минимальными затратами, без рытья специального котлована. Применение этой технологии эксперты называют инновационным прорывом для всей отечественной строительной отрасли.

Самое главное, что все новые технологии соответствуют нашему главному принципу: строить быстрее и дешевле, но на самом вы-

соком качественном уровне и безопасно. Поэтому применяем технологии, которые обеспечивают новым линиям и станциям абсолютную безопасность, чтобы они исправно служили пассажирам как минимум век, а фактически запас прочности и до двухсот лет.

– Ключевым проектом прошлого года можно назвать открытие первых станций Большой кольцевой линии метрополитена. Расскажите, какие станции на кольце откроются следующими, и когда кольцо замкнется?

– Следующими станциями, которые откроются, станут «Авиамоторная» и «Лефортово». Они будут запускаться в связке со вторым участком Некрасовской линии метро (от «Косино» до «Нижегородской») уже в этом году. Станции являются частью северо-восточного участка БКЛ, где активное строительство идет на всех станциях. Длина этого участка 14 км, и на нем шесть станций: «Шереметьевская», «Ржевская», «Стромынка», «Рубцовская», «Лефортово» и «Авиамоторная». Участок непростой, напомню, что на нем строится самая глубокая станция подземки – «Шереметьевская», ее глубина 74 м. Станции этого участка обеспечат пассажирам пересадку на Люблинско-Дмитровскую, Калужско-Рижскую, Сокольническую, Арбатско-Покровскую и Калининскую ветки метро. В начале 2020 г. откроем станцию «Нижегородская», которая, как я уже говорил, станет частью крупнейшего столичного транспортно-пересадочного узла, фактически нового московского вокзала. Хочу подчеркнуть, что в целом у нас развернуты работы на всех участках Большого кольца. Везде мы идем в графике, более того – даже рассматриваем возможность по некоторым станциям сократить сроки ввода. Например, теоретически станцию «Рубцовская» по плану должны открыть в 2021 г., но, возможно, запустим в начале 2020-го. В целом планируем запустить этот участок в 2021 г. К концу 2020 г. планируем достроить южный и юго-западный участки БКЛ: от «Аминьевского шоссе» до «Проспекта Вернадского» и от «Проспекта Вернадского» до «Каховской». Работы здесь идут полным ходом. Это станции «Аминьевское шоссе», «Мичуринский проспект», «Проспект Вернадского», «Улица Новаторов», «Воронцовская», «Зюзино». Кроме того, вместе с ними также будет запущена реконструированная станция «Каховская», где будет пересадка на зеленую ветку. В 2021 г. завершится и строительство западного участка – между «Хорошевской» и «Можайской». В конце лета прошлого года стартовали работы между «Текстильщиками» и «Нижегородской» на восточном участке второго кольца – от «Каширской» до «Нижегородской». Этот участок длиной 11,4 км включает в себя строительство четырех станций: «Текстильщики», «Печатники», «Нагатинский затон» и «Кленовый бульвар». На первых двух появятся транспортно-пересадочные узлы. ТПУ «Печатники-Текстильщики» будет иметь важное транспортное зна-

чение. Здесь появятся пересадки на радиальные линии метро, а также один из Московских центральных диаметров (МЦД). Кроме того, планируется построить железнодорожную платформу «Печатники» для разгрузки остановочных пунктов «Текстильщики» и «Царицыно». Курского направления МЖД. К вводу этот участок планируется в 2022 г. Полностью замкнуть кольцо должны в 2023 г. Напомню, что БКЛ станет самой протяженной кольцевой линией в мире, ее длина 70 км, это на 13 км больше, чем у Пекинской кольцевой, которая на данный момент считается «рекордсменкой».

– Какие станции метро будут открыты в Москве в 2019 году?

– В задачах на 2019 год проложить 33 км линий, построить 14 станций и одно депо. Кстати, 8 из 14 станций расположены за пределами МКАД; 4 – в составе Некрасовской линии («Некрасовка», «Лухмановская», «Улица Дмитриевского» и «Косино») и 4 станции – на территории Новой Москвы в рамках продления Сокольнической линии: речь идет о станциях «Филатов луг», «Прокшино», «Ольховая» и «Коммунарка». Первый участок новой Некрасовской ветки с перечисленными мною станциями практически готов, и его мы планируем открыть для пассажиров уже к лету. Второй же участок (от «Косино» до «Нижегородской», где линия интегрируется с Большой кольцевой) должны достроить до конца года. Сейчас начали прокладку последнего тоннеля на участке от «Стахановской» до «Нижегородской». На всех станциях второго участка «Юго-Восточной», «Оксской», «Стахановской» и «Нижегородской» идут активные строительные работы. Уже состоялся технический пуск и нового участка Сокольнической линии, который тоже в ближайшее время откроется для пассажиров. После открытия движения на участке от «Саларьево» до «Столбово» долгожданное метро получат жители поселков Картамзенов, Прокшино, Коммунарка и других населенных пунктов ТиНАО. Более того, мы продлеваем линию еще на 2,6 км дальше – до «Потапово». А в Коммунарку, где формируется крупнейший в Новой Москве административно-деловой центр с офисами, жильем, рабочими местами, придет еще одна ветка, абсолютно новая – Коммунарская: свое начало она возьмет от станции МЦК «Крымская», а заканчиваться будет в Троицке.

– Вы говорили о том, что при строительстве БКЛ закладывается возможность строительства новых радиальных веток, расскажите, куда протянут эти ветки?

– Да, конечно. Мы изначально заложили такую техническую возможность, чтобы метро можно было протянуть фактически в любую точку мегаполиса. И мы не только планируем это делать, а уже делаем. Самая первая такая ветка – Некрасовская – уже строится, ее первый участок фактически готов и в ближайшие месяцы будет открыт для пассажиров, а вто-

рой – как раз тот, что соединит ее с БКЛ – достроим до конца года (речь идет о станции «Нижегородская»). Плюс еще несколько радиальных веток пройдут либо от БКЛ, либо через БКЛ. Так, Коммунарская линия метро возьмет свое начало от станции МЦК «Крымская» и дойдет до станции БКЛ «Улица Новаторов», а оттуда пойдет в Коммунарку и далее в Троицк. На южном направлении от станции БКЛ «Кленовый бульвар» радиальная ветка протянется через Бирюлево в Щербинку и даже чуть дальше – в поселение Рязановское. А на западном направлении от БКЛ (от станции «Улица Народного Ополчения») новая радиальная линия придет в Рублево-Архангельское. При этом хочу подчеркнуть, строительство этих линий обусловлено необходимостью обеспечить скоростным общественным транспортом в пешей доступности именно те районы, жители которых долгие годы ждут метро, а также те территории, которые активно развиваются, то есть где строится жилье, крупные центры деловой активности, важные инфраструктурные объекты – такие, как, скажем, международный медицинский кластер «Сколково», доехать до которого можно будет быстро и удобно, когда будет построена Рублево-Архангельская ветка.

– Для обслуживания подвижного состава метрополитена нужны и новые современные депо. Как обстоят дела с их строительством?

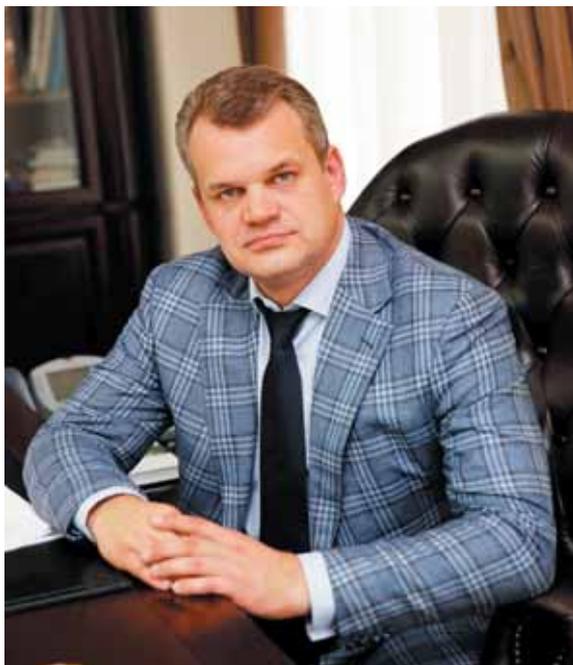
– Учитывая, что новые электродепо фактически не строились с 1996 г., а дефицит мест для стоянки и обслуживания составов был всегда, мы еще восемь лет назад, учитывая предстоящие колоссальные объемы метростроения, поняли, что без строительства новых и реконструкции существующих депо никак не обойтись. И активизировали эту работу. В итоге с 2011 г. мы построили и реконструировали восемь электродепо, из которых только в прошлом году три: «Лихоборы», «Владыкино» и «Солнцево». Всего новые дома для поездов городской подземки обеспечили городу более 7 тыс. новых рабочих мест. В этом году откроем депо «Руднево», которое станет обслуживать Некрасовскую ветку. Оно даст не менее тысячи новых рабочих мест. В этом году начнем строительство нового депо в районе Столбово – оно станет обслуживать поезда Сокольнической линии в связи с ее продлением. Завершить работы планируем в 2021 г. Будет построено депо «Южное». Идет реконструкция существующего электродепо «Сокол», где обслуживаются поезда Замоскворецкой линии. Хотел бы подчеркнуть, что депо мы строим фактически как полноценные заводы, в которых создаются не только условия для ремонта подвижного состава, но и для отдыха рабочих и состава локомотивных бригад. У людей, которые работают на таком сложном производстве, должна быть возможность отдохнуть и восстановить силы. Помимо комнат отдыха, в депо строятся душевые, раздевалки, столовые, медицинские кабинеты, комнаты психологической разгрузки и спортзалы.

– Какие линии и станции метро еще откроются для пассажиров в ближайшие годы?

– Мэр Москвы Сергей Семенович Собянин поставил цель к 2023 г. обеспечить шаговую доступность к подземке 95 % москвичей. Это наша самая главная задача, которую мы должны выполнить в течение ближайших пяти лет. Уверен, что все это будет сделано. Главный прорыв в 2018 г. заключается даже не в том, что мы ввели столько станций и километров линий, а в том, что смогли сформировать колоссальные заделы на будущие годы. У нас колоссальные заделы на годы вперед, позволяющие вводить ежегодно не менее десяти станций. В строительной фазе порядка 80 км тоннелей, а в проектировании сейчас 57 км линий, 23 станции и 4 новых депо. Как я говорил, только в этом году мы планируем открыть для пассажиров 33 км новых линий (как и в 2018-м) и 14 новых станций: 2 – на Большой кольцевой линии, 8 станций Некрасовской ветки (оба участка, один из которых уже практически готов к запуску для пассажиров) и 4 – Сокольнической ветки на территории ТиНАО: от «Саларьево» до «Коммунарки», они тоже откроются уже в ближайшее время. В планах на 2020 г. – открыть 8–9 станций метро, в 2021-м – 12–13. И в последующие три года объемы ввода будут примерно аналогичными.

Самой длинной из всех строящихся радиальных веток станет Коммунарская, которая придет в Троицк. Ее протяженность 30 км. В течение ближайшего месяца мы определим подрядчика, после чего начнется строительство. Ввести ее в эксплуатацию планируем в 2022–2023 г. Ветка свяжет станцию МЦК «Крымская», дойдет до станции БКЛ «Улица Новаторов», а затем через Коммунарку придет в Троицк. Еще одна новая линия, которую мы построим – Рублево-Архангельская (она пройдет от станции БКЛ «Улица Народного Ополчения»). Новая радиальная ветка метро придет и в поселение Рязановское – через Бирюлево, жители которого давно уже с нетерпением ждут метро, а также через Щербинку. Люблинско-Дмитровская линия, а точнее, ее северный радиус, будет продлен за МКАД до поселка Северный (станция «Физтех»). Калининско-Солнцевская линия от «Расказовки» продлится еще на две станции – до аэропорта Внуково. Таким образом, Внуково станет первым Международным аэропортом страны, который будет иметь свою собственную станцию метро. По сути перспектива нового строительства метро предусматривает фактическое удвоение существующей системы метрополитена. Таким образом, задача мэра Москвы обеспечить шаговую доступность к метро 95 % москвичей будет выполнена. Кстати, согласно исследованиям международной компании McKinsey, это приблизит Москву к лидирующим позициям по доступности рельсового транспорта горожанам, наравне с такими городами, как Мадрид, Париж, Токио и Нью-Йорк.

МАСШТАБНЫЕ ЗАДАЧИ МОСКОВСКОГО МЕТРОСТРОЯ



Мосметрострой

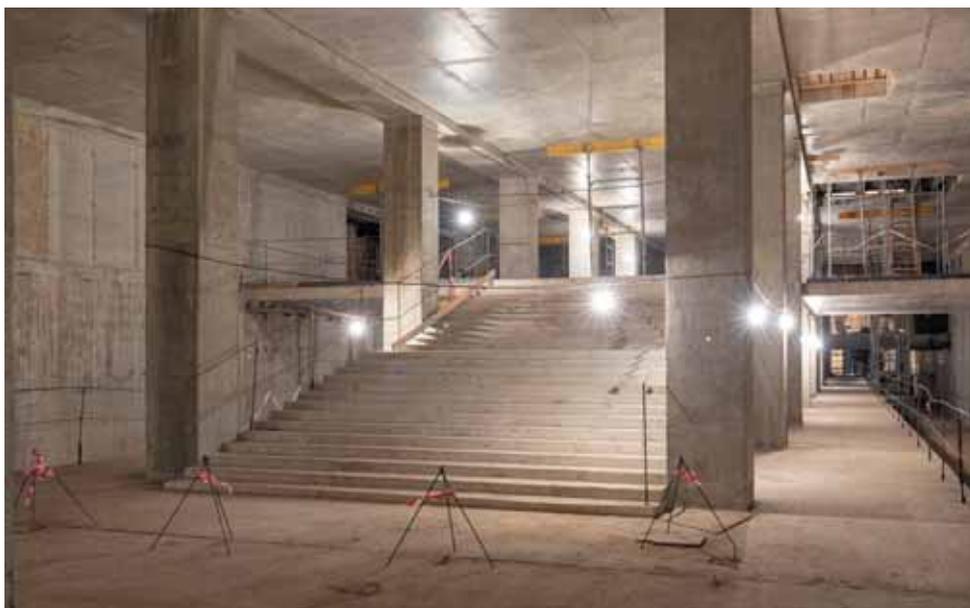
Мосметрострой продолжает строительство самого сложного участка на Большом кольце метро. Первые две станции из шести запланированных откроют в конце 2019 г. В интервью журналу «Метро и тоннели» генеральный директор АО «Мосметрострой» Сергей Жуков рассказал о тех сложностях, которые сопровождают строителей под землей.

– Сергей Анатольевич, в прошлом году на счету Мосметростроя четыре сданные станции: три на Люблинско-Дмитровской линии – «Окружная», «Верхние Лихоборы» и «Селигерская» и одна на Большой кольцевой линии – «Савеловская». На каких участках задействованы ваши специалисты сейчас?

– На сегодняшний день ведутся работы в рамках заключенного контракта о продлении «салатовой» линии. Длина нового участка составит 3,3 км, он будет включать две станции – «Улица 800-летия Москвы» и «Лианозово». Масштабное строительство развернулось на северо-восточном участке Большой коль-

Проходка подходного коридора будущего пересадочного узла со станции «Ржевская» БКЛ на «Рижскую» Калужско-Рижской линии





Пусковой объект 2019 года – станция «Лефортово» БКЛ



Путевые работы в левом перегонном тоннеле между площадкой № 5.2 и станцией «Рубцовская» БКЛ

Вертикальный ствол, через который ведется сооружение горной выработки к центральному залу станции «Шереметьевская» БКЛ



цевой линии с шестью станциями. Две из них – «Авиамоторная» и «Лефортово» – пусковые, их открытие запланировано на конец 2019 г.

– Расскажите подробнее о том, что происходит сейчас на двух станциях, запуска которых пассажиры будут ждать в конце года.

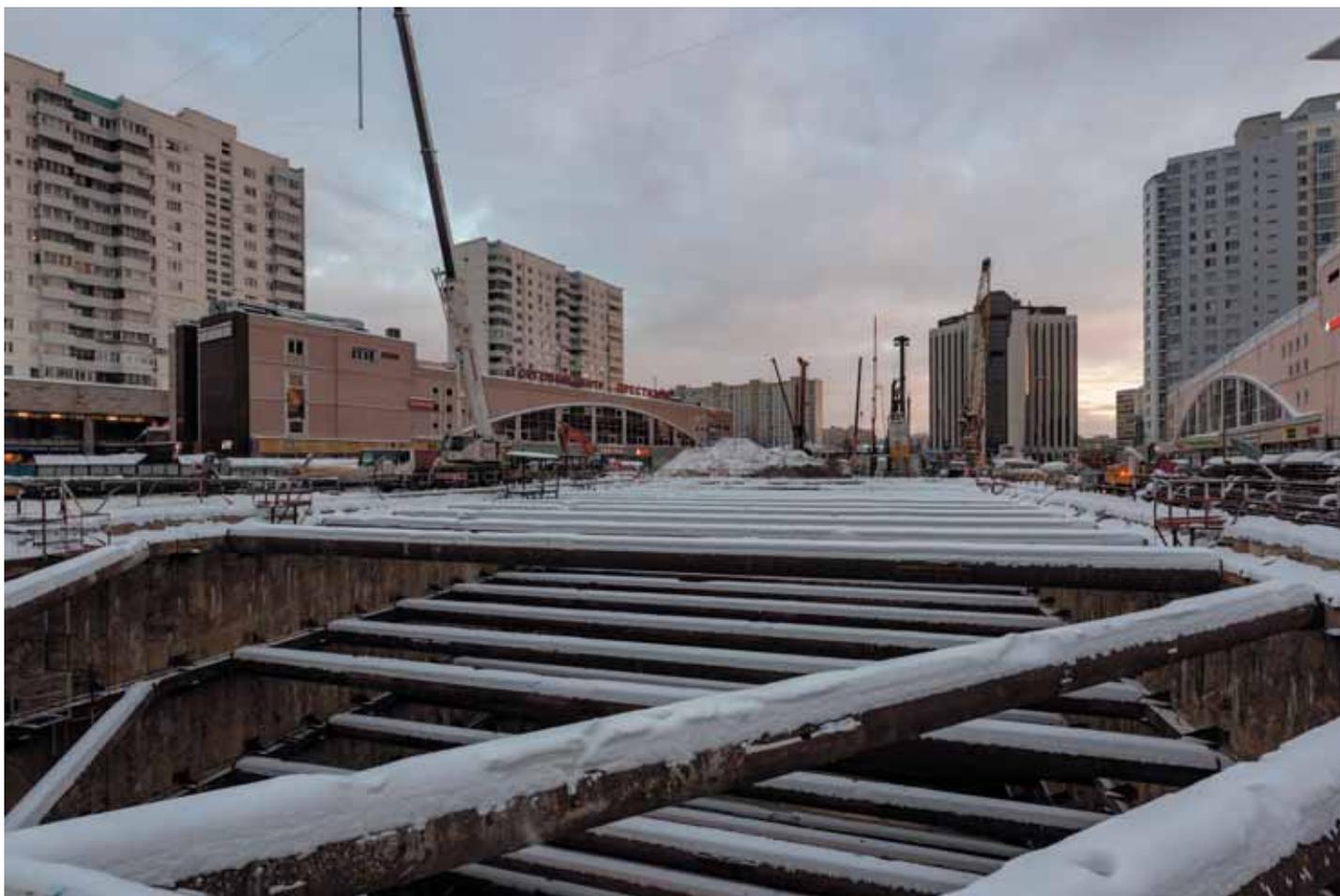
– Началась укладка рельсов на участке от камеры съездов за станцией «Лефортово» до «Авиамоторной». Этот этап говорит о высокой степени готовности перегонных тоннелей.

На «Авиамоторной» выполняется бетонирование основных конструкций станционного комплекса, метростроители ведут работы по устройству защитного экрана для сооружения пешеходного перехода на станцию. В мае завершится проходка перегонных тоннелей от камеры съездов, расположенной на территории Перовской нефтебазы, в сторону «Авиамоторной».

На «Лефортово» уже готова большая часть основных железобетонных конструкций, идет строительство вестибюля. С марта начнется архитектурная отделка и монтаж инженерных систем на станционном комплексе.

– Однако эти две станции – не единственные на северо-восточном участке, строительством которого вы занимаетесь. Как обстоят дела на более сложных станциях, готовность которых можно ожидать лишь два-три года спустя?

– Несмотря на все сложности, трудные для проходки грунта и стесненные стройплощадки, работы продолжают в круглосуточном режиме. За 87 лет существования Мосметрострой привык к тяжелым условиям и не всегда предсказуемой московской геологии. Уже сейчас мы знаем, что следующим пусковым этапом на Большом кольце метро станет ввод в эксплуатацию двух станций – «Рубцовской» и «Стромынки». На текущий момент здесь идет разработка грунта котлованов и сооружение монолитных конструкций станций, проходка перегонных тоннелей и вентиляционного ствола. Перед тем, как финишировать в технологическую камеру, щиты пересекут не только действующую станцию «Сокольники» Сокольнической линии, но и пройдут транзитом станционный комплекс «Стромынки». Для безопасного прохождения этого обводненного участка подготовлен ряд мероприятий, в том числе временное закрытие движения на пяти станциях Сокольнической линии: «Красносельская», «Сокольники», «Преображенская пло-



Станционный котлован «Стромынки» БКЛ

щадь», «Черкизовская» и «Бульвар Рокоссовского».

Заключительным этапом на северо-востоке станет пуск станций глубокого заложения – «Ржевской» и «Шереметьевской». На отрезке новой линии они самые сложные. Здесь приходится применять заморозку грунтов, сооружать подходные коридоры для пересадочных узлов на действующие станции. Контроль выполненных работ проходит на каждом этапе. Сейчас ведется строительство эскалаторных тоннелей и вестибюлей. В скором времени планируем приступить к основному этапу горнопроходческих работ на станционных комплексах.

– *Сергей Анатольевич, мы говорим о строительстве новых объектов.*

Тем временем Мосметрострой ведет реконструкцию действующей линии. Каккова на сегодняшний момент ситуация с Филевской веткой метро?

– На данный момент завершается реконструкция семи наземных станций Филевской линии. За 60 лет эксплуатации на них ни разу не проводился капитальный ремонт. До начала аварийно-восстановительных работ износ инженерных систем линии составлял более 70 %. За два года мы выполнили колоссальную работу: демонтаж и монтаж служебных и технологичес-

ких помещений, усиление несущих конструкций, обновление инженерной сети, установка новых навесов с системой инфракрасного обогрева и обновление архитектурно-художественного облика станций. Если говорить в цифрах, то только нового конструктивного железобетона на платформах и вестибюлях было уложено 6500 кубометров. По состоянию на сегодняшний день «Студенческая», «Кутузовская», «Фили», «Багратионовская» (западный вестибюль), «Филевский парк» (восточный вестибюль) и «Пионерская» сданы Московскому метрополитену.

Сергей Жуков: В 2019 году сдадим две станции Большого кольца метро

– *А на других станциях?*

– В первой половине нынешнего года откроются оба вестибюля «Кунцевской», западный – «Филевского парка» и восточный – «Багратионовской». До конца 2019-го будет произведено устройство шумозащитного ограждения и инженерных систем на всем участке.

– *Известно, что Мосметрострой ведет проекты с зарубежными партнерами. Можете рассказать подробнее о них?*

– Продолжается строительство железнодорожных тоннелей «Чортановцы» в Республике Сербия в рамках договора субподряда с РЖД Интернешнл. До завершения работ осталось 920 из 1557 дней – это почти половина выполненных работ от общего объема по договору. Проходка тоннелей ведется горным способом по классической технологии. Кроме того, мы выиграли контракт по строительству искусственных сооружений на участке железной дороги Стара Пазова – Нови Сад в Сербии.

– *А с регионами как-то сотрудничаете, делитесь опытом?*

– Безусловно. Завершается модернизация Владивостокского тоннеля. Здесь работаем вместе с железнодорожниками. К началу зимы мы отчитывались о 90 % выполненных работ. На объекте метростроевцы произвели подавление больших водопритоков, гидроизоляцию, сооружение рабочего слоя обделки и лотков из монолитного бетона, устройство деформационных швов, ремонт штольни и верхнего строения пути, возведение зданий и ограждений объектов ведомственной охраны. Окончание проекта запланировано на май 2019 г. Перед нами стоит много масштабных задач, и мы уверены, что сможем их решить, невзирая на трудности.



Фотоматериал предоставлен пресс-службой АО «Мосметрострой»

ООО «ИБТ» – ОДИН ИЗ ЛИДЕРОВ МЕТРОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ МОСКВЫ



Московский метрополитен – градообразующая транспортная система столицы с 80-летней историей. Протяженностью 440 км, он насчитывает 14 линий и 261 станцию. Однако уже к 2023 г. в его развитии произойдет настоящий прорыв. Благодаря новым глобальным проектам общая длина подземного и наземного метро вырастет до 1000 км!

Одним из таких масштабных объектов является Большая кольцевая линия Московского метрополитена. В ее строительстве участвуют лучшие компании столицы, включая ООО «ИБТ». Главная задача высокопрофессионального коллектива – построить Южный участок Большой кольцевой линии протяженностью 9 км с тремя станциями: «Зюзино», «Воронцовская» и «Улица Новаторов».

ООО «ИБТ» было создано в 2013 г. для выполнения масштабных и комплексных проектов по строительству транспортных объектов в Москве. Компания сертифицирована по Международному стандарту качества ISO 9001:2008 (работы по сертификации проводились TUV Thuringen, Германия), и участвовала в сооружении тоннелей в странах СНГ, а также крупных инфраструктурных объектов в Туркменистане. В портфеле подразделений компании боль-



В кабине щита



Вестибюль станции «Мичуринский проспект»

Второй путь станции «Мичуринский проспект»

ше 80 объектов гражданского строительства, 100 км автомобильных дорог, 20 км тоннелей и 800 тыс. км газопроводов различного диаметра.

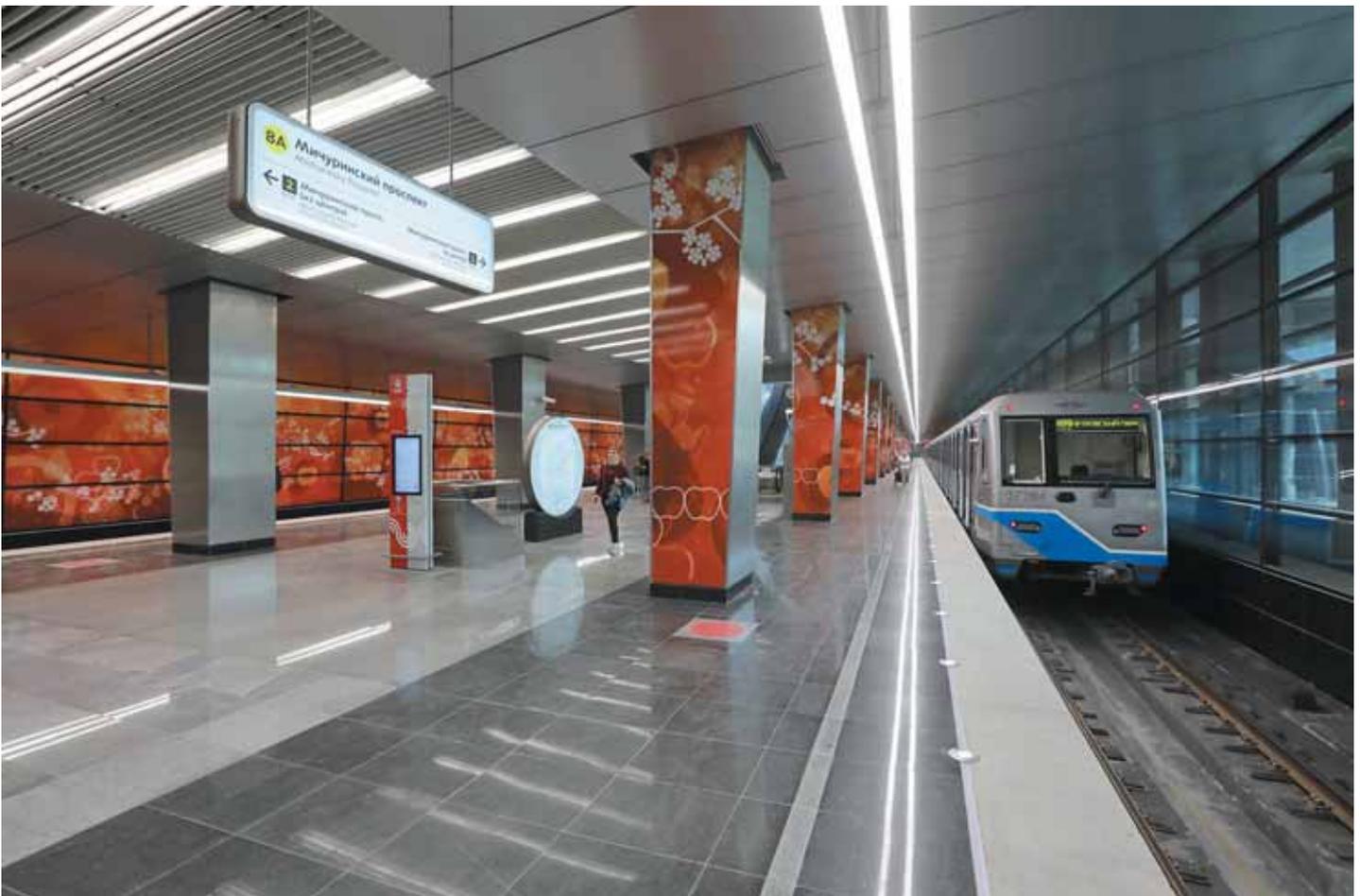
30 августа 2018 г. впервые в истории Московского метрополитена было сдано в эксплуатацию сразу семь станций. Мэр Москвы Сергей Собянин открыл для пассажиров участок Калининско-Солнцевской линии от «Раменок» до «Расказовки» протяженностью 15,3 км. И именно специалисты ООО «ИБТ» строили две самые необычные станции на этом участке – «Мичуринский проспект» и «Расказовку».

Станционный комплекс «Мичуринский проспект»

Станция «Мичуринский проспект» стала первой и пока единственной полуподземной в Московском метрополитене. Она расположена на крутом склоне и имеет разноуровневые пересадочные переходы. Плотная жилая застройка района, резкие перепады рельефа и подземные сооружения позволили построить новую станцию в единственном месте – вдоль одноименного шоссе между двух перекрестков с ул. Удальцова и ул. Лобачевского. Одна путевая стена станции – традиционно глухая, а другая – прозрачная, из панорамного стекла. «Мичуринский проспект» имеет сложный конструктив.

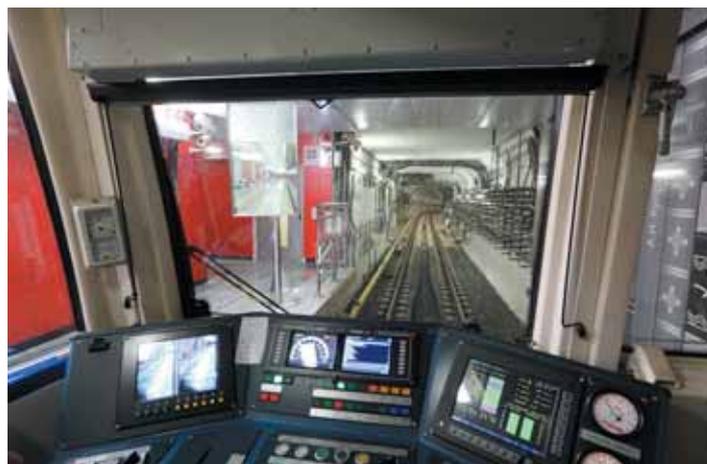
Здесь три этажа: на первом находятся пути и платформа, на втором – смотровая площадка, а третий уровень занимают технические помещения с оборудованием для жизнеобеспечения станции. Интерьер отражает деятельность известного советского биолога и селекционера Ивана Мичурина. Главный визуальный образ – это мир растений: фруктовых деревьев и цветущего сада. В соответствии с новыми требованиями станция оснащена всеми необходимыми приспособлениями безбарьерной среды. В будущем «Мичуринский проспект» станет пересадочным узлом с одноименной станцией Большой кольцевой линии метро.

Платформа станции «Мичуринский проспект»





Оборотные тупики станции «Расказовка»



Вид из кабины машиниста



Вестибюль станции «Расказовка»



Платформа станции «Расказовка»

Станционный комплекс «Расказовка» с оборотными тупиками

Станция «Расказовка» расположена на месте болота. Чтобы построить здесь сложную инженерную конструкцию, сначала специали-

стам «ИБТ» пришлось осушать озеро объемом 1800 м³. Особенностью новой подземки является ее дизайн. Он выполнен в виде читального зала общественной библиотеки: путевые стены оформлены в виде корешков книг, а на

платформе находится главный акцент – колонны, задекорированные под шкафы картотеки. На каждом – ящики с названиями известных литературных произведений, причем каждое не только подписано, но и имеет свой

ТПУ «Расказовка»



Памятник проходчику и писателю



Южный участок Большой кольцевой линии. Подготовка к проходке



ТПМК S-219 Herrenknecht «Роза»



Команда ООО «ИБТ» на старте проходки

персональный QR-код, который позволяет с помощью смартфона скачивать тексты.

«Расказовка» Калининско-Солнцевской линии метро стала частью большого транспортно-пересадочного узла, в который вошли современные перроны посадки-высадки пассажиров, новая развязка, жилье, детский сад и многофункциональный торговый центр. Кстати, он станет новой точкой притяжения района: в нем будут находиться магазины, большая детско-развлекательная зона, администрация поселения Внуковское и помещения ТПУ – диспетчерская и зона отдыха водителей.

Три станции южного участка Большой кольцевой линии

«Зюзино», «Воронцовская», «Улица Новаторов» – три будущие станции метро, которые сформируют Южный участок БКЛ. На объектах ведется активное строительство. Сейчас два тоннелепроходческих щита сооружают



ТПМК S-218 Herrenknecht «Наталья»

правые перегонные тоннели. ТПМК S-219 Herrenknecht «Роза» прокладывает путь длиной 996 м от действующей станции «Каховская» (площадка № 8) до станции «Зюзино» (площадка № 6). Комплекс назван в честь Розы Шаниной – советского одиночного снайпера отдельного взвода снайперов-девушек 3-го Белорусского фронта. А ТПМК S-218 Herrenknecht «На-

тاليا» стартовал с площадки № 4 (станционный комплекс «Воронцовская») в сторону площадки № 2 (станционный комплекс «Улица Новаторов»). Ему предстоит пройти расстояние 1264 м. Он носит имя единственной женщины-машиниста электропоезда Наталии Корниенко, которая работала на Сокольнической линии Московского метрополитена.



Уважаемые коллеги!

Тоннельная ассоциация России приглашает вас и специалистов вашей компании принять участие в научно-технической конференции **«Освоение подземного пространства городов и транспортное строительство»**, которая состоится **21 марта 2019 г.** по адресу: г. Москва, Стремянный пер., д. 11, отель «Татьяна» (конференц-зал), станция метро «Павелецкая».

На научно-технической конференции предполагается заслушать и обсудить доклады по следующим темам:

- Проектирование метрополитенов и подземной инфраструктуры;
- Научно-техническое сопровождение подземного строительства;
- Освоение подземного пространства при реновации жилой застройки;
- Ремонт и эксплуатация подземных сооружений;
- О тоннеле на о. Сахалин;
- 45-летие с начала строительства БАМа.

По окончании конференции состоится награждение победителей **конкурса им. С. Н. Власова на звание «Инженер года Тоннельной ассоциации России»** по итогам работы 2018 г.

Уважаемые коллеги!

Приглашаем вас и специалистов вашей компании принять участие в Бизнес-миссии руководителей и специалистов: **«Инновационные технологии и оборудование в инфраструктурном, гражданском и промышленном строительстве»** в рамках крупнейшей Международной выставки **«BAUMA 2019»**.

Даты проведения: **с 7 по 9 (11) апреля 2019 г.**

Маршрут: Москва – Мюнхен – Штутгарт – Москва.

Формат: деловая командировка

Уважаемые коллеги!

Тоннельная Ассоциация России информирует вас о том, что **с 3 по 9 мая 2019 г. в г. Неаполь (Италия)** состоится **Международный тоннельный конгресс-2019 и 45-я Генеральная ассамблея Международной Тоннельной ассоциации.**

Организаторы: Международная Тоннельная ассоциация и Общество инженеров Италии, www.wtc2019.com.

Тема конгресса: «Тоннели и подземные города: инжиниринг и инновации. Археология, архитектура и искусство».

На Конгрессе будут освещены традиционные темы по проектированию и строительству подземных сооружений с упором на тоннелирование, проектирование и инновации.

Неаполитанский район является колыбелью подземных работ, которые относятся к римскому периоду, в то же время, к инновационному и ориентированному на будущее городу. Поэтому делегаты WTC будут наслаждаться посещением исторических тоннелей с римского периода до новейшей станции метро, удостоенной наград.

Технические визиты будут включать посещение самой длинной подземной железной дороги в мире. Неаполь: Борбонский тоннель, греко-римский акведук, подземные руины римского театра. Рим: линия С – «Археологическая» Метро. Бреннер: базовый тоннель Бреннера.

По всем вопросам проведения и получения информации обращаться в Исполнительную дирекцию ТАР по адресу: 107078, г. Москва, ул. Новорязанская, д. 16, офис 18, тел.: +7(499)261-27-40, +7(903)132-66-72 (Горх Любовь Ивановна), e-mail: lgorh@rus-tar.ru.



18 января 2019 г. исполнилось 85 лет со дня рождения Крохалева Бориса Григорьевича.

гих регионах страны (впоследствии Управление горного надзора и военизированных горноспасательных частей при Минтрансстрое СССР), в которой стал главным инженером.

4 мая 1986 г. приказом начальника Управления ГН и ВГСЧ Б. Г. Крохалев был откомандирован в Киевский военизированный горноспасательный отряд, который в период ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС осуществлял радиационный анализ на рабочих точках, обеспечивал соблюдение регламента работы в зоне заражения, вел журналы контроля радиационного облучения сотрудников.

В апреле 1988 г. Бориса Григорьевича переводят на работу в центральный аппарат Министерства цветной металлургии на должность главного горняка Управления охраны труда, техники безопасности, охраны и спецчастей. Здесь он совместно с аппаратом Управления активно включается в разработку и подготовку нормативно-правовой документации, регламентирующей деятельность военизированных горноспасательных частей по обслуживанию горных предприятий отрасли, по развитию производственной базы горноспасателей.

В декабре 1988 г. Б. Г. Крохалев участвует в масштабных спасательных работах в г. Ленинакан (Армения), который стал эпицентром мощнейшего в этом регионе землетрясения.

В конце 1989 г. Борис Григорьевич был назначен руководителем Федерального государственного объединения «Металлургбезопасность», которое обладало широкими полномочиями в области охраны труда, гражданской обороны, горноспасательной службы и ведомственной охраны предприятий. Возглавляя эту организацию, он внес большой вклад в организацию работы по профилактике и предупреждению аварийных ситуаций в подземных выработках, по созданию безопасных условий труда на горнодобывающих предприятиях металлургии и угольной промышленности. Он лично обследовал шахты и рудники, проверяя их противоаварийную систему защиты, готовность горноспасателей к решению возложенных на них задач.

Работа Бориса Григорьевича в горноспасательных частях, центральном аппарате Минтрансстроя, Минцветмета и Минметаллургии СССР неоднократно отмечалась поощрениями от руковод-

ства министерств за успехи в развитии горноспасательной службы. Он награжден двумя орденами «Знак Почета», четырьмя медалями, двумя Знаками МЧС, является кавалером знака «Шахтерская слава» всех трех степеней, почетный горняк, почетный металлург, ветеран горноспасательной службы. Президентом Российской Федерации ему присвоено почетное звание «Заслуженный спасатель».

Будучи постоянным членом Межведомственной аттестационной Комиссии при МЧС России, действительным членом Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ), Борис Григорьевич Крохалев осуществлял большую работу по обеспечению постоянной готовности России к действиям в условиях чрезвычайных ситуаций. В соавторстве с Юрием Александровичем Гладковым (опытнейшим горноспасателем страны) им написан учебник для горноспасателей и книга – анализ ликвидации аварий и катастроф в шахтах и рудниках за 10 лет, которые являются настольным пособием для руководителей горных предприятий, горноспасателей и студентов вузов России.

В декабре 2004 г. в возрасте 70-ти лет Борис Григорьевич вышел на пенсию. Однако нам приятно отметить, что его деятельная натура не позволила сидеть без дела, и с 2008 по 2015 гг. Борис Григорьевич работал заместителем председателя правления, заместителем руководителя Исполнительной дирекции Общероссийской общественной организации «Тоннельная ассоциация России», где, помимо организаторской работы среди членов Тоннельной ассоциации, занимался экспертизой промышленной безопасности технических устройств на опасных производственных объектах, а также разработкой проектов промышленной безопасности объектов метро- и тоннелестроения. До настоящего времени он является членом правления Тоннельной ассоциации России и активно работает в этом руководящем органе ТАР.

Сердечно поздравляем Бориса Григорьевича Крохалева с юбилеем! Желаем крепкого здоровья, семейного счастья, бодрости и энергии в передаче своего жизненного опыта и знаний для следующих поколений горняков и тоннелестроителей.

*Правление
Тоннельной ассоциации России*

Крохалев Борис Григорьевич – заслуженный спасатель Российской Федерации, ученик крупнейшего ученого и организатора горноспасательной службы в стране Г. Г. Соболева, родился 18 января 1934 г. в г. Бакал Челябинской области в семье сталевара.

На службу в военизированные горноспасательные части (далее ВГСЧ) направлен 19-летним юношей: в 1953 г. после окончания Копейского горного техникума. Его назначили на должность командира горноспасательного отделения в оперативный взвод Копейского военизированного горноспасательного отряда, а в мае 1961 г. – командиром оперативного военизированного горноспасательного взвода.

Постоянное участие в горноспасательных работах на обслуживаемых взводах шахтах и на других шахтах бассейна, организация несения службы во взводе и профессиональной подготовки личного состава не помешали без отрыва от производства на год раньше срока окончить обучение в Свердловском горном институте и защитить диплом горного инженера. Затем следуют назначения на другие командные должности ВГСЧ, неоднократные переезды в шахтерские города Коркино, Еманжельинск Челябинской области. В 1968 г. его переводят начальником военизированной горноспасательной части Кизеловского угольного бассейна в Пермской области.

В 1980 г. Б. Г. Крохалев сыграл ведущую роль в создании горноспасательной службы на подземных работах при строительстве метрополитенов, железнодорожных, энергетических и других специальных тоннелей на БАМе и в дру-

ОПЫТ ТОННЕЛЬНОЙ ЩИТОВОЙ ПРОХОДКИ С ГИДРОПРИГРУЗОМ

С. В. Мазеин, д. т. н., Тоннельная ассоциация России
А. С. Вознесенский, д. т. н., проф., НИТУ МИСиС

Данной рубрикой продолжаем периодическую публикацию кратких описаний актуальных исследований в области технологий проходки тоннельными буровыми машинами (ТБМ). Представленные ниже аннотации посвящены отечественным и зарубежным работам по соответствующему анализу щитовой проходки ТБМ с гидропригрузом, которая является прогрессивной технологией возведения тоннеля в неустойчивых водопроницаемых грунтах с минимальной осадкой земной поверхности.

Выбор типа ТБМ и объем использования гидропригруза

Наши данные 2004 г. по внедрению щитовых комплексов фирмы «Херренкнехт» за последние 15 лет свидетельствуют о широком распространении щитов как с грунто-, так и с гидропригрузом [1]. Если по соотношению длин строящихся тоннелей тем или иным способом преимущество имеет грунтопригруз (2:1), то по соотношению вынимаемой горной массы фактически существует равенство между грунто- и гидропригрузом. Это происходит за счет того, что на щитах с гидропригрузом – высокопроизводительный трубопроводный транспорт грунта и безосадочная технология проходки (точное давление пригруза и непрерывное нагнетание раствора за обделку). Эти щиты позволяют вести проходку городских тоннелей с большим поперечным сечением в породах с широким диапазоном свойств.

Занятая численность применяемых в Москве для проходки тоннелей метро щитов все время растет и сейчас составляет более 30-ти машин.

Однако в подавляющем большинстве в них используется грунтовый пригруз, только щит S-290 оснащен оборудованием для гидравлического пригруза. Обычно в паре с грунтопригрузным щитом щит S-290 строит однопутный тоннель для двухтоннельного перегона метро с 2005 г. по настоящее время

(табл. 1) и, построив более 16 км тоннелей, прошел несколько капитальных ремонтов.

Оценка крутящего момента, усилия подачи и других конструктивных параметров разного типа с некоторой критикой используемых ТБМ в турецких тоннельных проектах [2]

Критически важно выбрать соответствующую машину ТБМ и определить ее основные характеристики, такие как установленный при проходке крутящий момент и усилие продвижения ТБМ для специфики стройки. Недооценка этих параметров будет снижать производительность экскавации. Чтобы разработать общие указания по определению некоторых характеристик ТБМ, создана база данных конструктивных параметров для 262 ТБМ.

Исследованы статистические взаимосвязи между конструктивными параметрами 262 ТБМ (72 открытого типа, 24 одинарных щита, 41 двойной щит, 86 с грунтопригрузом и 39 с гидропригрузом), производимых после 1985 г. в мире, и теоретические концепции ТБМ во взаимосвязи между диаметром и усилием продвижения. Обсуждаются номинальные крутящие моменты ротора при проходке, общий вес, максимальная скорость вращения ротора и количество дисковых шарошек.

Некоторые корреляции между этими параметрами достаточно сильные. Результаты ре-

зюмируются в таблице, с учетом верхнего и нижнего пределов прогнозируемых значений. В конце для проверки правильности уравнений регрессии, разработанных в рамках этого исследования, обсуждаются некоторые данные, полученные в 30 разных тоннелях, которые пройдены в различных геологических условиях разными ТБМ в Турции.

ТБМ и влияние речных приливов – история процесса выбора для тоннеля С310 под Темзой [3]

Гидропригруз ТБМ или грунтопригруз ТБМ? Проект С310 включает в себя строительство порталов Пламстед и Северный Вулджд и парный метро тоннель под Темзой, который имеет длину около 2,6 км между двумя порталами. Две ТБМ, используемые для строительства тоннеля под Темзой, будут эксплуатироваться в различных грунтовых условиях (пески, речные отложения (гравий) и мел) ниже уровня грунтовых вод. Во время проходки под р. Темзой тоннели будут иметь только около 12 м перекрывающих пород.

Эффект изменения давления вследствие приливов р. Темзы должен быть учтен в процессе тоннелирования. Тоннель будет проходить под несколькими перечисленными зданиями II класса, коммуникациями, прилегающими к действующим железнодорожным путям и рядом с существующими тоннелями ме-

Таблица 1

Перечень тоннелей гидропригрузной ТБМ S-290

Год	Старт	Финиш	Количество тоннелей	Протяженность одного тоннеля, м	Общая протяженность, м
2006	точка С Серебряный Бор	точка D Серебряный Бор	1	1500	1500
2007	точка С Серебряный Бор	Строгино	1	3200	3200
2009	Шипиловская	Борисово	1	850	850
2010	Алма-Атинская	Депо	2	300	600
2013	Юго-Западная	Тропарево	2	2500	5000
2015	Саларьево	Румянцево	1	1200	1200
2016	Говорово	Озерная	1	2500	2500
2017	Лефортово	Авиамоторная	1	1200	1200
2018	Пл. 25.3	Авиамоторная	1	1340	1340
2019	Селигерская	800-летия Москвы	1 (план)	340	340
2020	800-летия Москвы	Лианозово	1 (план)	1791	1791

тро. Предыдущий опыт отработки и утилизации извлекаемого мела был накоплен на нескольких проектах тоннелирования, прежде всего автодорожных тоннелей Дартфорда, тоннеля Канала, ливневого тоннеля Брайтона, тоннеля метро Лилля, тоннеля дороги Сока-топ вблизи Парижа и канального тоннеля железнодорожного сообщения CTRL 320.

Контракт предусматривал технологии ТБМ-S (гидропригруз) и ЕРВ-ТБМ (грунтопригруз). Преимущества и недостатки ТБМ-S по сравнению с грунтопригрузом (ЕРВ-ТБМ) в проекте С310 тоннелей Темзы были обсуждены после заключения контрактов, и произведена разработка оценки сравнительного риска. Проект ТБМ с гидравлическим типом пригруза является более дорогим, но превосходит ЕРВ-ТБМ по озвученной комплексной оценке риска, и поэтому приняли решение использовать этот тип в С310.

Контроль давления пригруза

Нами в 2014 г. проведен геомеханический анализ процесса щитовой проходки тоннеля в суглинке [4]. Численным моделированием выявлены закономерности изменения горизонтальной составляющей давления грунта, объясненные образованием плоскостей сдвига в массиве перед забоем. Предложен алгоритм мониторинга коэффициента превышения компенсации над давлением грунта, использующий показатели прижима ротора к забою.

Влияние раствора и бентонитовой суспензии на процесс тоннелирования с ТБМ [5]

Исследованы бентонитовые и растворные потоки вокруг ТБМ, а также поток раствора вдоль щели за обделкой. Вычисляемые потоки вдоль обделки сравниваются с результатами измерений. Данные измерений для потока вокруг ТБМ недоступны. Бентонит и раствор моделируются как бингамовые жидкости. Видно, что из-за относительно низкой скорости потока текучесть является руководящим параметром. Результаты расчетов показывают, что оба потока вокруг ТБМ и поток вокруг обделки значительно могут влиять на нагрузки ТБМ, грунта и обделки. Потоки бентонита и раствора вокруг ТБМ могут привести к потере необходимого объема заполнения, в отличие от расчётного предположения. Поток раствора и особенно консолидация раствора приводят к снижению давления вокруг обделки, если тоннель создается в песчаном грунте.

Дискретный числовой подход для моделирования стабильности забоя при тоннелировании щитом с гидропригрузом в мягких грунтах [6]

В этой статье представлен метод численного моделирования для оценки сдвига земной поверхности, вызванной тоннелестроением. Метод предполагает дискретно-элементное моделирование продвижения щита ТБМ с гидропригрузом и считает зависимость выемки грунта в забое от различно-

го давления пригруза забоя и от влияния глыбины перекрытия тоннеля.

Для рассмотренных случаев установлено, что для тоннеля при глубине перекрытия (С/D) между 0,7 и 2,1, вызванной тоннелированием деформацией можно управлять в определенных пределах и обеспечить стабильность тоннельного забоя, если коэффициент запаса пригруза (N) лежит между 0,8 и 1,5.

Предложенный метод достаточно полезен для моделирования стабильности забоя при щитовой проходке тоннелей в мягких грунтах.

Управление перебором грунта

Нами в 2009 г. описаны принципы действия датчиков контроля грунтовой выемки при проходке механизированными щитами, дан сравнительный анализ результатов и точности методов объемного и весового контроля грунта, выдаваемого соответственно по трубам и конвейеру [7].

Теоретические основы систем управления проходки щитом с гидропригрузом [8]

Суспензионные щиты используются не только в Сингапуре, но и во всем мире. Поскольку они часто применяются в очень сложных условиях неоднородного грунта, важно понять и улучшить процессы, которые будут способствовать предотвращению перебора грунта, провалов и урегулированию рисков. Щиты с гидропригрузом используют бентонитовую суспензию для пригруза забоя тоннеля и для исключения подвижек на поверхности. Путем сравнения измеренных показателей подачи и выдачи возможно вычислить и отобразить количество извлеченного материала в реальном времени.

Для этой цели существуют расходомеры и измерители плотности, установленные в суспензионном контуре. На основании измерения различными методами вычисляется количество извлеченного материала. Оно может быть представлено как выдаваемый объем, масса или сухая масса после различных вычислений. Так как методы расчета слегка отличаются по подходу, чувствительность суспензионного контура к различным воздействиям зависит от выбранного вычислительного метода.

На результат могут влиять ошибки измерения, механические, электрические и гидравлические вопросы, течение времени, а также изменение геологии. Также в случае перебора экскавации грунта, попадания грунтовых вод или потери бентонита в массиве, различные вычисления будут отражать эти эффекты через разные результаты. В то время как один из методов может быть более подходящим при определенных условиях, другой метод будет более уместным в других условиях.

Для обеспечения технологии дано четкое представление о преимуществах и недостатках различных методов в разных условиях, эта публикация представляет собой набор определений для всех связанных парамет-

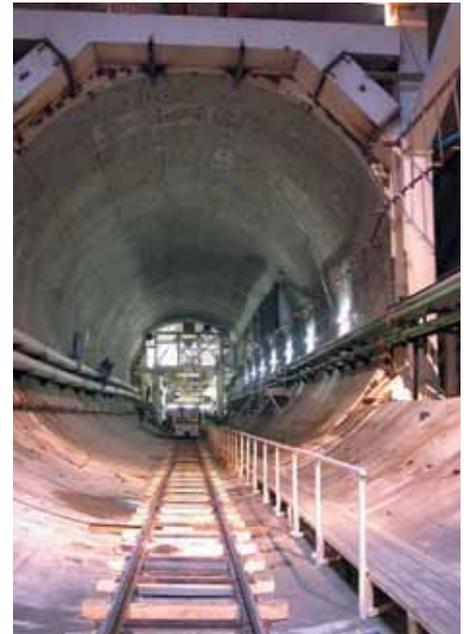


Рис. 1

ров. Методы различных вычислений сравниваются на основе единых определений. Основное внимание уделено поведению методов различных вычислений, во время ситуаций обрушения забоя, ошибки калибровки датчиков, притока воды или вмешательства сжатого воздуха.

Представлен инструмент моделирования в Excel, который позволяет определить различные вычислительные методы по нескольким примерам из реальной жизни. В итоге показано и объяснено поведение различных расчетных алгоритмов. Этот анализ позволяет не только совершенствовать систему управления практической проходкой в будущем, но и помогает различным заинтересованным сторонам лучше понять и интерпретировать измерения и результаты вычисления, полученные в различных системах, доступных на рынке.

Добавка полимеров в бентонит

Примеров отечественного применения полимеров для улучшения свойств бентонитовой суспензии гидропригруза не найдено, поэтому информация о зарубежном таком применении вызывает определенный интерес.

Суспензионные эффекты клейкости извлекаемой глины и засорения оборудования при экскавации с гидропригрузом [9]

Механизированная проходка тоннелей и изготовление элементов глубоких фундаментов в мягких грунтах часто требует суспензионного пригруза временно созданных выработок. Пригрузные жидкости, как правило, смеси бентонита с водой, усиливаются химическими добавками для сложных геологических условий.

Чтобы гарантировать стабильность экскавации, в частности формирование достаточного пригруза для грубозернистого грунтового слоя, выбирают свойства суспензий. Когда суспензии герметизируются глинист-



Рис. 2

тыми слоями, проходка может затрудняться проблемами засорения, требующими много времени очистных работ и вызывающими задержки строительства.

Эффект засорения вызван липкостью извлекаемой глины, которое может зависеть от минералогии и состава пригрузной суспензии. Этот эффект исследуется с помощью лабораторных экспериментов с использованием новых тестов на липкость: на смешивание и с моделью ротора ТБМ. Для липкости извлекаемого грунта в бентонитовой суспензии было обнаружено соотношение с сопротивлением сдвига суспензии.

Таким образом, увеличение сдвиговой прочности суспензии, что полезно для проходки в грубозернистых грунтах, может привести к повышенному засорению в условиях смешанного забоя. Напротив, некоторые чисто полимерные растворы могут помочь объединить высокое сопротивление пульпы с низким потенциалом засорения, совокупно защищая поверхность глины от проникновения воды.

Добавки для щитов с гидропригрузом в высокопроницаемом грунте [10]

Для проектов тоннелестроения в водонасыщенных грунтах проходкой ТБМ с гидропригрузом широко используются щиты. Однако суспензия дренирует в грубозернистый грунт повышенной проницаемости, и может не быть необходимой поддержки давления. Для базового тоннеля Циммерберг вблизи Цюриха проницаемость ожидалась со значениями гораздо больше, чем 0,001 м/с. Это значение обычно рассматривается как критический предел для применимости щитов гидропригруза. Поэтому поставлена задача найти добавки для бентонитовой суспензии, которые позволили бы достичь более высокого давления суспензии.

Для этих исследований была разработана аппаратура. Она позволяет определить максимально достижимую величину поддержки давления для конкретного бентонита и грунта. Она отражает реальную ситуацию, обеспечивает воспроизводимость результатов и нечувствительна к неизбежным изменениям отдельных параметров.

Были исследованы полимерные добавки, песок и вермикулит, их влияние на достигаемое максимальное давление суспензии. Для лучшей комбинации, с четко определенной долей отдельных компонентов давление суспензии может быть достигнуто в 10–20 раз выше, чем с обычной бентонитовой суспензией. Успешная проходка базового тоннеля Циммерберг доказала действительность лабораторных тестов, содержащих бентонит 200 кг на 1 м³ воды.

Сингапурские ТБМ с гидропригрузом – суспензии [11]

Существует немного больших машин с гидропригрузом, работающих по всему миру в настоящее время, не всегда ясна применимость суспензий, хотя их свойства хорошо изучены. Очень мало публикаций, охватывающих даже сами темы суспензий. Цель этой публикации – осветить основы применения суспензий, чтобы подрядчик мог лучше понять, что вызывает потребность их применения, где и почему. Большинство машин с суспензионным пригрузом используют бентонит в основе суспензии, и эта публикация содержит обзор суспензий и их свойств, недавно используемых на машинах в Сингапуре. Упомянуты машины, работающие в Гонконге и Малайзии. Все из них особенно интересны, если смотреть на решения в разнообразных местных условиях и, следовательно, при различных свойствах суспензии, которые требуются. Эта публикация пробует дать читателю понимание

свойств суспензии для тоннелестроения в Сингапуре и химикатов, необходимых для поддержания ее свойств.

Примеры применения гидропригрузных щитов **Проходка гидропригрузным щитом диаметром 13 м в нижней долине р. Инн – проектная разработка и опыт строительства по контракту НЗ-4 [12]**

В нижней долине реки Инн в Тироле, Австрия, была обновлена существующая железнодорожная линия. В ходе этих работ построен двухпутный тоннель диаметром выемки 13,03 м на участке дороги НЗ-4 Мюнстер/Визинг. Тоннель пройден ТБМ с гидропригрузом.

Трудные геотехнические условия для этого сложного контракта требовали изменений общей концепции. После торгов и заключения контракта заказчик и подрядчик по-разному ожидали начало этапа строительства. Мы сообщаем о сильно различающемся опыте сторон во время строительных работ.

В конце концов, мы делаем выводы для обеих сторон из опыта, накопленного в ходе успешного завершения проекта.

Характеристика инженерно-геологического документирования проходки гидрощитом на примере участков НЗ-4 и Н8 в Уттериталь [13]

Инженерно-геологическое документирование проходки щитом с гидропригрузом ограничено из-за трудной доступности тоннельного забоя во время проходки.

По этой причине обширное геологическое документирование было скорее исключением, по сравнению с прошлым. Подробная инженерно-геологическая документация создана во время двух щитовых проходок с гидропригрузом в Тироле (Австрия), которые показали, что геологическое документирование возможно и способствует управлению поддержкой забоя.

Документация состоит из двух частей: ко-свенное документирование извлеченного материала и прямое документирование забоя тоннеля под гипербарической поддержкой забоя воздухом во время прерывания проходки.

Объединение результатов прямых и ко-свенных документирований приводит к полной и подробной картине геологических условий. Таким образом стало возможным сравнить прогнозные и фактические условия. Кроме того, глубокое рассмотрение геологических аспектов приводит к лучшему пониманию взаимодействия между грунтовым массивом и щитовой машиной.

Озеро Мид – водозаборный тоннель № 3: задачи подготовки таллонажа и использования ТБМ с высоким давлением гидропригруза [14]

В ответ на сильные засухи в бассейне реки Колорадо и с целью сохранения существующей водопотребности в долине Лас-Ве-

гас, есть контракт водоснабжения Южной Невады – новый глубоководный водозабор (водозабор № 3), расположенный в озере Мид. Проект (контракт № 070F-01-C1) включает в себя трехмильный тоннель в очень сложных геологических условиях и глубокий ствол диаметром 650 дюймов и судовые работы.

Эта публикация представляет средства и методы, проблемы и результаты трех обширных тампонажных работ, выполненных во время строительства тоннеля. Примечательно, что в первый раз во всем мире гидропригрузный щит ТБМ проходил в закрытом режиме в 15 бар до сотен метров. Все усилия были приложены к тому, чтобы избежать прекращения гипербарических кессонных работ, которые считались слишком рискованными с точки зрения безопасности, времени и стоимости.

Однако подрядчик полностью оснастил выполнение кессонных работ при 15 бар давления сжатого воздуха. Целенаправленные и последовательные тампонажные работы с подробно отработанными процедурами и методологией являются эффективными, даже в суровых гидрогеологических и грунтовых условиях.

ТБМ большого диаметра с гидропригрузом – осадки, вызванные тоннелированием: пример тоннеля в Нанкине новой линии 10 под рекой Янцзы [15]

В публикации представлены данные мониторинга осадки, вызванные тоннелированием и собранные во время строительства тоннеля под рекой Янцзы новой линии 10 в Нанкине. Выяснилось, что в тонком слое песка вызванные тоннельной буровой машиной большого диаметра (ТБМ) осадки земной поверхности следуют распределению Гаусса в поперечном направлении.

Использован эффективный метод для оценки характеристики кривой Пека в мульд осадки. Далее исследовано влияние различных параметров (например, тоннельная глубина, типы вышележащих слоев и давление пригруза) на коэффициент потери грунта и форму мулды осадки. Наконец даны несколько мероприятий для контроля строительства.

Мониторинг и анализ осадок земной поверхности, вызванных проходкой тоннельной буровой машиной с гидропригрузом [16]

Представлено тематическое исследование мониторинга и анализ осадок земной поверхности, вызванных проходкой тоннельной буровой машиной (ТБМ) с гидропригрузом для строительства подземной линии метро через густонаселенный район. Был проведен подробный мониторинг осадки поверхности для начальной стадии тоннелирования вниз для того, чтобы оценить ширину мулды и фактор объема потерь, включая потери в зонах забоя, щита и хвостовика щита.

Кроме того, с помощью модели заторов было проведено прогнозирование объема потерь и мулды осадки с учетом состояния грунта, конфигурации ТБМ и фактических оперативных данных. Предсказания модели заторов сравнивались с наблюдаемыми результатами, и были определены верификационные факторы для оценки объема потерь. Скорректированные факторы применили к прогнозу осадки при проходке тоннеля вверх, и результаты прогноза сопоставили с полевыми измерениями.

Роль параметров ТБМ с гидропригрузом на деформации земной поверхности: натурные результаты и вычислительные модели [17]

В настоящей публикации рассматривается роль эксплуатационных параметров ТБМ с гидропригрузом, а именно в забое, кольце, и давления раствора для деформаций земной поверхности. Анализ включает в себя натурные данные и результаты вычислительных моделей. Натурные данные из весьма успешного проекта Квинс (6,9 м в диаметре) проходки тоннелей метро в Нью-Йорке используются для феноменологических иллюстраций, как контролировались деформации земной поверхности через параметры ТБМ с гидропригрузом. Затем используются вычислительные модели для объяснения экспериментальных результатов и дальнейшего исследования влияния параметров ТБМ. Представляются важными результаты количественного определения различных давлений для контроля деформаций земной поверхности.

Список литературы

1. Мазеин С. В., Соломатин Ю. Е. Активный пригруз забоя. Большие миксциты «Херренкнехт» в Москве // Метроинвест. –2004. –№ 4. – С. 18–22.
2. Ates U, Bilgin N, Copur H. Estimating torque, thrust and other design parameters of different type TBMs with some criticism to TBMs used in Turkish tunneling projects. *TunnUndergrSpTechnol* [Internet]. 2014 Feb [cited 2019 Jan 15]; 40:46–63.
3. Rengsbhausen R, Tauriainen R, Raedle A. TBM and spoil treatment selection process – case history Crossrail C310 Thames Tunnel. *GeomechTunn* [Internet]. 2014 Feb [cited 2019 Jan 15]; 7(1):45–54.
4. Мазеин С. В., Вознесенский А. С. Мониторинг усилий прижима ротора и давления мягких грунтов при щитовой проходке тоннелей // Геотехника. –2014. –№ 1, – С. 44–51.
5. Bezuijen A. The influence of grout and bentonite slurry on the process of TBM tunneling. *Geomech und Tunnelbau* [Internet]. 2009 Jun [cited 2019 Jan 15]; 2(3):294–303.
6. Zhang ZX, Hu XY, Scott KD. A discrete numerical approach for modeling face stability in slurry shield tunnelling in soft soils. *Comput Geotech* [Internet]. 2011 Jan [cited 2019 Jan 15]; 38(1):94–104.

7. Мазеин С. В. Оперативный контроль объема и веса выемки грунта механизированной щитовой проходкой тоннелей метрополитена // Горное оборудование и электро-механика. – 2009. – № 6. – С. 2–7.

8. Dubme R, Rasanavaseethan R, Pakianathan I, Herud A. Theoretical basis of slurry shield excavation management systems. *TunnUndergrSpTechnol* [Internet]. 2016 Aug [cited 2019 Jan 15]; 57:211–24.

9. Zumsteg R, Puzrin AM, Anagnostou G. Effects of slurry on stickiness of excavated clays and clogging of equipment in fluid supported excavations. *TunnUndergrSpTechnol* [Internet]. 2016 Sep [cited 2019 Jan 15]; 58:197–208.

10. Fritz P. Additives for Slurry Shields in Highly Permeable Ground. *Rock Mech Rock Eng* [Internet]. 2007 Feb 22 [cited 2019 Jan 15]; 40(1):81–95.

11. Schulkins R. A., Holdsworth C., Dal Negro E., Aygun Ulas. Singapore’s Slurry TBM’s – The Slurry // «Proceedings of the World Tunnel Congress 2017 – Surface challenges – Underground solutions». Bergen, Norway.

12. Klitzen J, Herdina J. Hydroschild drive with a diameter of 13 m in the Lower Inn Valley – Project design and experience from construction of contract H3-4 / Hydroschildvortrieb mit 13 m Durchmesser im Unterinntal – Projektplanung und Erfahrungen im Baulos H3-4. *GeomechTunn* [Internet]. 2016 Oct [cited 2019 Jan 15]; 9(5):534–46.

13. Wendl K, Scholz M, Thuro K. Charakterisierung der ingenieurgeologischen Vortriebsdokumentation von Hydroschild-vortrieben am Beispiel der Baulose H3-4 und H8 im Unterinntal. *geotechnik* [Internet]. 2012 Sep [cited 2019 Jan 15]; 35(3):168–76.

14. Cimiotti C, Bono R, Fioravanti P. Lake Mead – Intake Tunnel No. 3 Pre-Excavation Grouting Challenges Using a High Pressure Slurry TBM. In: *Grouting 2017* [Internet]. Reston, VA: American Society of Civil Engineers; 2017 [cited 2019 Jan 15]. p. 325–37.

15. Mei Z, He T, Zhou S, Wang B, Wang C. Large-Diameter Slurry TBM Tunneling-Induced Settlements: The Case of the Yangtze River Tunnel of Nanjing New Line 10. In: *CICTP 2015* [Internet]. Reston, VA: American Society of Civil Engineers; 2015 [cited 2019 Jan 15]. p. 1599–611.

16. Park H, Oh J-Y, Kim D, Chang S. Monitoring and Analysis of Ground Settlement Induced by Tunneling with Slurry Pressure-Balanced Tunnel Boring Machine. *AdvCivEng* [Internet]. 2018 [cited 2019 Jan 15]; 2018:1–10.

17. Mooney MA, Grasmick J, Kennedally B, Fang Y. The role of slurry TBM parameters on ground deformation: Field results and computational modelling. *TunnUndergrSpTechnol* [Internet]. 2016 Aug [cited 2019 Jan 15]; 57:257–64.

Для связи с авторами

Мазеин Сергей Валерьевич
maz-bubn@mail.ru
Вознесенский Александр Сергеевич
al48@mail.ru



О ТОННЕЛЕ НА О. САХАЛИН

TUNNEL TO SAKHALIN ISLAND

Н. И. Кулагин, В. А. Маслак, К. П. Безродный, М. О. Лебедев, ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»
N. I. Kulagin, V. A. Maslak, K. P. Bezrodny, M. O. Lebedev, ОАО NIPII «Lenmetrogiprotrans»

XXI век по праву можно считать не только временем развития новых технологий, но и их внедрения. Современные инженерные решения воплощаются во многих отраслях народнохозяйственной деятельности. Как, например, строительство первой в мире плавучей атомной тепловыделяющей станции, которая в 2019 г. начнет давать тепло и электричество на Чукотке. Не отстает во внедрении новых технологий и направление по освоению подземного пространства. Новые технологии реализуются в масштабных транспортных проектах, обеспечивая экономическое развитие регионов, разгрузку существующих транспортных магистралей, появление новых рабочих мест, туристическую привлекательность. После окончания строительства таких уникальных сооружений, как объекты к проведению зимней олимпиады 2014 г., мостовых переходов в Крым, объекты к проведению чемпионата мира по футболу 2018 г., появляется необходимость развития транспортной инфраструктуры других регионов. Так в комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 г., утвержденный Правительством Российской Федерации, включено строительство железнодорожной линии Селихин – Ныш с переходом пролива Невельского.

The 21st century can rightly be considered not only the time for the development of new technologies, but also their implementation. Modern engineering solutions are embodied in many sectors of economic activity. For example, the construction of the world's first floating nuclear thermal power plant, which will begin to produce heat and electricity in Chukotka in 2019. The underground space development is not far behind in the implementation of new technologies. New technologies are implemented in large-scale transport projects ensuring the economic development of regions, the unloading of existing transport routes, the presence of new jobs and tourist attractiveness. After the construction of such unique structures as facilities for the Winter Olympics 2014, bridges to the Crimea, facilities for the FIFA World Cup 2018, there is a need to develop transport infrastructure in other regions. Thus, the integrated plan for modernization and expansion of the main infrastructure for the period up to 2024 approved by the Government of Russian Federation has included the construction of Selikhin–Nysh railway line with crossing of the Nevelski strait.

Предполагаемый транспортный переход пролива Невельского располагается в весьма сложной с геологической точки зрения пограничной зоне между двумя крупнейшими геоструктурными провинциями: Центрально-Евро-Азиатской на западе и Тихоокеанской на востоке. Каждая из провинций представлена соответственно Буринско-Сихоте-Алиньским и Курильским регионами. Граница между провинциями в районе перехода имеет меридиональное направление и проходит по проливу Невельского.

Наименьшая ширина пролива (между мысом Средним на западе и Погиби – на острове Сахалин) 7,8 км.

В комплексном проекте железнодорожного соединения о. Сахалин с единой транспортной сетью страны (проект строительства железнодорожной линии Селихин – Ныш) барьерным, наиболее сложным и дорогостоящим объектом является строитель-

ство постоянного перехода через Татарский пролив в наиболее его узком месте (пролив Невельского) в районе мыса Лазарев (материк) – мыс Погиби (о. Сахалин) (рис. 1). Поэтому выбор вариантов технических решений и конструкций инженерных сооружений транспортного перехода имеет решающее значение при определении экономической оценки всего проекта в целом в период строительства и эксплуатационной эффективности и надежности в последующем. На выбор вариантов инженерных сооружений транспортного перехода через пролив Невельского огромное влияние оказывают сложные инженерно-геологические и природно-климатические условия района предстоящего строительства и последующей эксплуатации. В инженерно-геологическом плане это мощный слой (до 30 м) донных осадочных отложений с низкой несущей способностью, а также высокая сейсмическая активность в районе строительства с ве-

роятностью землетрясений до 9 баллов по шкале Рихтера. Для гидрологии пролива характерны периодические изменения направленности течений с переносом значительных масс донных отложений в прибрежных зонах. В осенне-зимний период частые штормовые явления создают неблагоприятную ледовую обстановку и обледенение судов, а также береговых инженерных конструкций.

Климатические условия

Климат района работ является муссонным. Характеризуется господствующими ветрами северных направлений в зимний период и южных – в летний.

Осадки. Среднегодовое количество осадков составляет 736 мм, максимальное – 1416 мм; суточное измеренное – 80 мм. 61 % осадков выпадает в теплое время года (май-октябрь). Снежный покров устанавливается в конце октября и достигает в феврале-марте 35–40 см (максимально 74 см). Гололедные явления наиболее часты в апреле-мае, толщина гололедных стенок достигает 20–25 см.

Температуры. Среднегодовая температура воздуха составляет минус 2,2 °С, минимальная – минус 47 °С (январь), максимальная плюс 31 °С, самой холодной пятидневки – минус 30 °С.

Ветры. В зимний период повторяемость ветров северного и северо-западного направлений составляет 53–54 %, южных – 24–25 %. В теплое время года, наоборот, пре-

обладают южные и юго-западные ветры (45–46 %). Ветры слабые и умеренные (до 10 м/с) наблюдаются в 78 % случаев ветреных дней, штормовые (более 15 м/с) – 45–47 дней в году. В зимнее время (декабрь-январь) ветры могут достигать силы до 27–29 м/с, при порывах до 45–46 м/с.

Гидрологический режим

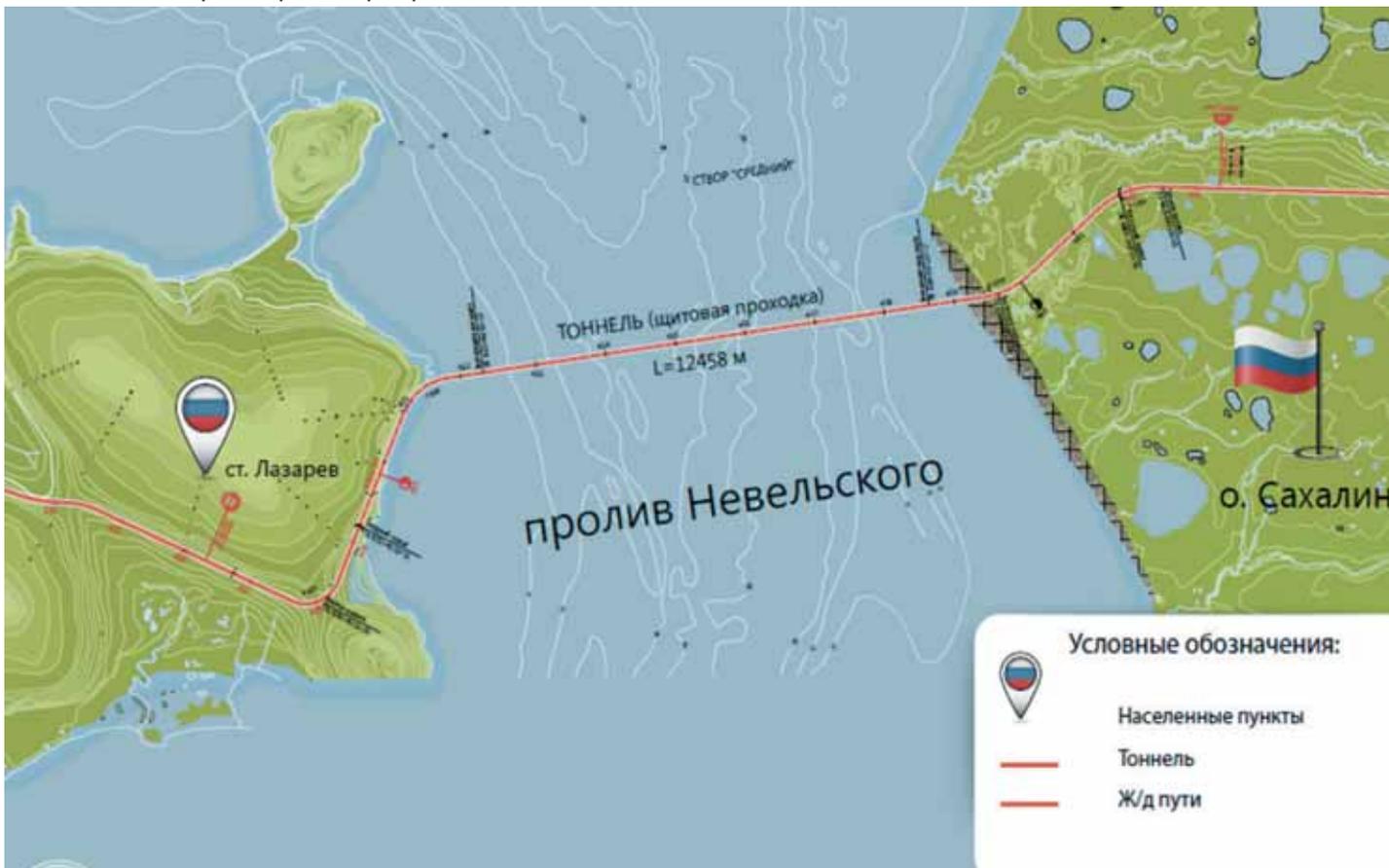
Уровень воды в проливе определяется приливо-отливными, сгонно-нагонными и сейшевыми явлениями. Наибольшая величина приливов (по астрономическим условиям) достигает 2,20–2,25 м при средней величине 1,50–1,55 м; максимальное нагонное повышение уровня при штормовых ветрах северного направления – 0,8 м. Понижения сгонного характера значительных изменений уровня воды не вызывают, поскольку определяются лишь ростом атмосферного давления. Сейшевые колебания уровня могут достигать 0,45–0,50 м с периодом от 8 до 30 мин.

В Балтийской системе высот средний уровень составляет 0,22, экстремальные 2,62 и минус 1,03 м.

Волновой режим в проливе умеренный. Повторяемость ситуаций с высотой волн более 1,0 м составляет 22 %. Максимальная высота волны достигает 2,70 м (1 раз в 50 лет). Волны цунами в вершину Татарского пролива не проникают.

Течения на участке пролива Невельского носят преимущественно реверсивный характер с некоторым преобладанием южных на-

Рис. 1. Тоннельный вариант перехода через пролив Невельского



правлений – к Японскому морю. Продолжительность направленных в одну сторону течений при исключительно высоких нагонах может достигать 92 ч.

Наибольшие скорости течения наблюдаются в глубоководной части пролива (желоба). Они достигают при отсутствии льда в приповерхностном слое 2,35 м/с, у дна – 1,8 м/с. При полном замерзании пролива максимальные скорости формируются в 2–3 м от дна и составляют 1,3 м/с. По мере уменьшения глубин в проливе уменьшаются и скорости течения.

Ледовый режим участка строительства является наиболее суровым из всех районов Татарского пролива. Ледообразование начинается в конце октября – начале ноября и в сжатые сроки охватывает почти всю акваторию. Неподвижный лед в середине ноября закрепляется в виде прочного устойчивого припая на мелководьях и быстро распространяется к центру бассейна. Полное замерзание пролива Невельского происходит лишь через 2–2,5 месяца после появления припая у берегов.

Наибольшего развития ледяной покров достигает в начале апреля; толщина льда у берега составляет 1,3–1,4 м, а в суровые зимы 1,6–1,7 м, в районе глубоководного желоба от 0,4–0,5 до 0,8–0,9 м. Ледяные торосы возникают вдоль бровок фарватера или на отмелях. Их высота в отдельных грядах может достигать 3 м.

Признаки разрушения льда появляются в апреле, в первую очередь разрушаются торосы. Окончательно припай разрушается к началу третьей декады мая. Плавающий лед наблюдается до конца мая – начала июня. Возможен дрейф ледяных полей протяженностью до 1 км под действием приливных течений и ветра. Максимальная скорость дрейфа 2,5 м/с. Расчетная прочность крупных дрейфующих льдин (на одноосное сжатие) при неблагоприятном стечении условий определена в 4,7 МПа.

Толщина льда, примерзающего к гидротехническим сооружениям, по наблюдениям в соседних районах соизмерима с толщиной местного припая (1,5–1,7 м).

Из возможных вариантов строительства искусственных сооружений, применимых в рассматриваемых условиях в различных предпроектных проработках, выполненных в 50–60-е годы и затем с 90-х годов по настоящее время, рассматривались:

- мостовые переходы различных конструкций;
- сплошная дамба или в сочетании с мостовым переходом;
- тоннельный вариант с горной проходкой основного ствола тоннеля;
- тоннельный вариант мелкого заложения с использованием опускных секций.

У каждого из рассматриваемых вариантов есть следующие преимущества и недостатки.

Мостовые переходы различных конструкций

Наличие мощных донных отложений потребует возведение промежуточных русловых опор большой высоты (заглубление более 30–40 м до коренных пород и обеспечение подмостового габарита прохода судов до 70 м, с общей высотой опоры от основания опоры до низа пролета более 100 м).

Возможное воздействие ледовых нагрузок на опоры моста в разных направлениях вдоль и поперек оси моста неизбежно потребует создание равнопрочности опоры в направлениях вдоль и поперек моста, аналогично плавучим буровым установкам.

Возможное обледенение конструкций пролетных строений в осенне-зимний период потребует дополнительное их усиление с учетом нагрузок, сопоставимых с нагрузкой самих конструкций и переменной от подвижного состава. В процессе эксплуатации вполне вероятны дополнительные затраты по содержанию пролетных строений.

Высокая сейсмическая активность потребует дополнительное усиление всех конструкций мостового перехода, включая опоры и пролетные строения.

Тоннельные варианты

Впервые строительство перехода на остров Сахалин началось в 1951 г. Проектом предусмотрен тоннельный вариант перехода. Была пройдена вертикальная выработка (ствол) на материке и часть дамбы. Но после смерти И. В. Сталина работы прекратили.

В 2000 г. по заказу ОАО «РЖД» РФ были разработаны проектные соображения по вариантам мостового и тоннельного перехода. Генеральным проектировщиком определен институт «Мосгипротранс». Проектом предусматривалось строительство железной дороги Селихин – Ныш с пересечением Татарского пролива по трем вариантам трассы. Тоннельные варианты разрабатывало ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс» при участии ОАО «Гипротрансмост» (раздел ОВОС).

Проект всего сообщения с учетом мостового и тоннельного сооружений был оценен на начало 2013 г. в 386,6 млрд и 387 млрд рублей, соответственно. При почти одинаковой стоимости вариантов сроки строительных работ различны: 7,5 лет заняла бы стройка линии вместе с мостом и 9 лет – с прокладкой тоннеля.

С целью определения наиболее эффективных конструктивных и технологических решений по сооружению тоннельного перехода непосредственно под проливом, рассматривались следующие варианты его сооружения.

Вариант I. Тоннель $D_n = 9,5$ м и сервисный тоннель $D_n = 5,5$ м с щитовой проходкой.

Вариант II. Тоннель $D_n = 11,5$ м с щитовой проходкой.

Вариант III. Тоннель из опускных секций.

Вариант IV. Тоннельно-мостовой переход.

Вариант V. Комбинированный тоннель с обделками из опускных секций на береговых участках и кругового очертания в русловой части.

В 2007 г. ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс» на стадии инвестиций в строительство выполнило два варианта сооружения тоннеля:

- опускные секции;
- ТПМК с пригрузом забоя.

Сооружение тоннеля опускными секциями в зависимости от створа стоит 231527,73–289575,41 млн руб. Срок строительства 5–6,5 лет. Сооружение тоннеля с помощью ТПМК стоит 171809,24–184763,26 млн руб. в зависимости от створа пересечения пролива. Срок строительства 9 лет 5 мес. – 9 лет 6 мес.

Наиболее эффективным вариантом был признан вариант тоннеля большого поперечного сечения с щитовой проходкой $D = 11,5$ м.

Сооружение тоннеля предусматривается с использованием специальных тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК) с активным пригрузом забоя.

Скорость передвижения по железнодорожному переходу составит до 120 км/ч.

Преимущества тоннельного варианта транспортного перехода:

- значительная независимость эксплуатации от природно-климатических условий по сравнению с мостом;
- тоннели значительно безопаснее в эксплуатации;
- тоннельный вариант менее подвержен терроризму;
- стоимость эксплуатации транспортного перехода (как показывает опыт эксплуатации объектов-аналогов в г. Хабаровске) по тоннельному варианту ниже, подземные сооружения менее подвержены нарушениям при землетрясениях, чем наземные, в частности – мосты.

Поэтому в суровых природно-климатических и сложных инженерно-геологических условиях при высокой сейсмической опасности следует отдать предпочтение тоннельному варианту, как наиболее надежному при эксплуатации.

Ключевые слова

Пролив Невельского, транспортный переход, подводный тоннель, технология строительства.

Nevelski strait, transport crossing, sub-aqueous tunnel, construction technology

Для связи с авторами

Кулагин Николай Иванович

lmgmt@lenmetro.ru

Маслак Владимир Александрович

lmgmt@lenmetro.ru

Безродный Константин Петрович

Besrodny@lenmetro.ru

Лебедев Михаил Олегович

lebedev-lmgmt@yandex.ru





Известнейшему российскому ученому в области инженерной геологии Евгению Меркурьевичу Пашкину исполнилось 85 лет.

жизни Евгения Меркурьевича – он становится членом и одним из руководителей общественной организации «Всесоюзное общество охраны памятников истории и культуры» (ВООПИК), а за активную и плодотворную работу в деле сохранения архитектурного наследия в 1994 г. удостоивается звания «Заслуженный деятель искусств Российской Федерации».

В 1961 г. Е. М. Пашкин переходит на работу в институт «Гидроспецпроект», где более 14 лет занимает ведущую роль в выполнении изысканий, проектирования и строительства гигантов советской энергетики – сначала в качестве руководителя группы инженерно-геологических изысканий, а вскоре и главного геолога института. Евгений Меркурьевич принимал непосредственное участие в проведении сложнейших инженерно-геологических исследований при строительстве крупнейших гидротехнических подземных сооружений Нурекской, Токтогульской, Рогунской, Чарвакской, Вилуйской, Хантайской и многих других гидроэлектростанций страны.

Евгений Меркурьевич Пашкин является доктором геолого-минералогических наук. В докторской диссертации им были сформулированы теоретические положения прогнозирования устойчивости пород в подземных выработках и разработаны способы управления устойчивостью с помощью адаптивных функций сферы взаимодействия.

С 1970 по 1975 г. Евгений Меркурьевич совмещал работу главного геолога в «Гидроспецпроект» с преподаванием в Московском геологоразведочном институте (ныне – Российский государственный геологоразведочный университет) на кафедре инженерной геологии, а в 1975 г. окончательно перешел на работу в МГРИ. За многие годы работы в этом учебном заведении им подготовлено огромное количество высококвалифицированных специалистов, работающих по всей территории нашей необъятной Родины и за рубежом. Под его руководством защищены 18 кандидатских диссертаций. За успешную педагогическую деятельность в 1998 г. он был удостоен звания «Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации».

Научная деятельность Евгения Меркурьевича не ограничивается рамками Российского государственного геологоразведоч-

ного университета. Его глубокие знания и неординарность мышления постоянно востребованы. Параллельно с преподаванием во МГРИ-РГГУ Е. М. Пашкин читал курс лекций по инженерно-геологической диагностике причин деформаций памятников архитектуры в Российском институте искусства реставрации и подготовил учебник «Инженерная геология (для реставраторов)», изданный издательством «Архитектура-С» в 2005 г.

Им были впервые разработаны основы теории инженерно-геологической диагностики причин деформаций инженерных сооружений на примере исторических природно-технических систем «Памятник архитектуры – геологическая среда», которые являются руководством для специалистов, работающих в области реставрации памятников архитектуры. Поэтому не случаен тот факт, что Евгений Меркурьевич до настоящего времени привлекается к работе экспертных комиссий и входит в состав научно-методического совета Министерства культуры РФ, которые занимаются вопросами рассмотрения проектов реставрации памятников архитектуры, истории и культуры.

Нам приятно отметить, что Е. М. Пашкин в 1990 г. активно поддержал образование Тоннельной ассоциации России и стал одним из первых её членов. Участвовал в экспертизе проектов тоннелей: Кавказкой перевальной железной дороги, БАМа, метрополитена в г. Казани и Нижнем Новгороде, под Беринговым проливом, а также выезжал для консультаций по проектированию и строительству тоннелей в Перу, Иран и на Кипр.

В конце 1990-х годов Е. М. Пашкин участвовал в экспертизе уникального тоннеля в Лефортово в Москве, а в начале 2000-х годов был членом приемной комиссии отреставрированного здания Манежа и построенного подземного комплекса на Манежной площади.

Е. М. Пашкин до настоящего времени постоянно принимает активное участие во Всероссийских и Международных конференциях, организатором которых выступает Тоннельная ассоциация России, щедро делится своим богатым и неоценимым опытом проведения инженерно-геологических исследований в зоне строительства подземных транспортных сооружений.

Евгений Меркурьевич родился 30 декабря 1933 г. в Москве. После окончания школы поступил в Московский геологоразведочный институт, который успешно закончил в 1957 г. Примечательно, что темой дипломного проекта выпускника института была «Оценка инженерно-геологических условий строительства метрополитена в Москве на Ленинских горах». Поэтому нельзя назвать случайностью, что свою трудовую деятельность молодой инженер начал в проектно-институте «Метрогипротранс», где под руководством известнейших в России ученых и проектировщиков активно включился в работу над серьезными проектами специальных подземных сооружений – принимал участие в инженерных изысканиях таких трасс Московского метрополитена, как «Новые Черемушки» – «Беляево», «Сокол» – «Речной вокзал», «Рижская» – «ВДНХ».

Знаковым событием этого периода было его участие в исследовании трассы коллектора р. Неглинка через Китай-город, где Е. М. Пашкин впервые столкнулся с задачами сохранения памятников архитектуры, попавшими в зону строительства коллектора. По его рекомендации первоначальная трасса коллектора была изменена таким образом, чтобы негативное влияние строительства минимальным образом отражалось на состоянии памятников архитектуры. Так началась его научная деятельность, связанная с развитием методологии инженерно-геологических исследований в тоннелестроении, именно в этот период им закладывается новое научное направление инженерной геологии – инженерно-геологическая диагностика деформаций памятников архитектуры, которое впоследствии заняло значительное место в

Правление Тоннельной ассоциации России сердечно поздравляет Евгения Меркурьевича со славным юбилеем. Искренне желаем Вам крепкого здоровья, неиссякаемой творческой активности, новых успехов в научной, педагогической и общественной деятельности.

Правление Тоннельной ассоциации России

О СТРОИТЕЛЬСТВЕ СТАНЦИОННОГО КОМПЛЕКСА В05 ФИОЛЕТОВОЙ (ЧЕТВЁРТОЙ) ЛИНИИ БАКИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА ПОЛУЗАКРЫТЫМ СПОСОБОМ ПОД ЗАЩИТОЙ ЭКРАНА ИЗ ТРУБ, ВЫПОЛНЕННЫХ МЕТОДОМ МИКРОТОННЕЛИРОВАНИЯ

ABOUT THE CONSTRUCTION OF THE STATION COMPLEX B05 PURPLE (FOURTH) LINE OF THE BAKU SUBWAY USING SEMI-CLOSED METHOD UNDER THE PROTECTION OF PIPE SCREEN PERFORMED VIAMICROTUNNELING METHOD

А. П. Михайлов, главный специалист отдела ПОМ, ОАО «Минскметропроект»
Р. Л. Гучёк, инженер второй категории отдела ПОМ, ОАО «Минскметропроект»
A. P. Mikhailov, R. L. Guchok, OJSC «Minskmetroproekt»

В статье рассматривается вариант проекта сооружения станционного комплекса в г. Баку полузакрытым способом с применением защитной опережающей крепи, выполненной методом микротоннелирования под существующим паркингом. История, примеры, применение метода в ОАО «Минскметропроект».

The article discusses a version of the project for the station complex construction in the city of Baku, using semi-closed method with protective forward lining made viamicrotunneling under an existing parking lot. History, examples, application of the method at OJSC «Minskmetroproekt».

Общие сведения

В последние годы в практике подземного строительства наметилась тенденция использования в качестве опережающей крепи системы вспомогательных тоннельных выработок, пройденных по контуру будущего сооружения и заполненных бетоном или железобетоном. Такая крепь может входить в состав постоянной несущей конструкции и воспринимать давление грунта как на стадии стро-

ительства, так и на стадии эксплуатации сооружения.

Впервые опережающую крепь из заполненных бетоном контурных штольневых выработок, условным диаметром 3 м, применили при строительстве двухъярусного автодорожного тоннеля наружным диаметром 24,4 м и длиной 450 м в Сиэтле (США).

Так же с применением этой технологии в Милане в 1990 г. возведена односводчатая станция метрополитена «Венеция», запро-

ектированная итальянским инженером Петра Луарди; длина станции 216 м, ширина 28,2 м. Станция расположена под застроенной территорией, на глубине 3,9 м от поверхности земли в несвязных, слабоустойчивых грунтах (илы, пески и гравий).

Строительство подземного сооружения полузакрытым способом начинается с проходки опорных тоннелей механизированными тоннелепроходческими комплексами с последующим демонтажем части

Рис. 1

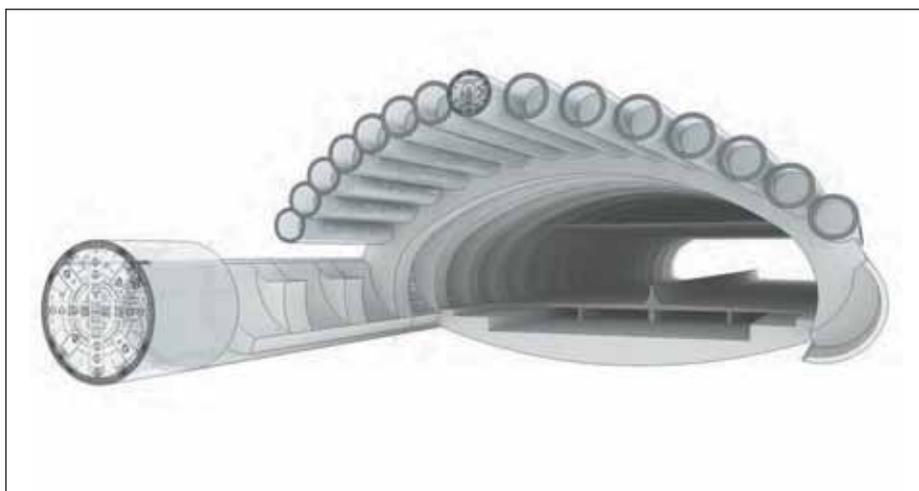


Рис. 2

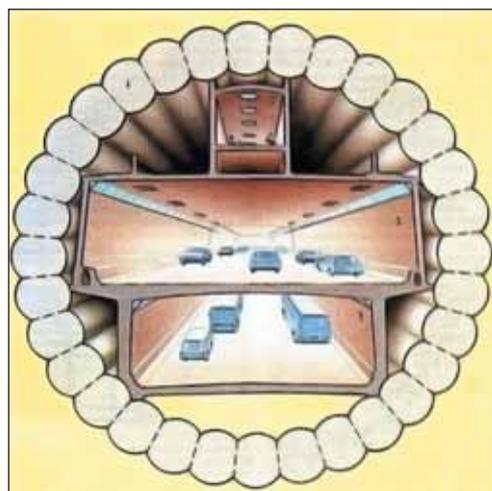




Рис. 3

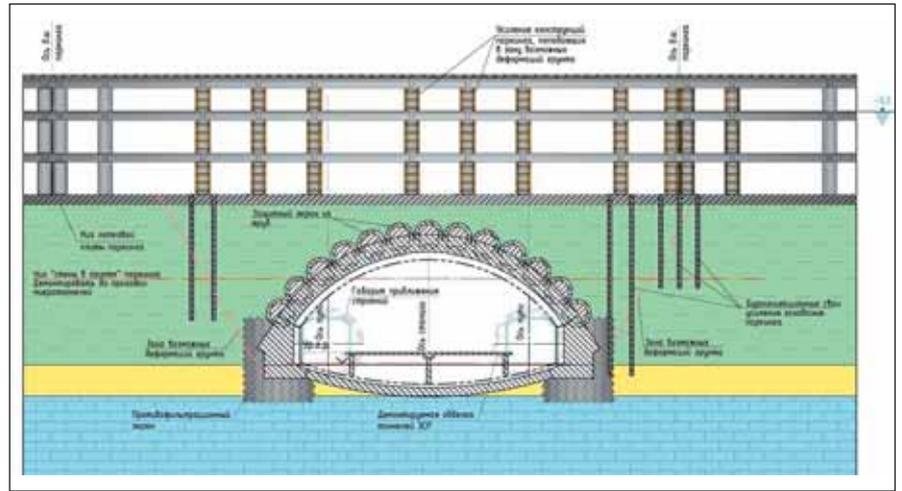


Рис. 4

тоннельной обделки. ТПК с оси перегонного тоннеля переходит на ось опорного тоннеля в предварительно сооруженном котловане (вестибюля). В котловане второго вестибюля проходческий комплекс возвращается на ось перегонного тоннеля, и осуществляется комплекс работ для обеспечения дальнейшей проходки перегонного тоннеля и одновременного строительства станции.

Технологическая последовательность производства работ

Перед инженерами ОАО «Минскметропроект» была поставлена задача разработать проект строительства станционного ком-

плекса В05 Фиолетовой (четвёртой) линии Бакинского метрополитена по принципу Петра Лунарди.

В месте расположения станционного комплекса находились действующий трёхуровневый подземный паркинг и жилое здание недавней постройки, полный или частичный демонтаж которых не представлялись целесообразным. Исходя из этого, ОАО «Минскметропроект» предложило вариант конструктива и объёмно-планировочных решений будущей станции, показанный на рис. 3 и 4.

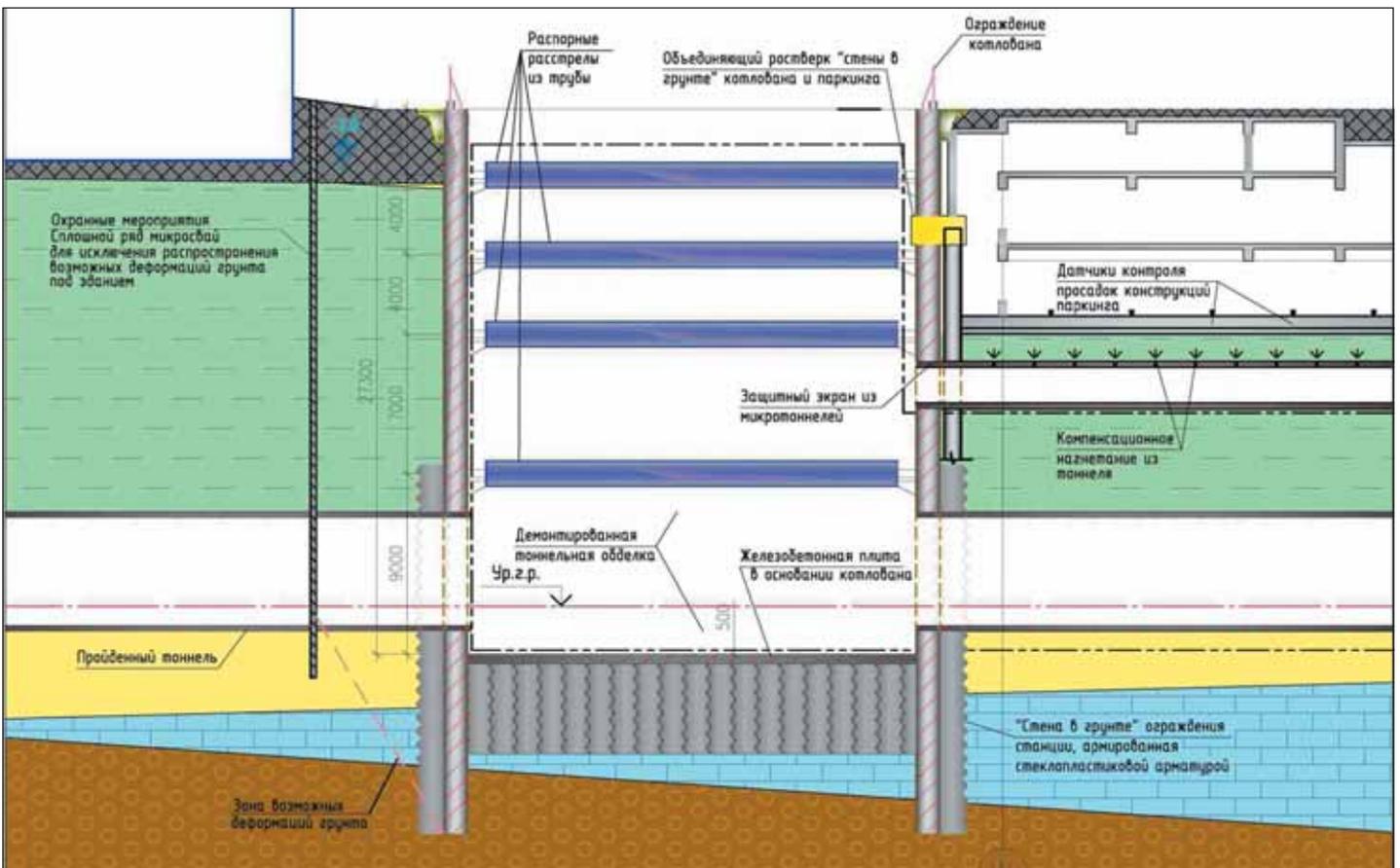
Изучив градостроительную ситуацию, инженерно-геологические и технологические условия строительства, ОАО «Минск-

метропроект» разработало следующую этапность производства работ.

1. На данном этапе осуществлена инженерная подготовка территории, выполнены (при необходимости) мероприятия по закреплению грунтов и устройству противодиффузионных завес. Разработан и подготовлен котлован, в котором будет вестись смена оси проходки тоннелей ТПК и подготовлены упоры для устройства труб защитного экрана методом микротоннелирования.

2. Механизированными тоннелепроходческими комплексами выполняется проходка вспомогательных тоннелей для последующего устройства в них устоев свода станции-

Рис. 5



ПРОДУКЦИЯ ФИРМЫ CONDAT ДЛЯ ЩИТОВОЙ ПРОХОДКИ ТОННЕЛЕЙ

Щеточное уплотнение:

- WR 90NewGeneration
- WR 89NewGeneration
- SL 89NewGeneration

Уплотнение привода подшипника:

- HBW NewGeneration
- GR 130EP2

**КОНДИЦИОНЕРЫ МАРКИ CLBF5
ДЛЯ ВСЕХ ТИПОВ ГРУНТОВ**

Avenue Frederic Mistral-B.P. 16 - 38670 Chasse-sur-Rhone, France
tel. +33 478 07-38-45, fax +33 478 07-37-67
tmsi@condat.fr, www.condat.fr

Представительство в России: ООО „ТА Инжиниринг Инт.“
127521, Москва, ул. Октябрьская, 80, стр. 3, офис 4206
тел.: (903) 7247481; (495) 9818071

CONDAT

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

TECHNOLOGICAL SAFETY OF UNDERGROUND DEVELOPMENT IN RESTRAINED URBAN CONDITIONS

Д. С. Конюхов, АО «Мосинжпроект»

D. S. Konukhov, Mosinzhproekt

Активное строительство подземных сооружений в условиях плотной городской застройки г. Москвы сопровождается большим объемом работ по обеспечению безопасной эксплуатации сложившейся наземной и подземной застройки. С этой целью был разработан комплекс мер по научно-техническому сопровождению строительства (НТСС). Одной из целей НТСС является минимизация конструктивных решений по усилению оснований, фундаментов и строительных конструкций зданий с заменой их компенсирующими технологическими мероприятиями. В статье на конкретном примере рассматриваются результаты реализации этого подхода при строительстве перегонных тоннелей метрополитена диаметром 6 м на глубине 3 м ниже действующих тоннелей.

Active construction of underground structures in dense urban areas of Moscow accompanied by a large amount of work to ensure the safe operation of the prevailing ground and underground construction. To this end, a set of measures has been developed by the scientific and technical support of construction (NTSS). One of the goals of the NTSS is minimization of constructive decisions on the strengthening of the bases, foundations and building structures with the replacement of their compensatory technological activities. In the article on the particular example examines the results of this approach in the construction of subway tunnels with a diameter from 6 m at a depth of 3 m below the existing tunnels.

В Москве ведётся активное строительство новых и продление существующих линий метрополитена. С 2012 до 2020 г. планируется построить 154 км новых линий и 73 станции. Это позволит снизить нагрузку на действующую сеть метро, а также обеспечить «шаговую доступность» к станциям для 93 % населения Москвы.

Сейчас, в рамках этой программы построено более 50 км линий и 30 станций. Строительные работы ведутся более чем на 300 строительных площадках. При этом задействовано 29 тоннелепроходческих комплексов диаметром 6 м для проходки однопутных тоннелей и 2 ТПКМ диаметром 10 м для строительства двухпутных тоннелей. Строительство в основном происходит в условиях плотной городской застройки. В среднем на 1 пог. км линии строящегося метрополитена приходится около 17–20 существующих зданий и сооружений. Их не только нужно сохранить, но и обеспечить безопасное и комфортное нахождение в них людей во время строительства. С этой целью разработан и реализуется комплекс мероприятий по научно-техническому сопровождению строительства (НТСС) [1, 2]. В состав работ по НТСС входят мероприятия по обеспечению технологической безопасности строительства. К ним относятся не

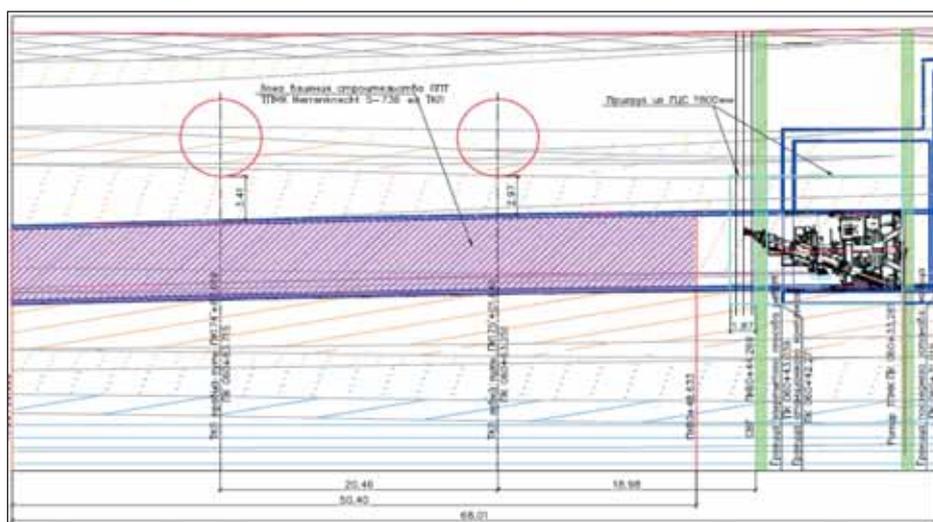


Рис. 1. Пересечение тоннелей Кожуховской и Таганско-Краснопресненской линий Московского метро

только профилактические действия, направленные на снижение вероятности возникновения аварийных ситуаций вследствие нарушения технологии работ, но и компенсирующие технологические операции, позволяющие отказаться от долгосрочных и дорогостоящих конструктивных решений по усилению строительных конструкций существующих зданий или сооружений.

В качестве примера рассмотрим результаты реализации подобного подхода при проходке перегонных тоннелей Кожуховской линии (КЖЛ) Московского метрополитена на глубине порядка 3 м ниже действующих тоннелей Таганско-Краснопресненской линии (ТКЛ) (рис. 1). Проходка выполнялась ТПКМ «Herrenknecht» на глубине примерно 14–19 м от поверхности, с установкой высо-

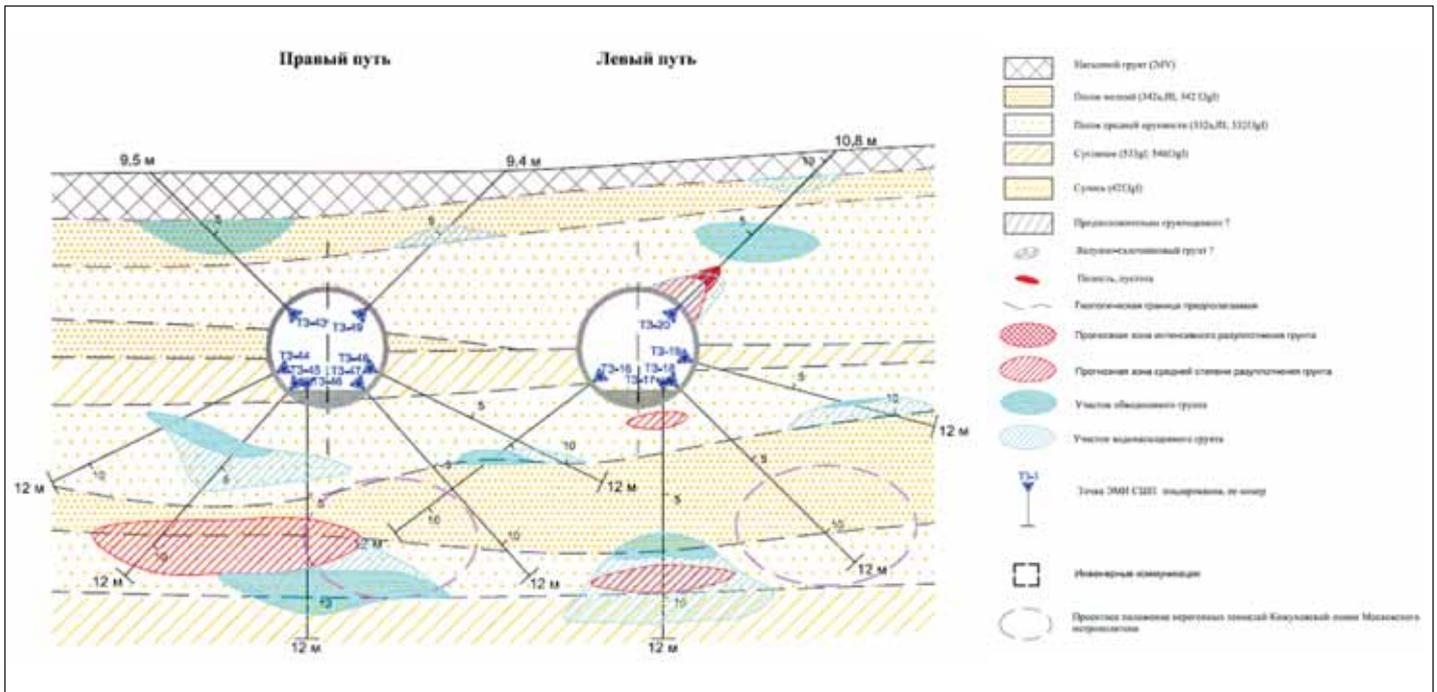


Рис. 2. Пример инженерно-геологического разреза по данным ЭМИ СШП зондирования до проходки

коточной сборной железобетонной водонепроницаемой обделки диаметром 6 м.

Строительство велось в Юго-Восточном административном округе г. Москвы, район «Жулебино», на территории, расположенной между Московской кольцевой автодорогой, Лермонтовским проспектом и железной дорогой Казанского направления.

В геоморфологическом отношении площадка строительства находится в пределах третьей надпойменной террасы р. Москвы, которая представляет собой аккумулятивно-эрозионную равнину, сложенную аллювиально-флювиогляциальными отложениями. Естественный рельеф техногенно изменен и спланирован существующей застройкой.

В геологическом строении участка до глубины 73,0 м принимают участие водонасыщенные песчаные и глинистые четвертичные отложения, подстилаемые верхне- и среднеюрскими глинами и известняками.

Проходка тоннелей КЖЛ происходила под действующими тоннелями ТКЛ, построенными в 2013 г. Обделка тоннелей ТКЛ выполнена из высокоточных железобетонных блоков диаметром 5,9 м. Обследование технического состояния тоннелей выявило следующие дефекты и повреждения в конструкциях обделки и путевого бетоне:

- участки намокания в стыках колец и блоков, а также в местах стыка обделки и путевого бетона;

- поперечные (относительно оси тоннеля) трещины в путевого бетоне с шириной раскрытия до 2 мм, с фильтрацией воды по отдельным трещинам.

Геофизическое обследование состояния контакта «обделка – грунт» зон ослабленного контакта тоннелей не выявило.

До начала проходки в тоннелях ТКЛ были смонтированы разгружающие рамы, позволившие снизить расчётные вертикальные пе-

ремещения левого тоннеля ТКЛ в 6 раз, правого – в 7 раз, горизонтальные – до «нуля», и обеспечивающие сохранность и геометрическую неизменяемость конструкции действующих тоннелей.

Для минимизации возможных аварийных ситуаций при проходке был составлен реестр рисков по методике [3].

В результате проведенного анализа, следующие технологические риски были отнесены к «большим»:

- поломка основных элементов ТПМК во время проходки под тоннелями ТКЛ – двигатель, гидравлическая система, износ резцов и т. д. из-за несвоевременного выполнения регламентных работ;
- несвоевременное/недостаточное заполнение тампонажным раствором строительного зазора между ТПМК и грунтом.

К «средним» были отнесены следующие технологические риски:

- некачественное кондиционирование грунта;
- наличие протяженной зоны нарушенных грунтов в забое и кровле перед ТПМК, образовавшейся после проходки тоннелей ТКЛ, а также из-за вибрационных воздействий, в том числе поездов ТКЛ;
- нарушение диаграммы давления пригруза, баланса отбора грунта и продвига ТПМК.

Для минимизации геотехнических рисков были реализованы следующие мероприятия организационно-технологического характера:

- остановка движения поездов метрополитена участка ТКЛ от станции «Выхино» до станции «Котельники» на период проходки;
- разработка специального технологического регламента на проходку под тоннелями метрополитена;
- организация геотехнологического мониторинга проходки.

В состав геотехнологического мониторинга входило:

- контроль состояния вмещающего массива и качества тампонажа заобделочного пространства в процессе проходки ТПМК геофизическими методами;
- мониторинг технологических параметров ТПМК;
- наблюдения за деформациями действующих тоннелей ТКЛ и грунтового массива в режиме непрерывного времени в процессе проходки;
- изменение технологических параметров работы ТПМК (давление пригруза забоя, режим и объёмы нагнетания тампонажного раствора за обделку и бентонитового раствора за оболочку ТПМК) в случае отклонений планово-высотного положения тоннелей ТКЛ и просадок поверхности в процессе проходки.

Для этого до начала проходки были выполнены геофизические изыскания методом электромагнитного импульсного сверхширокополосного (ЭМИ СШП) зондирования. Задачами исследований являлось уточнение инженерно-геологического строения участка пересечения, выделение нарушенных и обводненных геологических разностей, слагающих грунтовый массив. В разрезах точек ЭМИ СШП зондирования были выделены интервалы нарушенных, обводненных и водонасыщенных грунтов, которые в последующем были отображены на поперечных разрезах (рис. 2).

В процессе проходки велся контроль состояния заобделочного пространства методом сейсмоакустического зондирования с помощью ударного возбуждения обделки. Наблюдения проводились ежедневно в процессе проходки, и затем был выполнен контрольный цикл измерений после условной стабилизации деформаций.

Результаты сейсмоакустического зондирования по циклам наблюдений приведены на

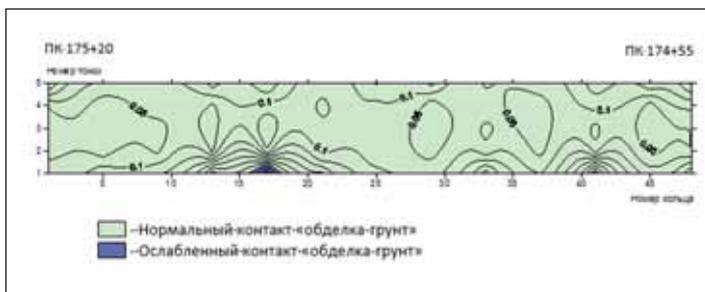


Рис. 3. Результаты сейсмоакустического обследования I пути, 0 цикл (перед проходкой)

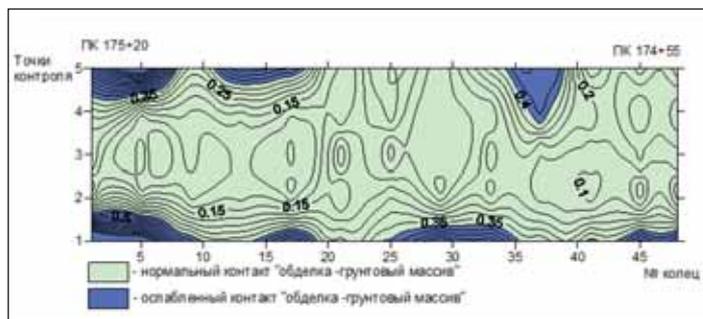


Рис. 4. Результаты сейсмоакустического обследования I пути, 1 цикл

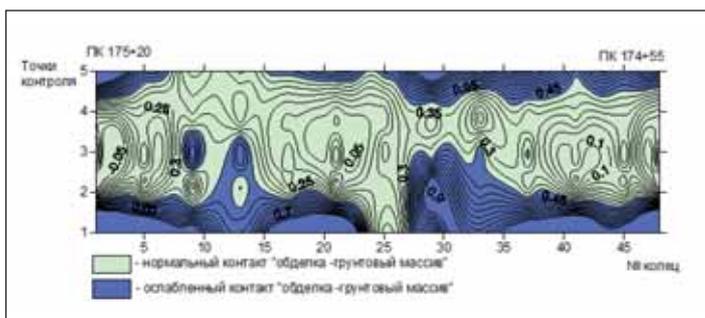


Рис. 5. Результаты сейсмоакустического обследования I пути, 2 цикл

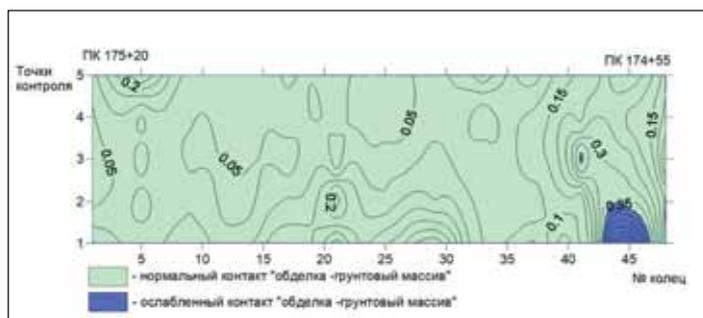


Рис. 6. Результаты сейсмоакустического обследования I пути, контрольный цикл

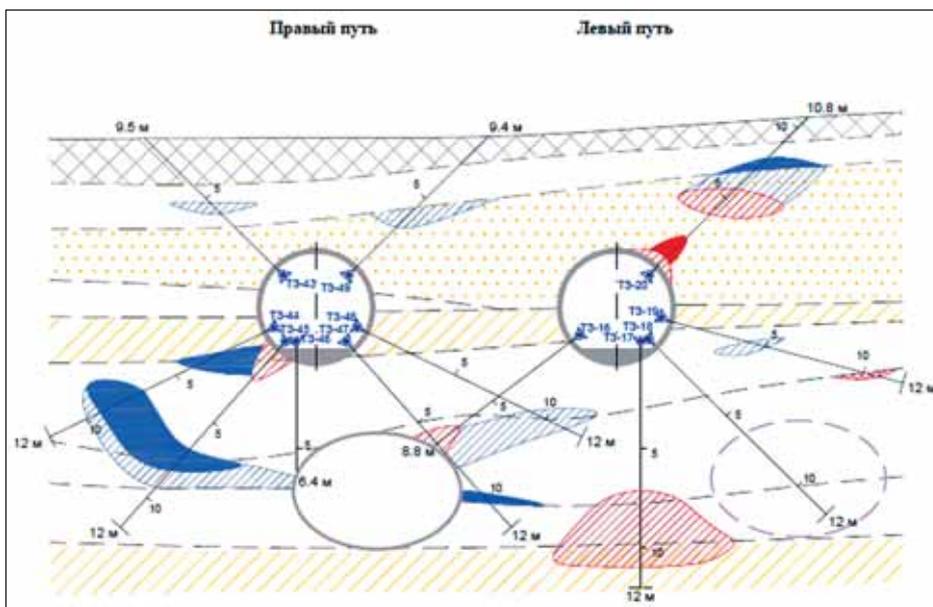


Рис. 7. Пример инженерно-геологического разреза по данным ЭМИ СШП зондирования после проходки

рис. 3–6. Из приведённых графических материалов наглядно видно изменение состояния заобделочного пространства грунтового массива во время работы ТПМК.

Учитывая, что строящийся и действующие тоннели в основном располагаются в водонасыщенных песчаных грунтах, ослабленный контакт «обделка – грунт» может быть интерпретирован как сочетание выхода воздушных пузырей из призабойного пространства ТПМК и их подъём к поверхности под действием вибрации от работы механизмов ТПМК, с центростремительным перемещением водонасыщенной грунтовой массы при работе ротора ТПМК. После завершения проходки и стабилизации деформаций состояние заобделочного пространства практически восстановилось.

После завершения проходки и стабилизации деформаций повторно были проведены

исследования грунтового массива методом ЭМИ СШП. В результате исследований было установлено (рис. 7) следующее:

- выявленные до начала строительства интервалы нарушенных, обводненных и водонасыщенных грунтов в основном остались без изменений;
 - вблизи пройденного левого перегонного тоннеля КЖЛ образовались участки разуплотненных и водонасыщенных грунтов, что подтверждается данными сейсмоакустического зондирования;
 - увеличилось число участков разуплотненных грунтов после проходки;
 - уменьшилась влажность грунтов.
- До начала строительства был разработан технологический регламент, предусматривающий указания, требования и рекомендации по щитовой проходке, касающиеся:

- режимов проходки, выполнения основных операций технологического цикла;
 - диаграммы давления грунтового пригруза забоя по трассе тоннеля в шельге свода тоннеля и на уровне лотка тоннеля, а также предельные значения пригруза, обеспечивающие безопасность труда и сохранность зданий и сооружений в зоне влияния проходческих работ. Расчёт выполнялся по методике [4];
 - состава растворов для пеногрунтового пригруза забоя;
 - составов тампонажных растворов, их приготовления и нагнетания;
 - допусков на ведение щита по оси тоннеля;
 - мероприятий по предотвращению аварийной ситуации при проходке, включая:
 - контроль заполнения заобделочного пространства тампонажным раствором с использованием специального устройства в виде «гребенки», обеспечивающего возможность одновременного нагнетания не менее чем в четыре отверстия в блоках;
 - требования по нагнетанию растворов на основе бентонита через отверстия в оболочке между передним и средним щитами;
 - компенсацию перебора грунта за счёт зазора между ротором и корпусом ТПМК путем нагнетания бентонитового раствора в защитное пространство головной части щита через 4 порта впрыска;
 - требования к мероприятиям при технологической остановке ТПМК.
- В процессе строительства велся постоянный контроль технологических параметров работы ТПМК, в первую очередь – соблюдение циклограммы проходки и диаграммы давления пригруза забоя. На рис. 8 приводится сопоставление расчётного и фактического давления пригруза забоя, из которого видно, что при проходке под правым перегонным тоннелем ТКЛ (I путь) фактическое давление пригруза было на 0,1–0,2 бар меньше расчётного,

а при проходке под левым тоннелем (II путь) фактическое давление было на 0,2 бар выше расчётного, чем, по-видимому, и объясняется разница в величинах осадок действующих тоннелей. При этом, судя по диаграмме пригрузки и характеру вертикальных перемещений, при подходе к левому перегонному тоннелю, давление пригрузки было увеличено на 0,2 бар и произошёл подъём действующего тоннеля на 1,5–2 мм, а после схода обделки с хвостовой части оболочки ТПМК – осадка тоннеля примерно на 3,5–4,00, что в итоге привело к осадке левого перегонного тоннеля после выхода из-под него ТПМК в 2,3 мм.

На весь период строительства были организованы автоматизированные геодезические наблюдения за планово-высотным положением тоннелей.

Результаты данных геодезического мониторинга приводятся в табл. 1.

Кроме контроля деформаций действующих тоннелей, во время проходки велись наблюдения за осадками земной поверхности. В связи с отсутствием на этом участке зданий над тоннелями, прогноз осадок поверхности выполнен по эмпирической формуле:

$$s = 2,2643 \left(\frac{L}{h} \right)^{-0,651}, \quad (1)$$

где s – осадка поверхности, мм;

L – расстояние на горизонтальной плоскости от оси тоннеля до точки на поверхности по нормали к оси тоннеля, м;

h – глубина заложения оси тоннеля, м.

На рис. 9 приводится сопоставление расчётной и экспериментальной кривых $s = f(L/h)$, из которого видна практически полная сходимость прогнозных и экспериментальных данных.

В результате реализации мероприятий по технологической безопасности строительства и геотехнологического мониторинга:

- максимальные стабилизированные осадки тоннелей ТКЛ составили: для правого тоннеля 4,6 мм, для левого – 2,9 мм;
- состояние грунтового массива и подземных вод практически не изменилось и стабилизировалось после завершения проходки;
- была обеспечена безопасная, практически безосадочная проходка тоннелей Кожуховской линии на глубине около 3 м под тоннелями Таганско-Краснопресненской линии Московского метрополитена.

Ключевые слова

Проходка тоннелей, технологическая безопасность, геотехнологический мониторинг; акустическое зондирование.

Tunneling, technological safety, geotechnological monitoring, acoustic sensing.

Использованная литература

1. Конюхов Д. С. Научно-техническое сопровождение строительства объектов метрополитена. Основные виды работ. – Метро и тоннели, № 3–4, 2017.
2. Бычков Н. Н., Дорман И. Я., Елгаев С. Г. и др. Научно-техническое сопровождение проек-

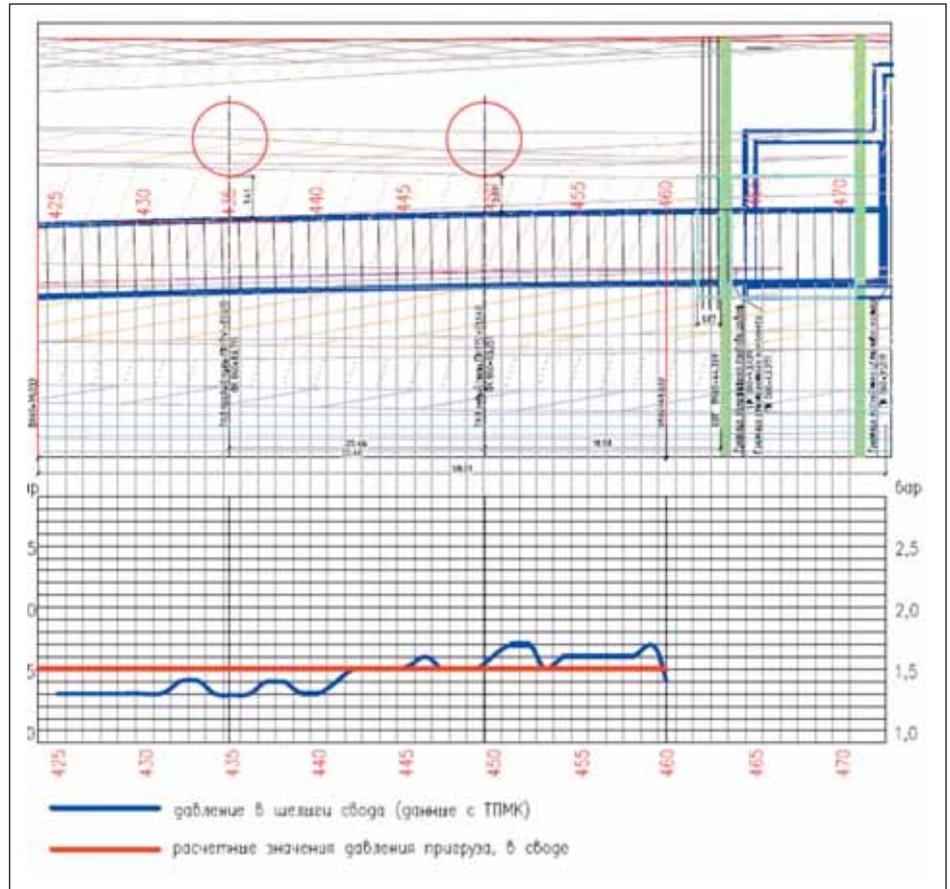


Рис. 8. Сопоставление расчётного и фактического давления пригрузки забоя

Таблица 1

Дополнительные перемещения тоннелей ТКЛ

	Вертикальные (осадки), мм		
	Расчётные	Замеренные	
		На момент выхода ТПМК из-под тоннеля	После стабилизации деформаций
Левый тоннель	2,6	2,3	2,9
Правый тоннель	2,3	6,5	4,6

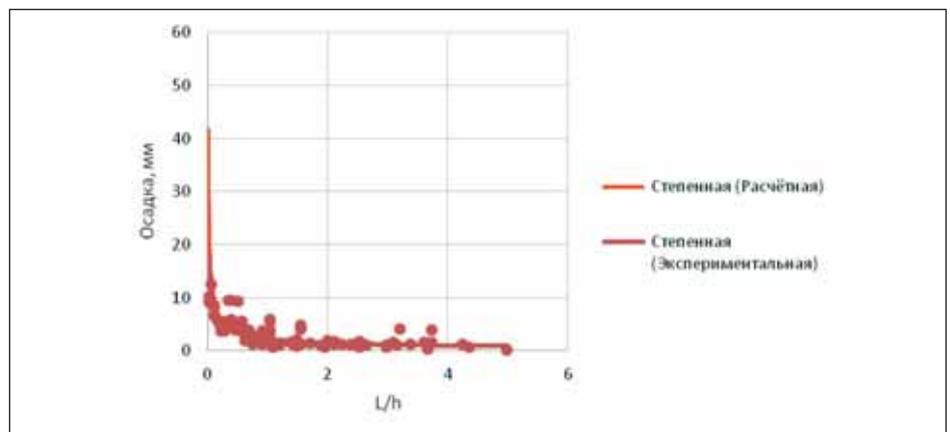


Рис. 9. Сопоставление прогнозных (по (1)) и экспериментальных данных

тирования и строительства подземных сооружений, как фактор обеспечения единой научно-технической политики // Метро и тоннели. – 2015. – № 1. – с. 18–19.
3. Меркин В. Е., Зерцалов М. Г., Конюхов Д. С. Управление геотехническими рисками в подземном строительстве. – Метро и тоннели, № 6, 2013. – с. 36–39.

4. СТО НОСТРОЙ 2.27.19-2011. Сооружение тоннелей тоннелепроходческими механизированными комплексами с использованием высокоточной обделки.

Для связи с автором

Конюхов Дмитрий Сергеевич
KonuhovDS@mosinzhproekt.ru



СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СТРОИТЕЛЬСТВА КРУПНОПРОЛЕТНЫХ ГОРОДСКИХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

MODERN METHODS OF CONSTRUCTION URBAN UNDERGROUND SHALLOW STRUCTURES

Л. В. Маковский, канд. техн. наук, проф., МАДИ

В. В. Кравченко, канд. техн. наук, доцент, МАДИ

Н. А. Сула, ст. преподаватель, МАДИ

L. V. Makovsky, PhD in Engineering sciences, prof., MAD I

V. V. Kravchenko, PhD in Engineering sciences, associateprof., MAD I

N. A. Sula, senior lecturer, MAD I

В статье приводится успешный опыт строительства крупнопролетных подземных транспортных сооружений мелкого заложения в разных городах мира. Приведены технические параметры рассматриваемых подземных сооружений, условия их строительства. Рассмотрены этапы возведения подземных сооружений и особенности применения различных методов строительства в сложных условиях.

The successful experience of construction of underground transport structures with long spans in different cities of the world is described in the article. Technical parameters and construction conditions are presented for the considered structures. Stages of construction and features of use different methods of construction in difficult conditions are considered in the article.

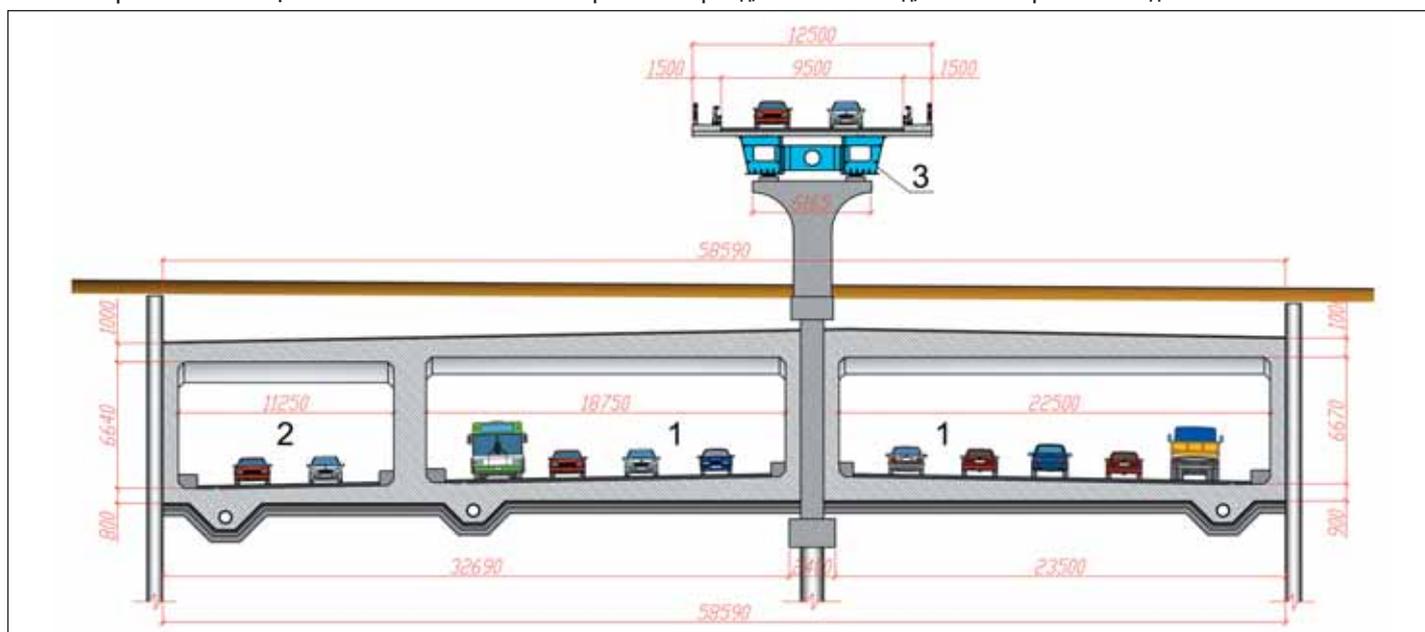
В современной практике городского подземного строительства для возведения крупнопролетных транспортных тоннелей, станций метрополитена, автостоянок и многофункциональных комплексов применяют преимущественно открытые и полукрытые способы работ [1]. При этом неизбежны нарушения поверхностных условий,

связанные с ограничением движения наземного транспорта и пешеходов, переустройством инженерных коммуникаций, необходимостью усиления фундаментов расположенных поблизости зданий и пр.

Открытым способом в Москве, на пересечении с Щелковским шоссе, в 2016 г. построен один из самых широких автотранспорт-

ных тоннелей в столице (рис. 1). Общая ширина трехпролетного тоннеля составляет 58,59 м. Максимальная длина пролета закрытой части тоннеля – 22,5 м. Тоннель предназначен для 11-полосного автомобильного движения. Его строительство велось с устройством временных перепусков транспортных потоков на Щелковском шоссе.

Рис. 1. Поперечное сечение Щелковского тоннеля: 1 – основной транзитный проезд; 2 – боковой съезд; 3 – левоповоротная эстакада



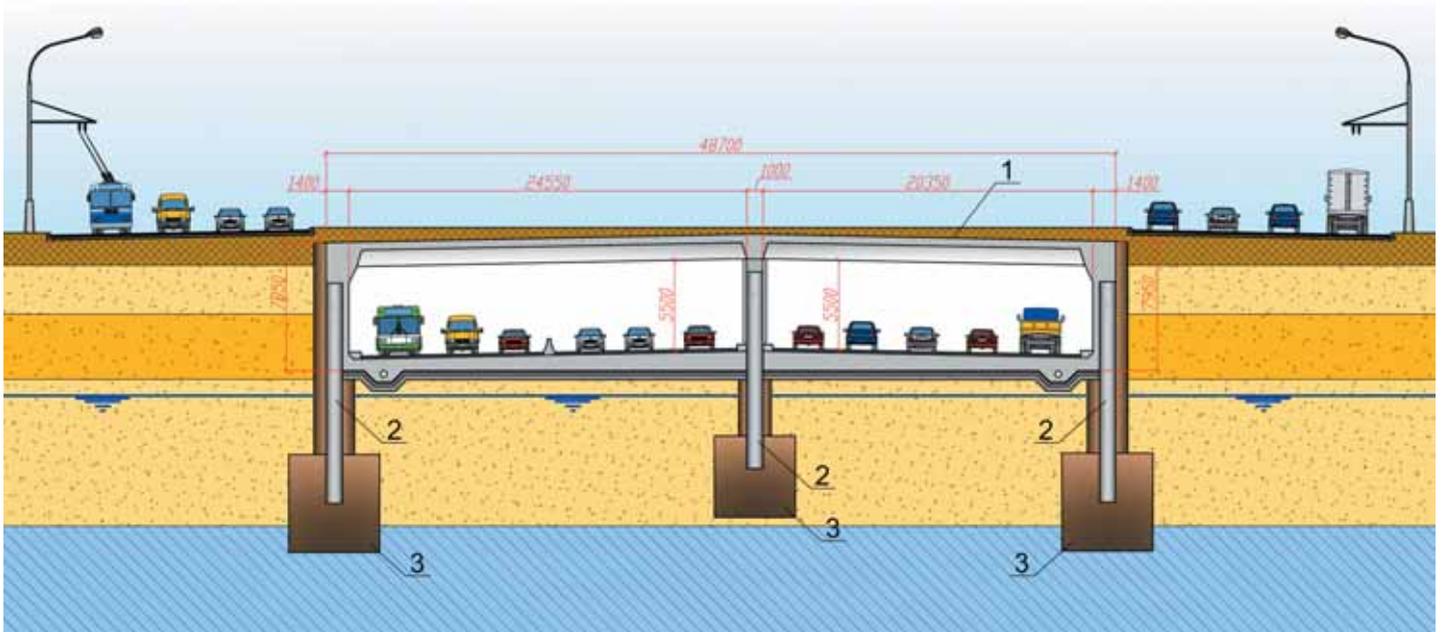


Рис. 2. Поперечное сечение закрытой части тоннеля на Ленинградском проспекте: 1 – конструкция тоннельной обделки; 2 – буронабивные сваи; 3 – грунтоцементный массив

Еще одним рекордсменом по общей ширине, а также по длине пролета является Ходынский автотранспортный тоннель (рис. 2), построенный в 2006 г. на Ленинградском проспекте. Он имеет общую ширину 48,70 м и предназначен для пропуска пяти полос в сторону центра и шести полос в сторону области. Тоннель имеет двухпролетную конструкцию, а максимальная длина одного из пролетов составляет 24,55 м. Ходынский тоннель строился полукрытым способом, что позволило достаточно быстро восстановить движение на поверхности земли по его перекрытию.

Надежное и безопасное строительство крупнопролетных подземных сооружений без вскрытия дневной поверхности возможно только с использованием различных технических средств, обеспечивающих предварительную стабилизацию грунтового массива. К таким средствам относятся химическое закрепление, искусственное замораживание

и струйная цементация грунтов, устройство опережающих крепей в виде защитных экранов из труб, бетонных сводов и пр. [2].

В последние годы в практике городского подземного строительства все большее распространение получают защитные экраны из стальных и железобетонных труб, под прикрытием которых раскрывают подземную выработку и возводят постоянную несущую конструкцию. Таким образом построены многие крупнопролетные тоннели и подземные сооружения в Бельгии, Италии, Германии, Японии, России, США и других странах [1].

Защитные экраны из труб применяли при строительстве крупного автотранспортного тоннеля в г. Бостон (США) в месте пересечения с действующей линией метрополитена. В сводовой части тоннеля был выполнен двухрядный экран из стальных труб в сочетании с инъекционными анкерами и нагелями [3].

Раскрытие профиля тоннеля производили по технологии нового австрийского метода (НАТМ) в шесть этапов (рис. 3).

Следует отметить, что устройство защитных экранов из стальных труб требует большого расхода металла. При этом экран выполняет функции временной крепи и не входит в состав постоянной конструкции подземного сооружения. Дальнейшее совершенствование техники опережающего крепления связано с применением железобетонных труб, являющихся элементами несущей конструкции.

Представляют интерес запатентованные в Италии конструкция и технология возведения свода крупнопролетного подземного сооружения из продольных железобетонных труб, подкрепленных мощными железобетонными арками, опирающимися на массивные бетонные стены, возведенные во вспомогательных выработках [4].

Предлагаемое техническое решение реализовано на строительстве станции «Вене-

Рис. 3. Последовательность сооружения автодорожного тоннеля в Бостоне: I–VI – этапы раскрытия выработки; 1 – трубы для нагнетания раствора; 2 – грунтовые нагели; 3 – засыпка; 4 – отметка лотка станции метрополитена; 5 – экран из труб; 6 – уровень проезжей части в тоннеле

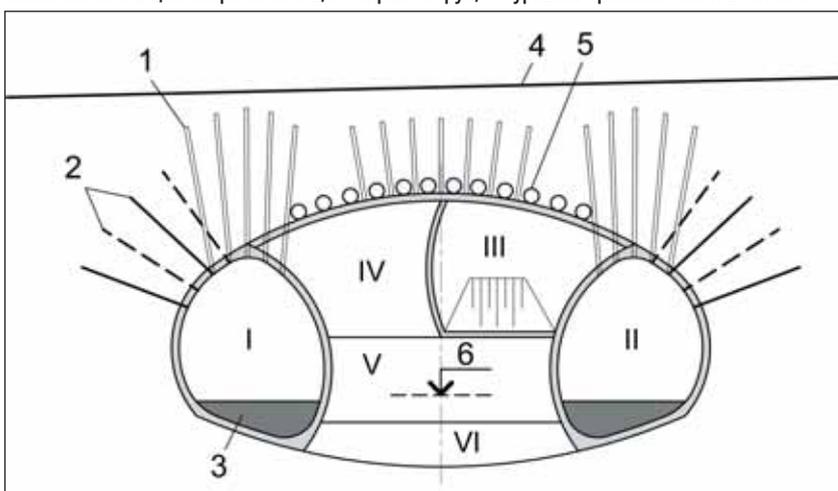
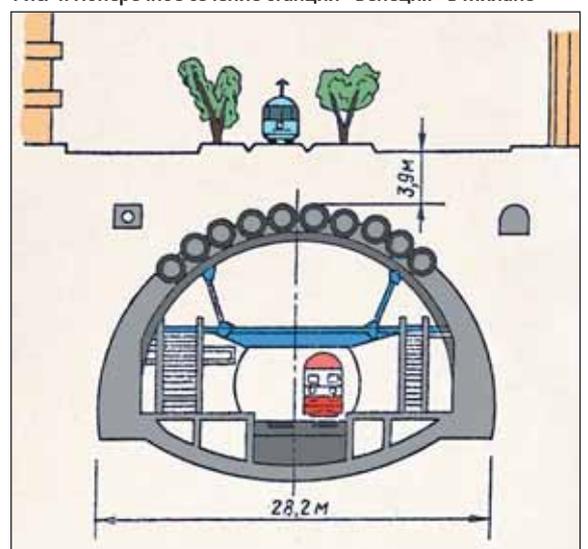


Рис. 4. Поперечное сечение станции «Венеция» в Милане



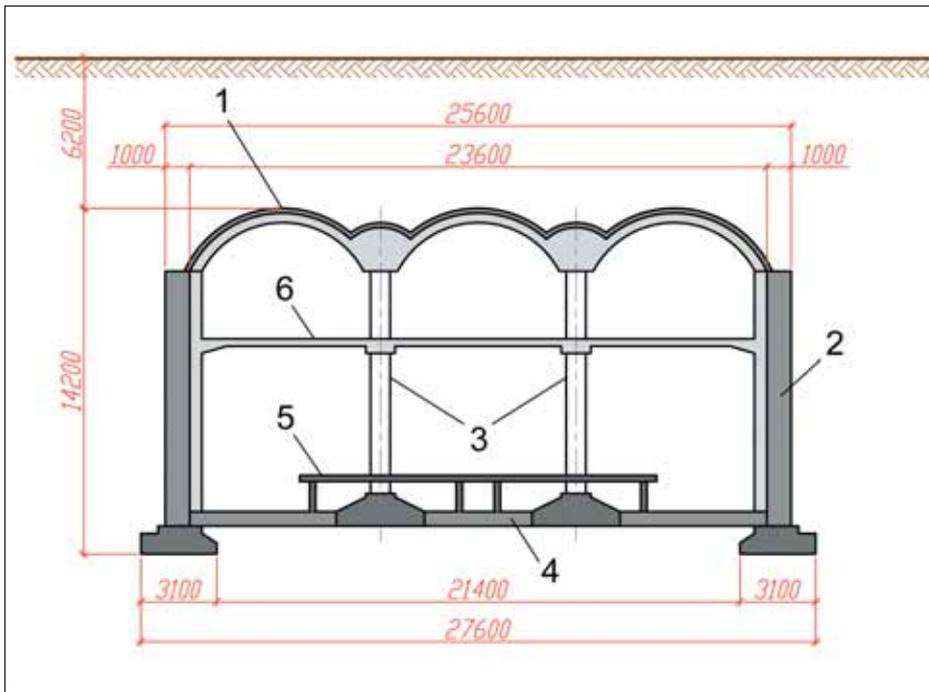


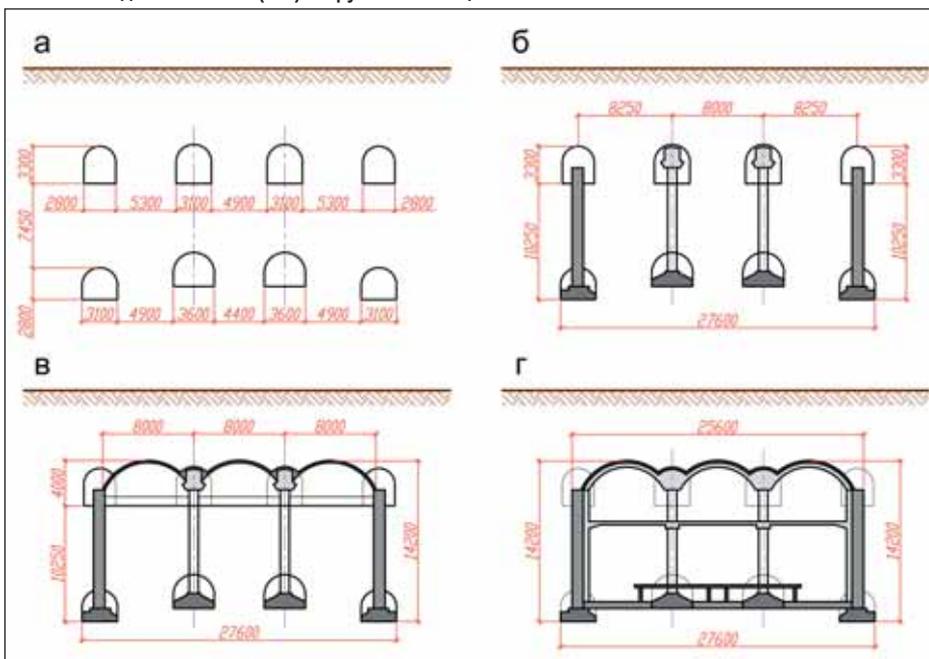
Рис. 5. Поперечное сечение двухъярусной станции метрополитена «Западная Тяньаньмынь» в Пекине: 1 – свод; 2 – стены из буровых свай; 3 – колонны; 4 – лотковая часть; 5 – пассажирская платформа

ция» Миланского метрополитена. Односводчатая станция длиной 216 м и пролетом 28,2 м с двумя боковыми платформами (рис. 4) заложена под плотно застроенной территорией на глубине 3,9 м от поверхности земли в толще несвязных и частично неустойчивых грунтов, представленных илистыми, песчаными и гравелистыми отложениями. В этих сложных условиях применение традиционных закрытых способов не могло обеспечить безопасной проходки, что было недопустимо при наличии над станцией автомагистрали с интенсивным движением, линии трамвая и многочисленных коммуникаций.

В связи с тем, что рассмотренную технологию применили впервые в тоннелестро-

нии, до начала строительства был выполнен анализ напряженно-деформированного состояния конструкции и грунтового массива методом конечных элементов и дан прогноз возможных осадок. На всех этапах строительства станции осуществляли мониторинг деформаций грунтового массива и поверхности земли с помощью экстензометров, инклинометров и других контрольно-измерительных приборов, систематически проводили геодезическую съемку поверхности над станцией и внутри боковых галерей. На первом этапе строительства после стабилизации грунтового массива из центрального пилот-тоннеля был зафиксирован подъем поверхности улицы до 2 см, а после раскры-

Рис. 6. Последовательность (а–г) сооружения станции



тия боковых выработок зарегистрированы осадки до 0,5 см.

Заслуживает внимания новая технология раскрытия и крепления подземных выработок, разработанная в Китае и успешно реализованная на строительстве станции метрополитена «Западная Тяньаньмынь» в г. Пекине [5]. Двухъярусная станция общей длиной 226,7 м, пролетом 23,96 м и высотой 14 м представляет собой трехсводчатую конструкцию из монолитного железобетона с двумя рядами колонн и центральной, «островной», платформой в нижнем ярусе. Конструктивная схема станции показана на рис. 5.

Станция заложена на глубине 6,2 м ниже поверхности земли в толще аллювиальных отложений, включающих насыпные грунты, пески разной плотности, глинистые и гравелистые грунты. Уровень грунтовых вод расположен на глубине 13,1–16,2 м ниже дневной поверхности и относительно стабилен.

Непосредственно над перекрытием станции проходит водоотводный коллектор и другие инженерные коммуникации.

Все это обусловило необходимость сооружения станции без вскрытия поверхности земли горным способом по схеме «сверху-вниз». Поскольку применение традиционных горных способов в данных условиях оказалось неприемлемым, была разработана оригинальная технология, предусматривающая проходку восьми вспомогательных пилот-штолен в верхнем и нижнем ярусах, из которых возводят боковые свайные стены и промежуточные колонны [6] (рис. 6).

К основным преимуществам новой технологии по сравнению с традиционным открытым и полукрытым способами относится минимизация нарушений поверхностных условий вследствие исключения вскрытия дневной поверхности. Кроме того, под защитой арочной крепи, опирающейся на стены и колонны, возможно более безопасное ведение работ по разработке грунтового ядра и возведению обделки, чем при традиционных многостольневых горных способах с раскрытием выработки по частям.

До начала строительства станции выполнили анализ напряженно-деформированного состояния грунтового массива, временных и постоянных конструкций на всех этапах производства работ.

Была разработана математическая конечно-элементная модель системы «грунтовый массив – временная крепь – обделка», на которой имитировали различные этапы раскрытия выработок, возведения обделки и внутренних конструкций.

Максимальные прогнозируемые осадки поверхности земли по окончании проходки всех штолен составили 26 мм, что меньше предельно допустимых 30 мм. Однако при анализе различных схем раскрытия каллотного профиля станции максимальные осадки на поверхности составили 45 мм. Значения осадок превышали допустимые, что тре-

бовало принятия специальных мер по их уменьшению.

В процессе строительства станции выполняли мониторинг осадок поверхности земли и грунтового массива в двух поперечных створах станционного комплекса. Наибольшая измеренная осадка в центральном пролете свода станции составила 29 мм, а по данным расчетов – 26 мм. При раскрытии каллотного профиля максимальные осадки составили 39 мм, что несколько меньше расчетных значений.

Заслуживает внимания отечественный опыт проходки участка тоннеля мелкого заложения закрытым способом в Москве. В процессе реализации программы строительства новой транспортной развязки в районе станции метро «Сокол» возникла необходимость строительства участка Балтийского тоннеля под действующими тоннелями метрополитена. Для проходки тоннеля применили горный способ, включающий разработку предварительно закрепленного грунтового ядра под защитой мощного коробчатого перекрытия. Для реализации данного способа строительства была запроектирована конструкция тоннельной обделки с перекрытием, состоящим из системы продольных коробчатых элементов и прямоугольных поперечных балок большого поперечного сечения (рис. 7).

За счет дополнительного горизонтального экрана из труб и закрепления грунта удалось значительно повысить физико-механические характеристики слабого водонасыщенного грунтового массива, сложенного песчано-глинистыми грунтами, превратив его в полускальную водонепроницаемую породу. Новый закрепленный массив грунта позволил вести дальнейшие работы горным способом [7] (рис. 8).

Строительство данного участка тоннеля было очень трудным и продолжительным процессом. Сильно осложняла работы и тот факт, что стартовый котлован располагался под действующим Ленинградским автотранспортным тоннелем и представлял собой закрытую подземную камеру, доступ в которую обеспечивался с прилегающих построенных участков Балтийского тоннеля.

В течение всего времени строительства данного участка тоннеля вели круглосуточный мониторинг за осадками конструкции тоннелей метрополитена, а также прилегающей городской застройки. Все данные наблюдений в режиме реального времени передавались в центр управления проходкой, где обрабатывались и визуализировались в автоматическом режиме в виде трехмерных моделей, графиков и таблиц. Все это создавало возможность проектировщикам и строителям оперативно оценивать ситуацию и принимать наиболее правильные решения. За весь период строительства не было зафиксировано сколь-нибудь значительных и тем более

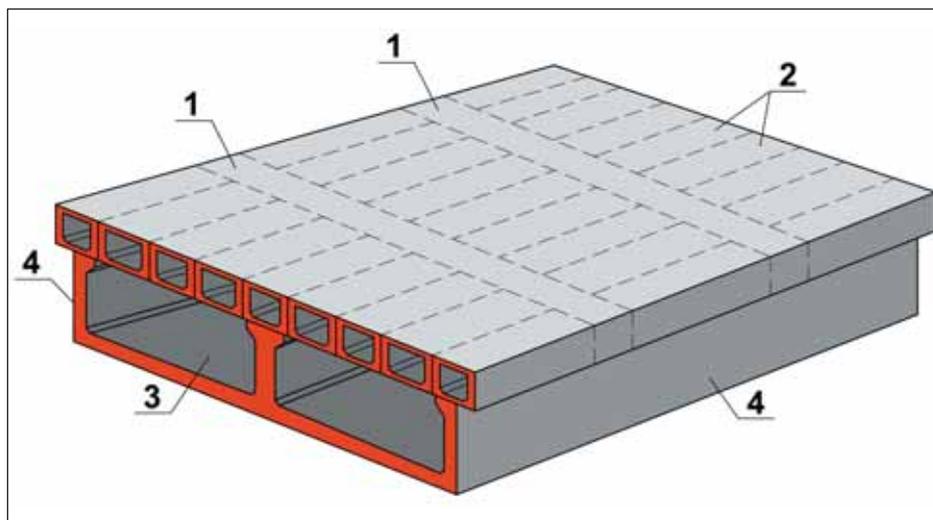


Рис. 7. Конструкция участка Балтийского тоннеля в зоне пересечения с тоннелями метрополитена: 1 – поперечные прямоугольные балки перекрытия; 2 – продольные коробчатые конструкции перекрытия; 3 – лотковая плита тоннельной обделки; 4 – стены тоннельной обделки

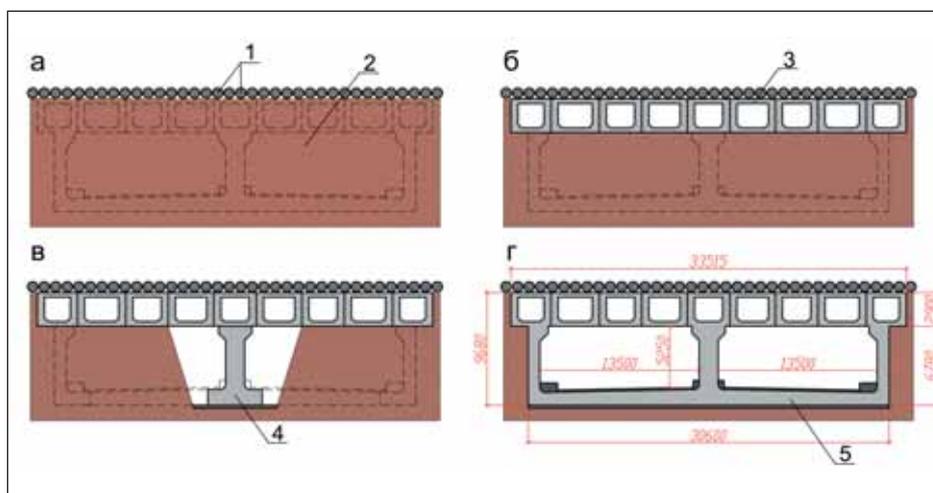


Рис. 8. Последовательность (а–г) сооружения участка Балтийского тоннеля: 1 – трубы защитного экрана; 2 – закрепленный массив грунта; 3 – продольные коробчатые элементы перекрытия; 4 – промежуточная стена тоннеля; 5 – лотковая плита тоннельной обделки

недопустимых осадок действующих тоннелей метрополитена.

Успешный опыт строительства крупнопролетных подземных тоннельных выработок в крупнейших городах России, Европы, Азии, Америки может быть распространен на подобные крупнопролетные подземные сооружения мелкого заложения в сложных градостроительных и инженерно-геологических условиях.

Ключевые слова

Крупнопролетные подземные сооружения, тоннель, строительство подземных транспортных сооружений, грунтовой массив.

Underground structures with long spans, tunnel, construction of underground transport structures, soil mass (body).

Список литературы

1. Маковский Л. В., Чеботарев С. В., Сула Н. А. *Инновационные конструктивно-технологические решения в транспортном тоннелестроении.* – М., Информавтодор, 2005. – 104 с.

2. *Строительство автодорожных и городских тоннелей / Под редакцией проф. Л. В. Маковского.* – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2014. – 397 с.
3. *Tunnels and Tunneling International.* – 2009. – 41, № 12, – С. 19–21.
4. *New Civil Engineer.* – 2003, № 14, – С. 20–21.
5. *Proceedings of the Aites – Ita 2001 World tunnel Congress. Milan – Italy 10th – 13th June 2001,* p. 483–490.
6. *Сборник докладов Китайско-Российского научно-технического симпозиума. Пекин, 2005,* с. 325–343.
7. Черняков А. В. *Применение инновационных разработок при строительстве тоннелей в сложных градостроительных и инженерно-геологических условиях // Метро и тоннели.* – № 3. – 2011. С. 8–12.

Для связи с авторами

Маковский Лев Вениаминович
tunnels@list.ru
Кравченко Виктор Валерьевич
kravpost@gmail.com
Сула Николай Анатольевич
nsoula@mail.ru



АРХИТЕКТУРНО-ХУДОЖЕСТВЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО УЧАСТКА БОЛЬШОЙ КОЛЬЦЕВОЙ ЛИНИИ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА: «ДЕЛОВОЙ ЦЕНТР» – «ПЕТРОВСКИЙ ПАРК»

ARCHITECTURAL-ARTISTIC SOLUTION OF THE CENTRAL AREA OF GREAT CIRCLE LINE OF MOSCOW SUBWAY: «BUSINESS CENTER « – «PETROVSKIY PARK»

Н. И. Шумаков, главный архитектор АО «Метрогипротранс»

А. Ю. Орлов, руководитель архитектурной мастерской АО «Метрогипротранс»

N. I. Shumakov, Chief Architect of JSC «Metrogiprotrans»

A. Y. Orlov, Head of the architectural workshop of JSC «Metrogiprotrans»

В статье рассмотрена архитектурная концепция участка линии, выполненная в едином ключе, одним архитектурным приемом, объединяющим пять частей композиции в единое целое.

Предложен новый подход в решении архитектуры Московского метро – не одна, отдельно взятая станция, а вся линия становится одним композиционным элементом в системе Московского метрополитена.

In article the architectural concept of the site of the line executed in a uniform key, one architectural reception unit – in five parts of composition in a whole is considered.

New approach in the solution of architecture of the Moscow subway – not one, separately taken station is offered, and all line becomes one composite element in the system of Moscow Metro.

Персональный состав авторского коллектива

Архитекторы: Шумаков Н. И., Орлов А. Ю., Волович В. С., Хохлов Д. Ю., Рзянин Д. С., Маркевич К. Г., Юмагулов И. Г., Фарстова О. Ю.

Художники: ст. «Петровский парк» – Бубнов В. А., Бубнова Е. В.; ст. «ЦСКА» – Бубнова Е. В., Щеголов Е. Е.

Скульптор: Переяславец М. В.; ст. «Хорошевская» – Медведев Н. В., Медведев В. Н.; ст. «Шелепиха» – Грачев В. М.; Медведев В. Н., Щеголов Е. Е.

Конструкторы: ст. «Петровский парк» – Кокошко Д. С.; ст. «ЦСКА» – Ткач Е. С.; ст. «Хорошевская» – Башинская Ю. В.; ст. «Шелепиха» – Тимофеев Ю. В.

Характеристика стилового архитектурно-образующего решения объекта

Архитектурная концепция участка линии – это единая концепция, состоящая из нескольких станционных комплексов, выполненных в едином ключе, одним архитектурным приемом, объединяющим пять частей композиции в единое целое.

Предложен новый подход в решении архитектуры Московского метро – не одна, отдельно взятая станция, а вся линия становится одним композиционным элементом в системе Московского метрополитена.

С помощью естественного камня и других архитектурных элементов различного цвета каждая станция приобретает свою узнаваемость и индивидуальность, при этом сохраняется традиционный образ станций Московского метро с ощущением легкого и светлого пространства в подземном сооружении.

Колористические решения

Колористические решения интерьеров пассажирских зон вестибюлей и станций выполнены в едином ключе, и служат своеобразным фоном для подчеркивания цветовых акцентов художественных композиций. Цвет пересадочных станций соответствует цвету линии, на которую осуществляется пересадка.

Цветовые акценты отнесены к эскалаторным наклонам – к входным частям на платформенные участки станционных комплексов.

На каждой станции на этих участках запроектированы развитие по вертикали пространства, с подготовленными местами для художественных композиций – свободно расположенные живописные плоскости «глухих» потолков, окруженные полем прозрачной реечной конструкции.

Краткая характеристика объемно-планировочного решения объекта

Станционные комплексы «Петровский парк», «ЦСКА», «Хорошевская», «Шелепиха» – глубокого заложения, открытого способа работ. Все сооружения платформенных частей расположены компактно в единых котлованах глубиной от 28 до 32 м. Станции находятся на прямых участках трассы с вертикальным уклоном $i = 0,003$. Междупутье составляет 18 м, длина посадочных платформ 163 м. Конструкция платформенных частей станций – колонного типа, выполняется из монолитного железобетона. Шаг колонн 9 м, колонны 600×1000 мм, ширина платформы 12 м, высота платформенной части 7,6–7,9 м. Вдоль путевых стен запроектированы коммуникационные коридоры. Все помещения с технологическим оборудованием для функционирования метрополитена, вспомогательные и служебные помещения (блок тех-

нических помещений, ТПП) располагаются за пределами посадочной платформы в объемах вестибюлей и над платформенной частью в границах котлована, где позволяет рельеф местности.

Авторское решение функциональных задач объекта

Сооружение первого участка Большой кольцевой линии (ТПК) «Деловой центр» – «Петровский парк» позволило:

- улучшить транспортное обслуживание населения и работающих районов Хорошевский, Хорошево-Мневники, Пресненский, Аэропорт, Тимирязевский и Савеловский за счет создания новой скоростной беспересадочной связи между районами, минуя центр города, сократить время поездки пассажиров по городу;

- обеспечить пересадку пассажиров на метрополитене, минуя перегруженные центральные станции и пересадочные узлы, что в свою очередь позволит:

- снизить нагрузку станций и пересадочных узлов, перегонов центральных участков действующих линий метрополитена, расположенных в историческом центре города, улучшить условия посадки-высадки пассажиров на метрополитен;

- обеспечить наиболее привлекательные условия для пересадки пассажиров с наземных видов транспорта на метрополитен, что будет способствовать разгрузке центра от наземных видов транспорта;

- снизить нагрузку северо-западных участков действующих перегруженных линий метрополитена Таганско-Краснопресненской, Замоскворецкой и Серпуховско-Тимирязевской;

- улучшить транспортное обслуживание существующих, проектируемых и строящихся градостроительных комплексов, формируемых вдоль границы ЦАО и САО, включая комплекс ММДЦ «Москва-Сити», «Ходынское поле», комплекс стадиона «Динамо».

Перечень наиболее интересных современных строительных технологий и материалов, использованных на объекте

Большеразмерные алюминиевые панели с сотовым заполнением 1430×8500 мм с компьютерной графикой.

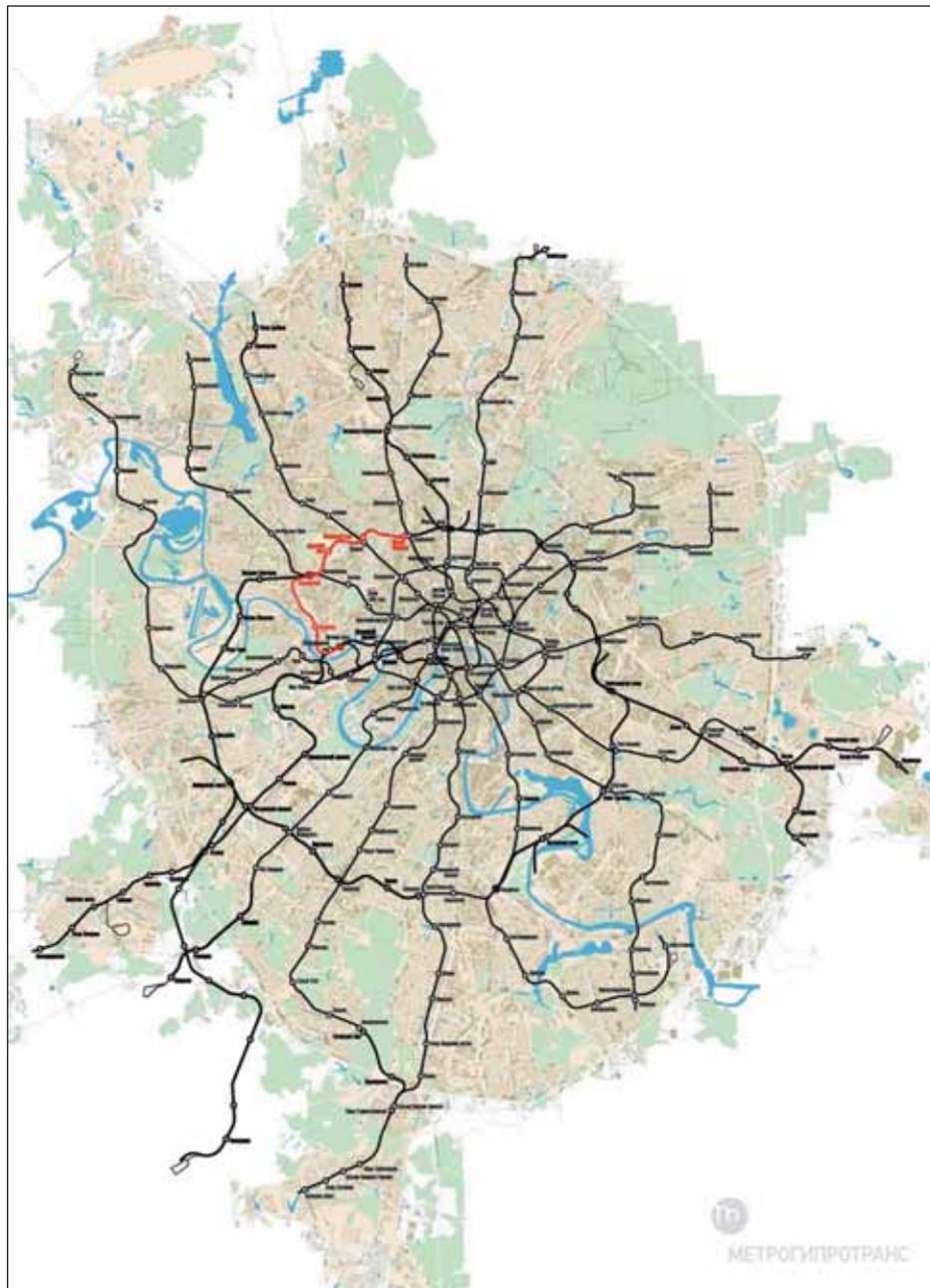
Большеразмерные алюминиевые панели с сотовым заполнением с интегрированным стеклом 1430×4000 мм.

Большеразмерные моллированные стеклопакеты со спайдерным креплением.

Несущие конструкции: монолитный железобетон.

Отделочные материалы и технологии для наружных и внутренних стен: полированный гранит, мрамор. Стекло с алюминиевыми панелями с сотовым заполнением. Нержавеющая сталь. Структурное остекление.

Материалы покрытий для полов, лестниц и т. п.: полированный и термообработанный гранит. На наземных павильонах



станции «ЦСКА» – эксплуатируемая зеленая кровля по технологии «Цинко-Рус» с ковровым покрытием различных видов вечнозеленых седумов.

Комплекующие для оконных и дверных проемов: моллированные стеклопакеты, спайдерное остекление фасадов, детали из нержавеющей стали.

Отделка потолков: реечный алюминиевый потолок в сочетании с алюминиевыми сотовыми панелями с компьютерной графикой (вестибюли), платформы – алюминиевые сотовые панели, алюминиевый реечный потолок.

Системы вентиляции и климатическое оборудование

Линия оборудована системой тоннельной вентиляции, поддерживающая нормируемые метеорологические условия в тоннелях и на станциях, и обеспечивающая санитарные нормы подачи наружного воз-

духа в расчете на одного пассажира, а также местной вентиляции лестничных маршей, кассовых залов, перегонных тоннелей и обеспечения режима дымоудаления. В помещениях службы сбора доходов, дежурного по станции, начальника станции, милиции, медицинского пункта, инструктора, отдыха локомотивных бригад, а также в производственных помещениях с избыточными тепловыделениями для обеспечения оптимальных условий в теплый период года предусмотрено использование автономных кондиционеров с раздельными блоками и мультizonальных систем кондиционирования.

Декоративно-художественные композиции «Петровский парк»

Тема декоративно-художественной композиции – Петровский парк с близлежащими зданиями (Екатерининский подъездной дворец).





Станционный комплекс «ЦСКА» («Ходынское поле»)

Генеральный план

Станционный комплекс «ЦСКА» («Ходынское поле») размещается на территории парка «Ходынское поле» – ПК № 197, между Ходынским бульваром и взлетно-посадочной полосой с двумя подземными вестибюлями и наземными павильонами над ними:

- южным, у центрального входа в парк со стороны Ходынского бульвара, с выходом к жилой и общественной застройке;
 - северным, с выходом к общественной и жилой застройке, Ледовому дворцу.
- Станционный комплекс включает в себя:
- два подземных вестибюля;
 - платформенную часть с посадочной платформой длиной 163 м;

• необходимые для функционирования метрополитена блоки технологических и служебных помещений;

- наземные павильоны;
- вентиляционные киоски тоннельной и местной вентиляции.

Архитектурное решение платформенной части

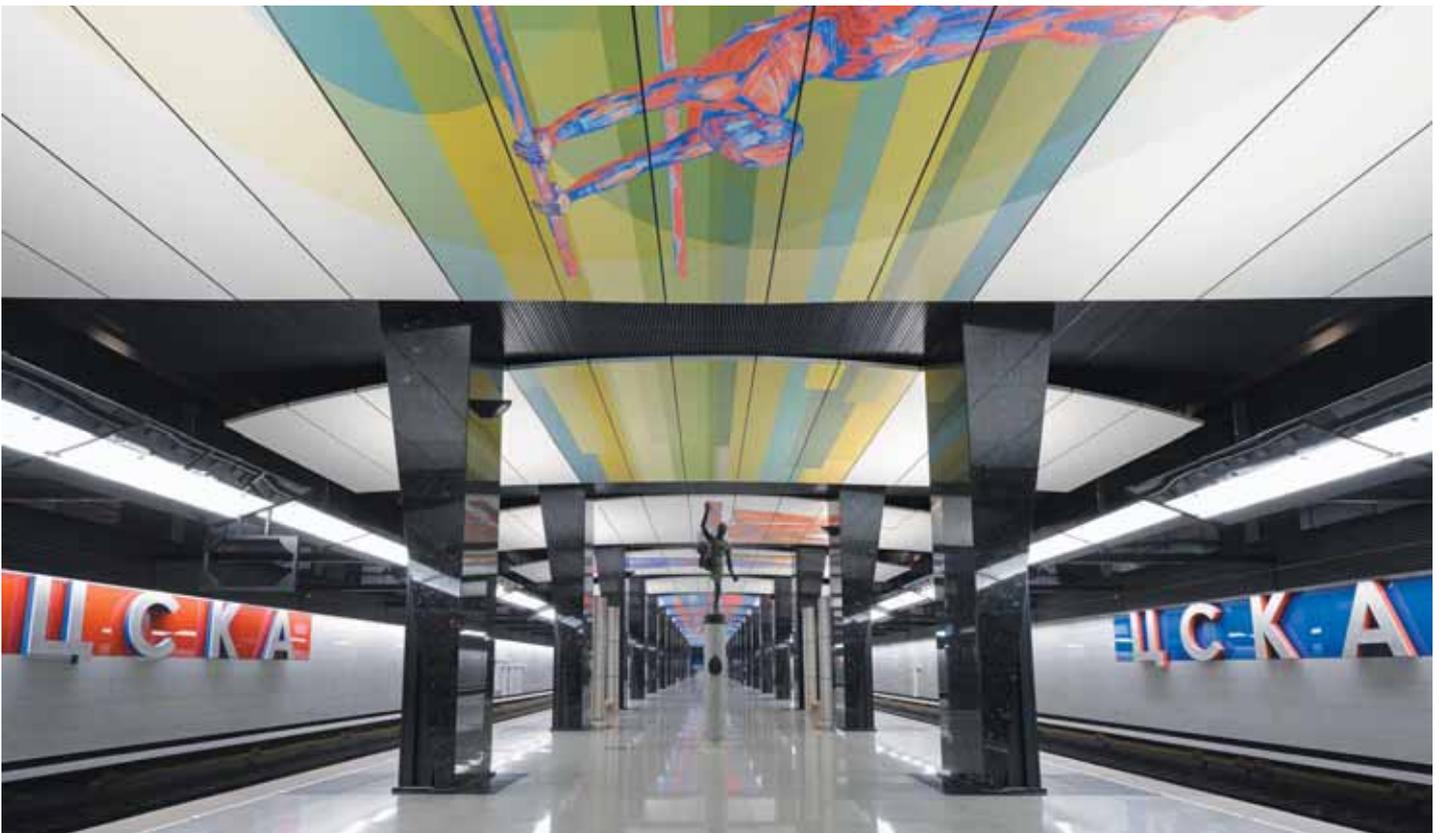
Проектом предусмотрено размещение декоративно-художественных композиций, посвященных основным видам спорта ЦСКА. Композиции размещены на вертикальных плоскостях лифтовых шахт в атриумах вестибюлей и на светоотражающих панелях плафона платформенной части станции. Все декоративно-художественные композиции выполняются методом компьютерной цветной печати

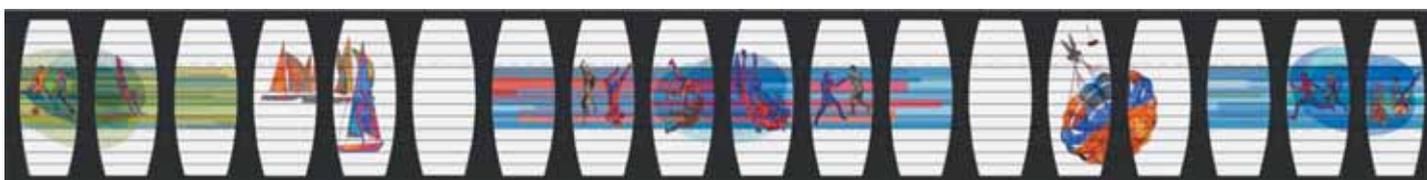
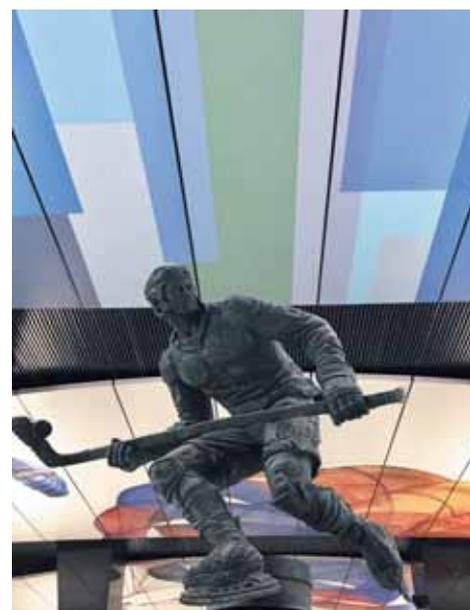
по алюминиевым трехслойным панелям и стеклу.

На платформе проектом предусмотрена установка четырех бронзовых скульптур на гранитных постаментах на темы ключевых видов спорта ЦСКА. На гранитных постаментах установлены бронзовые эмблемы ЦСКА. Скульптурные композиции выполняются студией военных художников им. М. Б. Грекова по заказу Министерства обороны РФ.

На путевых стенах перронной части станции размещены надписи наименования станции «ЦСКА» с применением синего и красного цвета.

Платформенная часть станционного комплекса «ЦСКА» («Ходынское поле») – неотъемлемая часть всей архитектурной композиции участка линии.





Архитектура платформы – главная часть композиции комплекса.

На центральной части перекрытия запроктированы крупные элементы подвесного потолка белого цвета с элементами декоративно-художественной композиции, выполняющие роль светоотражающих поверхностей.

Формы элементов слегка приподняты к продольной оси платформы и охватывают всю ее ширину, подчеркивая масштаб сооружения. Пространство между белыми плоскостями заполнено элементами подвесного потолка черного цвета с мелким членением. Путь стены, расположенные в глубине поездной части платформы, вы-

полнены с облицовкой светло-серым и черным гранитом. На путевой стене на отnose от плоскости мрамора размещены наименования названия станции и схемы путевого развития. Вся длина путевых стен подсвечена светильниками, установленными за вертикальной плоскостью коммуникационных коридоров черного цвета, которые не видны пассажирам.

С помощью черных плоскостей «кулис» достигается ощущение глубины пространства в поездной части платформы. Примененные в отделке материалы «работают» на контрасте с мрамором колонн и путевых стен, выявляя богатство текстуры естественного камня. Динамичные формы деталей об-

лицовки подчеркивают характер транспортного сооружения, придают ощущение легкости и воздушности.

Основная архитектурная идея:

- провести четкое зонирование пассажирской и поездной части платформенного участка и сделать композиционный акцент на центральной части платформы;
- с помощью деталей различного цвета придать станции узнаваемость и индивидуальность, при этом сохранить традиционный образ станций Московского метро с ощущением легкого и светлого пространства в подземном сооружении.

Вестибюльный комплекс ст. «ЦСКА» («Ходынское поле») включает в себя два подзем-



ных пятиуровневых вестибюля с наземными павильонами.

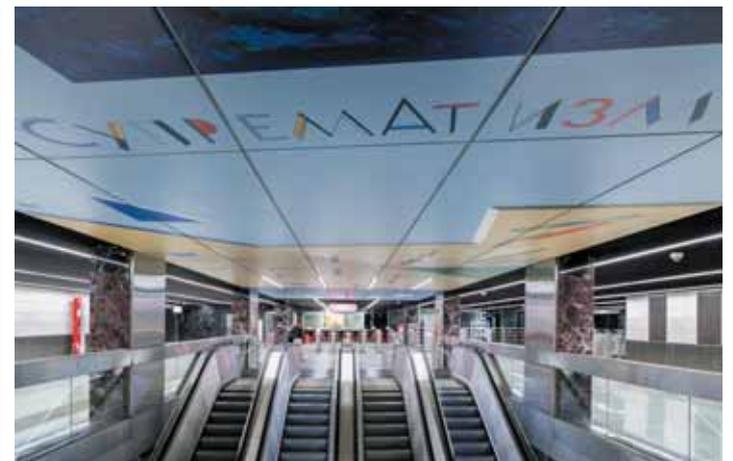
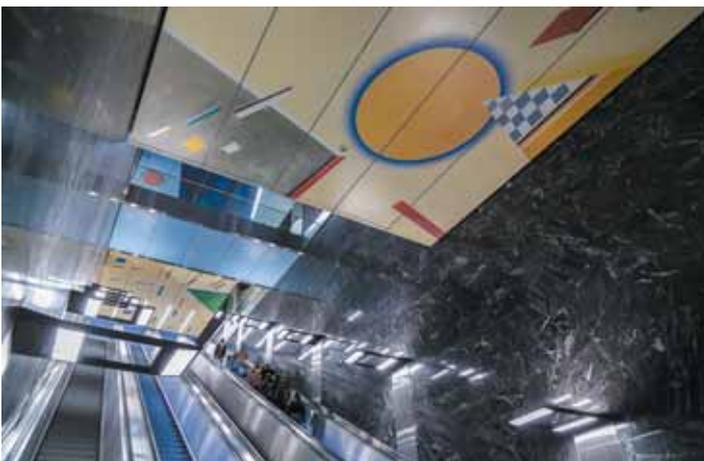
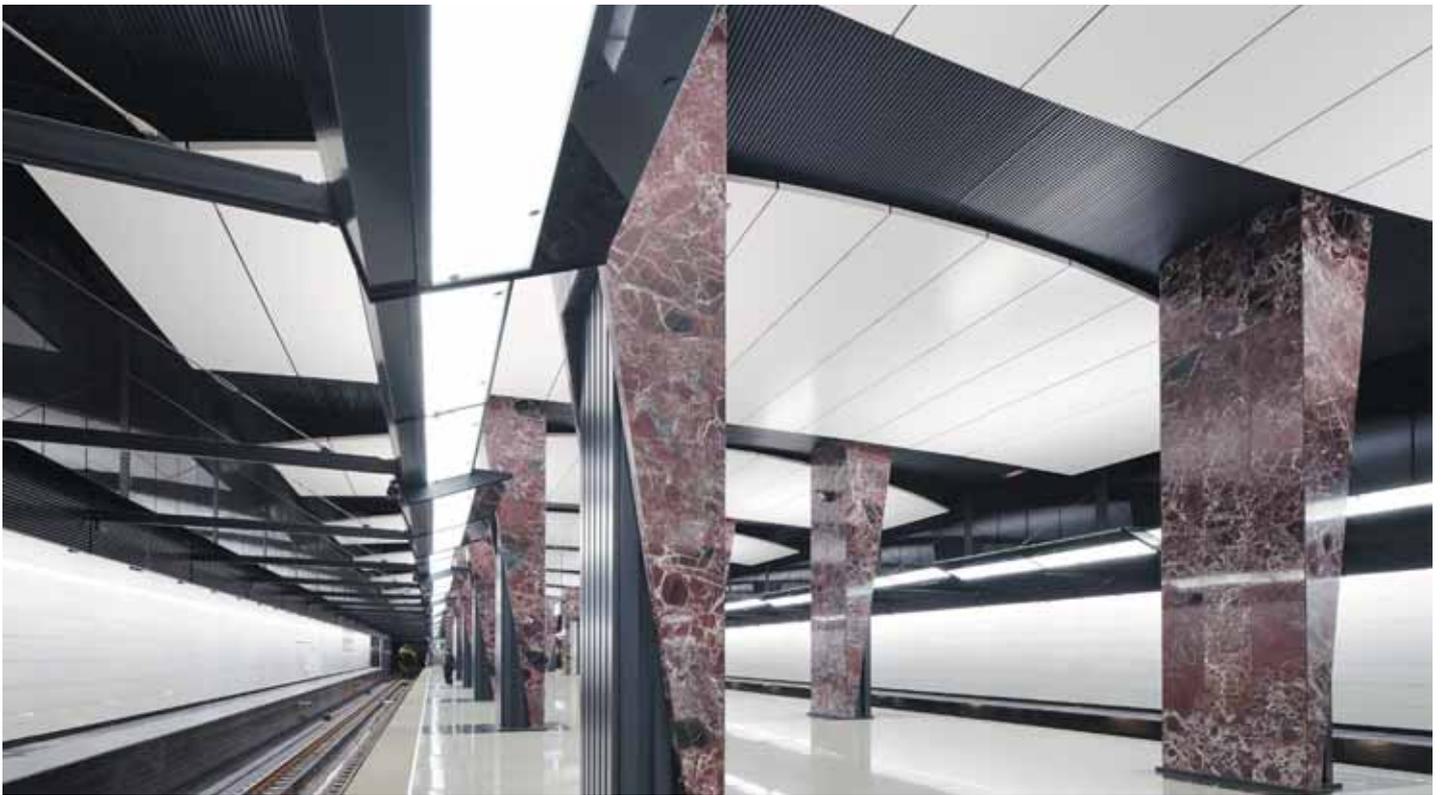
Наземные павильоны решены в стилистике ландшафтно-парковой архитектуры, как участки приподнятой озелененной поверхности

земли для организации входа в подземное пространство. Они представляют собой сооружения неправильных овальных форм со светопрозрачными ограждающими конструкциями и наклонными озелененными кровлями, пла-

но переходящими в поверхность земли парка.

«Хорошевская»

Тема декоративно-художественного оформления возникла неслучайно. В Москве нет





ни одной станции метро, посвященной художникам и архитекторам, идеями которых живет и развивается весь мир, а именно конструктивизм и супрематизм.

Вестибюль 1 посвящен супрематизму, его основателю Малевичу и лучшим представителям Родченко, Поповой, Экстер и т. д.

Уникальные течения русского авангарда являются символами русского искусства, открывшими безграничные возможности для творчества.

Сегодня, как и 100 лет назад, они определяют вектор развития мирового искусства.

Художественные композиции на тему русского авангарда не только создают яркий и запоминающийся образ, но и несут в себе просветительскую и образовательную функцию.

Вестибюль 2 посвящен конструктивизму – А. А. Веснину, В. А. Веснину, М. Я. Гинзбургу, И. А. Голосову, И. И. Леонидову, Н. А. Ладовскому, К. С. Мельникову и т. д.

«Шелепиха»

Авторский коллектив архитекторов и художников предлагает в память выдающегося художника В. М. Грачева выполнить композицию по его эскизам, сделанных для метрополитена незадолго до смерти в 90-х годах. Солнечная жизнеутверждающая композиция на тему городской жизни.

В эскизах присутствует светлое, радостное летнее настроение.

Ключевые слова

Архитектурная концепция, колористические решения, объемно-планировочные решения, декоративно-художественные композиции.

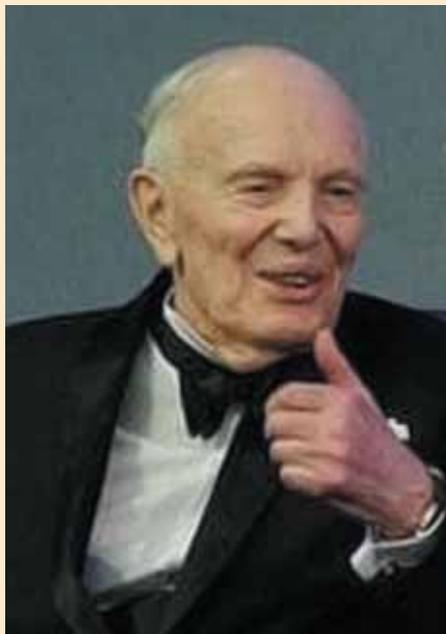
Architectural concept, color solutions, volume-planning solutions, decorative and artistic compositions.

Для связи с авторами

Шумаков Николай Иванович
ShNI@metroprotrans.com
Орлов Александр Юрьевич
orlova@metroprotrans.com



УНИКАЛЬНЫЙ ЮБИЛЕЙ ВЫДАЮЩЕГОСЯ УЧЕНОГО



27 ноября 2018 г. Борис Евгеньевич Патон отметил свой 100-летний юбилей – уникальное событие в мировой науке.

Родился Б. Е. Патон в Киеве в семье академика Евгения Оскаровича Патона – крупного учёного-механика и инженера, плодотворно и успешно трудившегося в области сварки, мостостроения и строительной механики, известного своими исследованиями статике сооружений и конструирования железных мостов, сформулировавшего принципы расчёта и построения клёпаных мостов, воплощенные в более 50 таких мостов, спроектированных и построенных под его руководством, а также более 100 сварных мостов, в том числе известного киевского моста Патона. Семейное окружение предопределило дальнейшую судьбу и профессиональные интересы Б. Е. Патона и его брата В. Е. Патона, ставших инженерами.

Окончив в 1941 г. Киевский политехнический институт, Б. Е. Патон связал свою жизнь с металловедением и электросваркой металлов. Этой области были посвящены его первые труды в электротехнической лаборатории горьковского завода «Красное Сормово» (1941–1942 гг.), дальнейшая (с 1942 г.) работа в Институте электросварки, где он прошел путь от м. н. с. до директора института (с 1953 г.), кандидатская (1945 г.) и докторская (1952 г.) диссертации. Б. Е. Патон – автор более тысячи публикаций, более 400 изобретений. Все они посвящены процессам автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом. Выполненные под его руководством исследования привели к созданию новой области качественной металлургии – спецэлектрометаллургии (электрошлаковой, плазменно-дуговой и электронно-лучевой переплавы), а полученные материалы и разработанные методы нашли применение при решении многих задач в области строительства, в том числе транспортного строительства (мостостроение, тоннелестроение, металлоконструкции).

С 1962 г. Б. Е. Патон возглавил Академию наук Украины в качестве ее президента, будучи переизбран каждый раз на безальтернативной основе, в том числе в 2015 г. Он старейший в мире (одновременно по возрасту и по сроку пребывания в должности) президент государственной Академии наук, а также старейший (как по возрасту, так и по длительности пребывания в статусе) действительный член НАН Украины и РАН.

Борис Евгеньевич Патон – уникальное явление в мировой науке, непрекаемый авторитет в области организации научных исследований, член многих зарубежных академий наук (Болгария, Чехословакия, Босния и Герцеговина, Германия, Швеция, Индия, Беларусь, Казахстан, Грузия, Таджикистан, Киргизия, Армения, Молдавия), отраслевых международных академий наук, Римского клуба и др. Его многолетнее неутомимое служение науке, выдающийся личный вклад в укрепление научного и экономического потенциала страны отмечены многими государственными наградами (дважды Герой Социалистического труда, Герой труда Украины, 4 ордена Ленина, «За заслуги перед Отечеством» I и II степеней РФ и ряд других) и премиями (Ленинская и государственные премии СССР и Украины и др.), другими знаками отличия (Золотые медали М. В. Ломоносова, С. И. Вавилова, С. П. Королева, В. И. Вернадского и др., Серебряная медаль Альберта Эйнштейна ЮНЕСКО и др.). Борис Евгеньевич Патон – старейший дважды Герой Социалистического труда и Герой Украины, старейший академик РАН.

*В. В. Космин,
академик Российской
академии транспорта*

СЕТЬ МЕТРОПОЛИТЕНА В КНР

В. В. Космин, академик РАТ, проф.

Китайская Народная Республика – лидер мирового транспортного строительства, в том числе в области метроостроения. За почти полувековой период своего существования, за 49 лет с 1969 г. китайский метрополитен достиг внушительной протяженности – более 2900 км, прочно занимая первое место среди более 200 метрополитенов мира. Суммарная протяженность метрополитена в Китае более чем вдвое превышает занимающие по протяженности метро второе место в мире Соединенные Штаты Америки и находящуюся на третьем месте Республику Корею, а Российская Федерация, имеющая более 550 км, занимает седьмое место. В КНР находится также город с самой протяженной сетью метрополитена – Шанхай: 660 км, 15 линий, 389 станций.

Строительство метрополитенов в КНР ведётся с 1965 г. Первая линия метро длиной 24 км была введена в эксплуатацию в Пекине в 1965–1969 гг. При этом в 1991 г. метрополитены работали только в Пекине, Тяньцзине,

Шанхае и Гонконге, а к настоящему времени число метрополитенов и лёгких метро в континентальном Китае выросло до более чем трёх десятков (табл. 1).

Реальная программа охвата метрополитеном китайских городов с учетом строящихся и вводов по планам на 2020 г. показана на рис. 1. В целом поставлена задача довести число городов с метрополитеном до шести десятков.

Перед началом строительства метро в Китае в середине 1950-х гг. с помощью советских специалистов в КНР был изучен опыт Московского Метроостроя. Строительство первого в стране Пекинского метрополитена началось в 1965 г., ввод в эксплуатацию состоялся в 1969 г., до 1976 г. метро эксплуатировали военные, перевозки осуществлялись только по служебной необходимости, а в период культурной революции 1971–1975 гг. метро не работало длительные промежутки времени. Сегодня Пекинский метрополитен занимает второе место в мире по длине линий (608 км, 22 линии, 370

станций) и по годовому пассажиропотоку, а также второе место по пиковому суточному пассажиропотоку (после Московского метрополитена). В 2020 г. суммарная протяженность линий системы Пекинского метрополитена должна достигнуть 1050 км. Будет действовать 30 линий с пассажирооборотом 15–18 млн чел. в сутки. В составе Пекинского метрополитена – одна кольцевая и одна полукольцевая линии, с юга на север города проложена 50-километровая линия (вторая по длине в Китае после эксплуатируемой в Гуанчжоу линии, имеющей протяженность 67 км).

Линии китайского метрополитена имеют ширину колеи 1435 мм, электрифицированы на постоянном токе 1500 В. Много линий имеют токосъём от контактной сети.

На станциях, вводимых с конца XX в., поезд отделены от платформы стеклянной стеной и дверями системы «горизонтальный лифт», на которую перестраивают станции построенных ранее линий.

Таблица 1

Сеть метрополитена КНР

Год ввода первой линии	Город	Современная суммарная протяженность, км	Число действующих линий	Число действующих станций	Перспективная протяженность, км
1969	Пекин	608,2	22	370	
1979	Гонконг	222,2	10	104	
1984	Тяньцзинь	139	5	85	
1993	Шанхай	660	16	393	
1997	Гуанчжоу	391,8	13	235	
2002	Далянь	150,4	4	68	
	Чанчунь	66,9	4	64	
2004	Ухань	283	9	199	
	Чунцин	264,7	6	155	455,6
	Шэньчжэнь	286	8	199	430
2005	Нанкин	347	9	164	Намечается 5 тоннелей под р. Янцзы
2010	Фошань	27,8	1	22	
	Чэнду	179,4	6	138	274
	Шэньян	55,2	2	44	
2011	Сиань	91,4	3	65	86,4
2012	Куньмин	64	3	35	
	Сучжоу	119	3	97	56,3
	Ханчжоу	117,7	3	83	278
2013	Харбин	21,1	2	22	
	Чжэнчжоу	46,9	2	36	
2014	Нинбо	74,5	2	51	
	Уси	56,1	2	46	52,9
	Чанши	50,1	2	43	
2015	Наньчан	48,3	2	40	162
	Циндао	43,6	2	40	
2016	Дунгуань	37,8	1	15	
	Наньнин	53,3	2	43	162
	Фужоу	24,9	1	21	
	Хэфэй	52,4	2	47	37,7
2017	Гуйян	12,8	1	10	
	Сямынь	30,3	1	24	152,2
	Шицзячжуан	28,3	2	26	

Строительство метрополитена в КНР ведется чрезвычайно высокими темпами, охватывая всё новые и новые города (рис. 2).

Одновременно вводятся новые линии в дополнение к существующим. Например, в 2017 г. введены в эксплуатацию 33 линии суммарной протяженностью 869 км, что на 62,5 % больше по сравнению с 2016 г. В 2017 г. метрополитен появился еще в четырех городах: Шицзячжуань (две линии общей протяженностью 28,3 км, 26 станций; на 2020 г. предусмотрен ввод еще одной линии протяженностью 16,2 км с 15 станциями и продление одной из уже введенных линий до 19,6 км с 17 станциями, а другой – до 38,8 км с 29 станциями), Гуйян (одна линия протяженностью 12,8 км, 10 станций, в 2018 г. предусмотрена удлинение до 21,5 км с доведением числа станций до 15, строится еще одна линия протяженностью 40,4 км и проектируются две линии) и Сямынь (30,3 км, в том числе эстакада длиной 2,8 км в центральной части города, 24 станции, питание постоянным током 1500 В от контактной сети; в планах на ближайшие годы еще шесть линий общей протяженностью 267 км, в том числе три линии со сроком ввода в 2019–2020 гг., а в долгосрочной перспективе – создание сети из 11 линий) и Чжухай. А в целом за прошедшие 17 лет XX в. в КНР построено 1790 станций метрополитена, 2634 км путей.

Одновременно продолжается развитие сети уже существующих метрополитенов. Например, в Шанхае к началу 2017 г. введена в эксплуатацию начатая строительством в 2013 г. новая линия протяженностью 35,3 км, в том числе подземный участок длиной 16,1 км (7 станций), эстакадный – 18,3 км (6 станций) и короткий наземный участок. В Ханчжоу в 2017 г. введена новая линия протяженностью 13,3 км, в 2018 г. вводится еще один новый участок протяженностью 11,2 км с 8 станциями, на 2019 г. намечено продление одной из существующих линий на 11 км и открытие еще одной новой линии, а на 2020 г. – еще трех новых линий.

В целом в пределах центра и густонаселенных районов городов пути и станции метрополитена подземные, на дальних окраинах – надземно-эстакадные.

В Пекине действует первая автоматизированная линия Yanfang длиной 14,4 км, реализующая полностью автоматический режим, без машинистов на борту, использующая систему управления движением поездов по радиоканалу (СВТС). Максимально допустимая скорость движения поездов на линии 80 км/ч.

Стимулами столь масштабного развития метростроения в КНР являются сложная экологическая обстановка, грандиозная численность населения и необходимость обеспечить всем трудоспособным гражданам возможность добираться до своих рабочих мест, что в совокупности подстегивает власти Китая включать в государственные планы все большее число объектов метрополитена как одного из наиболее эффективных видов городского общественного транспорта.

Быстрому развитию метро также способствует особенность экономического

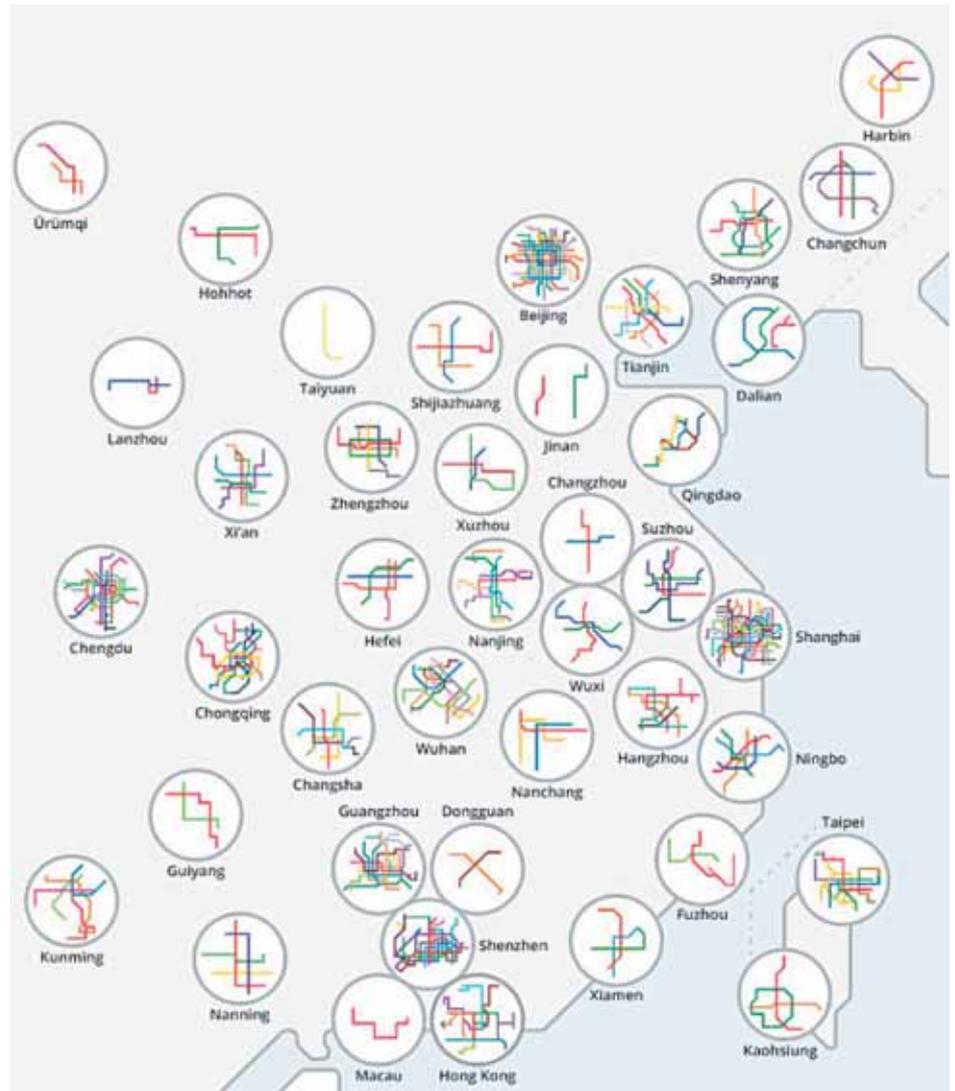


Рис. 1. Китайские города, имеющие метрополитен (с учетом вводов до 2020 г.)

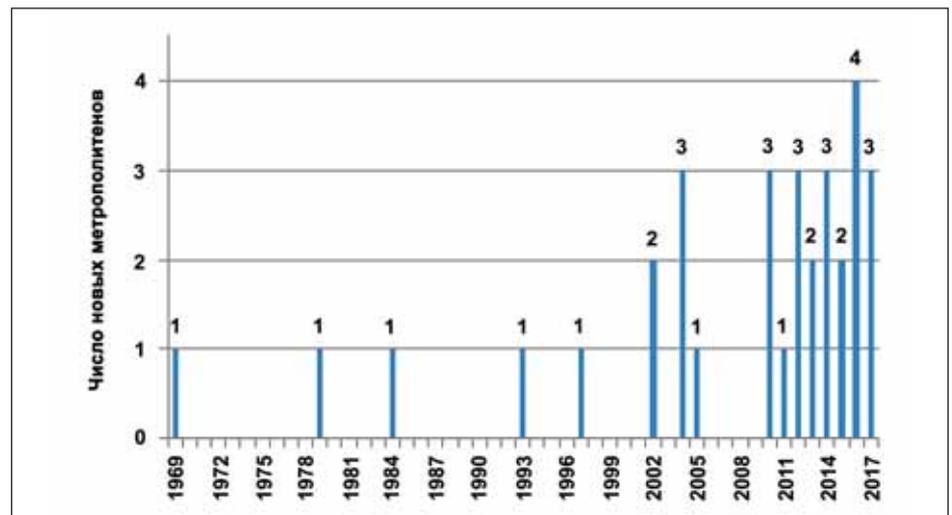


Рис. 2. Открытие метрополитенов в новых городах

управления – в Китае некоторые города вправе самостоятельно формировать свою градостроительную политику и способны финансово обеспечивать ее выполнение.

Источники

<https://visualhistorylivejournal.com/1802840.html>

<https://undergroundexpert.info/issledovaniya-i-tehnologii/analitika/metro-v-mire/#link>
http://ru-wiki.org/wiki/Транспорт_в_Китайской_Народной_Республике

Для связи с автором

Космин Владимир Витальевич
 vvcosmin@mail.ru



ЗАЩИТА СООРУЖЕНИЙ ОТ ВОДЫ



В монографии крупнейшего специалиста в области гидроизоляции подземных сооружений д-ра техн. наук, проф. А. А. Шилина «Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте» (М.: Изд. МИСИ – МГСУ, 2018. 372 с.) рассматривается одна из важнейших проблем современного строительства – борьба с водой, её вредным воздействием на строительные объекты при их создании и последующей эксплуатации.

Опираясь на многолетний (три десятилетия) производственный опыт работы в области гидроизоляции, ремонта и реконструкции различных сооружений и еще больший (45 лет) научно-педагогический стаж, включающий, помимо плодотворных и глубоких научных исследований, ещё и подготовку нормативной базы и методической документации, успешное внедрение новых материалов и технологий, автор излагает эффективные подходы к проектированию и ведению работ по узловым направлениям обеспечения гидроизоляционной защиты.

Книга состоит из четырех глав.

Глава 1 посвящена рассмотрению состояния отечественной нормативной базы и подходам ведущих зарубежных стран в области гидроизоляции, содержит принципы и последовательность проектирования гидроизоляционной защиты подземных сооружений, перечень диагностических мероприятий, предшествующих проектированию, классифицирует типы гидроизоляционной защиты, а также подземные и заглубленные сооружения по условиям их эксплуатации, условия строительной площадки, подлежащие учету при проектировании, классификацию водоносных горизонтов, которые оказывают влияние на выбор типа защиты сооружения от воды, способы защиты сооружений от воды, возможные дефекты гидроизоляции, способы их устранения и др.

В главе 2 приведена детальная классификация большого массива разнообразных материалов для гидроизоляции, проанализированы их достоинства и недостатки.

Глава 3 посвящена вопросам проектирования и устройства деформационных швов с учетом влияния нагрузок и условий окружающей среды на выбор материалов и технологию выполнения работ. Показано влияние различных причин (усадки, химическое взаимодействие материала конструкции с окружающей средой, ползучесть бетона) на деформации железобетонных конструкций и на методы и способы гидроизоляции таких объектов. Рассмотрены деформационные характеристики элементов конструкции и деформационные швы как важный элемент гидроизоляции.

В главе 4 изложены технологические особенности инъекционных работ при строительстве и ремонте подземных и заглубленных сооружений, включая инъектирование в грунты основания с целью их укрепления, а также инъекции в конструкции для устранения различных дефектов с использованием составов на цементной и полимерной основах.

Монография иллюстрирована большим числом цветных фотографий и схемами, чертежами и т. п.

Каждая из глав сопровождается обширным списком литературных источников.

Оригинальным и интересным представляется дополнение книги перечнем научно-технических фильмов на темы гидроизоляции (ремонт дюкеров, усиление купола станции метро «Бауманская» в Москве, инъекционные работы по кирпичной кладке памятника архитектуры – дома Стуловых в столице, строительство подземной части жилого комплекса, применение химически адгезионных мембран для гидроизоляции подземных и заглубленных сооружений, усиление остродефектной тоннельной обделки метрополитена, гидроизоляция фундаментной плиты подземной части московского стадиона «Динамо», восстановление гидроизоляции в ходе реконструкции станции метро «Маяковская» и др.) с их QR-кодами.

Монография представит профессиональный интерес и будет полезна для сотрудников проектных и ремонтно-строительных организаций, а также представителей эксплуатационных организаций и службы заказчика.

В. В. Космин