



Подземные ризонты

Underground Horizons

Ноябрь

№22

2019

www.techinform-press.ru



PENETRON[®]
ПРОНИКАЮЩАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ

www.penetron.ru





Буровые машины XCMG работают во имя вашего успеха!

- Буровые машины для буронабивных свай с келли штангой для свай диаметром до 4600 мм и глубиной до 150 м
- Буровые машины для буронабивных свай CFA (непрерывный шнек) для свай диаметром до 1000 мм и глубиной до 24 м
- Грейферные установки для технологии «стена в грунте» шириной до 1500 мм и глубиной до 105 м
- Гидравлические фрезы для технологии «стена в грунте» шириной до 1500 мм и глубиной до 85 м
- Многофункциональные буровые установки для выполнения работ по закреплению грунта: Jet grouting, анкерные крепления, микросваи, бурение с пневмоударником.
- Микроштиты для бестраншейной прокладки труб диаметром от 500 до 4000 мм

ООО «ИксСиЭмДжи Ру»
Адрес: 119619 г. Москва, Новомещерский пр-д,
д.11, стр.1
Отдел продаж, тел. +7 (495) 995-26-88

Тел.: 8 (800) 333-96-88,
+7 (495) 995-26-33
info@xcmg-ru.ru
www.xcmg-ru.ru



PIONEERING UNDERGROUND TOGETHER

HERRENKNECHT



Tunnelling Systems

ООО «Херренкнехт тоннельсервис»
115432, Россия, Москва,
пр. Андропова, д.18, корп.6.
Тел. +7 (495) 641-75-46,
E-mail: info@herrenknecht.ru

> www.herrenknecht.com



**Передовые
тоннелепроходческие технологии**

Дорогие друзья!



Предлагаем вашему вниманию очередной номер журнала «Подземные горизонты». Этим выпуском мы завершаем публикации об освоении подземного пространства в уходящем году. Главные темы, обсуждаемые в текущем номере, — вопросы обеспечения пожарной

безопасности в метро, а также современные технологии подземного строительства.

На страницах выпуска генеральный директор НИЦ Тоннельной ассоциации Валерий Меркин рассказал о тенденциях современного мирового тоннелестроения и состоянии отечественного метростроения.

Оценку ситуации, сложившуюся на рынке подземного строительства в Северной столице, в своих интервью дают руководители петербургского института «Ленметрогипротранс».

О том, как будет развиваться новосибирское метро, в ходе интервью рассказал мэр Новосибирска Анатолий Локоть. Благодаря же поддержке Президента РФ еще один сибирский город — Красноярск — в недалеком будущем может также обзавестись собственным метрополитеном.

По-прежнему в центре нашего внимания гигантская столичная стройка — сооружение Большой кольцевой линии (БКЛ) в Московском метрополитене. Актуальным, бесспорно, будет и разговор о решении задач эксплуатационной безопасности метрополитенов, поднятых в предыдущих номерах нашего журнала. В развитие темы вашему вниманию предлагается ознакомиться с материалами профессиональной дискуссии на тему обеспечения пожарной безопасности метрополитенов, а также со статьей специалистов ВНИИПО МЧС.

С уважением, главный редактор журнала «Подземные горизонты» Наталья Алхимова и весь творческий коллектив

Журнал «ПОДЗЕМНЫЕ ГОРИЗОНТЫ»

Официальный информационный партнер:

- Комитета по освоению подземного пространства НОСТРОЙ
- Объединения подземных строителей и проектировщиков
- Международной Ассоциации Фундаментостроителей

№22 ноябрь/2019

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-57244 от 12.03.2014

Учредитель **Регина Фомина**

Издатель **ООО «Информационное агентство «ТехИнформ»**

Генеральный директор **Регина Фомина**

РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор

Наталья Алхимова (profi@techinform-press.ru)

Редактор выпуска:

Сергей Зубарев (redactor@techinform-press.ru)

Дизайнер, бильд-редактор

Лидия Шундалова (art@techinform-press.ru)

Корректор **Мила Дмитриева**

Руководитель отдела стратегических проектов

Людмила Алексеева (editor@techinform-press.ru)

Руководитель службы рекламы,

маркетинга и выставочной деятельности

Нелля Коккина (roads@techinform-press.ru)

Отдел маркетинга

Полина Богданова (post@techinform-press.ru)

ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

В.Н. Александров, Почетный гражданин Санкт-Петербурга

С.Н. Алпатов, генеральный директор Объединения подземных строителей и проектировщиков, президент Российского общества по внедрению бестраншейных технологий

Андреа Беллоккьо, руководитель проектов компании Rocksoil S.p.A (Италия)

А.И. Брейдбурд, президент МАС ГНБ, генеральный директор ООО «Нефтегазспецстрой»/ГК «ЮНИРУС»

В.А. Гарбер, д.т.н., главный научный сотрудник НИЦ «Тоннели и метрополитены» АО «ЦНИИС»

С.В. Кидяев, первый вице-президент АО «Объединение «ИНГЕОКОМ»

А.П. Ледяев, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Тоннели и метрополитены»

К.Н. Матвеев, председатель правления Общероссийской общественной организации «Тоннельная ассоциация России» (ТАР), первый заместитель генерального директора АО «Мосинжпроект»

М.Е. Рыжевский, к.т.н., президент компании MTR Ltd

В.М. Улицкий, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Основания и фундаменты» ПГУПС Императора Александра I

А.Г. Шашкин, генеральный директор ООО «ПИ «Геореконструкция», доктор геолого-минералогических наук, член президиума РОМГГиФ, член Совета по сохранению и развитию территорий исторического центра Санкт-Петербурга, координатор Санкт-Петербургской комиссии по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям

Адрес редакции: 192007, Санкт-Петербург, ул. Тамбовская, д. 8, лит. Б, оф. 35
Тел./факс: (812) 490-47-65; (812) 905-94-36
office@techinform-press.ru
www.techinform-press.ru

Установочный тираж 8 тыс. экз. Цена свободная.
Подписано в печать: 29.11.2019. Заказ №
Отпечатано в типографии «Премиум Пресс»,
г. Санкт-Петербург, ул. Оптиков, д. 4,
www.premium-press.ru

За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несет. Сертификаты и лицензии на рекламируемую продукцию и услуги обеспечиваются рекламодателем. Любое использование опубликованных материалов допускается только с разрешения редакции.

Информационное сотрудничество: Интернет-портал undergroundexpert.info

Подписку на журнал можно оформить по телефону

(812) 490-47-65 и на сайте **www.techinform-press.ru**

ОБЪЕДИНЯЯ ОПЫТ ПО ВСЕМУ МИРУ



Messe München

НАШИ РЕШЕНИЯ, ВАШ УСПЕХ.

26 – 29 МАЯ 2020
КРОКУС ЭКСПО, МОСКВА



РЕКЛАМА

ГЛАВНАЯ ВЫСТАВКА СТРОИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ

bauma CTT **RUSSIA***

bauma-ctt.ru

*РОССИЯ



Содержание / Contents



Стр. 8–9



Стр. 10–13



Стр. 14–15



Стр. 16–17



Стр. 18–20



Стр. 22–23



Стр. 24–25

События

8 НОВОСТИ ОТРАСЛИ

Экспертное мнение

10 Валерий Меркин: «У нас освоены практически все технологии тоннелестроения»

14 Анатолий Локоть: «Будущая станция не имеет аналогов»

16 Вадим Александров: потребность в освоении подземного пространства — это объективная реальность

18 Владимир Маслак о единстве и противоположностях двух столиц

22 Владимир Марков о причинах стагнации в метростроении Петербурга

Исследования

24 В.Н. Кавказский, Т.В. Иванес. Решение задач геомеханики для временной крепи тоннелей в Сочи



Стр. 26–27



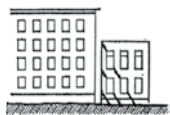
Стр. 28–32



Стр. 33–35



Стр. 36–39



Стр. 40–42

26 И.Н. Хохлов, А.И. Закирова. Вопросы учета геотехнических рисков в метростроении

28 Ю.С. Фролов, Ш. Цюфэн. Обоснование конструктивно-технологических решений при строительстве односводчатых станций метрополитена в малопрочных скальных грунтах

33 Н.Г. Канев. Оптимизация решений по защите зданий от вибрации метрополитена (ООО «Акустические материалы»)

36 Р.И. Ларионов, Д.К. Лиханов. Геотехнический мониторинг компенсационных работ для памятников архитектуры (ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»)

Строительный практикум

40 О.А. Маковецкий, С.В. Рубцова. Влияние неблагоприятных инженерно-геологических факторов на жилые здания первых массовых серий (АО «Нью Граунд»)



Стр. 43-45



Стр. 46-47



Стр. 48-49



Стр. 50-52



Стр. 53-55



Стр. 56-58

43 Гидроизоляция водонесущих трещин подземных сооружений (ЗАО «ГК «Пенетрон-Россия»)

46 Гидроизоляция подземных объектов: новые отечественные решения (интервью с Ю.М. Назаровым; ООО «Гидрозо»)

48 *А.Ю. Глущенко.* Ремонт крупных бетонных конструкций методом инъектирования (ООО «Русинжект»)

Метрополитены

50 Градостроительный вызов

53 Набрызг-бетон, эскалатор-рекордсмен и «серебро» глубины

56 *А.Н. Коньков, Ю.А. Филонов, А.Л. Новиков, М.П. Артемьев, Е.Г.Козин, Д.Л. Бурин.* Реновация вентиляционных стволов с устройством конструктивно-теплоизоляционной рубашки из пеностеклобетона



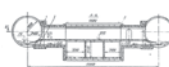
Стр. 59-61



Стр. 62-65



Стр. 66-69



Стр. 70-74



Стр. 76-77



Стр. 78-80

59 Метро в Красноярске: с поддержкой Президента России

Безопасность

62 Пожаробезопасность в метрополитене (круглый стол)

66 *А.В. Пехотиков, В.В. Павлов, С.П. Антонов.* Проблемы обеспечения требуемых пределов огнестойкости стальных и железобетонных конструкций, пути их решения

70 *В.А. Гарбер.* Вспомогательные сооружения метрополитена и эксплуатационная безопасность

Техника, оборудование

76 ХСМГ: буровые установки и машины для подземного строительства

78 *А.Е. Вилков.* Direct Pipe®: новые стандарты подземной прокладки нефтегазопроводов (ООО «Херренкнехт тоннельсервис»)

НОВОСТИ ОТРАСЛИ

ПРОЕКТ МОСМЕТРОСТРОЯ ПРИЗНАН ЛУЧШИМ В МИРЕ

Проект, реализованный Мосметростроем по модернизации Владивостокского тоннеля Дальневосточной железной дороги, стал первым в своей номинации на международном конкурсе «Лучший реализованный проект 2019 года» в Майами. Организатором мероприятия выступила Мировая тоннельная ассоциация.

Определяло победителей независимое жюри, состоящее из 18 признанных международных экспертов в области освоения подземного пространства.

Финалистами номинации «Лучший проект года, включая реновацию с бюджетом до 50 млн евро», стали объекты из трех стран — России, Великобритании и Сингапура. По итогам голосования экспертов мирового тоннельного сообщества, российский проект обошел конкурентов и завоевал первое место. Это совместный проект АО «Мосметрострой» и ОАО «РЖД». При его реализации применялись современные технологии, конструкции и инновационные материалы с учетом мирового опыта восстановления тоннельных сооружений. Предложенные специалистами АО «Мосметрострой» технические



решения позволили получить принципиально новую многослойную обделку тоннеля на основе старых и новых конструктивных элементов с высокими эксплуатационными характеристиками.

РЕКОРД МОСКОВСКИХ МЕТРОСТРОИТЕЛЕЙ



АО «Мосинжпроект» намерено подать заявку в Книгу рекордов Гиннеса по числу используемых при строительстве метро тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК), сообщил журналистам заместитель мэра Москвы по вопросам градостроительной политики и строительства Марат Хуснуллин.

«Ни в одном мегаполисе мира не работало одновременно 30 щитов. Каждый весит около 1000 т. Надо понимать, что это огромное сооружение. Впервые за всю историю метростроения в Москве будут одновременно работать сразу три ТПМК диаметром 10 м», — сказал Марат Хуснуллин.

ФОРУМ ТОННЕЛЬЩИКОВ РОССИИ

Мосметрострой и Тоннельная ассоциация России при поддержке компании «ИБТ» в октябре провели научно-технический форум «Тенденции, проблемы и перспективы развития подземного строительства».



В первый день участники форума посетили строящиеся объекты Большой кольцевой линии Московского метрополитена. Для них провели техническую экскурсию по станциям «Шереметьевская», «Ржевская» и «Стромынка». На следующий день эксперты и специалисты заслушали ряд докладов, касавшихся различных аспектов метростроения, от основных принципов комплексного освоения подземного пространства Москвы до российского противопожарного законодательства об огнестойкости тоннельных конструкций. Обсуждали проектирование подземки, материалы для ее сооружения, безопасность и нестандартные ситуации, спосо-

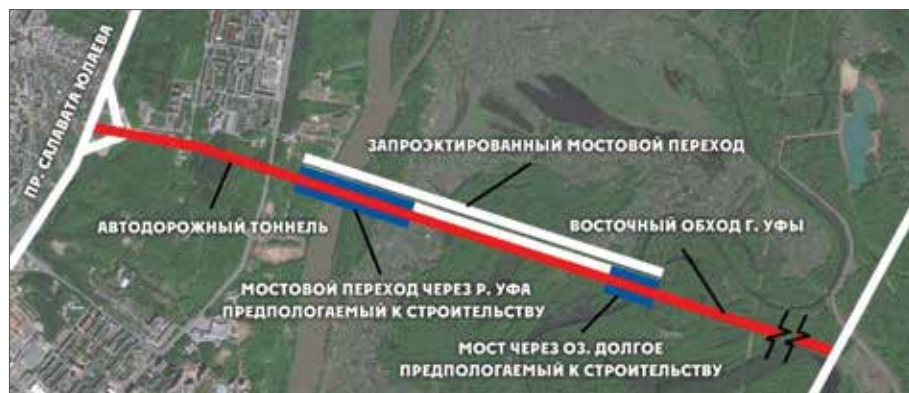
бы оптимизации работы при сжатых сроках. Говорили о состоянии метрополитенов в стране, инновационных методах развития.

По окончании форума состоялось торжественное награждение участников конкурса «На лучшее применение передовых технологий при строительстве тоннелей и подземных сооружений». Заслуженные награды получили семь организаций.

В номинации «Технологии при проходке тоннелей и строительстве подземных сооружений закрытым способом» лучшими названы АО «Мосметрострой» и ОАО «Метрострой». УП «Минскметрострой» стало победителем сразу в трех номинациях: «Материалы и

конструкции для тоннелей и подземных сооружений», «Гидроизоляционные материалы и устройство для отвода воды», «Работы по стабилизации неустойчивых грунтов, устройству оснований и укреплению фундаментов». Лидерство в третьей номинации минчане разделили с АО «Нью Граунд». В номинации «Безопасность при строительстве и эксплуатации подземных сооружений» отличился АО «Мосинжпроект». А его коллеги из ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» были награждены за разработку и внедрение новых технологий при проходке тоннелей и строительстве подземных сооружений закрытым и открытым способом.

УФА: СВЕТ В КОНЦЕ ТОННЕЛЯ



Согласно ранее принятому Генеральному плану развития города, строительство Восточного выезда из Уфы, который напрямую соединит столицу республики и федеральную трассу М-5, должно быть завершено в конце 2021 года. Проект включает в себя целый комплекс транспортных сооружений — мост, тоннель и реконструкцию автомобильной дороги — продолжение федеральной трассы М-5 «Урал», которая проходит через город.

Однако самая масштабная стройка башкирской столицы простаивает, так как республиканское правительство пересматривает условия финансирования с целью минимизации нагрузки на дорожный фонд региона. На объект планируется потратить еще 34,5 млрд рублей. Предполагается, что

более 19,9 млрд должен выделить Минтранс России.

Но свет в конце тоннеля, вроде бы, забрезжил. В 2018 году турецкий подрядчик заново прошел экспертизу этого проекта, сейчас выполняется рабочая документация и планируется возобновление строительства новоавстрийским способом с использованием набрызг-бетона и железобетонной обделки. Институтом НИИОСП им. Н.М. Герсеванова выполнено укрепление карстующихся грунтов.

По словам специалистов, на территории строительства этого объекта сложная инженерно-геологическая ситуация. Там имеет место не только карстовая опасность, при проходке существующего тоннеля происходили вывалы породы и другие техногенные аварии.

МОСКВИЧИ ПОМОГУТ СТРОИТЬ МЕТРО В ХОШИМИНЕ

Заместитель Председателя Правительства РФ Максим Акимов сообщил, что российские специалисты готовы работать на строительстве объектов метрополитена во Вьетнаме.

Проект строительства наземной линии обсуждался на межправительственной комиссии России и Вьетнама в октябре 2019 года. На встрече был затронут ряд важнейших экономических вопросов, включая развитие транспортной инфраструктуры. В частности, к реализации проекта «легкой» 4-й линии Хошиминского метрополитена может быть привлечен российско-вьетнамский инвестиционный фонд, создание которого обсуждается в настоящий момент.



Реализацией проекта будет заниматься АО «Мосметрострой» совместно с вьетнамской компанией «Лонг Ло».

Как уточняет портал «Подземный эксперт», официальный представитель Максима Акимова сообщил, что, пока решается вопрос с финансированием за счет кредитных ресурсов РФ, подготовка технико-экономического обоснования будет вестись за счет привлечения средств частных инвесторов.

ОПЛАТИТЬ ПРОЕЗД В МЕТРО... БУТЫЛКАМИ?

Минтранс России совместно с Минприроды, Минпромторгом, Российским экологическим оператором, ФНС, Росприроднадзором, Роспотребнадзором, ОАО «РЖД», а также субъектами Федерации, в которых есть метрополитены, прорабатывает установку фандоматов на объектах транспортной инфраструктуры с зачислением бонусов по возмещению части стоимости проезда. Можно будет сдавать пластиковые и стеклянные бутылки, а также алюминиевые банки, и пополнять в обмен свою транспортную карту или получать баллы на оплату парковки.

Постоянная комиссия СПЧ по экологическим правам положительно оценивает инициативу Минтранса России по установке сети фандоматов. Однако член Совета Сергей Цыпленков отметил, что эта инициатива без принятия целого ряда дополнительных мер не решит проблему с отходами в России. По его словам, пока у нас нет залоговой стоимости на тару и нет обязательств у ее производителей и продавцов что-то с ней делать, эффект влияния на ситуацию с отходами будет минимальный.

«Кроме того, у подобного проекта сейчас очень небольшие экономические перспективы. Необходимо вводить не только одно звено (фандоматы), но выстраивать всю цепочку», — подчеркнул Цыпленков.

Впрочем, в Петербурге считают, что инициатива устанавливать в метро аппараты по приему пустых бутылок с возможностью пополнять транспортную карту труднореализуема из-за требований транспортной безопасности. Об этом заявили в ГУП «Петербургский метрополитен», заодно напомнив, что из-за требований безопасности на петербургских станциях убраны даже урны.





ВАЛЕРИЙ МЕРКИН: «У НАС ОСВОЕНЫ ПРАКТИЧЕСКИ ВСЕ ТЕХНОЛОГИИ ТОННЕЛЕСТРОЕНИЯ»

По мнению специалистов, метростроение в России развивается в русле мировых тенденций. При этом по его объему и темпам ввода объектов с Москвой могут сравниться, пожалуй, только мегаполисы Китая. Об основных направлениях развития подземного строительства в мире и о научных и практических достижениях в нашей стране мы побеседовали с генеральным директором НИЦ Тоннельной ассоциации, доктором технических наук Валерием Меркиным.

— Валерий Евсеевич, каковы основные тенденции развития современного мирового тоннелестроения?

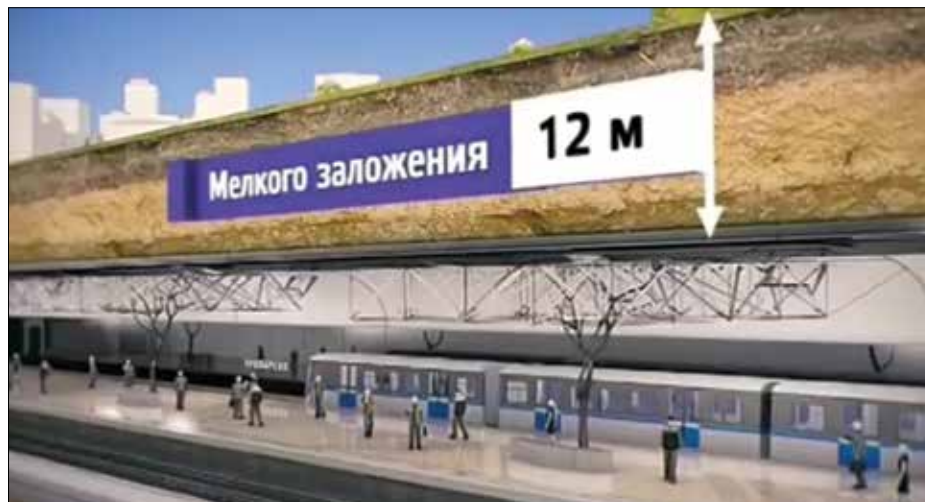
— Я бы выделил четыре основных направления развития транспортного тоннелестроения в мире. Это: комфорт и безопасность для пассажиров; безопасность производства работ; максимально возможное сохранение природной и городской среды; ориентация на комплексную механизацию с компьютерным управлением всех процессов строительства.

Именно поэтому основной концепцией метростроения в мегаполисах развитых стран принято сооружение перегонных тоннелей преимущественно на мелком заложении закрытым способом, щитами с активным пригрузом забоя, а станций — в открытых котлованах, где возможно применение относительно дешевой общестроительной техники и производство работ на широком фронте. Реализация такой концепции характеризуется высокими темпами работ: скорость проходки тоннелей — 300 м

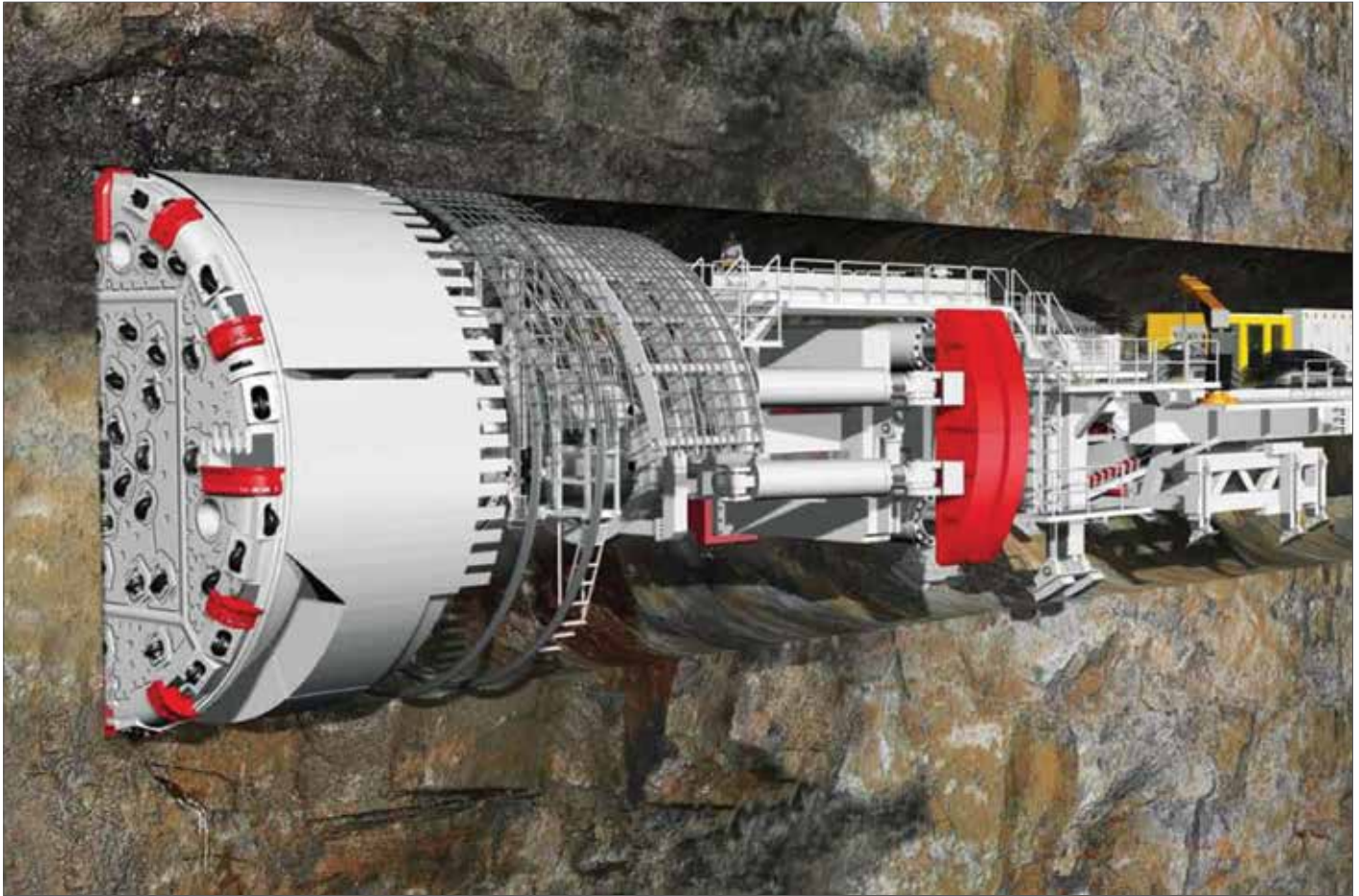
в месяц и более, сроки сооружения станции — до 1,5 лет.

Тоннелепроходческий комплекс после себя оставляет подземное сооружение, подготовленное к укладке верхнего строения пути и установке других эксплуатационных устройств. При этом проходка может сопровождаться осадками не более 10 мм, что обеспечивает сохранность зданий и сооружений в зоне влияния работ. Тоннельные обделки изготавливаются из высокопрочного бетона, водонепроницаемые, в стыках — упругие прокладки из специальной долговечной резины. Мелкое заложение линий делает поездку в метро более комфортной с точки зрения временных затрат и не так дорого при эксплуатации.

Эта же технология, несмотря на свою относительно более высокую, по сравнению с горным способом, стоимость, становится преобладающей там, где надо в короткие сроки построить автодорожный или железнодорожный тоннель через высотное препятствие в неоднородном горном массиве



Беседовала
Наталья АЛХИМОВА



с зонами тектонических нарушений, при больших значениях горного и гидростатического давлений.

— Как выглядит Россия на фоне этих тенденций: идет в ногу, догоняет, отстаёт или опережает? В чем? Какие мировые тенденции в нашей стране наиболее актуальны? Какие отсутствуют?

— К сожалению, после упразднения Главтоннельметростроя Минтрансстроя СССР и перехода отраслевой науки на полную самокупаемость, уже более 20 лет целенаправленной всесторонней работы по анализу современного мирового опыта и тенденций развития мирового тоннелестроения в нашей стране не ведется. Нет заказчика. Более того: раньше после каждой зарубежной командировки специалисты обязаны были представлять отчеты с оценкой состояния вопроса по теме поездки и с предложениями по внедрению передовых разработок. К этим отчетам был широкий доступ. Сейчас такой информации в общем доступе нет, она, как правило, оседает в архивах фирмы, где работает специалист. Редко, в виде обзорной статьи в отраслевом журнале, дается информация о прошедшей выставке или конференции, в которой отмечаются отдельные разработки, заинтересовавшие автора статьи.

Тем не менее, нашими строителями в значительной степени освоены практически все прогрессивные методы тоннелестроения. Так, с 2013 года в Санкт-Петербурге и Москве успешно используется технология сооружения двухпутных тоннелей метрополитена щитовыми комплексами большого диаметра. Применение этого метода позволило увеличить скорости строительства линий, снизить стоимость работ и эксплуатационные затраты на текущее содержание перегонных тоннелей. Впервые разработанная техническая и нормативно-методическая документация обеспечивает возможность эффективного применения новой технологии не только в Российской Федерации, но и в других странах.

Внедрение на наших стройках передового опыта тоннелестроения относится не только к сооружению тоннелей щитами с активным пригрузом забоя, но и к обеспечению эксплуатационной надежности действующих магистралей и сооружений посредством устройства защитных экранов, компенсационного нагнетания и т. д. К решениям, безусловно, пионерного характера относится использование в Москве и Санкт-Петербурге ТПМК с грунтопригрузом для сооружения наклонных эскалаторных тоннелей.

Определенный прогресс наблюдается и в решении вопросов гидроизоляции подземных сооружений. Взамен традиционных битумных и битумно-полимерных материалов все шире применяются синтетические мембраны, а после удачного опыта на ряде объектов усилился интерес к напыляемым мастикам, применение которых при соответствующем качестве работ позволяет существенно экономить трудовые затраты и время.

Из недостаточно используемых прогрессивных решений я бы выделил обделки из набрызг-бетона, особенно при проходке на глубоком заложении в устойчивых грунтах, где они могут с большим эффектом заменить сборные из чугуна или железобетона. Препятствий для этого нет. Имеется определенный опыт, нормативная база, оборудование. Недостаточно, по моему мнению, используется крепление котлованов из буросекущихся свай или «стены в грунте» в качестве элементов постоянной несущей конструкции.

Есть еще одно проблемное направление — это безопасное сооружение притоннельных выработок, межтоннельных сбоек, подземных переходов и т. п. До настоящего времени проходка таких участков, часто расположенных в водонасыщенных



неустойчивых грунтах, осуществляется горным способом, на временном креплении и, как правило, требует предварительного закрепления грунта и водоподавления. При устройстве рассечек из пройденных тоннелей или шахтных стволов приходится ликвидировать нештатные ситуации в виде прорывов водонасыщенного грунта, затопления пройденных выработок, сверхдопустимых деформаций крепи. Всего этого можно избежать, если для сооружения таких объектов использовать комплексы, подобные щитам с активным пригрузом забоя. Опыт использования такой техники имеется (проходка межтоннельных сбоек при строительстве 4-го тоннеля под Эльбой в Гамбурге, в Москве при сооружении венттоннелей на Люблинско-Дмитровской линии).

— Есть ли в нашей стране уникальные технологии, созданные и применяемые только в отечественном тоннелестроении?

— Думаю, не будет преувеличением отнести к достижениям мирового уровня с приоритетом нашей страны сооружение эскалаторных тоннелей ТПМК с грунтопригрузом и сборной железобетонной обделкой. Развитие этой технологии видится в создании возможности выхода комплекса на горизонтальный участок для строительства среднего зала станции и затем на поверхность — при сооружении второго эскалаторного тоннеля.

На высоком современном уровне освоены и применяются технология закрепления грунта горизонтальными джет-сваями длиной более 20 м, устройство экранов из труб по периметру будущих сооружений на длину более 70 м.

Нашим Центром совместно с одним из институтов ГК «Росатом» разработана и уже несколько лет эффективно применяется на многих объектах автоматизированная

система мониторинга деформаций сооружений, позволяющая в режиме on-line с точностью до 0,3 мм отслеживать на любых мобильных устройствах изменения высотного положения объектов.

Разумеется, ведутся и другие разработки, научную мысль остановить нельзя. Мы расскажем о них в свое время.

— Что, по вашему мнению, нужно сделать, чтобы подземное строительство в нашей стране распространилось более широко?

— Если коротко, то сократить стоимость и сроки возведения подземного сооружения, а также сделать его обязательным элементом строительства любого общественно значимого или крупного жилого объекта.

Современные города, особенно мегаполисы, испытывают дефицит свободных площадей для жилищной застройки, для зон отдыха и других составляющих комфорта. В то же время очень много элементов городской инфраструктуры эффективно могут функционировать под землей (транспорт, складские помещения, автостоянки, кафе, кинотеатры, архивы, подстанции, бензозаправки и т. п.). Мы насчитали около 30 таких объектов, которые могли бы возводиться попутно с метрополитеном.

Сейчас в Москве уделяют этому все большее внимание. Например, при строительстве жилых комплексов, которое ведется очень широко, требуется наличие подземных гаражей. Но в полной мере реализовать эту идеологию, по-видимому, мешают какие-то пробелы в законодательстве, в методиках оценки социально-экономической эффективности создания подземных объектов как элементов городской инфраструктуры. Да и то, что строится, можно использовать более рационально. Ведь

основные затраты при сооружении метро открытым способом связаны с креплением котлована, его разработкой и возведением конструкций. При этом дно котлована располагается на глубине примерно 25 м от поверхности земли, а высота станции составляет, как правило, не более 10 м. В общем случае, когда возводятся перекрытия станции, вся остальная «отвоянная» подземная территория просто засыпается. Но в условиях активной автомобилизации, острой нехватки парковочного пространства в городе это совершенно нерационально! В надстанционном пространстве можно располагать служебно-технические помещения метрополитена, а также определенные объекты городской инфраструктуры типа архивов, складских терминалов, кинотеатров, торговых помещений и т. д. В Москве это уже начали понимать.

Кстати, в мировых столицах такая идея активно развивается. Например, в Париже, Лондоне, Монреале, Мюнхене, Вене освоенное подземное пространство занимает до 25% от общей площади городской территории. В «старой» же Москве — не более 13%.

— В какой мере, на ваш взгляд, действующая нормативно-техническая база соответствует современным отраслевым потребностям?

— Каких-либо принципиальных препятствий, серьезно осложняющих работу проектировщиков, я сейчас не вижу. Проблемы возникают в основном при внедрении новых, не предусмотренных нормами и правилами, разработок, а также в части оперативной замены устаревших требований. А поскольку нормы разрабатываются и утверждаются в течение нескольких лет, часто они не успевают за научно-техническим прогрессом, и к моменту выхода некоторые из них уже требуют поправок.

После принятия в конце 2009 года Федерального закона №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» Правительство РФ утвердило Перечень национальных стандартов и сводов правил (или их частей), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований этого закона. В результате часть документов, ранее действовавших в качестве обязательных, в настоящее время не входит в доказательную базу. Они стали рекомендательными. К таким документам, прежде всего, следует отнести ВСН, в которых содержатся обширные сведения по всем вопросам проектирования и строительства подземных объектов.

Во многих случаях сложившаяся ситуация препятствует применению целого

ряда прогрессивных решений, в том числе успешно апробированных на практике — и на которые имеются нормы, не вошедшие в перечень обязательных.

В настоящее время, однако, впервые в российской правовой практике саморегулируемым организациям, объединяющим строителей, проектировщиков и изыскателей, законодательно дано право принимать участие в обсуждении проектов федеральных законов и иных нормативных правовых актов, связанных с вопросами саморегулирования в строительной сфере. Это позволило в кратчайшие сроки начать системную работу, в первую очередь, в области обновления нормативно-технической базы и повышения качества строительно-монтажных работ и проектирования.

Одной из немногих в России специализированной саморегулируемой организацией в области подземного проектирования и строительства является Некоммерческое партнерство «Объединение подземных строителей». Во взаимодействии с Национальными объединениями строителей России (НОСТРОЙ) и проектировщиков (НОП) оно активно занимается вопросами актуализации нормативной базы: выступает в качестве эксперта, организует проведение анализа состояния существующих нормативно-технических документов в подземном проектировании и строительстве, используемых в РФ и за рубежом, планирует разработку недостающих нормативов, актуализацию существующих норм и правил. Ведутся работы по созданию единой нормативной базы Таможенного союза России, Белоруссии и Казахстана.

В последнее десятилетие силами таких организаций, как АО «Мосинжпроект», АО «Метрогипротранс», АО «ЦНИИС», НИИ-ОСП им. Н.М.Герсеванова, АО «ВНИМИ», АО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева», НИИЖБ им. А.А.Гвоздева, ОАО «Фундаментпроект», НИЦ Тоннельной ассоциации, было разработано, актуализировано и принято к разработке несколько десятков нормативных документов, охватывающих основные направления в области подземного строительства. Некоторые из них полностью или частично входят в доказательную базу Технического регламента и активно применяются при проектировании и защите проектов в экспертных органах.

В настоящее время разработаны технологические регламенты, частности, на сооружение тоннелей с помощью ТПМК, гидроизоляция тоннелей, бетонные работы.

Несомненно, разработка новых документов позволит защитить интересы проектировщиков и строителей, создаст благоприятные условия для развития отрасли, позволит сделать подземное строительство

эффективным, безопасным, а построенные сооружения — функциональными и долго-вечными.

— Какие изменения в действующую нормативно-техническую базу, по вашему мнению, целесообразно внести сегодня?

— Считаю целесообразным возврат к дореформенной структуре формирования нормативной базы. В ее составе был небольшой по объему СНиП с обязательными требованиями из условий функционирования объекта и безопасности. Его дополняли отдельные СП с рекомендациями по наилучшим способам соответствия этим требованиям в части конструктивного, технологического, экологического и т.п. исполнения.

Учитывая консервативность обязательных требований, этот СНиП мог бы оставаться актуальным много лет, не требуя внесения ежегодных, как сейчас, изменений, а СП, как документы справочно-методического характера, могли бы дополняться и изменяться по мере необходимости. Начать можно с того, чтобы актуализировать и ввести в доказательную базу проектирования не входящие в нее сейчас ведомственные строительные нормы (ВСН), Московские городские строительные нормы (МГСН) и другие документы, перечень которых должны подготовить и утвердить профильные организации.

— Достаточно ли компетенций действующих тоннелестроительных организаций для внедрения современных технологий?

— Несмотря на значительное сокращение выпусков специалистов по подземному строительству, все ведущие вузы и кафедры страны, обеспечивающие кадровые потребности нашей отрасли, сохранились. Исходя из эффективности предлагаемых решений, результатов их реализации, а также высокого уровня применяемых технологий, конструкций и оборудования, оценить компетенцию наших специалистов ведущих

проектных институтов и подрядных организаций я могу только положительно.

— Считаете ли вы целесообразным развитие отечественного отраслевого машиностроения, создание собственных научно-технических кадров и конструкторских бюро в условиях глобализации? Или правы те чиновники, которые заявляют, что «все можно купить»?

— Тяжелый вопрос! Слабым местом отрасли у нас сегодня, безусловно, является отсутствие собственного производства ТПМК и другого оборудования для подземного строительства. Казалось бы, в условиях глобализации это не должно сильно влиять на процессы метростроения. Существуют зарубежные изготовители, хорошо зарекомендовавшие себя на российском рынке, у которых можно купить практически любое оборудование. Но в то же время Россия — государство, которое должно стремиться к самодостаточности.

Признавая высокую техническую эффективность зарубежных щитов, необходимо заметить, что, покупая их, мы практически полностью утратили отрасль отечественного щитового машиностроения (кадры ученых, конструкторов, заводы). Многие специалисты отрасли, как и я, полагают, что еще есть возможность восстановить производство отдельных образцов тоннельной техники. Например, на базе сохранившегося Скура-товского опытно-экспериментального завода (бывшего ЦНИИПодземмаша). Начать можно было бы с совместного производства оборудования с западными компаниями.

Так, например, поступили в Китае. Примерно 15 лет назад они начали на своей территории изготовление всех видов техники для подземного строительства практически всех ведущих производителей из Германии, Франции, США и других стран. Сначала это была лишь отверточная сборка, но сейчас только ТПМК с активным пригрузом забоя они выпускают не менее 100 комплексов в год. Почему бы нам не действовать так же? ■



АНАТОЛИЙ ЛОКОТЬ: «БУДУЩАЯ СТАНЦИЯ НЕ ИМЕЕТ АНАЛОГОВ»



Как известно, Новосибирск выбран местом проведения Молодежного чемпионата мира по хоккею в 2023 году. Город серьезно готовится к событию такого масштаба, сформирован обширный план мероприятий. Так, для проведения матчей в городе будет построена многофункциональная ледовая арена. А как изменится транспортно-дорожная инфраструктура города в связи с этим эпохальным событием? На этот и другие вопросы отвечает мэр Новосибирска Анатолий Локоть.

— Анатолий Евгеньевич, 6 сентября вы объявили о том, что началось строительство станции Спортивная на действующей линии Новосибирского метрополитена. Откуда возникла идея ее строительства? Когда она будет введена в эксплуатацию?

Станция задумывалась проектировщиками Новосибирского метрополитена очень давно, ее строительство предполагалось проектом первой очереди метрополитена, утвержденным 29 ноября 1978 года Советом Министров СССР. Она должна была стать одной из 9 станций действующей сейчас Ленинской линии. Однако построено было только 8 станций.

Современный проект станции разработан коллективом проектировщиков муниципального предприятия Новосибирска «Управление заказчика по строительству подземных транспортных сооружений». Помимо строительства станции «Спортивная» на эстакаде метромоста (в том месте, где она и планировалась ранее) будет выполнено обустройство инженерной инфраструктуры и дорожно-транспортных коммуникаций. Проект станции «Спортивная» уже получил положительное заключение Госэкспертизы.

В настоящее время объявлен конкурс на выполнение работ по сооружению станции. Контракт планируется заключить на разработку рабочей документации и строительство станции метро. Вся инфраструктура, обеспечивающая транспортную доступность и функционирование нового ледового комплекса, должна быть сформирована к середине 2022 года.

— Какие проблемы города решит пуск станции Спортивная? Оправдано ли ее строительство с точки зрения величины пассажиропотока?

Станция метро будет работать не только во время проведения матчей. В перспективе

она будет постоянно востребована, потому что в этой части города планируется строительство спортивных объектов и формирование парковой зоны. В настоящее время здесь уже ведется освоение территории. В целом же «Спортивная» расширит возможности использования метрополитена, улучшит транспортное обслуживание населения Кировского и Ленинского районов Новосибирска. Кроме этого, можно ожидать и улучшения экологической обстановки за счет снижения количества и интенсивности движения автотранспорта в этом районе города.

— Изменится ли схема движения городского транспорта после ввода этой станции?

— Строительство дорожной инфраструктуры и новой станции метро «Спортивная» рядом с будущей ледовой ареной, безусловно, изменит конфигурацию маршрутной сети в левобережной части Новосибирска. Новые объекты позволят организовать транспортное обслуживание жителей в районе городского пляжа и улицы Стартовой. Кроме того, изменится схема движения транспортных и пешеходных потоков на площади Лыщинского, где появится новый пешеходный тоннельно-надземный переход через дамбу Октябрьского моста.

— Каковы основные особенности проекта? На какой стадии он находится?

— Главная особенность проекта в том, что строительство станции «Спортивная» планируется на действующем перегоне между «Студенческой» и «Речным вокзалом» и будет осуществляться без остановки движения поездов. Будущая станция уникальна по своим техническим характеристикам и на сегодняшний день не имеет аналогов в мировой практике.

Строительство станции предусматривает прохождение существующей неотапливаемой

Редакция благодарит пресс-службу мэрии Новосибирска за помощь в подготовке материала.



Макет станции и ЛДС

мой эстакады с двумя железнодорожными путями через теплую станцию. Расчетная температура в зоне эстакады в зимний период -37 C° , температура на боковых платформах $+15\text{ C}^{\circ}$. Станция будет «нанизана» на существующую эстакаду, ее вестибюли расположатся на уровне земли, а платформы — на уровне эстакады на отметке более 5 м. Конструкции станции проектируются независимыми от конструкций существующей эстакады. Для сохранения теплового режима на боковых платформах предусматриваются утепленные перегородки с дверями, дублирующими двери электропоездов между платформами и холодной эстакадой.

— Как обстоят дела с финансированием строительства станции?

— Новосибирск и Новосибирская область в настоящий момент финансируют строительство самостоятельно. Средства, предусмотренные из областного бюджета на текущий год, составляют 385 млн рублей. На 2020 год запланировано выделить из бюджета Новосибирской области еще 773 млн рублей. Доля городского софинансирования — небольшая. Федеральное финансирование для соору-



Подготовка площадки для строительства станции и ЛДС

жения станции «Спортивная» пока не предусмотрено, но региональные власти ведут переговоры с федеральным центром о помощи госбюджета. Мы надеемся, что такое решение будет принято. В 2020–2021 гг. потребуется около 2,6 млрд рублей на реализацию проекта. Очевидно, что только своими силами городу и региону не справиться с такой задачей.

— Строительство станции фактически началось в сентябре. Какие работы уже ведутся в настоящее время?

— В пойме Оби производятся работы по расчистке территории, по ее подготовке к тому, чтобы там можно было в полной мере развернуть строительные работы. Так что начало будущей станции положено. Всем миром, надеюсь, справимся! ■

Как известно, Санкт-Петербург – один из красивейших городов мира, неслучайно его называют туристической столицей России. Только за 2018 год его посетили 8,5 млн туристов. По прогнозам комитета по туризму, с введением электронных виз число иностранных гостей за три года вырастет в 1,5 раза – до 6 млн человек. А общее число посетителей города, включая и российских граждан, к 2021 году увеличится до 12 млн. Готова ли инфраструктура города к такому наплыву гостей? Рассмотрим только одну составляющую туристического бизнеса – транспортную. Ни для кого не секрет, что на сегодняшний день в Санкт-Петербурге сложилась очень неблагоприятная транспортная ситуация. Мегалополис расширяется, прирастая многотысячными жилыми кварталами, но при этом новостройки не обеспечиваются транспортными связями (ни надземными, ни подземными) с остальными районами города. Не справляется с транспортными потоками и действующая улично-дорожная сеть – в часы пик город задыхается в пробках. В часы наибольшей нагрузки на пределе своих возможностей работает и метрополитен. Однако новых станций метрополитена в городе не проектируется, строительство метро сведено к минимуму. Прокомментировать данную ситуацию редакция нашего журнала попросила Почетного гражданина города Санкт-Петербурга Вадима Александрова.

Беседовала
Регина ФОМИНА



ВАДИМ АЛЕКСАНДРОВ: ПОТРЕБНОСТЬ В ОСВОЕНИИ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА – ЭТО ОБЪЕКТИВНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

– Вадим Николаевич, как вы оцениваете ситуацию с освоением подземного пространства в Санкт-Петербурге?

– На сегодняшний день в Петербурге, к сожалению, вообще не проводится целенаправленная политика по освоению подземного пространства. Кроме нескольких станций метрополитена, ничего не строится, нет проектов и для дальнейшего развития метро. Недооценка важности развития метрополитена для такого мегалополиса, как Петербург, в недалекой перспективе может привести к тяжелой транспортной ситуации. Уже сегодня многие новые микрорайоны в часы пик фактически отрезаны от остальной улично-дорожной сети города.

Несмотря на это, сегодня никто в Петербурге не оценивает транспортный потенциал подземного пространства, не планирует развитие транспортной инфраструктуры города с учетом возможностей подземного строительства. Нет у городской администрации понимания и того, что развитие города вниз – строительство подземных объектов спортивного, бытового, социально-культурного назначения – может и должно приносить прибыль, как это происходит во всем мире.

В настоящее время функции заказчика переданы Комитету по развитию транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга (КРТИ). Однако с учетом всех сложностей вопроса и отсутствия в комитете достаточного количества профессиональных кадров, разбирающихся во всех нюансах развития подземной инфраструктуры, КРТИ не может обеспечить необходимого уровня руководства и уж тем более выступать в авангарде этого процесса.

Потребность петербуржцев в освоении подземного пространства уже давно назрела, это – объективная реальность. Однако пока в городе не будет создано специального органа – комитета по освоению подземного пространства, который бы курировал всю эту работу, с мертвой точки ничего не сдвинется. Причем кадры для нового комитета найти не сложно: их можно собрать со всех профильных комитетов (КРТИ, комитета по транспорту), пригласить и из Метростроя, метрополитена, да и место найдется, это не проблема. Нужна только воля.

– На развитие метро в этом году выделено 18 млрд рублей. Деньги есть, мощности есть. Что мешает строить?

– Да, деньги есть, первоначально вообще планировалось ежегодно выделять на эти



цели по 30 млрд. Но мы не можем освоить и 18 — нет проектов. На проектирование продолжения Калининско-Красносельской линии в направлении Сосновой поляны (далее станции «Юго-Западная») заложили 4 года! Это что за темпы такие? Если грамотно организовать работу, вполне можно уложиться и в два года. Главное — это поставить такую задачу. А пока из-за недозагрузки институт «Ленметрогипротранс» вынужден работать в Москве.

Нам говорят: «Зачем столько проектировать, ведь вам все эти объемы все равно не осилить!» Но это не ответ! Пусть другие подрядчики приходят и строят. Когда есть предложение, подрядчики найдутся. Город должен продвигать идеи, ставить задачи, объявлять тендеры. Я вижу, как Метрострою хочется «расправить грудь», работать как раньше, в полную силу. И все для этого есть: и база, и специалисты...

— 5 сентября состоялась торжественная церемония по случаю пуска новых станций Фрунзенского радиуса, но для пассажиров они открылись почти на месяц позже. Что помешало пустить движение по всей линии в обозначенные сроки?

— В действительности, готовность на тот момент была очень высокая, Метрострой сделал все, чтобы новые станции Фрунзенского радиуса в начале сентября начали принимать пассажиров. Более того, такой готовности не было еще за всю мою практику, о чем я и сообщил и.о. губернатора Александру Белову. Никакой опасности для передвижения пассажиров не существовало, все серьезные замечания были устранены.

Тем не менее, создалась странная ситуация — станции для движения поездов открыли, а пассажиры не перевозятся! Прежде всего, в этом была вина, я считаю, метрополитена.

Именно эксплуатирующая организация выискивала смешные замечания и надуманные поводы. Повторяю — не было причин, были придирки. Складывалось впечатление, что это делалось умышленно. Как будто кто-то имел какие-то личные мотивы, возможно, выполнял чей-то заказ. Возможно, кто-то заинтересован в подрыве репутации и развале Метростроя. Других объяснений я не вижу...

Вообще, с этой линией изначально все пошло не так. Еще на стадии подписания контракта я говорил, что за такие малые деньги метро не строят, но мне тогда ответили, что как только начнем строить — условия договора будут пересмотрены. И тогда мы начали работы, смонтировали громадный щит и с его помощью осуществили проходку двухпутного тоннеля, первые (!) на постсоветском пространстве. Прошли на нем почти 3,8 км. Это говорит о высочайшем уровне профессионализма метростроевцев. Таким результатом город может гордиться. И вот тогда, когда все уже было готово, станции не открыли... А вместо того чтобы отметить вклад Метростроя в развитие технологий метростроения, его обвинили в том, что он не довел станции до полной готовности, и поэтому в случае нештатной ситуации может возникнуть опасность для пассажиров. Однако на самом деле во всей этой ситуации власти меньше всего думали о пассажирах!

— Вся эта «какофония» вокруг Метростроя, действия, а точнее бездействие городской администрации, в прошлом году породили тяжелейшую ситуацию внутри холдинга. В каком состоянии Метрострой находится сегодня?

— Метрострой в том состоянии, в котором ему и положено быть, но четырех СМУ не стало. Мы потеряли 11-е, 10-е, 15-е, 17-е

строительно-монтажные управления. Но их еще не поздно возродить, главное, чтобы была работа.

С завершением Фрунзенского радиуса объемы сократились. Сегодня у нас в работе осталось две линии. В этой связи Метрострой взял подряд в Москве. Мы уже завезли на площадку механизированный комплекс большого диаметра, с его помощью будем работать на строительстве Большой кольцевой линии (БКЛ). Главное, это не допустить простоя такого уникального оборудования. В аренду же этот щит мы предоставлять не хотим — сложное дорогостоящее оборудование всегда должно находиться в одних руках. Если опыт нашей работы в Москве будет удачным, возможно, будем наращивать там наше присутствие...

— С приходом к руководству Николая Вадимовича Александра что-нибудь изменилось в политике Метростроя?

— Жизнь заставляет нас меняться, применять более современные методы управления. В этой связи у нас появилось новое подразделение, точнее филиал — Горно-строительное управление (ГСУ), которое возьмет на себя тот объем работ, который раньше выполняли ныне расформированные организации. Образование ГСУ позволяет нам сохранить кадры.

— С участием Метростроя образована Тоннельная ассоциация Северо-Запада. С какой целью она была создана? Какие задачи ей предстоит решать?

— Функции ассоциации определены в уставных документах. А для чего она создавалась? Для продвижения наших проектов по освоению подземного пространства, ведь это — неподнятый пласт в Петербурге. Если в Москве хоть что-то делается, то у нас — вообще ничего.

— Какова, на ваш взгляд, идеальная транспортная модель Петербурга?

— Вообще в идеале на поверхности города должны быть сады и парки, немного электротранспорта, а все остальное следует увести под землю. Таким должен стать город в будущем. Поэтому уже сейчас нужно начинать строить транспортные тоннели. И тогда и горожане, и многочисленные гости города смогут свободно прогуливаться по самым красивым местам Петербурга и любоваться его величественными набережными, великолепием его дворцов и неповторимой выразительностью его памятников.

— Большое спасибо, Вадим Николаевич, за беседу! ■



Творческое состязание «двух столиц» — история давняя и в былые годы принесшая свои плоды. Это относится и к метростроению. Сейчас, однако, складывается противоречивая и даже странная ситуация, когда питерские проектировщики все больше работают в Москве, а москвичи пытаются отвоевать петербургский рынок. Это логично вызывает вопросы с точки зрения не «буквы закона» и конкурсных процедур, а элементарного здравого смысла. В конце концов, до последнего времени всю подземку Северной столицы проектировал местный Ленметрогипротранс. Чем же конкретно могут быть полезны московские достижения, а когда лучше опираться на опыт и возможности петербуржцев? О своем видении ситуации рассказывает генеральный директор ОАО «Научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт «Ленметрогипротранс» Владимир Маслак.

Беседовала
Регина ФОМИНА

ВЛАДИМИР МАСЛАК О ЕДИНСТВЕ И ПРОТИВОПОЛОЖНОСТЯХ ДВУХ СТОЛИЦ

— Владимир Александрович, с самого начала проектирования метрополитена в Ленинграде ваш институт был, как принято говорить в наши дни, естественным монополистом. Какова ситуация в городе сегодня?

— Мы не стремимся к монополизму. В то же время почти везде на территории страны фактически происходит монополизация рынка проектирования метрополитена. Так, к примеру, расширяется московский Метрогипротранс, который приобрел практически все проектные организации тоннельного направления на постсоветском пространстве, и которому, кстати, принадлежат 8,5% акций и нашего института.

Сегодня некоторые наши проекты, прошедшие Государственную экспертизу, которые мы делали для Петербурга, переданы для разработки рабочей документации Метрогипротрансу, победившему в конкурсе на разработку рабочей документации. Я с большим уважением отношусь к Метрогипротрансу — благодаря тем опытным специалистам, которые сохранились в его современном составе, — но пока не вижу, чтобы они предложили что-то новое и полезное для Северной столицы. Все идеи взяты из наших проектов.

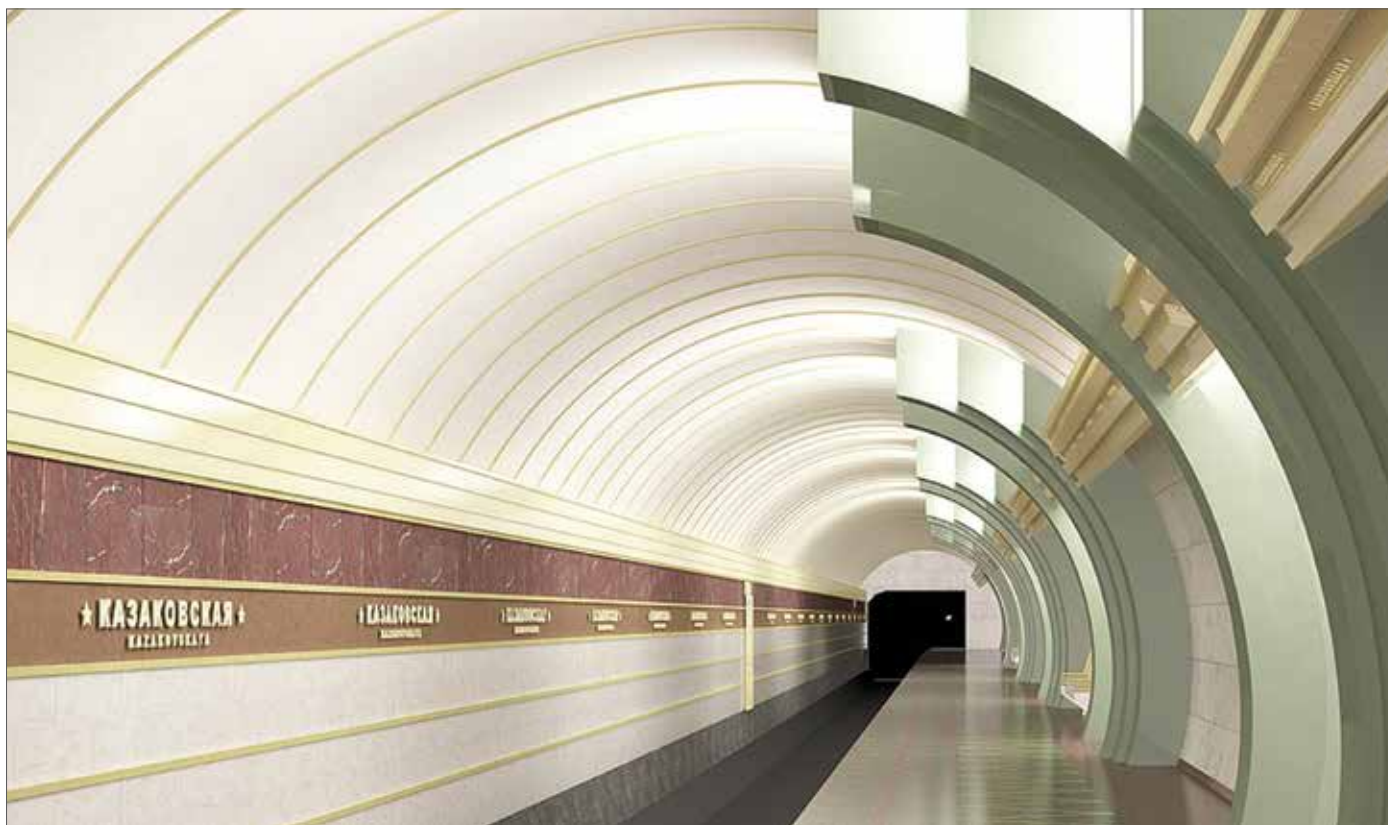
А все, что привносят москвичи в разработку наших проектов, направлено на удорожание и увеличение сроков строительства, создавая к тому же большие технические проблемы для действующего метрополитена. Например, устроить пересадку в центре зала на станции «Кировский завод», как предложил Метрогипротранс, — на мой взгляд, самый плохой вариант из предложенных к рассмотрению. Ленметрогипротранс в своем проекте, получившим положительное заключение Госэкспертизы, предлагал техническое решение по устройству пересадки в торце станции. Мы исходили из того, что станция «Кировский завод» является объектом культурного наследия, в Петербурге ее охраняет КГИОП, и очень важно не нарушать ее ценную историческую структуру.

Также не могу понять, почему в новом конкурсе на разработку проектной документации Красносельско-Калининской линии, который выиграл Метрогипротранс с превышением стоимости более 250 млн рублей по отношению к цене Ленметрогипротранса, на проектирование указанной линии отводится четыре года. Ведь очевидно, что уже через три года надо будет затратить огромные средства, чтобы актуализировать устаревшие изыскания.

Почему же государственным заказчиком утверждаются решения, которые, с нашей точки зрения, выглядят непродуманными, а порой даже не соответствуют проектной документации, уже прошедшей Главгосэкспертизу? Объяснение простое — на сегодняшний день ни в КРТИ, ни в подведомственной ему Дирекции транспортного строительства практически нет специалистов, способных оценить последствия изменений, вносимых в нашу проектную документацию. Эти изменения уже потребовали корректировки проектной документации стоимостью более 250 млн рублей и неизвестно, на сколько они увеличат стоимость строительства и его сроки.

— Вам не понаслышке известна ситуация на московском рынке метростроения, ведь в настоящее время ваш основной заказчик находится в столице. Что вы можете сказать о его компетенциях в области подземного строительства?

— Там принципиально другая ситуация. Заказчиком выступает институт «Мосинжпроект» — акционерное общество, 100% капитала которого принадлежит Департаменту строительства города Москвы. То есть, с одной стороны, речь идет о коммерческой организации, с другой — она принадлежит госструктуре. В итоге это позволяет решать многие задачи значительно быстрее и профессиональнее, чем по традиционным бюрократическим схемам. Акционерное общество выигрывает конкурсы на все строительство в комплексе и уже само решает, кто будет заказчиком на тот или иной вид работ, проектировщиком, подрядчиком, поставщиком.



И внутренне система Мосинжпроекта, на основе уже наработанного опыта, четко структурирована — все в одних руках, но каждый специализируется на своем направлении.

В Мосинжпроекте есть и служба заказчика, и группа проектировщиков — наши специалисты, кстати, входят в ее состав, — и свои строительные подразделения. У них имеются также собственные, достаточно большие технические мощности, в том числе проходческие щиты. В целом это крупная многопрофильная группа компаний, организующая и обеспечивающая строительство метрополитена. В таком виде она формировалась несколько лет, создаваясь на базе старого проектного института, который на тот момент находился в проблемной ситуации. В результате же удалось не только сохранить его специализацию, но и сформировать новую мощную структуру по строительству метрополитена.

— Но ведь для того, чтобы возник такой строительный бум, который сегодня наблюдается на рынке московского метростроения, одного только профессионального заказчика недостаточно. Сроки проектирования напрямую зависят от процедуры прохождения Главгосэкспертизы. Как у проектировщиков складывается работа с этой организацией?

— В Москве успешно работает Постановление Правительства РФ №1006. Принима-

лось оно с целью ускорения строительства метро именно в столице. Суть его в том, что в отдельный этап выделены вынос сетей, освоение площадок и благоустройство, и все согласования по нему выдает не Главгосэкспертиза, а Мосгорэкспертиза, и эти вопросы решаются параллельно с основным проектированием. Однако нам, при существующей «классической» схеме, 1006-е постановление только добавило проблем и, наоборот, привело к затягиванию сроков. Появился дополнительный этап. Сначала надо решить все вопросы по выносу сетей и т. д. Только сделав соответствующую документацию и получив по ней положительное заключение на региональном уровне, можно сдавать проект в Главгосэкспертизу. Реализация привлекательной идеи «одного окна» опять забуксовала, а то, что должно ускорять процесс, у нас его только тормозит.

— Значит, и в дальнейшем вы будете ориентироваться на московские заказы?

— Да, больших перспектив в Петербурге на ближайшее время не вижу... В программе, которую декларирует заказчик, по сути, новых серьезных проектов нет. А то, что есть, вызывает сомнения. Например, Южный участок Красносельско-Калининской линии. Мы не видим смысла в реализации этого проекта, пока не будет заодно построен средний

участок, от «Путиловской» до «Обводного канала».

В этом вопросе нас поддерживал и ГУП «Петербургский метрополитен», полагая, что первые две станции, «Казановская» и «Путиловская», сами по себе только перегружают старую «красную» линию, в итоге доставив большинству пассажиров лишь дополнительные неудобства. Однако сейчас он кардинально поменял позицию и выступает за то, чтобы спроектировать четыре станции дальше за «Казановскую».

У нас даже возникает впечатление, что в сегодняшнем отношении к идеям Ленметрогипротранса замешано «что-то личное». Но, как бы там ни было, нельзя путать частные производственные проблемы с государственными задачами.

Метрополитен сегодня устранился от помощи в решении ряда вопросов, но претензии выставляет, хотя сам за последнее десятилетие ничего нового по техническому развитию не предложил. Тот же инновационный подвижной состав с асинхронным двигателем — это давняя идея, просто имевшая долгую реализацию. Что же касается двухпутных тоннелей, то разработать это решение было предложено при моем участии метрополитеном, еще в 2006 году. Метрополитен, являвшийся в то время заказчиком, предложил Ленметрогипротрансу рассмотреть эту идею и сделать под это решение



В ТЕМУ

Напомним, что в октябре 2019 года АО «Метрогипротранс» выиграло конкурс на проектирование продолжения «коричневой» ветки Петербургского метрополитена на юго-запад до станции «Сосновая Поляна». Контракт на 990 млн рублей заключен сроком на четыре года. Первоначально его выиграло ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» с предложением в 743 млн рублей, а конкуренты из Москвы не были допущены. Позднее петербургское Управление Федеральной антимонопольной службы отменило итоги торгов. В новом конкурсе Метрогипротранс стал единственным участником и взял контракт по максимальной цене.

нам необходим. Без такого специализированного многоопытного подрядчика полноценно строить метро в Санкт-Петербурге не получится. Если в Москве сейчас примерно 90% новых станций — мелкого заложения, то у нас было и будет наоборот — глубокого. И таких специалистов, как в Метрострое, нет больше нигде. Просто его развалить в угоду каким-то коммерческим идеям или посредством трансформирования собственности — это в итоге плохо скажется на всех горожанах.

В конце концов, ради нашего общего дела нужно не «разделять и властвовать», а стремиться объединить всех участников процесса, помогать друг другу.

— Именно на это и нацелена Тоннельная ассоциация Северо-Запада, недавно созданная при вашем участии?

— Конечно, хорошо, что появилась площадка, на которой можно попробовать объединить всех, кто занимается у нас тоннелестроением.

Тоннельная ассоциация России сейчас практически интересуется проблемами только Москвы, где в нашей сфере, безусловно, сосредоточены основные стройки страны. Мы же на этом фоне решили объединить все мощности своего региона, чтобы развивать метростроение в Санкт-Петербурге и вообще тоннелестроение на Северо-Западе. Такая политика направлена на то, чтобы совместно выжить в наше сложное время. Сейчас нужно объединяться, а не разделяться. В этом я вижу залог развития метростроения и подземного строительства в целом.■

расчеты, а наши метростроевцы в конечном итоге реализовали эту идею впервые в стране.

Теперь же по причинам, которые лично мне непонятны, Петербургский метрополитен «передумал» — и стал тормозящим фактором в реализации двух готовых проектов, которые лежат у заказчика. А Москва, взяв на вооружение наши разработки, один за другим строит двухпутные тоннели и радуется, что появилась такая эффективная технология строительства и эксплуатации. Добавлю, что мы за последние годы к тому же предложили много усовершенствований, в том числе увеличили на порядок безопасность в случае аварийных ситуаций.

Появились также наработки конструкций станций с двухэтажным расположением платформ. Впервые такое решение было применено на линии метро в Барселоне. Это очень хорошая идея, особенно в условиях плотной городской застройки, чтобы мини-

мизировать затраты. И если к тому же учесть, что кольцевая линия, по расчетам, в основном работает на пересадку, а с поверхности забирает сравнительно мало людей, то эта технология вполне могла бы быть востребована в Петербурге, где в перспективе предполагается строительство своего метрокольца. Но пока наши новые предложения не нашли понимания у городской администрации... А если перспективного проектирования в Северной столице не ведется, значит, и метро в Петербурге строиться в среднесрочной перспективе не будет.

— И как в этой связи вам видится ситуация с петербургским Метростроем?

— Насчет того, как можно преодолеть кризис, вспоминается инициатива Александра Дмитриевича Беглова, высказанная им еще на посту и. о. губернатора. Так или иначе, в статусе акционерного общества или государственного предприятия, Метрострой

Москва, Технопарк «Сколково»

19–21 мая 2020

Форум

AlumForum

Цель — консолидация усилий специалистов алюминиевой, стекольной, транспортной и строительной отраслей для укрепления деловых контактов с ведущими архитекторами и проектировщиками, расширения перспектив применения современных материалов и передовых технологий в архитектурно-строительной практике, создания новых возможностей развития бизнеса

Форум

ArchGlass

- Выставочная экспозиция
- Деловая программа
- Конкурс «Алюминий в архитектуре», проводится 2-й раз
- Конкурс «Стекло в архитектуре», проводится 7-й раз

+7 495 691 86 61
+7 495 697 49 01
smaexpo@bk.ru



www.alumforum.ru
www.archglass.ru



ВЛАДИМИР МАРКОВ О ПРИЧИНАХ СТАГНАЦИИ В МЕТРОСТРОЕНИИ ПЕТЕРБУРГА

Не секрет, что строительство метрополитена в Санкт-Петербурге практически замерло. Вместе с тем в городе работает крупный специализированный проектировщик — ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс», поэтому отсутствие проектов метростроения вряд ли может служить причиной сложившейся ситуации. Или все-таки может? Этот и другие вопросы мы решили задать заместителю генерального директора по проектированию метрополитенов ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» Владимиру Маркову.

— Владимир Андреевич, какие проекты метро сегодня находятся в работе Ленметрогипротранса?

— Это в основном проекты станций московского метрополитена. В Москве идет настоящая живая работа, в которой мечтает принять участие любой строитель.

Занимаемся проектированием железнодорожного тоннеля в г. Сочи. Также планируем участвовать в проектировании сочинских объектов, обхода Туапсе, второго Северомуйского тоннеля на БАМе. Но сегодня все эти будущие проекты находятся на начальном этапе даже не работы, а всего лишь обсуждения.

Санкт-Петербург, к сожалению, в последнее время никаких проектов не заказывает. Сейчас в городе идет сооружение двух линий метро — Красносельско-Калининской и Лахтинско-Правобережной. На них строятся по две станции. По плану работы должны быть завершены до 2022 года, но, может быть, сроки продлят, потому что, например, депо на Красносельско-Калининской линии еще даже не проектировали. К сожалению, больше в ближайшие годы едва ли начнут что-либо строить, потому что нет заделов, нет проектов.

— То есть Петербург о полноценном развитии метро может только мечтать?

— В принципе, да, поскольку мнение иных чиновников о том, что достаточно выделить деньги — и все пойдет само собой, не оправдывается. Сегодня, чтобы сделать крупный

проект, может потребоваться три-четыре года. Причем в ходе его согласования каждый чиновник, как говорится, «тянет одеяло на себя». Проект может быть фактически уничтожен. Командной работы нет, отсюда и отрицательный результат.

На словах все «за», а как доходит до дела, каждая отдельно взятая структура может тормозить процесс своими узковедомственными вопросами. Так, например, строительству метро в центре Санкт-Петербурга препятствует Комитет по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры, КГИОП. У него свои задачи, и ему все равно, что мы должны решать транспортные проблемы петербуржцев. И другие чиновники могут найти различные причины, якобы препятствующие строительству. А вот когда, как в Москве, есть общие для всех структур задачи, когда координируются совместные действия по их решению и за каждый шаг приходится отвечать зарплатой, а то и местом, — тогда все возможно сделать. В Петербурге такого, к сожалению, нет.

Вот, скажем, для исторического центра приняты нормы по деформации дневной поверхности, по которым на практике нам строить вообще нельзя. Значит, нужны допуски. Для зданий, охраняемых КГИОПом, по нормам это 5 мм — по сути, уровень сезонных колебаний, я даже не говорю о влиянии строительства. Поэтому, когда мы начинаем проектировать что-то в центре города и закладывать в проект реальные

Беседовала
Регина ФОМИНА

цифры, то сразу нарушаем нормы. А дальше начинается... Сделай проект сохранения памятника федерального значения, обратись с ним в экспертизу в Министерство культуры — причем никто не знает, как ее пройти, потому что в КГИОПе нет экспертов, которые могут оценить эффективность заложенных в проект охранных мероприятий. И движение замирает. Именно так происходит сейчас со станцией «Театральная», которая под землей строится, а выхода на поверхность нет. Все упирается в КГИОП. И без приказа свыше, похоже, с мертвой точки вообще никогда не двинуться.

— Решают же как-то эти вопросы в Риме, в других древних городах с богатым наследием. Там ведь чуть копни — уже история...

— Там городские администрации и государство в целом решают вопросы в комплексе. У нас же каждый чиновник отвечает только за свой «участок». Сегодня у заказчика по петербургским объектам лежат несколько наших проектов, под которые земля еще не отведена из-за проблем с согласованиями. И когда решится вопрос, никто не знает...

Пока не изменится тот чиновничий аппарат, который сейчас функционирует в городе, развития метро не будет. Судите сами. Из тех планов, что были при советской власти — 22 км метрополитена за пятилетку, — фактически за последние 30 лет реализован только один крупный проект — Фрунзенско-Приморская линия в 26 км, которую, вообще-то, предполагалось открыть еще в 1995 году, и две станции Невско-Василеостровской линии.

Если же в сегодняшней ситуации развалится наш Метрострой и из города уйдут специалисты по строительству метро глубокого заложения — а это очень узкая специализация, требующая высочайшей квалификации, — метростроение в Петербурге вообще встанет. Гастарбайтеры и даже москвичи положения не спасут. Значит, придется приглашать иностранцев. А они задешево работать не будут и наших процедур согласования в борьбе с чиновниками не потерпят.

— Но в Москве же метро строится высокими темпами, хотя законы, нормы и привила в стране едины...

— Москва — исключение из правил по целому ряду причин, которые мы сейчас подробно обсуждать не будем — это тема для отдельной беседы. Но, кстати, метростроение в столице активизировалось, когда город встал в транспортных пробках. Просто фактически остановилось движение. Питер, несмотря



на свои большие проблемы, до этого еще не дошел. Но когда дойдет, строить метро у нас, боюсь, будет уже некому.

Опять же, Москва добилась для себя права не пользоваться услугами Главгосэкспертизы и развила свою экспертную службу. Несколько мне известно, в Мосгорэкспертизе для проектов метрополитена отрицательное заключение — это редкость.

Комплексно подходить к развитию подземного пространства в Северной столице также принципиально мешает несогласованность интересов разных хозяев. К примеру, захотели строить метро. Это — один заказчик. А если транспортно-пересадочный узел, то у него уже другой хозяин, и т. д. У нас в городе нет таких организаций, которые объединяли бы все интересы, думали именно о комплексном строительстве. Эту проблему мы не можем преодолеть, поэтому у нас, по большому счету, и нет транспортных комплексов в том понимании, как в других странах, в той же Финляндии.

Кстати, в Москве проблему решили, создав Мосинжпроект, в задачи которого входит как раз строительство именно транспортно-пересадочных комплексов, а не просто станций метрополитена. Сегодня ТПУ в Москве строятся практически на всех новых станциях, мы же в Петербурге несколько отстали от таких решений. У нас задумано сделать подобное на станции «Шуваловская», но когда это будет осуществлено — тоже вопрос. Нет ни серьезного административного ресурса, как в Москве, ни грамотного заказчика. Поэтому нам в Первопрестольной работать проще и комфортнее.

— А какие работы вы выполняете для Московского метрополитена?

— Один участок мы сдали в прошлом году — пять станций Калининско-Солнцевской линии. Там мы предложили станции нового типа — так называемые двухпролетные колонные. Сейчас проектируем участок

Большой кольцевой линии и Кожуховскую линию. Там применены наши новые решения по двухпутным тоннелям. Это позволяет отказаться от притоннельных сооружений, экономить время строительства. Приятно отметить, что впервые технологию строительства двухпутных тоннелей мы реализовали в Санкт-Петербурге, а уж после этого нас пригласили работать в Москву.

Сейчас Кожуховская линия готовится к техническому пуску, 25 декабря ожидается первый прогон поездов с пассажирами. После этого линия еще будет достраиваться, но поезда уже будут ходить в техническом режиме.

Еще одна интересная московская станция, в проектировании которой мы участвовали, — «Нижегородская». Здесь будут сходитьсь две линии — Некрасовская и Большая кольцевая (БКЛ) — в один объем. Станция гигантская, и она встроена в транспортно-пересадочный узел, включающий в себя автовокзал и кольцевую железную дорогу МЦК.

— Есть к вам и еще один вопрос по перспективам работы в других регионах. Сейчас, после того как Крымский мост практически введен в эксплуатацию, снова заговорили о строительстве тоннеля под Керченским проливом. Ленметрогри-протранс ранее предлагал такой проект. Сегодня он мог бы быть актуальным?

— Да. Мы изначально предлагали там строить тоннель. По нашим расчетам, это было бы дешевле, качественнее и безопаснее, включая антитеррористическую защищенность.

К сожалению, традиционно в России сложилось так, что тоннель — это уникальный объект строительства, который строят только в том случае, когда другого варианта просто нет. Но если для улучшения связи с Крымским полуостровом потребуется дополнительная транспортная артерия, мы готовы актуализировать наши разработки. ■



В. Н. КАВКАЗСКИЙ, к. т. н.;
Т. В. ИВАНЕС, к. т. н.
(ПГУПС Императора Александра I)

Со времени проведения зимних Олимпийских игр в Сочи прошло несколько лет. Этому событию предшествовала грандиозная по масштабам реконструкция и перепланировка города. В соответствии с федеральной программой строительства олимпийских объектов были реализованы масштабные транспортные проекты, которые сегодня позволяют принимать до 6,5 млн отдыхающих в год.

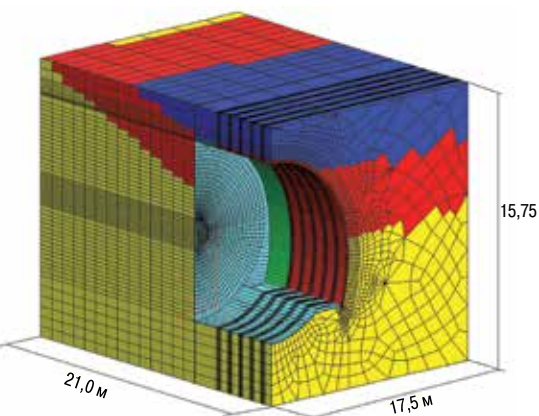


Рис. 1. Расчетная схема выработки с комбинированной временной крепи

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ГЕОМЕХАНИКИ ДЛЯ ВРЕМЕННОЙ КРЕПИ ТОННЕЛЕЙ В СОЧИ

В течение короткого времени было построено большое количество спортивных и сопутствующих им объектов, расположенных в двух отдельных кластерах — прибрежном (Имеретинская низменность) и горном (Красная Поляна). Для их взаимосвязанности и полноценной эксплуатации, в свою очередь, потребовалось создание мощной транспортной инфраструктуры.

Один из основных ее объектов — федеральная магистраль А-148 «Дублер Курортного проспекта». Трасса спроектирована по параметрам I технической категории без прямых пересечений в одном уровне с дорогами местного значения. Магистральная улица, ставшая одной из трех главных транспортных артерий Сочи, имеет четыре полосы движения (по две в каждом направлении), 7 примыкающих транспортных развязок, десятки эстакад и 15 тоннелей. Все это обеспечивает возможность поддержания проектного скоростного режима на протяжении основного хода не менее 75 км/ч.

Участие ученых кафедры «Тоннели и метрополитены» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I в проекте опреде-

лялось необходимостью решения проблем тоннелестроения.

При сооружении тоннелей горным способом выбор и обоснование типа и конструкции временной крепи является одним из ключевых вопросов, тесно связанных со способом раскрытия выработки (на полное сечение или по частям; если по частям, то в какой последовательности). Тип и конструкция временной крепи, обеспечивая безопасность проходки, являются факторами, в значительной степени определяющими трудоемкость и темпы строительных работ.

Чтобы обеспечить соответствие конструктивных параметров временной крепи инженерно-геологическим условиям и принятой технологической схеме проходки тоннеля, необходимо провести анализ несущей способности всех ее компонентов во взаимодействии с грунтовым массивом на всех этапах проходческого цикла.

Цель проведенных исследований заключалась в обосновании возможности проходки на полное сечение участка подходной выработки к тоннелю №8. Вмещающий выработку грунтовой массив представлен аргиллитами и тяжелыми суглинками. Толща этих грунтов над выработкой на припортальном участке

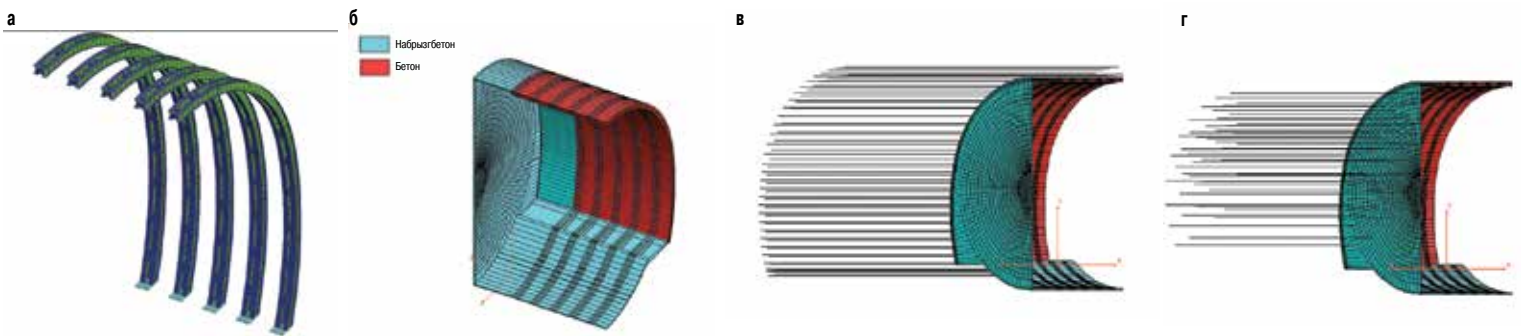


Рис. 2. Фрагменты расчетной схемы: а — арки; б — набрызгбетон; в — экран из труб по контуру выработки; г — стекловолоконные трубы в забое

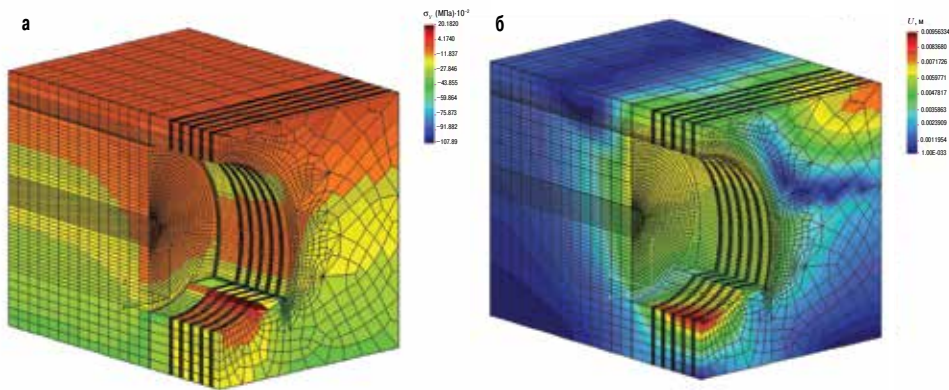


Рис. 3. Картина распределения сжимающих напряжений (а) и результирующих смещений (б) в грунтовом массиве вблизи выработки

тоннеля составляла всего 2 м. Требовалось оценить устойчивость большепролетной выработки (пролетом 12 м и высотой 11,3 м), закрепленной комбинированной крепью: арочно-бетонной с опережающей крепью кровли и лба забоя. Опережающая крепь выполнена из металлических и стекловолоконных труб.

Анализ устойчивости закрепленных выработок выполнен на математических 3D-моделях с использованием метода конечных элементов (МКЭ). Расчеты произведены с применением программного комплекса Solid Works/Cosmos Works, реализующего решение задач статики твердых деформируемых тел (сертифицирован в России).

Грунтовый массив и обделка моделировались объемными призматическими конечными элементами типа Solid, арки — оболочечными элементами типа Shell 4, опережающая крепь кровли — стержневыми элементами Beam 3D, имеющими общие узлы с грунтовыми элементами, крепление забоя — элементами типа Truss 3D. Такой подход в горной геомеханике дает ряд преимуществ перед традиционными методами решения контактных задач, так как позволяет учесть конструктивные и технологические особенности крепи.

В поперечном сечении размеры выделенного фрагмента грунтового массива соста-

вили 31,5×17,5 м. В продольном направлении длина фрагмента массива (21 м) определялась расстоянием, соответствующим шести циклам проходки (7 м) и величиной целика грунта перед забоем (14 м). С учетом симметрии задачи относительно плоскости YZ для расчета была выделена половина фрагмента массива с выработкой (рис. 1).

Крепление выработки осуществлялось, в соответствии с проектом, сдвоенными двутавровыми арками, установленными с шагом в 1 м. Пространство между арками заполнено бетоном толщиной 300 мм, у забоя — набрызгбетоном толщиной 100 мм. Элементы опережающей крепи: в кровле — 58 стальных труб наружным диаметром 114 мм, в стенах — 56 стекловолоконных труб наружным диаметром 76 мм, заполненных раствором. Крепление плоскости забоя осуществлялось с помощью 96 стекловолоконных труб наружным диаметром 60 мм и слоя набрызгбетона толщиной 10 см. Фрагменты расчетной схемы приведены на рис. 2.

В результате расчета получены картины распределения сжимающих и растягивающих напряжений (рис. 3, а), а также смещения в грунтовом массиве вблизи выработки (рис. 3, б). Наибольшие сжимающие напряжения зафиксированы в подошве выработки под пятами арок, однако предела прочности на сжатие расположенных под ними аргил-

литов не превышая. В кровле и в нижней части забоя, где встречаются слои тяжелых суглинков, величина напряжений соизмерима с пределом прочности этих грунтов на сжатие.

Существенные растягивающие напряжения зафиксированы в верхней части забоя и в примыкающей к нему кровле выработки, расположенной в суглинках. Зона растягивающих напряжений в забое выработки распространяется вглубь массива на расстояние 1–2 м, а вблизи лба забоя достигает поверхности.

Значения растягивающих и сжимающих напряжений в арках временной крепи показали значительный запас их несущей способности. Зафиксированные в стальных трубах опережающей крепи кровли и в стекловолоконных трубах максимальные растягивающие напряжения существенно ниже прочностных характеристик этих материалов.

Анализ возможных смещений лба забоя и контура выработки с опережающей крепью показал, что зона влияния выработки распространяется вглубь массива на расстояние не более 12 м от контура выработки и осадки поверхности не превышают 56 мм. При этом смещения в центральной части лба забоя — не более 30 мм, в нижней незакрепленной части забоя — 55 мм.

Теоретические исследования, выполненные на математических моделях с целью оценки степени влияния опережающей крепи на устойчивость подходной выработки показали, что предусмотренное проектом крепление кровли и лба забоя выработки опережающей крепью, арками и набрызгбетоном не предотвращает появления зон возможных обрушений в грунте, но ограничивает область их распространения, обеспечивая безопасность ведения проходческих работ. При этом горное давление на исследуемом участке тоннеля вполне воспринимается временной крепью, что позволяет минимизировать негативное влияние на сдвиге грунтового массива. ■

И. Н. ХОХЛОВ,
А. И. ЗАКИРОВА
(ООО «НИЦ Тоннельной
Ассоциации»)

Московский метрополитен обслуживает более половины всего пассажиропотока столицы. Некоторые станции при этом работают на пределе пропускной способности, особенно в пиковые часы. С целью улучшения транспортной ситуации властями города Москвы, как известно, реализуется программа удвоения протяженности метрополитена. Предусмотрено продление существующих и строительство новых линий, в том числе в густонаселенных районах. В достаточно сложных геологических условиях Московского региона применение современных технологий определения геотехнических рисков при этом особо важно на территориях существующей плотной застройки.



ВОПРОСЫ УЧЕТА ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ РИСКОВ В МЕТРОСТРОЕНИИ

В 2010–2018 гг. протяженность Московского метрополитена увеличилась на 45%. С учетом Московского центрального кольца построены 136 км линий, 73 станции, 9 депо. На сегодняшний день самым масштабным проектом является Большая кольцевая линия (БКЛ), строительство которой должно быть завершено к 2020 году. Общая длина ее составит 69 км. 31 пересадочная станция на ней при этом появится в основном в плотно населенных районах города. Вторым крупнейшим проектом сейчас является новая 15-я линия метрополитена — Некрасовская (Кожуховская), которая соединит Новую Москву с центром. Полностью она должна быть введена в эксплуатацию в 2021 году. А одним из ключей успеха в реализации этих и других масштабных планов по развитию Московского метрополитена является решение геотехнических проблем, которые могут возникать при строительстве в сложных геологических условиях.

Способы строительства, новые технологии

Существуют две схемы строительства метрополитена в Москве: сооружение линий глубокого заложения, при котором станции и тоннели строятся обычно горным способом без вскрытия дневной поверхности; сооружение линий мелкого заложения, когда станции строятся открытым способом, а тоннели — открытым или закрытым способом.

План и профиль линии, а также схема ее строительства в каждом конкретном случае зависит от нескольких факторов. Это:

- геологические условия, включая возможные геотехнические риски;
- развитость городской инфраструктуры, в том числе наличие зданий, сооружений и коммуникаций;
- транспортная перегруженность и перспективное развитие транспортной инфраструктуры.

Высокие скорости строительства метро в Москве возможны благодаря использованию современных технологий. В частности, при сооружении метрополитена открытым способом применяются метод «стена в грунте», струйная цементация, буровые и НПШ-сваи, современные гидроизоляционные системы и

материалы, анкерные системы, специальные способы улучшения и изменения свойств грунтов: водопонижение, замораживание, цементация, усиление здания.

При строительстве закрытым способом без вскрытия земной поверхности применяются:

- проходка тоннелей с помощью ТПМК с использованием сборной водонепроницаемой железобетонной обработки;
- набрызг-бетон и напыляемые гидроизоляции;
- специальные методы строительства: замораживание, цементация (при сооружении сбоек, ВОУ, ВУ);
- строительство вертикальных выработок с помощью механизированных стволопроходческих комплексов (ВСПК);
- сооружение сбоек щитами малого диаметра.

Геотехнические аспекты

Широкое применение прогрессивных методов, однако, не всегда дает ожидаемый эффект при строительстве подземных сооружений метрополитена — и не только из-за так называемого человеческого фактора, но и в результате проявления геотехнических рисков. В этом плане условия Московского региона достаточно сложны. Основные факторы, негативно влияющие на освоение подземного пространства:

- ухудшение свойств грунтов, изменение их структуры и свойств при разуплотнении;
- осадки при новом строительстве;
- повышение уровня грунтовых вод вследствие проявления технологического фактора: утечки из коммуникаций, барражный эффект и т. п.;
- наличие тиксотропных (плывуны) и склонных к морозному пучению грунтов;
- загрязнение грунтовых вод, современные тектонические движения, блуждающие токи и другие антропологические факторы;
- оползневые и эрозионные процессы;
- карстово-суффозионные процессы.

В результате воздействия этих факторов около 30% стоимости обслуживания подземного сооружения уходит на его текущий ремонт: восстановление гидроизоляции,

усиление конструкций, укрепление оснований и прочее.

Российская академия наук на основании изучения геологических условий Москвы разработала зонирование по увеличению стоимости строительства до 3–6 раз, по сравнению с традиционным анализом, не включающим в себя детальную оценку рисков. Результаты этих исследований показали, что около половины (48%) территории города находится в зоне геологического риска, в зоне потенциального геологического риска — 12%, в безопасной зоне — 40%.

Научное сопровождение при проектировании и строительстве

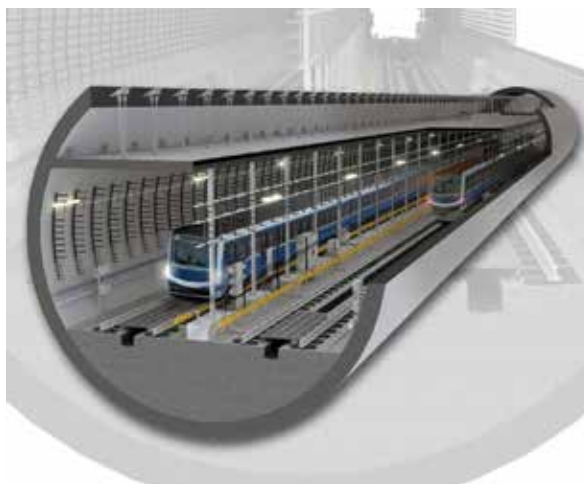
В общем случае взаимодействие сооружения метрополитена с окружающим грунтовым массивом определяется в напряженно-деформируемом состоянии грунта и сооружения, включая следующие негативно влияющие факторы: нагрузка и разгрузка основания во время разработки грунта и последующая эксплуатация сооружения, влияющая на условия нагрузки и взаимодействия с основанием; гидродинамическое воздействие, вызванное колебаниями уровня грунтовых вод; технологическое воздействие, вызванное дополнительными нагрузками при строительстве, а также особенностями геотехнических работ.

В зависимости от стройплощадки выделяют три категории геотехнической сложности строительства, включающие в себя здания и сооружения, соответственно:

- 1) пониженного класса ответственности в простых геологических условиях с небольшой вероятностью проявления геотехнических рисков;
- 2) нормального и повышенного уровня ответственности в простых и средней сложности геологических условиях;
- 3) с повышенной ответственностью в сложных геологических условиях, с большой вероятностью проявления геотехнических рисков.

Сооружения метрополитена обычно относят к третьей категории. В данном случае научное сопровождение является обязательным.

При проведении научного сопровождения проводятся изыскательские и аналитические работы, связанные с обследованием площадки строительства и трассы тоннелей, включая здания, сооружения и коммуникации, находящиеся в зоне влияния строительства метрополитена; геотехническим анализом напряженно-деформированного состояния грунтового массива и сооружения при строительстве метрополитена; оценкой геотехни-



ческих рисков; расчетом обделок и подземных сооружений по предельным состояниям; разработкой и установкой системы мониторинга; усилением зданий и сооружений; оптимизацией конструктивных и проектных решений после уточнения геотехнических условий площадки строительства; контролем качества при проведении сложных геотехнических работ.

Практические примеры

Комплекс геотехнических изысканий научных, прикладных и теоретических работ, о которых речь пойдет ниже, проводился при строительстве Московского метрополитена. Несколько показательных примеров иллюстрируют обоснованность инженерных подходов при подземном строительстве.

Двухпутные тоннели метрополитена

В настоящее время на Кожуховской линии сооружаются двухпутные тоннели с помощью ТПМК большого диаметра с грунтопригрузом. Глубина заложения — от 15 до 20 м. Трасса тоннелей проходит по районам плотной городской застройки в сложных геотехнических условиях. При строительстве используется принцип безосажденной проходки, что стало возможным благодаря применению современной системы мониторинга и методов усиления зданий — компенсационного нагнетания. При строительстве используются обделки круглого очертания из сборных железобетонных блоков диаметром 9,6/10,5 м (внутренний/наружный).

ТПМК малого диаметра для сбоек и технологических выработок

Этот подход становится необходимым, когда сбойки или технологические (вен-

тиляционные) тоннели имеют достаточно большую длину и при этом залегают в неустойчивых и водонасыщенных грунтах. В таком случае большое количество работ по грунтоукреплению становится неэффективным с точки зрения капиталовложений, и при этом возрастают риски. Одним из примеров может служить строительство двух технологических тоннелей (длиной от 70 м) с помощью ТПМК малого диаметра с грунтопригрузом, выполненное в 2017 году на Люблинской линии.

Открытый способ в сложных геологических условиях и условиях плотной городской застройки

Для открытого способа работ существует несколько решений в сложных условиях.

Одной из задач, которую приходится решать, является устройство монтажных камер для ТПМК. Обычно используются стена в грунте или буросекущие сваи по технологии НПШ с замковыми грунтоцементными сваями. Для достижения большой скорости строительства и снижения стоимости конструкций рационально применение грунтовых анкеров вместо традиционного распорного крепления.

Сохранность зданий и сооружений: мониторинг и усиление

Современная система мониторинга показывает значительную эффективность. Особенно в случае, когда осадки могут проявляться в течение короткого времени (например, проходка тоннелей с помощью ТПМК). Другим решением, показавшим свою надежность, является использование технологии компенсационного нагнетания совместно с автоматизированными системами мониторинга, что позволяет исключить дополнительные осадки при строительстве. ■



ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОДНОСВОДЧАТЫХ СТАНЦИЙ МЕТРОПОЛИТЕНА В МАЛОПРОЧНЫХ СКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ

Ю. С. ФРОЛОВ,
д. т. н., профессор;

Шэнь ЦЯОФЭН,
аспирант
(кафедра «Тоннели
и метрополитены» ПГУПС
Императора Александра I)

Ускоренный экономический рост Китая в последние десятилетия обусловил высокие темпы развития транспортной инфраструктуры. В связи с увеличением численности населения и расширением границ городов, особенно с развитием пригородной зоны, в системе городского транспорта существенно возросла роль метро. Сейчас метрополитены действуют и продолжают строиться в 41 городе. Строительство станционных комплексов при этом осуществляется преимущественно закрытым способом в скальных грунтах. В настоящее время решение задач, актуальных для китайского метростроения, является темой исследований, проводимых на кафедре «Тоннели и метрополитены» ПГУПС Императора Александра I.

О масштабах задач

Общая протяженность линий метрополитена в Китае на конец сентября 2019 года превысила 6 тыс. км. За последние 10 лет в стране ежегодно вводилось в среднем 500 км линий в год (рис. 1).

Наибольшее развитие получил метрополитен Шанхая (ввод первой линии — 1993 год, число станций — 415, протяженность линий — 705 км, в перспективе на 2023 год — 1154 км). На втором месте — Пекин, где метро работает с 1969 года, имеет 391 станцию и протяженность линий 637 км,

Окончание следует

которая, однако, уже в 2020 году со сдачей в эксплуатацию строящихся объектов побьет шанхайский рекорд и достигнет 1177 км. В тройку лидеров на сегодняшний день также входит метрополитен Гуанчжоу (ввод первой линии — 1997 год, число станций — 257, протяженность линий — 478 км, в перспективе на 2023 год — 800 км). Известно также, что к 2030 году до 1011 км планируется увеличить протяженность линий метро Нанкина.

На большинстве вновь строящихся линий метрополитена строительство станционных комплексов осуществляется закрытым способом в скальных грунтах различной прочности. Значительные по величине пассажирообороты на многих станциях обусловили необходимость увеличить ширину посадочной платформы до 15 м. Из многообразия конструктивных решений и технологических приемов строительства следует выделить односводчатые и колонные станции, которые сооружаются горным способом с обделкой из монолитного бетона (рис. 2). При этом во многих случаях предпочтение отдается односводчатым станциям с обделкой из монолитного железобетона. Пролет выработки в зависимости от ширины платформы составляет 22–25 м, а ее площадь — 200–250 м².

Преимущества односводчатых станций

Однопролетная конструкция из монолитного железобетона имеет ряд преимуществ по сравнению с колонными или пилонными типами станций. Под единым сводом можно расположить весь комплекс сооружений, обеспечивающих эффективное и безопасное движение поездов, включая служебные помещения и камеры съездов. Конструктивная форма односводчатой станции из монолитного железобетона довольно проста и применима в широком диапазоне скальных грунтов. Устройство гидроизоляции при этом осуществляется по менее затратной и более эффективной технологии.

Однако осуществление проекта на практике оказывается тем проще, чем прочнее грунты и чем меньше пролет выработки. При сооружении односводчатой станции горным способом выбор и обоснование конструкции временной крепи, обеспечивающей устойчивость большепролетной выработки, являются одним из ключевых вопросов, тесно связанных со способом раскрытия выработки до проектного кон-

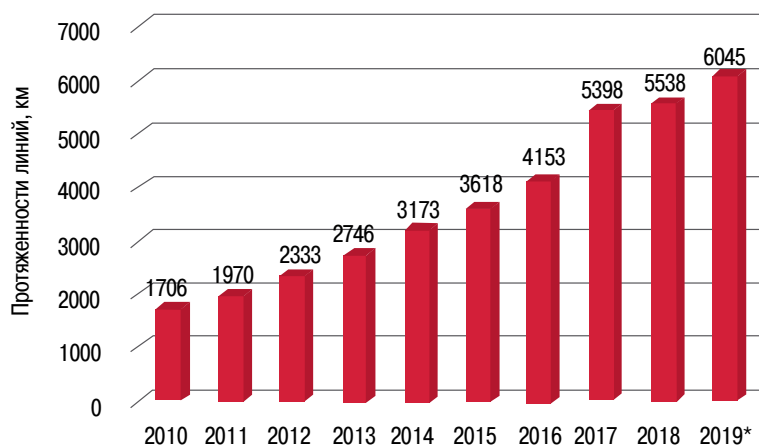


Рис. 1. Рост протяженности линий метрополитена в городах КНР за 10 лет (данные на сентябрь 2019 года)

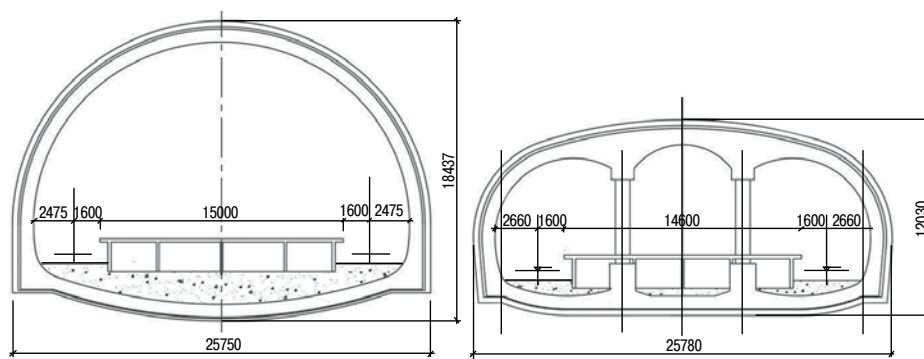


Рис. 2. Конструкции станций метрополитена с увеличенной шириной платформы

тура (на полное сечение или по частям, а если по частям, то в некоторой последовательности).

Способы строительства тоннелей большого пролета в малопрочных грунтах

Анализ мирового опыта строительства горным способом тоннелей большого пролета в малопрочных скальных грунтах показал, что современным требованиям «высоких технологий» отвечают три способа выполнения работ: технология поэтапного раскрытия выработки по новоавстрийскому способу (NATM), технология опережающего крепления кровли и лба забоя выработки (ADECO-RS), норвежский метод тоннелестроения (NTM).

Концепция NATM — управление горным давлением путем корректировки конструктивно-технологических параметров временной крепи и обделки по данным мониторинга. В процессе продвижения забоя первичная обделка деформируется, принимая на себя часть нагрузки. Когда эти

деформации достигнут предельно допустимых значений, бетонируют вторичную (постоянную) обделку. В результате нагрузка на несущую обделку снижается до 30%.

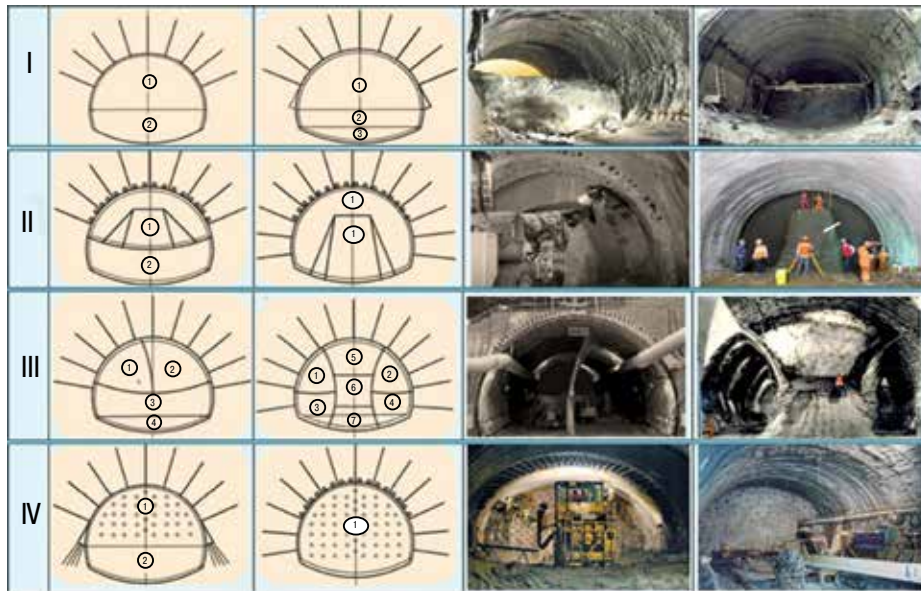
В методе NATM выработка раскрывается по частям на полный профиль и поддерживается на временной крепи до возведения обделки, которую бетонируют за один прием, начиная с фундамента и заканчивая сводом. Временное крепление каждой выработки осуществляется контурной крепью из набрызг-бетона, как правило, в комбинации с анкерами или с арками из прокатной стали, или изготовленными из арматурных стержней, устанавливаемых с различным шагом. Форму поперечного сечения тоннеля рекомендовано принимать возможно близкой к овальному очертанию.

В относительно благоприятных условиях сечение тоннеля пролетом 12–16 м разбивается на 2–3 ступени (позиция I в табл. 1).

В менее благоприятных условиях устойчивость выработки повышают путем укрепления лба забоя грунтовыми контрфорсом, представляющим собой выступающую на 2–3 м часть грунта, оставленную в середи-

Таблица 1

Схемы раскрытия выработок большого пролета в малопрочных скальных грунтах



не забоя на каждой заходке (позиция II в табл. 1).

С увеличением размеров проектного сечения выработки либо снижения прочностных показателей скального массива площадь сечения каждой выработки, раскрываемой одним забоем, должна контролироваться в определенном диапазоне. В противном случае из-за того, что сечение слишком велико, выработка потеряет устойчивость. Поэтому количество последовательных этапов выполнения проходческих работ возрастает. Здесь раскрытие выработки можно вести либо по схеме поперечной диафрагмы, разделяя калотту на две последовательно разрабатываемых выработки большой площади, а затем поочередно нижние уступы, либо по схеме боковых пилот-тоннелей, разделяя всю площадь проектного сечения на более мелкие элементы (позиция III в табл. 1).

Сущность метода ADECO-RS, разработанного и научно обоснованного итальянскими специалистами, заключается в том, что устойчивость большепролетной выработки, помимо закрепления грунта по периметру ее поперечного сечения, обеспечивается стабильностью грунта впереди лба забоя за счет устройства опережающей крепи (позиция IV в табл. 1). В качестве армирующих конструкций используются специальные стекло-локонные элементы длиной 20–30 м. Метод позволяет разделить сечение тоннеля на более крупные элементы или вести проходку сплошным забоем.

Практика применения метода показала его эффективность при проходке сплошным забоем выработок пролетом до 18 м. Однако об успешном использовании ADECO-RS при сооружении тоннелей большого сечения неизвестно. Вероятно, в подобных случаях это связано с большой трудоемкостью работ и увеличением возможных рисков потери устойчивости выработки.

По концепции норвежского метода (NTM) на основании анализа и статистической обработки большого количества данных, полученных по результатам мониторинга при строительстве подземных сооружений в разнообразных инженерно-геологических условиях, разработаны рекомендации (на уровне официального документа) для обоснования конструктивного решения крепи.

Для оценки качества грунтового массива и выбора соответствующей крепи выработки при данном методе пользуются эмпирической системой Q , основанной на классификации RQD (RockQualityDetermination). Она включена в российский межгосударственный стандарт «Грунты. Классификация» (ВСН 126-90. Крепление выработок набрызг-бетоном и анкерами при строительстве транспортных тоннелей и метрополитенов. Нормы проектирования и производства работ. М.: Минтрансстрой СССР, 1991).

В соответствии с классификацией RQD качественное состояние грунтового массива определяют по выходу керна при бурении скважин: оно тем выше, чем больше

выход керна, следовательно, меньше нарушенность пород трещинами, пустотами. К этому показателю добавляются 5 параметров, характеризующих степень трещиноватости грунтового массива (J_n), материал заполнения трещин (J_r), характеристики несвязного грунта и условия на контакте «крепь — грунтовый массив» (J_a), степень обводненности и давление воды (J_w), начальное напряженное состояние массива (SRF). Каждый из этих параметров имеет от 10 до 17 количественных показателей.

Величина Q определяется по формуле:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF}$$

Значения Q могут быть от 0,001 для грунтов исключительно ослабленных, с высоким градиентом начального поля напряжений, до 1000 — для крепких скальных грунтовых массивов, не имеющих трещин.

Конструктивные параметры крепи определяют по номограмме в соответствии с обобщенным критерием Q . Отсюда следует, что NTM является не способом строительства тоннелей, а совокупностью методик, определяющих в итоге только конструктивные параметры крепи в конкретных инженерно-геологических условиях в предположении, что выработка до проектного сечения раскрывается за один прием. При больших пролетах выработки это возможно осуществить только в прочных и очень прочных скальных грунтах.

Исходя из вышеизложенного, следует, что наиболее приемлемым способом строительства станционных сооружений большого пролета в малопрочных скальных грунтах является новоавстрийский способ при стадийной технологии раскрытия выработки.

Инструмент решения задач геомеханики в тоннелестроении

Разнообразие инженерно-геологических условий и различная глубина заложения односводчатых станций на линиях метрополитена в городах КНР требуют принятия таких конструктивно-технологических решений, для которых недостаточно, а зачастую и невозможно использовать метод аналогий и повторных решений без предварительной адаптации проекта к конкретным условиям строительства. В число первоочередных геомеханических задач, подлежащих решению при стадийной разработке выработок большого сечения, следует отнести

обоснование схемы поэтапного раскрытия и разработку методики прогнозирования напряженно-деформированного состояния системы «крепь — грунтовый массив».

Это подтверждается исследованиями, выполненными на кафедре «Тоннели и метрополитены» ПГУПС, а также многочисленными опубликованными трудами российских и зарубежных специалистов, в том числе китайских.

Исследования напряженно-деформированного состояния системы «крепь — грунтовый массив» на численных моделях проводились в несколько этапов. Задача первого этапа — выбор и обоснование метода раскрытия станционной выработки большого пролета в малопрочных скальных грунтах. Задача второго этапа — прогноз геомеханических процессов при раскрытии выработки методом боковых пилот-тоннелей в конкретных условиях строительства односводчатой станции. Задача третьего этапа — оценка степени влияния физико-механических характеристик грунтового массива на напряженно-деформированное состояние системы «крепь — грунтовый массив».

В качестве объекта исследований принята станция метрополитена, расположенная в малопрочном скальном массиве на глубине 20 м от шельги свода. Форма и размеры поперечного сечения станции соответствуют типовым решениям односводчатых станций на линиях метрополитена в Китае. Характеристики малопрочных скальных грунтов соответствуют IV классу по классификации грунтов, принятой в КНР, что соответствует коэффициенту крепости 2–3 по шкале Протодяконова.

Комбинированная крепь выработок выполняется из набрызг-бетона, металлических арок, железобетонных и фиброгласовых анкеров (рис. 3). Параметры временной крепи приняты в соответствии с рекомендациями Q-системы. Длина железобетонных анкеров, расположенных с шагом 1 м по периметру проектного очертания выработки, принята 5 м, диаметр стержня — 28 мм, толщина набрызг-бетона с металлическими арками — 350 мм. Длина фиброгласовых анкеров, расположенных по внутреннему контуру опережающих забоев, принята 2 м, диаметр стержня — 22 мм, толщина набрызг-бетона — 200 мм.

Мировая практика проектирования и строительства подземных сооружений свидетельствует о том, что в настоящее время эффективным инструментом решения задач геомеханики в тоннелестроении является метод численного моделирова-

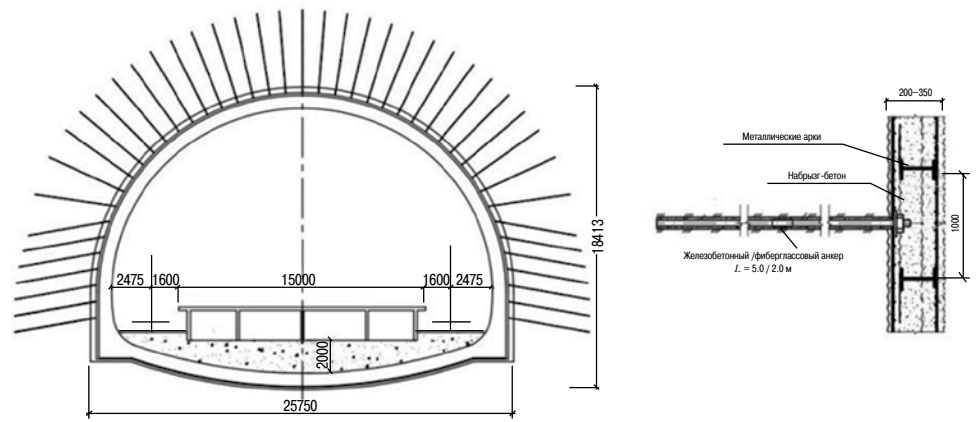


Рис. 3. Поперечное сечение платформенного участка станции (а) и конструкция контурной крепи выработок (б)

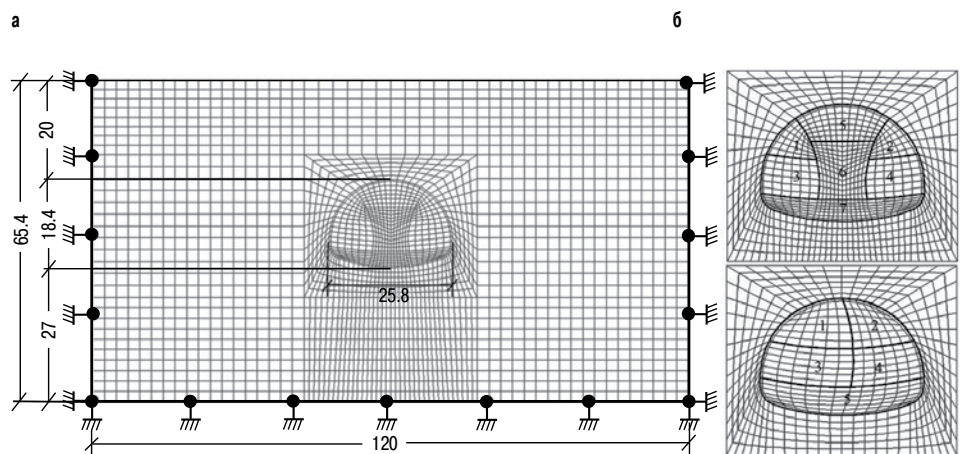


Рис. 4. Расчетная схема метода конечных элементов (а) и фрагменты сетки конечных элементов по схеме боковых пилот-тоннелей и поперечной диафрагмы (б)

ния. Эффективность применения этого метода подтверждена исследованиями, выполненными на кафедре «Тоннели и метрополитены» ПГУПС, а также многочисленными работами, опубликованными в трудах российских и зарубежных специалистов, в том числе китайских.

Исследования напряженно-деформированного состояния системы «крепь — грунтовый массив» на численных моделях проводились в несколько этапов:

- задача первого этапа — выбор и обоснование метода раскрытия станционной выработки большого пролета в малопрочных скальных грунтах;

- задача второго этапа — прогноз геомеханических процессов при раскрытии выработки методом боковых пилот-тоннелей в конкретных условиях строительства односводчатой станции;

- задача третьего этапа — оценка степени влияния физико-механических характеристик грунтового массива на напряженно-деформированное состояние системы «крепь — грунтовый массив».

В качестве объекта исследований принята станция метрополитена, расположенная в малопрочном скальном массиве на глубине 20 м от шельги свода. Форма и размеры поперечного сечения станции соответствуют типовым решениям односводчатых станций на линиях метрополитена в КНР. Характеристики малопрочных скальных грунтов соответствуют IV классу по классификации грунтов, принятой в КНР, что соответствует коэффициенту крепости 2–3 по шкале Протодяконова.

Комбинированная крепь выработок выполняется из набрызг-бетона, металлических арок, железобетонных и фиброгласовых анкеров (рис. 3). Длина железобетонных анкеров, расположенных с шагом 1 м по периметру проектного очертания выработки, принята 5 м, диаметр стержня — 28 мм, толщина набрызг-бетона с металлическими арками — 350 мм. Длина фиброгласовых анкеров, расположенных по внутреннему контуру опережающих забоев, принята 2 м, диаметр стержня — 22 мм, толщина набрызг-бетона — 200 мм.

Обоснование метода раскрытия станционной выработки

Задача решалась путем сравнительной оценки степени влияния различных методов поэтапного раскрытия выработки большого пролета на напряженно-деформированное состояние системы «крепь — грунтовый массив». С учетом пролета выработки, инженерно-геологических условий и анализа опыта строительства тоннелей пролетом 20–25 м в малопрочных скальных грунтах, были выбраны два варианта (схема III) из восьми технологических схем раскрытия выработки, представленных в табл. 1: раскрытие выработки по схеме боковых пилот-тоннелей и по схеме поперечной диафрагмы. Конечно-элементная модель для проведения численных экспериментов с использованием программного комплекса FLAC показана на рис. 4а.

Грунтовый массив моделировался весовыми объемными элементами (толщина

модели 1 м) со следующими физико-механическими характеристиками, принятыми с учетом структурного ослабления скального массива: прочность на сжатие 15 МПа; модуль деформации 900 МПа; коэффициент Пуассона 0,35, сцепление 0,2 МПа; угол внутреннего трения 28°; плотность грунта 25,0 кН/м³.

В разработанных конечно-элементных моделях выделялись основные расчетные этапы, соответствующие технологическим этапам проходческих работ. Последовательность выполнения проходческих работ при раскрытии станционной выработки методом боковых пилот-тоннелей и методом поперечной диафрагмы показана на рис. 4б.

Результаты численного моделирования оценивались по величинам осадок поверхности земли, по характеру напряженно-деформированного состояния грунтового массива, по величине вертикальных и горизонтальных смещений характерных точек на временной крепи / первичной об-

делке. На рис. 5, 6 представлены графики оседания земной поверхности и смещений контура набрызг-бетонной крепи в результате поэтапного раскрытия и крепления выработки станционного тоннеля при различных методах выполнения проходческих работ.

По совокупности результатов проведенных исследований, выполненных с учетом деформационно-прочностных свойств грунтового массива и последовательности выполнения проходческих работ, установлено, что проходческие работы при строительстве станции пролетом более 25 м в малопрочных скальных грунтах следует выполнять методом боковых пилот-тоннелей.

Следующие этапы численного анализа посвящены разработке методики прогнозирования напряженно-деформированного состояния крепи и грунтового массива при разработке односводчатой станции в малопрочных скальных грунтах методом боковых пилот-тоннелей. ■

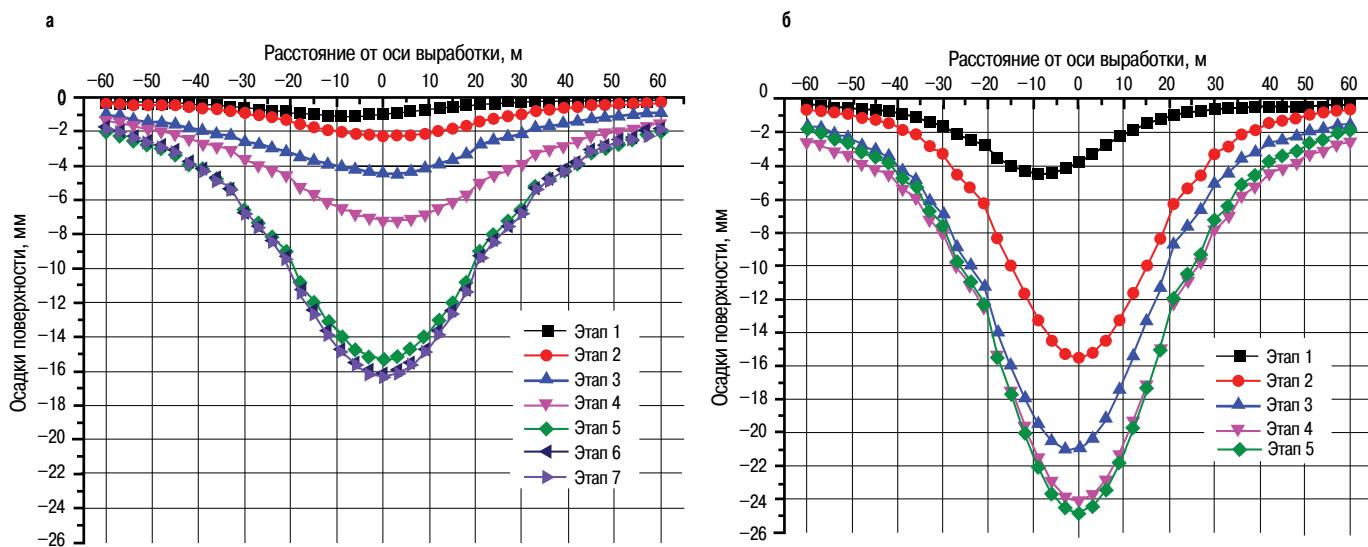


Рис. 5. Мульды оседания земной поверхности при раскрытии выработки методом боковых пилот-тоннелей (а) и методом поперечной диафрагмы (б).

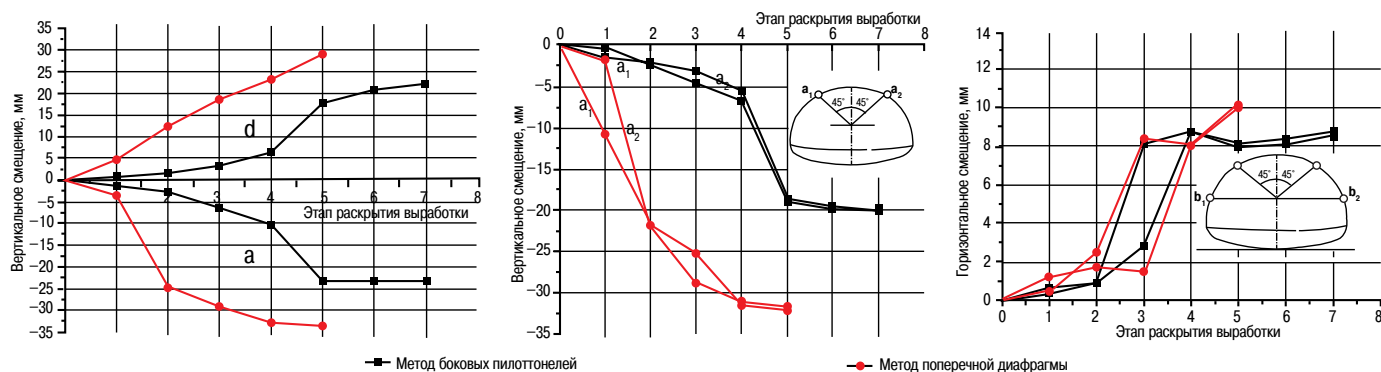


Рис. 6. Смещения набрызг-бетонной крепи выработки

Н. Г. КАНЕВ,
к. ф.-м. н., ведущий
инженер-акустик
ООО «Акустические материалы»

Рельсовый транспорт является одним из основных источников повышенной вибрации в современных мегаполисах. Интенсивное его развитие все чаще приводит к проблеме негативного вибрационного воздействия на людей и здания. Особенно это относится к метрополитену. Для защиты зданий применяются специальные мероприятия по виброизоляции. Однако стоимость известных решений довольно высока, и это обстоятельство определяет необходимость поиска оптимальных технологий, позволяющих, с одной стороны, обеспечить требуемый уровень виброзащиты, с другой — минимизировать расходы на специализированные материалы.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕШЕНИЙ ПО ЗАЩИТЕ ЗДАНИЙ ОТ ВИБРАЦИИ МЕТРОПОЛИТЕНА



Рис. 1. Укладка виброизоляционных матов перед устройством фундамента

Уплотнение городской застройки и бурное развитие общественного рельсового транспорта, в первую очередь, метрополитена, в больших городах приводит к тому, что строения все чаще оказываются вблизи железнодорожных путей. ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве», регулярно проводящее исследования уровней вибрации в зданиях, отмечает негативную тенденцию. В последние годы по изучаемым в столице объектам доля несоответствия гигиеническим требованиям стала выше 50% и продолжает расти.

В сложившейся практике на этапе проектирования зданий вблизи линий метрополитена проводится натурное исследо-

вание вибрации на площадке застройки от действующих линий или выполняется прогноз вибрации от линий перспективных. На основании этих данных рассчитываются нормируемые параметры вибрации в проектируемом здании, и в случае их превышения над предельно-допустимыми значениями делается вывод о необходимости применения мероприятий по виброзащите.

Известно несколько способов снижения вибрационного воздействия рельсового транспорта на здания. В первую очередь, виброизолирующие мероприятия применяются в конструкциях железнодорожных путей. Для снижения вибрации, распространяющейся по грунту, могут применяться экранирующие



www.acoustic.ru

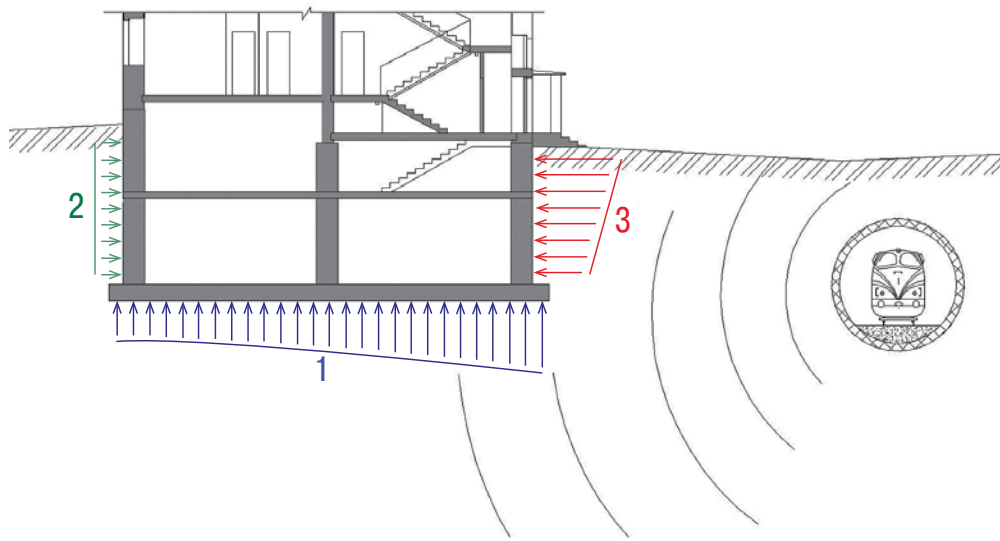


Рис. 2. Вибрационное воздействие от метрополитена на подземную часть здания; длина стрелок соответствует интенсивности вибрации, которая ослабляется вдоль фундамента из-за удаления от источника (1), экранирования зданием (2) и снижения амплитуды колебаний грунта с глубиной в поверхностной волне Рэлея (3)

препятствия, например, глубокие траншеи с мягким заполнителем, бетонные конструкции «стена в грунте», и некоторые другие.

Но чаще всего используют виброизоляторы непосредственно в конструкции зданий. Есть несколько таких решений. Виброизоляторы могут разделять конструкцию здания в горизонтальной плоскости. При этом ослабляется передача вибрации с части объекта, находящейся ниже этой плоскости и воспринимающей динамическое воздействие со стороны грунта, на часть, расположенную выше.

В российской практике почти всегда используются сплошные или дискретные упругие слои, устанавливаемые между подземной частью зданий и грунтом: горизонтальные под фундаментом и вертикальные с внешней стороны стен зданий ниже отметки поверхности грунта. Таким образом, строение как бы помещается в «стакан» из упругого материала (рис. 1). Толщина и параметры упругого слоя подбираются в зависимости от требуемой эффективности виброзащиты. Общие принципы такого подбора при проектировании довольно просты. Продемонстрируем их на примере сплошного слоя.

В первую очередь, выбирается тип виброизоляционного материала под заданную статическую нагрузку. Рабочая нагрузка, являющаяся его базовой характеристикой, должна быть близка к расчетной статической. Если расчетная нагрузка окажется мала по сравнению с рабочей, то материал в состоянии «недогрузки» обеспечивает низкую виброизоляцию. Иногда это может приводить даже к негативному эффекту, когда вибрации при неправильном подборе не снижаются,

а увеличиваются. Часто расчетные нагрузки на упругий слой являются неравномерными. Например, давление под фундаментной плитой бывает значительно выше давления грунта на подземную часть стен. Поэтому подбор должен быть дифференцированным: под разные нагрузки подбираются разные типы материала. На втором этапе проектирования необходимо определить толщину слоя для выбранных типов. Именно она является ключевым параметром, от которого зависит виброизолирующий эффект: чем больше толщина, тем выше виброизоляция.

Движение поездов метрополитена создает вибрации грунта, которые передаются на подземную часть здания. При этом вибрационное воздействие является неравномерным (рис. 2). Во-первых, расстояния между тоннелем до ближайшей и до самой удаленной точки здания могут отличаться в несколько раз. С удалением от источника вибрации ослабляются, поэтому максимальное и минимальное по площади фундамента вибрационные воздействия могут отличаться на несколько децибел. Во-вторых, упругие волны, распространяющиеся по грунту, экранируются самим зданием, вследствие чего воздействие на стены, обращенные к тоннелю, значительно выше, чем на противоположные. В-третьих, поезда, движущиеся в тоннелях мелкого заложения, являются приповерхностным источником вибрации, поэтому возбуждают в грунте поверхностные волны Рэлея, амплитуда которых экспоненциально уменьшается с глубиной, из-за чего воздействие на заглубленные части здания, главным образом на фундамент, меньше, чем на стены у поверхности.

Таким образом, при разработке мероприятий по виброзащите зданий должна учитываться неравномерность вибрационного воздействия, что при грамотном подходе приведет к оптимизации мероприятий и, в конечном счете, к снижению затрат на специализированные виброизоляционные материалы.

Проектное решение по виброзащите в основном зависит от взаимного расположения здания и тоннелей метрополитена и расстояния между ними. Рассмотрим несколько типовых примеров, демонстрирующих возможности оптимизации этих мероприятий. Условно введем два вида виброзащитных слоев: эффективный, достаточный для снижения вибрации в стандартных ситуациях, и высокоэффективный, необходимый в случаях вибрационного воздействия, значительно превышающего нормативные требования. Более конкретно дадим определения двух видов для матов из вспененного полиуретана, выпускаемых под торговой маркой Sylomer: эффективный слой имеет толщину от 25 до 50 мм, высокоэффективный — 50 мм и более.

В первом примере на рис. 3а тоннели метрополитена расположены непосредственно под зданием. При глубоком заложении, когда расстояние от его фундамента до шельги тоннеля более 35 м, и при отсутствии скальных пород в составе грунта вибрация, как правило, соответствует нормам. Если расстояние менее 15 м, то вибрации будут значительно превышать санитарно-гигиенические нормативы. В таком случае необходимы виброизоляционные мероприятия, состоящие в применении слоев высокой эффективности для отделения всей подземной части здания от грунта. Очевидно, что в этой ситуации затраты на виброзащиту от метрополитена максимальны.

Если тоннели смещены относительно здания, как показано на рис. 3б, то большая часть вибрационного воздействия передается через фундамент и стену, обращенную к тоннелям. Для виброизоляции этих поверхностей необходимы высокоэффективные слои, а для стены, удаленной от тоннелей, достаточно упругого слоя с несколько меньшей эффективностью, поскольку вибрации грунта у поверхности этой стены ослаблены из-за эффекта экранирования.

Рассмотрим теперь тоннели метрополитена мелкого заложения. Если они близки к зданию, как на рис. 3в, то максимальное вибрационное воздействие оказывается на стену, обращенную к тоннелям, поэтому здесь применяется высокоэффективный слой. Вибрации экранируются на кромке здания, поэтому они слабее передаются

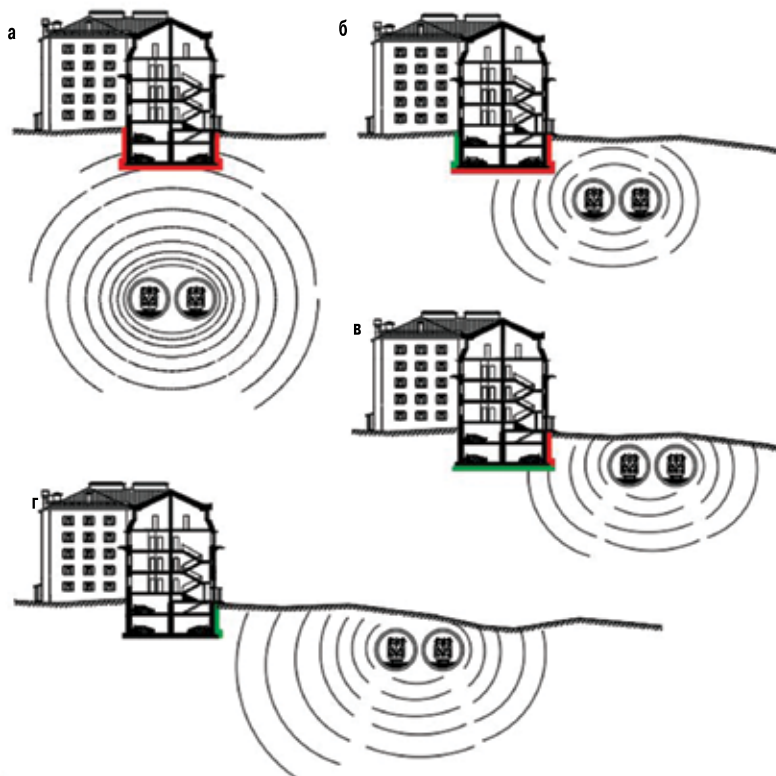


Рис. 3. Принципиальные решения по виброизоляции зданий: схемы расположения эффективных (зеленые линии) и высокоэффективных (красные линии) виброзащитных слоев

фундамент, и для его виброзащиты достаточно эффективного слоя. А стена, наиболее удаленная от тоннелей, может быть вообще не виброизолирована, если вибрация ослабляется достаточно при экранировании на двух кромках здания.

Наконец, при некотором удалении тоннелей и достаточном заглублении фундамента (рис. 3г) заметное вибрационное воздействие оказывается на стену, обращенную к тоннелям. В этом случае достаточно эффективного упругого слоя для защиты стены, а затраты на виброзащиту оказываются минимальными.

Таким образом, мы продемонстрировали принципиальные возможности оптимизации расходов на виброизоляцию зданий, в основе которых лежит дифференцированный подход к выбору решений для фундамента и стен, расположенных ниже отметки грунта. Вместе с тем проектное решение должно разрабатываться только после натурного исследования вибрации от метрополитена на площадке застройки и прогноза вибрационного воздействия на человека в проектируемом здании. ■



TECH MINING RUSSIA

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА
5-6 ДЕКАБРЯ 2019

200+ участников Конференции

50+ предприятий горнодобывающей промышленности

25+ докладов о насущных проблемах индустрии, новых способах и технологиях добычи, транспортировки, обработки и обогащения полезных ископаемых

- Представьте свою компанию на **Выставке Технологий и Инноваций**
- Проведите презентацию Вашего оборудования во время одной из **7 стратегических сессий** Конференции непосредственно Вашей **целевой аудитории**
- Наладьте **новые связи** во время **делового неформального общения** во время перерывов и Гала-ужина



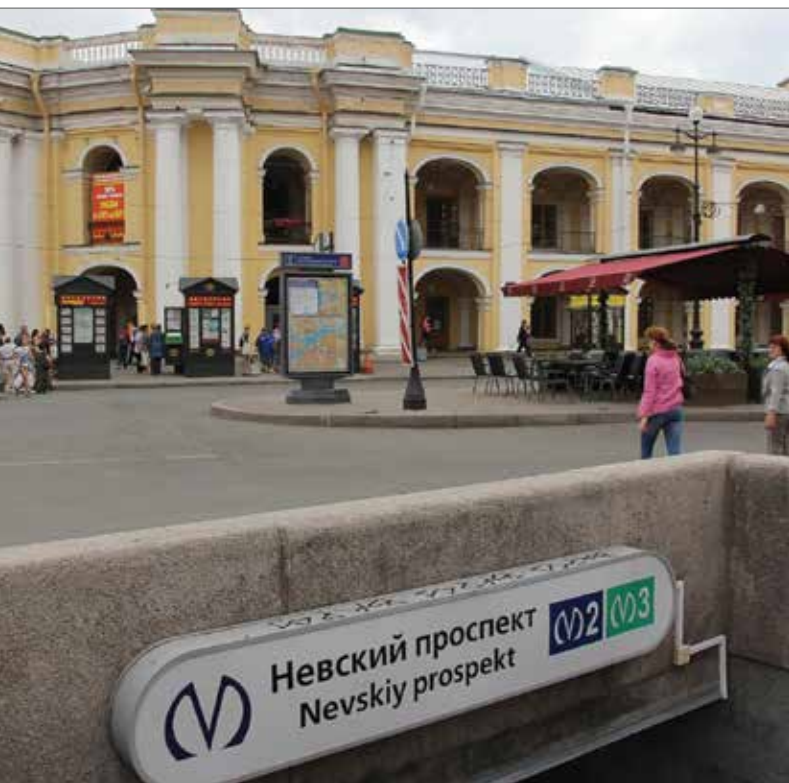
РЕГИСТРАЦИЯ ОТКРЫТА!

www.techmining.ru

+7-499-11-205-11

info@techmining.ru

Место проведения: МОСКВА



Р. И. ЛАРИОНОВ,
Д. К. ЛИХАНОВ
(ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»)

Метрополитен в Санкт-Петербурге — в основном глубокого заложения, так как устойчивые необводненные грунты в центре города располагаются на глубине более 40 м. В ходе строительства станционных комплексов возникают смещения поверхности земли на нескольких гектарах городской территории. И чем больше глубина заложения, тем большую площадь охватывает мульда оседания. В особенности такая ситуация неприемлема в центре Санкт-Петербурга, где расположено огромное количество памятников архитектуры.

ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КОМПЕНСАЦИОННЫХ РАБОТ ДЛЯ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ

Существующая в настоящее время технология строительства станционных узлов метрополитена и наклонных ходов приводит к существенным деформациям вышележащей толщи грунта и расположенных на ней зданий и сооружений. Из-за большого поперечного сечения станционного узла в целом и большого количества этапов строительства до его раскрытия на полное сечение, а также вследствие большого объема ручного труда при разработке забоев и креплении выработок, применение специальных способов уменьшает деформацию поверхности, но их недостаточно для того, чтобы соблюсти требования нормативной документации по абсолютным и относительным деформациям

зданий. Требуемого эффекта возможно добиться посредством комплекса мероприятий на поверхности земли, компенсирующих осадку.

Сведения о зданиях, подлежащих компенсационным мероприятиям

В ходе проектирования участка Лахтинско-Правобережной линии были определены мульды смещения земной поверхности, в которые попали здания исторической застройки и памятники архитектуры.

Относительные деформации фундаментов при этом превысили бы допустимые. Так, в расчетную мульду оседания (рис. 1) от строительства станции «Театральная» попали четыре здания (рис. 1), расположенные по ул. Декабристов рядом со 2-й сценой Мариинского театра, два из которых являются объектами КГИОП (Комитет по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры). Это дома №36/1, лит. А (оси 22–24) — дом Кокушкина 1843 года постройки, и №29, лит. А — жилой дом работников Союзверфи 1934 года постройки.

В данном районе по ул. Декабристов расположены жилые здания высотой от 3 до 7 этажей, постройки 2-й половины XIX — начала XX века. Фундамент — ленточный, бутовый, глубиной заложения до 3 м; стены — кирпичные. В домах №36/1, лит. А (оси 22–24) и №31, лит. А подвал отсутствует.

По результатам обследований было дано заключение, что все здания относятся к III категории технического состояния согласно ТСН 50-302-2004 (табл. Б1). Поверочные расчеты показали, что давление под подошвой фундаментов по некоторым осям зданий превышает расчетное сопротивление грунта, поэтому требуются мероприятия по усилению грунтов основания.

Мероприятия по предотвращению развития деформаций фундаментов

Для вышеуказанных зданий в рамках проектирования объектов метрополитена были предложены мероприятия по недопущению развития критических осадков дневной поверхности.

На основе опыта проведения работ в Санкт-Петербурге с 1995 года по настоящее время по укреплению фундаментов и стабилизации грунтов оснований на объектах различного назначения, а также с учетом требований сводов правил, стандартов и других руководящих документов, в качестве способа предотвращения осадков поверхности при строительстве метрополитена был выбран метод компенсационной инъекции.

Одним из последних объектов, на котором применялась рассматриваемая технология применительно к метростроению, было строительство эскалаторного тоннеля станции «Адмиралтейская» при помощи ТПМК в 2010–2011 гг. В район с максимальными расчетными деформациями поверхности попадало здание по адресу Кирпичный пер., д. 4. Они доходили до

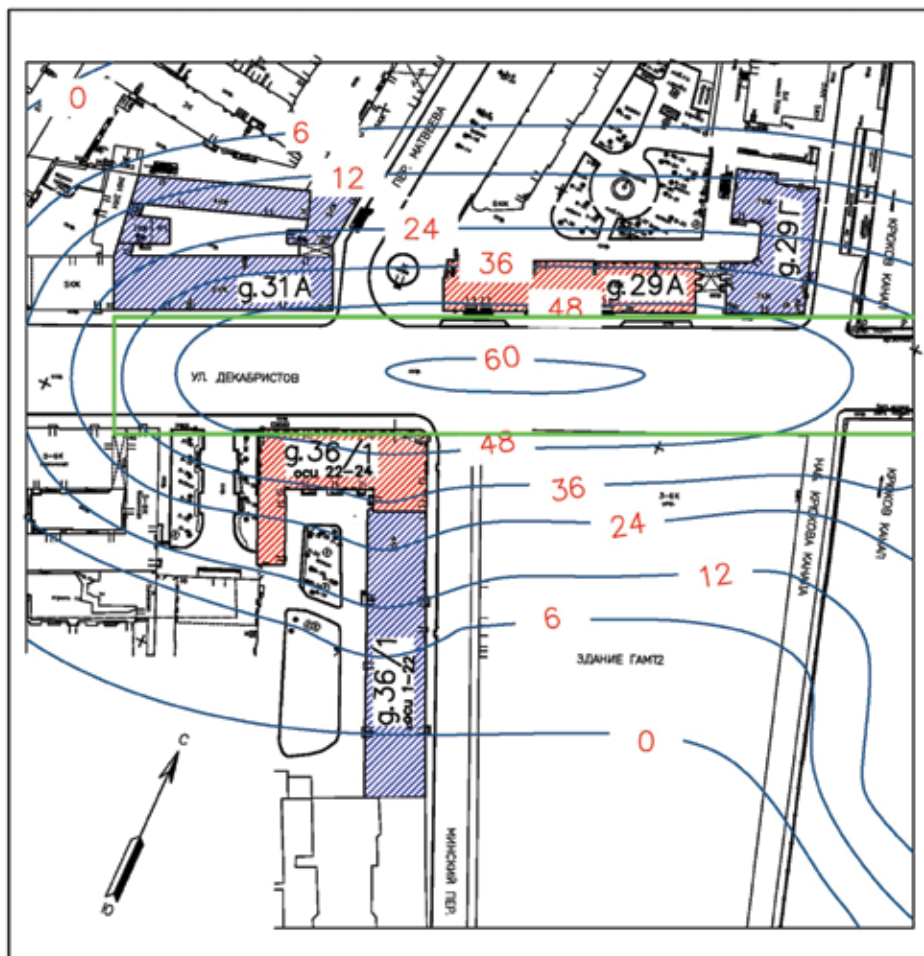


Рис. 1. Здания, попадающие в мульду оседания при строительстве ст. «Театральная» и подлежащие компенсационным мероприятиям

26 мм, в том числе по периметру. После компенсационного нагнетания, в соответствии с полученными результатами наблюдений, деформации по периметру рассматриваемого здания составили 10–13 мм.

Исходя из положительного опыта применения, при строительстве станций Лахтинско-Правобережной линии была выбрана именно эта технология.

Проект предполагает устройство компенсационных скважин по периметру снаружи зданий в 2 ряда с шагом 1 м, в их подвалах (при наличии) — с шагом 1,2 м, по периметру стен и по сетке — с шагом 2 м внутри зданий. Расстояние между рядами скважин снаружи зданий — 0,65 м. 2-й ряд имеет наклон 10° в сторону зданий. 3-й ряд скважин, расположенный под углом 40°, предусмотрен по домам, в которых отсутствует подвал, для возможного укрепления грунта под средней стеной (рис. 2).

Скважины $\varnothing 93$ мм бурились на глубину 10 м с промывкой глинистым раствором, и в них устанавливались манжетные колонны — пластиковые трубы 63 мм с перфораци-

ей по контуру, с шагом 300 мм, закрытые резиновыми манжетами, выполняющими функцию выпускного клапана при нагнетании раствора. Нижний торец манжетных колонн герметизировался пробкой. Манжетные колонны омоноличиваются в скважинах обойменным раствором, по затвердевании которого в заданном интервале устанавливается пакер, подсоединяется к скважине нагнетательная система и осуществляется инъекция укрепляющего раствора в грунт. Затем пакер переставляют на следующий интервал, снова нагнетают раствор и т. д. Направление инъекции может быть как восходящим, так и нисходящим, при этом возможно возвращение на любой интервал. Проектом предусмотрено повторное использование скважин, для чего после нагнетания выполняется их промывка.

Нагнетание выполняется как в режиме пропитки грунта (песчаные), так и гидро-разрыва (глинистые).

Вначале выполняются работы на опытном участке, состоящем из 4–5 скважин, для уточнения технологических параметров. Контроль осуществляется геофи-

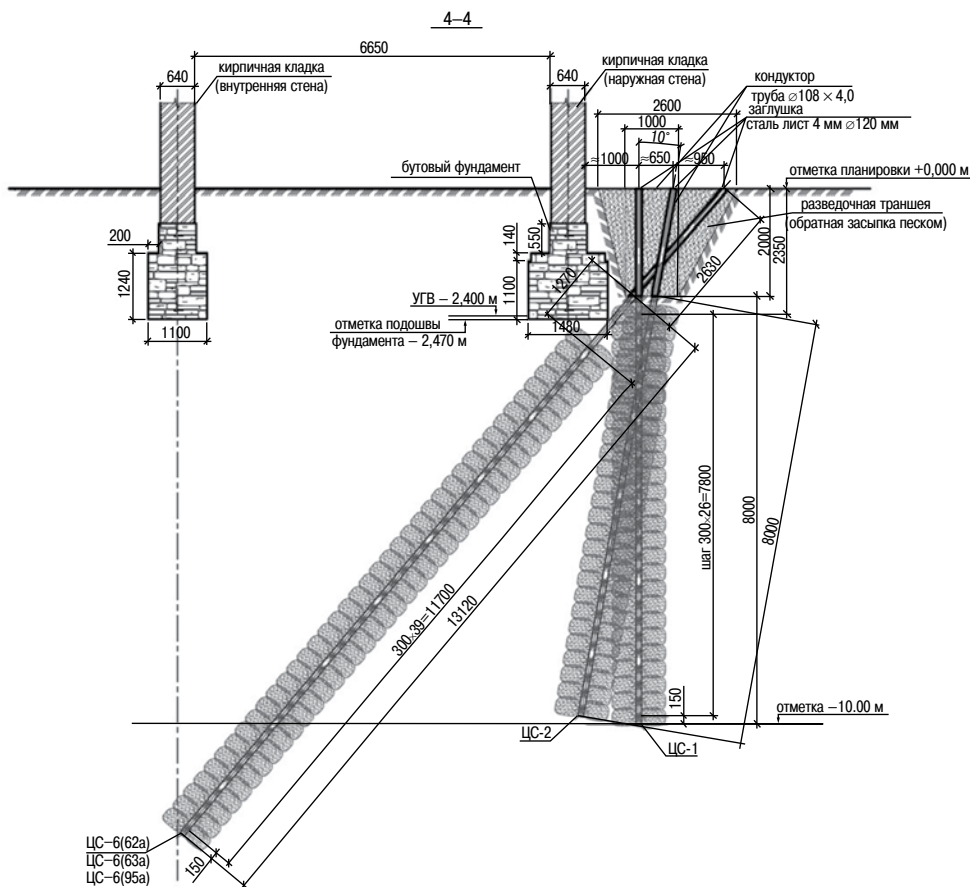


Рис. 2. Компенсационные скважины (профиль)

зическими методами. После оснащения компенсационных скважин манжетными колоннами выполняется 1-й этап геофизических работ для выявления начальных физико-механических свойств грунта (модуль упругости). После нагнетания раствора во все 5 скважин осуществляется 2-й этап геофизических работ и определяется качество распространения нагнетаемых растворов и изменение деформационно-прочностных свойств массива.

Аналогичный комплекс работ осуществляется и из подвалов зданий с той лишь разницей, что разведочная траншея не откапывается, а кондукторы устанавливаются в период армирования фундаментной плиты.

Порядок нагнетания в инъекционные скважины определяется по результатам геотехнического мониторинга.

Геотехнический мониторинг

Все работы по предотвращению деформаций фундаментов зданий на подрабатываемой территории ведутся в сопровождении геотехнического мониторинга. С этой целью в ОАО «ЛМГТ» была разработана

специальная программа в составе проекта по компенсационным мероприятиям, которая включает в себя:

- мониторинг вертикальных деформаций грунтового массива с использованием экстензометров;
- инженерно-геофизические работы по контролю качества инъекционного упрочнения грунтов в основаниях зданий;
- геодезический контроль деформаций оголовков экстензометрических скважин;
- визуальный мониторинг зданий.

Мониторинг вертикальных деформаций грунтового основания под зданиями посредством экстензометров предназначен для определения момента начала компенсационных работ, контроля процесса нагнетания раствора и окончания этих работ.

До начала строительства стационарного комплекса и компенсационных мероприятий выполняется бурение экстензометрических скважин по периметру здания. После установки глубинных грунтовых реперов (рис. 3) скважины заполняются специальным раствором, близким по физико-механическим свойствам к грунтовому массиву. На оголовки скважины устанавли-

ваются антивандальные шкафы, в которых монтируется оборудование, выполняющее измерения и передачу данных на выделенный интернет-портал.

Информация, поступающая с экстензометров, оперативно обрабатывается и, в зависимости от показаний, выдается команда на начало компенсационных мероприятий. При этом определяется количество компенсационных скважин (как по периметру здания, так и внутри) и порядок нагнетания в них. Нагнетание выполняется по скважинам, расположенным в ряд и по нормали к направлению развития мульды оседания поверхности.

После окончания цикла работ осуществляется этап геофизического контроля грунтового массива с выдачей интерпретационного геологического разреза грунтов оснований. Для недопущения превышения относительной разности осадок объема компенсационного нагнетания назначаются с учетом интерполяции показаний экстензометров по всем скважинам и геодезического мониторинга.

Инженерно-геофизический контроль качества выполняемых работ включает в себя такие методы, как сейсмоакустика, сейсморазведочный метод преломленных волн, сейсморазведочный метод между скважинами, георадиолокация.

Целью геодезического мониторинга является контроль вертикальных смещений оголовков экстензометрических скважин для определения суммарных вертикальных смещений грунтовых реперов.

Визуальный мониторинг осуществляется с целью получения необходимых данных об изменении эксплуатационного состояния конструкций зданий в целом и фиксации отдельных дефектов в период строительства. Он включает в себя осмотр конструкции зданий, фотофиксацию и определение фактических размеров дефектов, качественного характера изменений в период сооружения стационарного комплекса и выдачу рекомендации о необходимости инструментального контроля развития дефектов.

Реализация проекта

Летом 2019 года было выполнено опытное нагнетание на опытных участках домов, требующих компенсационных мероприятий.

На участке «д. 31, лит. А» работы производились 2 и 3 июля на пяти вертикальных скважинах (№229, 231, 233, 235, 237), устроенных вблизи экстензометрической

скважины Э1-31А (рис. 3). В десять горизонтов, расположенных в интервале отм. –5м — –2м, нагнеталось по 100 л раствора в во все пять скважин. Первоначальный состав раствора включал в себя на 1 м³: цемента — 1200 кг; воды — 560 л; жидкого стекла — 9,6 кг; суперпластификатора С-3 — 2 кг.

Последовательность процесса была выбрана от дальней относительно экстензометрической скважины манжетной колонны (№229) к ближней (№237) с целью проследить изменение влияния нагнетания на показания экстензометров. В самой манжетной колонне последовательность нагнетания была выбрана от нижнего горизонта к верхнему.

На рис. 4 показан график развития деформаций по экстензометрам скважины Э1-31А за период производства опытного нагнетания в течение двух суток.

В результате анализа графика можно сделать вывод о незначительном влиянии инъекционных работ на массив. Максимальные деформации составили 1 мм. С началом нагнетания в скважину №299 экстензометры не фиксировали деформации. При нагнетании в скважину №231 наблюдались деформации верхней части массива на 1 мм. Нагнетание в скважину №233 заметного влияния на массив не оказало. При нагнетании в скважину №237 и закачке остатков раствор в скважину №243 в горизонт на отм. 10 м по экстензометру наблюдались деформации на отм. 12 м.

При продолжении инъекционных работ на следующий день при закачке раствора в скважины №233 и №237 деформаций не выявлено. Только на скважине №235 наблюдались незначительные деформации массива до 0,5 мм.

Количество раствора 100 л на один горизонт нагнетания не оказало негативного влияния на основание здания.

При увеличении до 200 л в каждой скважине с сохранением остальных параметров нагнетания на другом опытном участке было получено формирование плоскостей скольжения и возникновение дополнительных осадок поверхности.

Комплекс геофизических работ показал, что в рамках построенных 3D-моделей пространства плотностных параметров, характеризующих грунты «до» и «после» мероприятий по закреплению, можно сделать следующие выводы:

1) наблюдается изменение плотности грунтов в сторону увеличения, как в пределах опытного участка, так и на отдалении до 6 м в противоположенную от дома сторону;

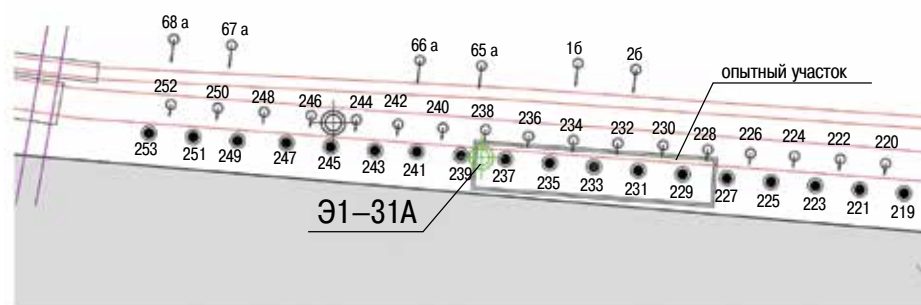


Рис. 3. План опытного участка (ул. Декабристов, д. 31, лит. А)

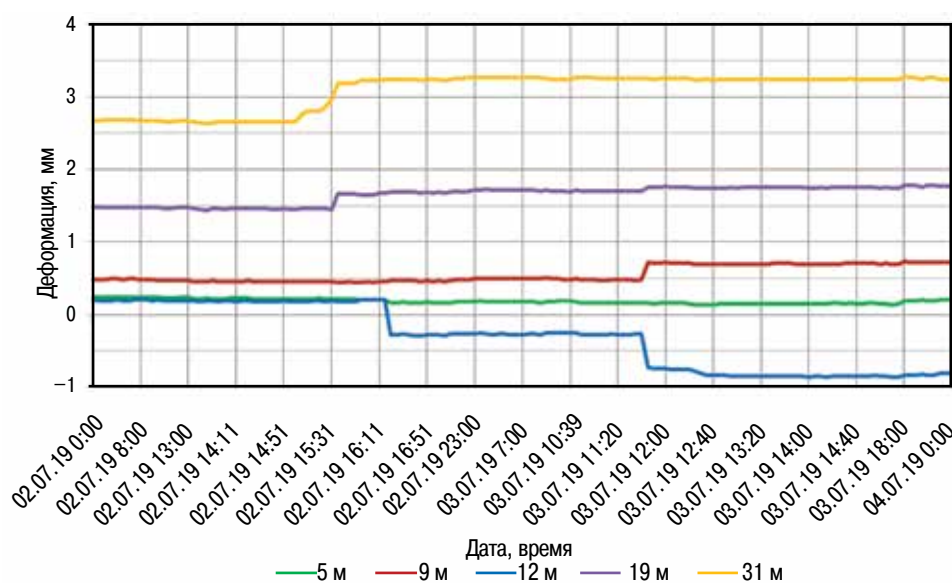


Рис. 4. График развития деформаций по экстензометрам скважины Э1-31А за период производства опытного нагнетания

2) значительная часть цементного раствора ушла в сторону от участка, в котором непосредственно производились нагнетания;

3) в грунтах верхней части разреза (до 1,8–2 м) не выявлено значительных изменений.

Работы на опытном участке показали, что регламент нагнетания в целом позволяет повысить прочностные характеристики грунтового массива, но при этом отмечается неравномерное распределение инъекционного раствора, причем и по глубине, и по горизонтали.

Заключение

Реализованная технология минимизации деформаций фундаментов зданий и исключения их неравномерной осадки на подрабатываемых территориях предпо-

лагает комплексный подход с усилением фундаментов компенсационными мероприятиями и обязательным ведением геотехнического мониторинга, который позволяет не только оценить качество выполняемых работ, но и показать места разуплотнений, образуемых в массиве в процессе их производства.

Разработанная и внедренная последовательность компенсационных мероприятий дает возможность своевременно выполнять инъекционные работы в моменты развития деформационных процессов в грунтах оснований, предупреждая деформации зданий. Многократное использование скважин с обязательной их промывкой после каждого этапа компенсационных работ позволяет управлять осадкой зданий в течение всего срока строительства станционного комплекса глубокого заложения. ■

О. А. МАКОВЕЦКИЙ, к. т. н.;
С. В. РУБЦОВА
(АО «Нью Граунд»)

В настоящее время в связи с сокращением нового массового строительства развивается направление реконструкции существующих зданий. Как правило, это жилые четырех- и пятиэтажные дома в кирпичном (серия 1-447) и крупнопанельном (серия 1-464) исполнении, постройки 60-х гг. Оценивая возможность реконструкции с точки зрения пригодности фундаментов здания, следует выделить две группы задач. Первая — определение несущей способности основания, с учетом уплотнения под нагрузкой и изменения физико-механических свойств грунта во времени, при воздействии геологических и инженерно-геологических процессов; вторая — определение реальной расчетной схемы работы фундамента и предотвращение развития неравномерных осадок.



www.new-ground.ru
info@new-ground.ru



ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ ПЕРВЫХ МАССОВЫХ СЕРИЙ

В идеальном варианте несущая способность грунта под подошвой фундамента в процессе его уплотнения повышается (увеличивается площадь контакта между грунтовыми частицами, организуются новые водно-коллоидные связи), а сжимаемость уменьшается. Наблюдения за изменением характеристик показывают, что с течением времени расчетное сопротивление грунта под подошвой фундамента возрастает до 115–130% от первоначального. Но в условиях городской застройки следует учитывать, что большинство техногенных геологических процессов приводит к разупрочнению грунта. Самым ярким из них является подтопление. Так, анализ гидрогеологической ситуации в Перми показал, что за последние 40 лет произошел подъем уровня грунтовых вод, в большинстве случаев за счет техногенных причин, на 6–8 м, и во многих районах они находятся на глубине 1,5–2 м от поверхности.

Ко второму по значимости негативному процессу следует отнести тектоническую трещиноватость коренных горных пород в областях действия локальных структур. В зонах повышенной тектонической трещи-

новатости интенсивнее выражены процессы гипергенеза, вызывающие понижение прочностных свойств покровных отложений, значительно активнее протекают экзогенные геологические процессы (овражная эрозия, суффозия). Трещиноватость скальных пород впрямую неопасна, но сеть разветвленных трещин является естественным коллектором, по которому происходит суффозионный вынос частиц грунта покровных отложений.

Действуя в комплексе, названные два фактора (подтопление и локальная структура) приводят к неравномерному развитию осадок и, как следствие, к повреждению надфундаментных конструкций. Это подтверждают наблюдения за деформациями зданий, расположенных в зоне действия определенных локальных структур. В несущих стенах образуются магистральные трещины, организующие вынужденные деформационные швы.

В настоящее время выполнена количественная оценка влияния данных факторов на изменение физико-механических свойств покровных отложений. Это позволило районировать город по неблагоприятным инженерно-геологическим условиям и в

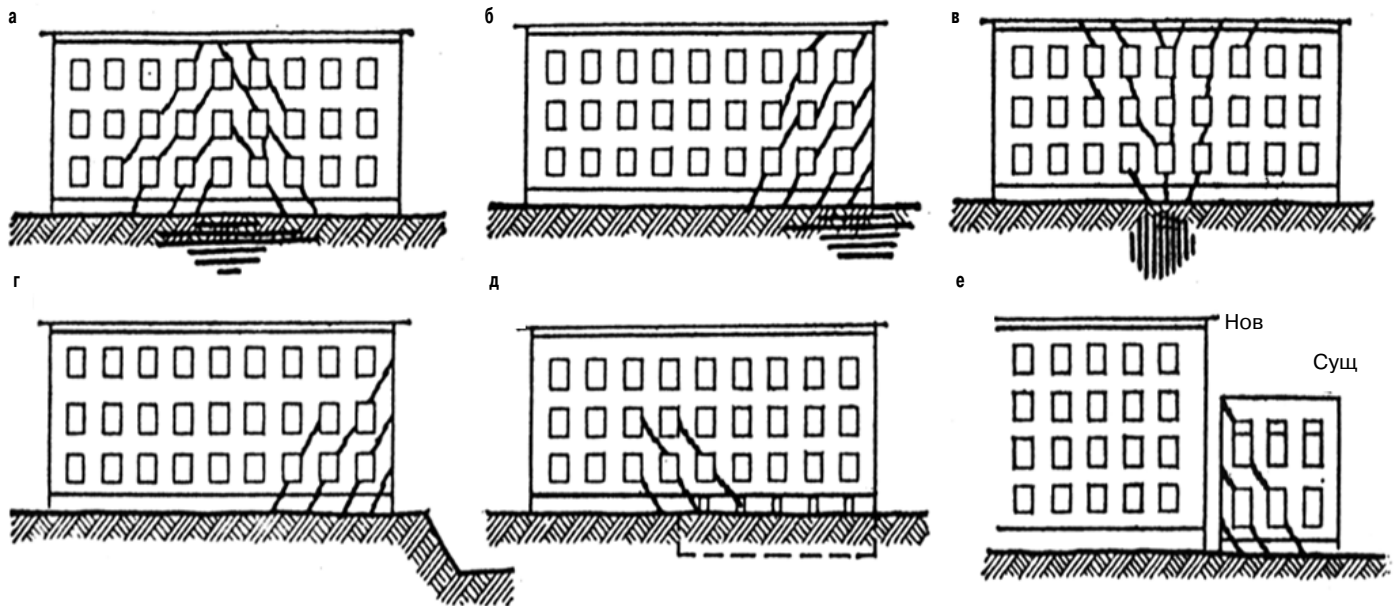


Рис. 1. Дефекты, связанные с повреждением фундаментов или деформациями основания: а – наличие слабого грунта под средней частью здания; б – то же, у торца; в – наличие твердого включения под средней частью здания; г – недопустимо близко вынутый грунт; д – изменение в первоначальном устройстве заглубленного этажа; е – неправильно пристроенное новое здание

дальнейшем рассматривать процессы, происходящие в грунте при его нагружении, с учетом реальных характеристик.

Рассматривая сами конструкции зданий, следует выяснить такие вопросы: а) определить возможность развития неравномерных осадок при изменении расчетно-конструктивной схемы и выделить возникающие при этом основные дефекты и повреждения (рис. 1); б) оценить взаимодействие существующих фундаментов и вновь возводимых в ходе реконструкции фундаментов.

Обследованные жилые дома построены в типовых конструкциях серии 1-447с. Трещины на несущих стенах начали раскрываться или уже в период строительства, или через год-два после заселения, или по прошествии около 10 лет (рис. 2).

Дома усиливались обоями, но, несмотря на это, процесс образования и раскрытия трещин в несущих наружных и внутренних стенах продолжается и по настоящее время.

Опасение за несущую способность строительных конструкций зданий, а также постоянные жалобы жильцов, вызвали необходимость обследования жилого фонда.

Во всех обследованных домах обнаружена общая тенденция развития трещин. В несущих наружных и внутренних продольных стенах образовались трещины, ширина которых увеличивается от 2 мм на первых этажах до 50–60 мм на пятых. В пределах 3–5 этажей трещины сквозные. Здания разделяются на отдельные блоки, что нарушает их пространственную жесткость.

Для изучения гидрогеологических условий площадок строительства и характера их изменения в течение времени был проведен подробный анализ результатов инженерно-геологических изысканий, выполненных в разные годы. При этом установлено, что за последние 30 лет произошло постепенное подтопление территории грунтовыми водами. В

отдельных кварталах застройки в 1967 году они были обнаружены на глубине 10 м от поверхности земли, а в 1971 году — уже на глубине 3,7 м. В 1985 году проводились комплексные инженерно-геологические изыскания с целью изучения процесса подтопления территории Перми. По их результатам данные кварталы были отнесены к подтопляемой территории.



Рис. 2. Характерные места развития трещин на зданиях

Источниками подтопления являются: наличие слабофильтрующих водоупорных слоев суглинков; отсутствие качественной дренажной сети на территории города; наличие предприятий с повышенным (более 1000 м³/сут. на 1 га) водопотреблением и высокой плотностью сетей водопровода, канализации и теплоснабжения; большие (нередко превышающие нормативные) утечки из инженерных коммуникаций и аварийные ситуации в них, порой не ликвидируемые продолжительное время; барражный эффект подземных частей зданий и сооружений.

Таким образом, гидрогеологические условия в основании фундаментов обследуемых зданий существенно изменились в результате начавшегося в начале 70-х гг. интенсивного подтопления территории. Это не могло не сказаться на физико-механических характеристиках грунтов, залегающих под подошвой фундаментов, особенно на модуле деформации, который снижается в 4–5 раз. Такое существенное его уменьшение приводит к резкому увеличению осадки зданий.

Другой причиной значительных деформаций жилых кирпичных зданий являются недостаточно полные гидрогеологические изыскания, проведенные в 1960–1961 гг., не отразившие наличие лессовидных суглинков в основании фундаментов, обладающих просадочными свойствами при замачивании.

Нарушение технологического процесса (промораживание основания грунтов под подошвой фундаментов; засыпка пазух фундаментов строительным мусором; низкое

качество кладки стен; недостаточная глубина заложения фундаментов в пучинистых грунтах; недостаточная ширина подошвы фундаментов) также повлияло на дальнейшую работу конструкций кирпичных зданий.

Немаловажную роль играет и эксплуатация жилых домов. При обследовании выяснилось, что износ трубопроводов горячей, холодной воды и отопления приводит к постоянному замачиванию грунтов основания фундаментов. Известны случаи спуска воды из труб отопления и горячей воды в подвальные помещения и под подошву фундаментов. Протечки канализации в подвальных помещениях приводят к заполнению подвала фекалиями на 600–700 мм, затем эти стоки просачиваются в основания фундаментов.

Все вышеперечисленные факторы встречаются при обследовании практически каждого здания в большей или меньшей степени.

В большинстве случаев дефекты конструкций и деформации таковы, что без дальнейшего усиления надземной части и улучшения физико-механических свойств грунтового основания дальнейшая эксплуатация жилого дома невозможна.

Для выработки технически грамотных и экономически обоснованных вариантов усиления были проведены расчеты напряженно-деформированного состояния конкретных конструкций с учетом реальных свойств оснований, фундаментов и самого здания.

Имея полную информацию по характеру расположения и раскрытия трещин по всем домам, замеры осадки, а также, учитывая,

что практически для всех участков застройки характерен неоднородный разрез по грунтам, как в плане, так и по глубине (частое переслаивание, выклинивание и замещение слоев), была предпринята попытка выявить качественный характер осадки фундамента, соответствующий такому распределению внутренних усилий, которое вызывает полученную картину расположения и раскрытия трещин.

Полученные результаты достаточно хорошо согласуются с качественной картиной разрушения несущих стен (наличие трещин в местах максимальных напряжений).

Качественное и количественное определение величин осадки зависит в данном случае от правильного учета процессов, развивающихся в основании здания. Это уплотнение грунта от воздействия здания и разуплотнение в результате ухудшения инженерно-геологических условий. И если в отдельности каждый процесс изучен достаточно полно, то наша задача заключалась в том, чтобы оценить их взаимное влияние на развитие осадки. Основным моментом оценки этого взаимодействия стало определение возможности достижения основанием напряжений, превышающих первое критическое давление и, как следствие, развитие неравномерной нелинейной осадки.

Следующим этапом исследований является проведение компьютерного моделирования пространственной системы «основание — фундамент — здание» с учетом изменения (ухудшения с течением времени) характеристик основания. ■



Любая конструкция, находящаяся ниже уровня земли, имеет постоянный контакт с грунтовыми водами. В защите от проникновения влаги одинаково нуждаются транспортные тоннели, подземные гаражи и парковки, подземные пешеходные переходы, шахты, коллекторы, подземные хранилища.

Трещины, возникающие на этапе строительства или эксплуатации конструкций, являются одними из самых частых «источников» поступления воды. Подтопление, коррозия арматуры, потеря несущей способности, высолы – эти последствия протечек хорошо известны.

В линейке продукции ЗАО «ГК «Пенетрон-Россия» представлены материалы для гидроизоляции всех типов трещин: подвижных и статичных; с активными течами, влажных и сухих. В данной статье рассмотрена гидроизоляция подвижной водонесущей трещины с активным притоком воды.

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ВОДОНЕСУЩИХ ТРЕЩИН ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Необходимые материалы

Для устранения течи воды через подвижную трещину необходимо использовать полиуретановую смолу «ПенеПурФом 1К» совместно с быстросхватывающимися смесями «Ватерплаг» или «Пенеплаг».

«ПенеПурФом 1К» (рис. 1) – однокомпонентная гидроактивная инъекционная полиуретановая смола низкой вязкости. Для протекания реакции полимеризации необходимо присутствие воды. При контакте с ней «ПенеПурФом 1К» заполняет свободное пространство и образует плотную водонепроницаемую эластичную пену с закрытой мелкоячеистой структурой. Время полимеризации смолы возможно регулировать при помощи катализатора.

«Ватерплаг» (рис. 2) – сухая гидроизоляционная быстросхватывающаяся смесь PK100, B10, W6, F25, ГОСТ 31357-2007. Состоит из специального цемента, кварцевого песка определенной granulometрии и активных химических компонентов. Используется для быстрой остановки течей.

«Пенеплаг» (рис. 3) также представляет собой сухую гидроизоляционную, быстросхватывающуюся смесь PK100, B10, W6, F25, ГОСТ 31357-2007. В ее состав входят: специальный цемент, кварцевый песок определенной granulometрии, активные химические

компоненты. Используется для мгновенной остановки течей.

Указанные сухие смеси имеют несколько различий:

- «Пенеплаг» схватывается несколько быстрее, чем «Ватерплаг»;
- «Пенеплаг» имеет повышенную стойкость к размыванию водой.



Рис. 2. Смесь «Ватерплаг».



Рис. 1. Гидроактивная полиуретановая смола «ПенеПурФом 1К».



Рис. 3. Смесь «Пенеплаг».

PENETRON
ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ

www.penetron.ru

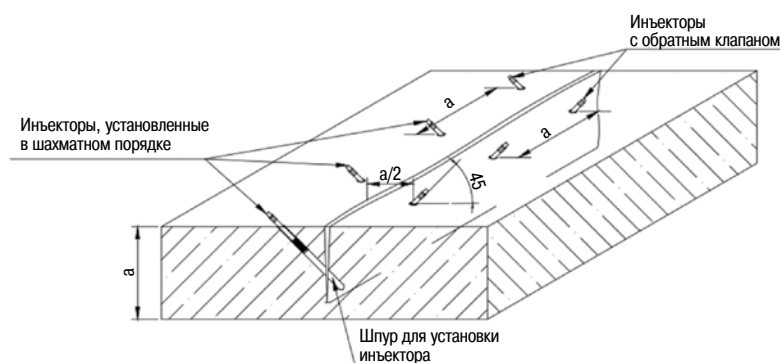


Рис. 4. Схема установки инъекторов



Рис. 5. Бурение отверстий



Рис. 6. Монтаж инъектора

Технология гидроизоляции водонесущих трещин

Установка инъекторов

Пробурить отверстия под углом $\sim 45^\circ$ к поверхности бетона для установки инъекторов, расстояние между отверстиями и отступ от края трещины должны составлять примерно половину толщины конструкции (рис. 4). Диаметр отверстий на 1–2 мм должен превышать диаметр инъектора. Например, при диаметре инъектора 13 мм диаметр отверстия составляет 14–15 мм.

Очистить отверстия сжатым воздухом от остатков бурения и установить первый (крайний по горизонтали или нижний по вертикали) металлический инъектор. Бурение отверстий и установка инъекторов показаны на рис. 5–7.



Рис. 7. Инъекторы, установленные на потолочной поверхности

Заполнение устья течи

После того как пробурены отверстия для инъектирования и напор воды в трещине или шве будет снижен, вдоль трещины или шва необходимо выполнить штрабу сечением 25×25 мм и заполнить ее растворной смесью «Ватерплаг» или «Пенеплаг» (рис. 9). (Приготовить смесь в соответствии с инструкцией на упаковке).

Подготовка оборудования и смолы к инъектированию

Для инъектирования смолы «ПенеПурФом 1К» необходимо использовать насосы ЕК-100М и ЕК-200. Насосы подготовить к инъектированию в соответствии с инструкцией.

Смолу «ПенеПурФом 1К» предварительно перемешать с катализатором исходя из скорости фильтрации воды и температуры окружающей среды (табл. 1).

Сделать контрольный замес для оценки жизнеспособности смолы в условиях объекта. Приготовить такое количество

смолы, которое можно израсходовать за время жизнеспособности: смешать смолу с катализатором в течение 3 мин, вручную или низкооборотистой дрелью (до 300 об/мин).

Выполнение инъекционных работ

Инъектирование смолы в вертикальные трещины производится последовательным нагнетанием ее снизу вверх, а в горизонтальные — последовательно от края.

Инъектирование производится:

- пока не произойдет резкого повышения давления в системе;
- если давление долгое время (2–3 мин) не повышается, то до тех пор, пока смола не начнет вытекать из соседнего инъектора.

Далее необходимо установить следующий инъектор и продолжить процесс инъектирования. Перед переходом на следующий инъектор произвести

Таблица 1
Время реакции смолы «ПенеПурФом 1К»

Количество катализатора, %	Время реакции с водой в зависимости от температуры			
	+5 °С	+15 °С	+25 °С	+30 °С
0	60 мин	40 мин	30 мин	20 мин
1	11 мин	8 мин	7 мин	6 мин
2	8 мин	7 мин	6 мин	5 мин
3	7 мин	6 мин	5 мин	4 мин
4	6 мин	5 мин	4 мин	3 мин
5	4 мин	3 мин	2 мин	1 мин



Рис. 8. Инъектирование смолы

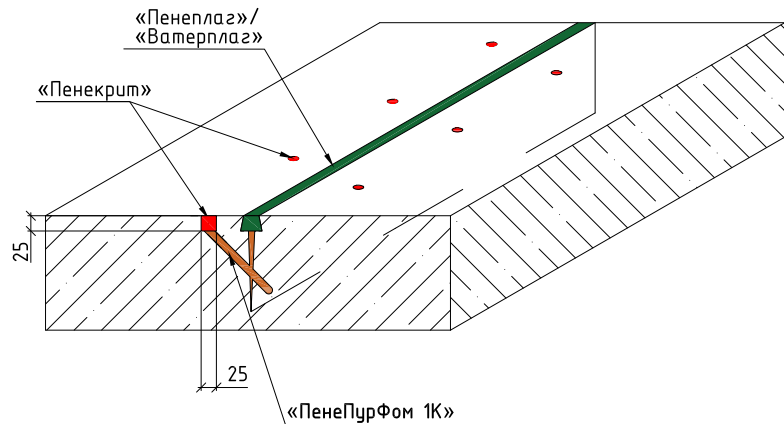


Рис. 9. Схема конструкции по окончании инъекционных работ

контрольное нагнетание в предыдущий. Процесс инъектирования показан на рис. 8.

При образовании пленки на поверхности материала в приемной емкости насоса необходимо удалить ее и продолжить процесс инъектирования.

При увеличении вязкости смеси необходимо слить смолу и срочно промыть насос растворителем (например, ксилол или раство-

ритель 646), после чего приготовить новую порцию материала.

При необходимости демонтажа инъекторов полость шпуров заполнить с помощью раствора материала «Пенекрит» (приготовить смесь в соответствии с инструкцией на упаковке).

Общая схема конструкции после ликвидации течи при помощи гидроактивных смол показана на рис. 9.

Очистка оборудования

После инъектирования оборудование промыть растворителем, например ксилолом или растворителем 646. Далее насос и шланги промыть гидравлическим маслом (Mobil HLP-68 или его аналог). Полимеризовавшийся материал можно удалить только механическим способом. ■



КОМПОЗИТ-ЭКСПО

Тринадцатая международная специализированная выставка

21 - 23 апреля, 2020

Россия, Москва,
ЦВК «Экспоцентр», павильон 1

Основные разделы выставки:

- Сырье для производства композитных материалов, компоненты; Наполнители и модификаторы
- Стеклопластик (пластик, армированный стекловолокном), углепластик (пластик, армированный углеродным волокном), графитопластик, базальтопластик, базальтовые волокна, древесно-полимерный композит (ДПК), искусственный камень, искусственный мрамор, металлокомпозиты, нанокompозиты, биокомпозиты и т.д.
- Полуфабрикаты (препреги)
- Инженерные пластики
- Промышленные (готовые) изделия из композитных материалов
- Оборудование и технологическая оснастка для производства композитных материалов
- Инструмент для обработки композитных материалов
- Измерительное и испытательное оборудование
- Компьютерное моделирование

Специальный раздел выставки:
КЛЕИ И ГЕРМЕТИКИ



Параллельно проводится выставка:
ПОЛИУРЕТАНЭКС

www.polyuretanex.ru

Информационная поддержка:



Дирекция:
Выставка на территории «Мир-Экспо»
115230, Россия, Москва, Хлебозаводский проезд, дом 7, строение 10, офис 507
Тел: +7 495 988-1626 | E-mail: info@composite-expo.ru | Сайт: www.composite-expo.ru

You Tube youtube.com/user/compoexporusia **Twitter** @compoexporus

Организатор:



Мир-Экспо
Выставочная компания

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ: НОВЫЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ РЕШЕНИЯ

Благодаря достижениям современной строительной химии появились новые решения, обеспечивающие высокую эффективность гидроизоляции подземных сооружений. Причем сейчас на наш рынок вышла инновационная продукция отечественных производителей, не уступающая импортной по качеству, но более привлекательная по цене. В этом направлении многого достигла и активно развивается компания «Гидрозо». Обладая разветвленной дилерской сетью, она уже работает практически по всей территории России и СНГ. Собственная продуктовая линейка компании сейчас насчитывает более 400 материалов строительной химии, и ежегодно эта цифра растет. О решениях непосредственно по гидроизоляции подземных объектов рассказывает директор по продажам ООО «Гидрозо» Евгений Назаров.

— Евгений Михайлович, как развивается в вашей компании направление, связанное с гидроизоляцией подземных объектов? Появились ли за последнее время инновационные решения? Для аудитории наших читателей это одна из самых актуальных тем.

— Гидроизоляция, в том числе подземных объектов, является одним из наших ведущих направлений. Среди последних разработок следует отметить гидроизоляционный состав «Стармекс 1К Флекс Т». Он применяется при подземном строительстве по системе НАТМ. Материал имеет высокую двустороннюю адгезию к бетонным поверхностям при нанесении между первичной и вторичной отделкой, обладает высокой водонепроницаемостью и эластичностью, способен надежно перекрывать трещины.

— Основной бич подземных объектов, построенных раньше и без применения подобных технологий, — течи, связанные с повышенным давлением воды. Какие рецепты борьбы конкретно с этим явлением вы готовы предложить?

— Ликвидация напорных течей, действительно, является весьма сложной технологической задачей. Выбор эффективного решения при этом зависит от многих факторов, таких как конструкция объекта, объем водопритока, тип и количество дефектов, свойства грунта. Принципиально можно выделить два способа ликвидации напорных течей.



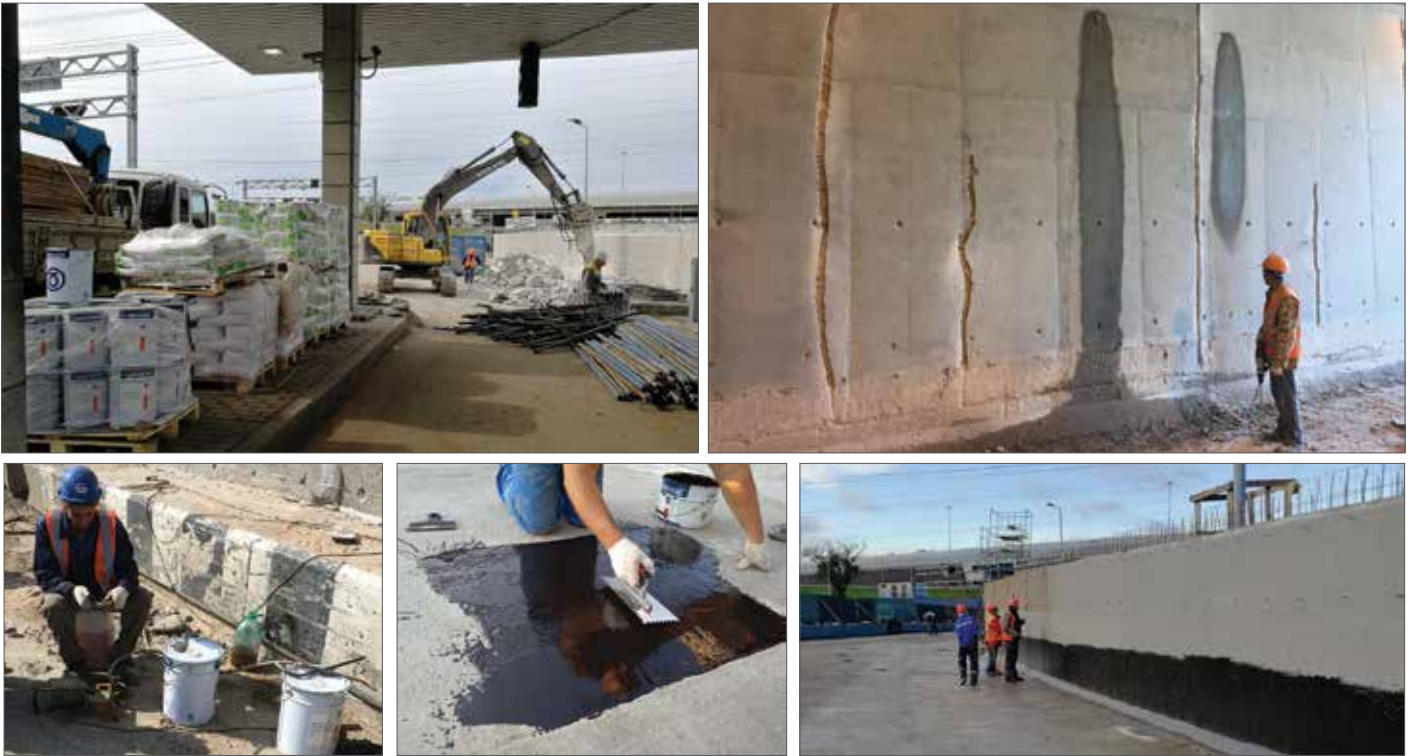
В первом случае за пределы конструкции на границу с грунтом производится подача быстрореагирующих гидроактивных полиуретановых смол («Манопур 125»). При этом происходит заполнение пустот и связывание крупных частиц грунта или породы с образованием водонепроницаемого слоя из полиуретановой пены и скрепленного грунта. Данный способ применяется при наличии пустот за конструкцией, при обширных повреждениях железобетона конструкции либо его малой прочности, сильного водопритока.

Во втором случае производится инъектирование непосредственно дефектов бетона: трещин, отверстий, холодных швов. Данные дефекты расшиваются, заполняются ремонтным составом «Стармекс РМЗ» или гидропломбой «Стармекс Плаг», сверлятся шпурсы, устанавливаются пакеры. На первом



ГИДРОЗО®

Подготовил
Игорь ПАВЛОВ



этапе производится остановка течей и вытеснение воды из полости дефекта. Для этого осуществляется подача гидроактивной полиуретановой пены «Манопур 15». После остановки протечек в те же пакеры производится подача полиуретановой смолы «Манопур 143» для перманентной герметизации дефекта. Данный способ применяется при малых повреждениях железобетонных конструкций (сквозные трещины с раскрытием менее 1 мм, холодные швы, сквозные отверстия), а также при небольшом водопритоке.

— Что обязательно следует учитывать потребителям при выборе ваших защитных систем? Какие варианты решений для подземного строительства, с вашей точки зрения, наиболее эффективны?

— В первую очередь выбор зависит от условий эксплуатации, наличия агрессивных факторов. Выбрать наиболее эффективную систему защиты с учетом всех особенностей объекта помогут технические специалисты компании. При этом любые наши материалы для гидроизоляции отвечают всем требованиям по водонепроницаемости. Есть, кстати, даже продукты, которые подходят для контакта с питьевой водой и имеют соответствующее подтверждение.

— В целом, что из широкого спектра вашей продукции вы можете предложить для транспортного строительства, включая метро- и тоннелестроение?

— Это гидроизоляционные материалы, системы антикоррозионных покрытий по металлу, защитные покрытия для бетона, композитная система усиления конструкций, ремонтные составы, инъекционные составы для восстановления несущей способности конструкций, антивандальные составы для защиты бетонных, металлических и пластиковых поверхностей от граффити.

— Как оценивает вашу продукцию отраслевое экспертное сообщество?

— Что касается конкретно метро- и тоннелестроения, то, например, в мае 2018 года мы получили положительное заключение Филиала АО «ЦНИИС» НИЦ «Тоннели и метрополитены» на применение наших новых инъекционных составов на акрилатной («Манокрил») и полиуретановой («Манопур») основе, а также ремонтных составов на цементной («Стармекс») основе именно при строительстве и эксплуатации подземных объектов.

В целом же продукция ООО «Гидрозо» неоднократно отмечалась различными наградами. Так, по итогам 2018 года компания — уже второй раз — стала лауреатом в номинации «Лучшая инновационная разработка в сфере реставрационных работ» на международном конкурсе «Инновации в городской среде», проводимом в Санкт-Петербурге. Мы представляли инъекционный состав для создания отсечной гидроизоляции безнапорным методом «Маноксан 151 Крем».

В этом году на выставке «Интерстрой-экспо» трехкомпонентная полиуретановая смола для заполнения деформационных швов «Манопур 336» стала победителем конкурса инноваций и была отмечена дипломом I степени в номинации «Материалы и технологии, используемые при строительстве зданий и сооружений». На MosBuild 2019 тот же материал отмечен общественным жюри и награжден дипломом победителя в номинации «Строительная химия».

— На каких подземных объектах ваши материалы нашли применение и доказали свою эффективность?

— За многолетнюю историю своего существования компания накопила большой опыт поставок гидроизоляционных, ремонтных и инъекционных материалов на разные объекты промышленного и гражданского назначения. Наши технические решения применялись, например, в Екатеринбургском и Московском метрополитене, в подземных пешеходных переходах в столичном парке Зарядье, в переходе Белорусского железнодорожного вокзала. Продукция компании востребована при строительстве подземных паркингов и различных гидротехнических сооружений. С более полной картотекой объектов можно ознакомиться на сайте компании www.gydrozo.ru.

Для любой задачи у нас есть эффективное решение по оптимальной цене. ■

А.Ю. ГЛУЩЕНКО,
генеральный директор
ООО «Русинжект»

Каждая аварийная ситуация в строительстве, как известно, развивается по-своему. Однако во всех подобных случаях приоритетной задачей, прежде всего, является обеспечение безопасности сооружения, ликвидация угроз негативного развития событий, выявление и устранение их причин. Опыт, технологии и материалы компании «Русинжект» позволяют решать эти задачи эффективно и на высоком профессиональном уровне.



РЕМОНТ КРУПНЫХ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ИНЪЕКТИРОВАНИЯ

Как известно, бетонные конструкции, расположенные ниже дневной поверхности — под водой или в толще грунта, — должны выдерживать повышенные нагрузки. В этой связи для усиления несущей способности их стенкам придают большую толщину, величина которой нередко составляет более 3 м. При значительных разрушениях конструкций, особенно при наличии глубоких трещин, приводящих к активным протечкам, сопровождающимся выносом грунта, их ремонт может значительно усложняться из-за большого напора воды, достигающего иногда нескольких атмосфер. Чтобы достичь места образования фильтрации, необходимо применять бур, длина которого варьируется от 1 м до 1,5 м, а закачивание ремонтных смесей должно выполняться как минимум в два этапа. Чтобы забетонировать трещину, иногда внутрь необходимо закачать до 90 (!) кг инъекционного состава.

С подобной ситуацией столкнулись специалисты компании «Русинжект» при ремонте подземной штольни в крымском городе Балаклава. Активную течь специалистам компании удалось ликвидировать в два этапа: сначала была закачена полиуретановая пена, а затем однокомпонентный инъекционный состав на основе полиуретановой смолы РокаПур 33. Он представляет собой инъекционный безусадочный материал (смола) — так называемую набухающую гидрофильную (паропроницаемую) инъекцию, которая при вторичном увлажнении может увеличивать объем до 180%.

Следует отметить, что для работы «Русинжект» использует полиуретановые материалы собственного производства, которое находится в г. Чехов Московской области. Все эти материалы разработаны специально для ремонта бетонных конструкций большой толщины.

На примере работ по ликвидации аварии при сооружении коллектора строящей-



РУС
ИНЖЕКТ



ИНЖЕКТ
ТРЕЙД
инъекционные технологии

Тел. (495) 998-70-40
www.rusinj.ru
www.injecttrade.ru

ся станции московского метрополитена «Окская» расскажем подробно об этой технологии.

Коллектор сооружался механизированным способом с помощью тоннелепроходческого механизированного комплекса (ТПМК) диаметром 4 м. При устройстве демонтажной камеры для извлечения ТПМК неожиданно возникли проблемы. Одна из торцевых стенок котлована, сооружавшихся методом «стена в грунте», оказалась недостаточно хорошо забетонирована и имела дефекты. В ходе откопки котлована при достижении отметки нахождения дефектного участка началась интенсивная течь воды с выносом грунта, что могло привести к разуплотнению основания конструкции и знакопеременным нагрузкам, а следовательно, просадкам и непрогнозируемым деформациям, а также выколам бетона.

В результате на строящейся станции началась раскольцовка сегментов тубингов коллектора на выходе ТПМК в демонтажную камеру. Под угрозой оказался жилой дом на Рязанском проспекте, а в случае полной раскольцовки пострадала бы и магистраль. Однако специалистам компании «Русинжест» удалось предотвратить такое развитие событий.

До начала инъекционных работ место выноса закидали мешками с цементом и сухой смесью. Затем начали чеканить гидрпломбой и паклей места образования дополнительных выносов. И только после этого начались собственно ремонтные работы, которые осуществлялись материалами марки «РокаПур».

Через длинные метровые шурупы рабочие добрались до места повреждения торцевой стенки и начали нагнетать ремонтный состав. На первом этапе удалось приглушить основной вынос. Далее пришлось бороться с расsegmentированными и вторичными выносами на устье тоннеля: производилась забивка пакли и деревянных клиньев, а также зачеканка гидрпломбой с последующим инъектированием. Закачка основного и вторичных выносов заняла более 20 часов.

Основной и вторичные выносы удалось остановить, когда до полной раскольцовки оставалось всего 5 см, а тоннель просел более чем на 25 см ниже проектной отметки! После остановки течи была поставлена рама усиления тоннеля, установлена водопонижающая скважина, выполнена заполнительная цементация, и в дальнейшем, с уменьшением сечения коллектора, проложены все необходимые коммуникации. Но самое главное — удалось предотвратить серьезную аварию, которая бы могла привести к гибели людей.





ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ВЫЗОВ

Летом этого года в Москве были открыты четыре станции новой Некрасовской линии метро — «Некрасовка», «Лухмановская», «Улица Дмитриевского» и «Косино». Всего на новой «розовой» ветке, длина которой превысит 15 км, для пассажиров будут работать восемь станций. Завершить строительство второго участка с «Юго-Восточной», «Оксской», «Стахановской» и «Нижегородской» планируется до конца текущего года.

Наталья
ВЛАДИМИРОВА

«Розовая» ветка позволит перераспределить пассажиропоток Таганско-Краснопресненской линии, работающей сегодня с перегрузом. На станции «Нижегородская» предполагается пересадка на Большую кольцевую линию (БКЛ), МЦК и железную дорогу. Управляющей компанией по строительству новых линий и станций столичной подземки является АО «Мосинжпроект». Заместитель директора по управлению проектированием компании Андрей Балабанов рассказал нашему изданию о конструктивных особенностях введенных и строящихся станций Некрасовской линии.

Технологические особенности

Почти 7 км введенного участка строились с использованием привычных для столицы 6-метровых тоннелепроходческих комплексов. Трасса проходит ниже тоннелей Таганско-Краснопресненской линии на 3,1–3,55 м. В районе станции «Косино», соответственно, проходка велась под действующим участком линии метро, а на перегоне от «Косино» до «Улицы Дмитриевского» — под путями Казанского направления Московской железной дороги. Как пояснил Андрей Балабанов, чтобы

исключить нештатные ситуации, на этапе проектирования была проведена оценка влияния строящегося объекта на наземные объекты, предусмотрен мониторинг зданий и сооружений, попадающих в зону воздействия ТПМК.

Как на первом, так и на втором пусковых участках Некрасовской линии предусматривались технические и конструктивные решения, обеспечивающие виброизоляцию пути в метрополитене. Устройство верхнего строения пути выполнено по системе «масса — пружина» (СМП), что позволяет снизить воздействие шума и вибрации на окружающую застройку. Технология, по мнению специалистов, более эффективна по сравнению с блоками LVT-НА.

Конструктивно верхнее строение пути по СМП представляет собой массивную монолитную армированную железобетонную плиту, которая, в свою очередь, опирается на жесткое основание тоннеля, распределяющее контактные давления по поверхности тоннельной обделки, посредством двух групп упругих элементов — несущих и боковых эластомерных матов-заполнителей.

По данным пресс-службы столичной подземки, уже в первый месяц после открытия новыми станциями первого участка Некрасовской линии воспользовались более

миллиона пассажиров. Самой популярной оказалась «Некрасовка» — 590 тыс. пассажиров, а на втором месте — «Лухмановская».

Второй участок — в завершающей стадии

Завершить основные строительные работы на втором участке Некрасовской линии со станциями «Юго-Восточная», «Окская», «Стахановская» и «Нижегородская» планируется до конца текущего года.

Здесь при сооружении двухпутного тоннеля впервые были применены 10-метровые щиты. Как отметил Андрей Балабанов, в этом случае их большой диаметр дает возможность существенно экономить время и ресурсы, поскольку исключает необходимость строительства притоннельных сооружений (технологических камер и межтоннельных сбоек). Еще одно неоспоримое преимущество технологии в том, что на перегонах между станциями можно не возводить дополнительных вентиляционных шахт. Габариты тоннеля большого диаметра позволяют устраивать в верхней его части вентиляционный канал для подачи воздуха от вентиляционных камер, расположенных на станционных комплексах. Там, где проходка ведется 6-метровым щитом, подобное осуществить невозможно.

Кроме того, для обслуживания и эксплуатации одного большого щита требуется меньше оборудования под вывоз грунта, сокращаются затраты на освещение, вентиляцию.

По словам генерального директора АО «Мосинжпроект» Марса Газизуллина, уникальный опыт строительства двухпутных тоннелей, приобретенный на «розовой» линии столичной подземки, далее будет применен на Большой кольцевой линии.

Специалисты отмечают, что на начальном этапе проектирования двухпутных тоннелей одной из сложностей использования щитов-гигантов стало отсутствие нормативных документов. В дальнейшем, однако, они были актуализированы с учетом полученного опыта и дополнены параллельно с разработкой проектной документации.

Применение 10-метровых тоннелепроходческих комплексов — не единственная технологическая особенность второго участка Некрасовской линии. Строители возводят станцию «Нижегородская», на базе которой будет сформирован крупнейший в столице транспортно-пересадочный узел «Рязанская». По словам Андрея Балабанова, это одна из самых сложных и уникальных станций, которые когда-либо строили в Москве.



Станция «Нижегородская»

Строительство «Нижегородской» ведется методом top-down — то есть «сверху-вниз», уровнями от поверхности. Эта технология минимизирует воздействие на плотную окружающую застройку, что здесь весьма актуально. Станция «зажата» с одной стороны Рязанским проспектом, с другой — железной дорогой (МЦК), с третьей — объектом культурного наследия Храмом Живоначалной Троицы в Карачарове XVIII века. Top-down также дает возможность одновременно вести работы как на поверхности, так и на плите покрытия, так и на уровне платформы.

Напомним, строительство по этому методу ведется в несколько этапов. На первом —

установка ограждающей конструкции. Для крепления стен котлована наилучшим выбором является технология «стена в грунте» с поверхности земли. В этом варианте подземные воды не будут проникать в котлован (именно он использован на «Нижегородской»). Другим способом ограждения может быть установка буросекущихся свай. Затем поочередно возводятся перекрытия методом бетонирования, которые послужат распорками на время проведения работ.

Следующий этап — установка буровых колонн для создания опор перекрытий, которые будут служить на постоянной основе части здания, находящейся под землей. Они могут также быть временными. После того как упрочнится бетон, который использовал-



ся для возведения перекрытий, с помощью специальной техники грунт удаляется через технологические проемы в плитах. Последний этап — установка плиты в качестве фундамента.

Кросс-платформенная пересадка между одноименными станциями Большой кольцевой (БКЛ) и Некрасовской линии (например, как на станциях «Китай-город») — еще одна технологическая особенность «Нижегородской». Здесь проходят сразу три тоннеля. Два — однопутные, построенные 6-метровыми ТПКМ, — по ним пойдут поезда БКЛ. Третий тоннель, двухпутный, возведен с помощью щита диаметром 10 м. Таким образом, на «Нижегородской» расположены две платформы и четыре пути в одном уровне. Иначе говоря, на две платформы одновременно будут приходить четыре поезда.

Два средних пути относятся к Некрасовской линии, два крайних — к БКЛ.

Пересадка между двумя линиями будет осуществляться по галерее над путями. Для ориентации пассажиров станция визуально будет разделена на части разного цвета. Кроме того, навигационная система дополнится визуальной информацией, многочисленными указателями, позволяющими определять правильное направление движения.

В дизайне «Нижегородской» заложен принцип «Лего», с его подчеркнута простыми формами и большими однообъемными цветными элементами, которые определяют нахождение подземного пространства станции. В отделке — современные материалы, в том числе имитирующий бетон крупноформатный керамогранит серого цвета, металлокерамические и керамогранитные панели желтого,

оранжевого, зеленого и голубого цветов. Потолок будет облицован алюминиевыми панелями с ультрастойким покрытием. Стены и карнизы украсит современная графика. Комбинированное освещение дополнит цветные акценты в отделке станции. Фасады вестибюлей будут остеклены и обрамлены металлокерамическими или цветными керамогранитными панелями. Длина станции — 234 м, ширина — 60 м, глубина — 25 м.

«Нижегородская» защищена по последнему слову техники и нормативных требований. Для защиты кабельных сооружений предусмотрена инновационная отечественная система автоматического пожаротушения тонкораспыленной водой высокого давления. Кроме того, предусмотрена противоподымная защита пассажирских зон, которая включает в себя противоподымные шторы уникальной конструкции, способные эффективно работать в условиях метрополитена, приточно-вытяжная противоподымная вентиляция с беспрецедентным суммарным расходом на платформе — почти миллион кубометров в час. Управляется комплекс противопожарной защиты автоматической адресной системой сигнализации, способной обнаружить пожар в любой точке станции и привести в действие всю систему, в том числе организовать оповещение и управление эвакуацией людей без участия работников метрополитена.

ТПУ «Рязанская»

Ожидается, что суточный пассажиропоток транспортно-пересадочного узла «Рязанская» будет сопоставим с потоком пассажиров трех столичных вокзалов. По предварительным оценкам, он составит 400 тыс. человек. По словам заместителя мэра Москвы по вопросам градостроительной политики и строительства Марата Хуснуллина, ТПУ «Рязанская» — это настоящий градостроительный вызов для строителей и инженеров: «Увязать воедино две линии метро, МЦК, железную дорогу, маршруты наземного городского транспорта — это очень непростая задача, она требует концентрации и усилий строителей, метрополитена, Российских железных дорог».

После завершения строительства четырех станций второго этапа и запуска Некрасовской ветки метро в полном объеме значительно улучшится транспортное обслуживание жителей сразу нескольких московских районов — Нижегородского, Рязанского, Выхино-Жулебино, Косино-Ухтомского, Некрасовки, Текстильщиков, Кузьминок — и г. Люберцы Московской области. ■



Продолжаем рассказ о строительстве Большой кольцевой линии (БКЛ) Московского метрополитена, начатый в предыдущих выпусках нашего журнала. Итак, теперь мы спустились на глубину 69 м от дневной поверхности в будущий средний станционный тоннель станции «Шереметьевская». Впрочем, события столичной подземки развиваются стремительно, и, пока готовился номер, пришло известие о том, что название станции изменилось. Теперь это вторая «Марьяна Роща» — одноименная с действующей станцией радиальной Люблинско-Дмитровской линии, на которую будет осуществляться пересадка с Большого кольца. Новая станция, сооружаемая с применением передовой технологии, редкой в отечественной практике, окажется второй по глубине заложения, в связи с чем получит самый длинный в Московском метрополитене экскаватор.

Игорь ПАВЛОВ

НАБРЫЗГ-БЕТОН, ЭСКАЛАТОР-РЕКОРДСМЕН И «СЕРЕБРО» ГЛУБИНЫ

О набрызг-бетонировании

При проходке тоннеля новой «Марьиной Рощи» для временного крепления кровли станции используется технология набрызг-бетона. Как пояснил главный специалист АО «Метрогипротранс» по организации строительства Сергей Ермолаев, на сегодняшний день она не является распространенной среди российских метростроителей, хотя, как показывает и зарубежный, и отечественный опыт, весьма эффективна при решении ряда задач.

Олимпийские стройки Сочи ввели в отечественную практику широкое использование различных технологий, в том числе в тоннелестроении. Одна из них — набрызг-бетонирование (или торкретирование, то есть устройство бетонного покрытия безопалубочным методом с использованием струи сжатого воздуха). Эта технология, тем не менее, не является новым изобретением, она известна более 80 лет. С использованием метода быстрого нанесения набрызг-бетона на обнаженный в забое контур выработки при проходке и созданием замкнутой оболочки, с после-

дующим мониторингом ее деформаций (Новоавстрийский тоннелестроительный метод, NATM) построены сотни километров тоннелей и других подземных сооружений, главным образом за рубежом. Этот способ получил распространение в подземном строительстве как один из основных для временного крепления горных выработок. Набрызг-бетонирование также используется для ремонта бетонных и железобетонных конструкций. Наблюдается четкая тенденция роста его применения в тоннелестроении в крупномасштабных проектах. Только в Европе общий объем работ, выполненных этим методом, составляет более 3 млн м³ в год.

К существенным недостаткам такой технологии, по словам Сергея Ермолаева, относится только ограниченность области использования на участках больших водопритоков в забой из-за оплывания наносимого слоя, так как организация предварительного тампонажа горных пород требует больших материальных затрат.

В предыдущий раз набрызг-бетонирование при строительстве московского метро широко применялось около 20 лет назад,



Так выглядит пока средний станционный зал станции «Марьино Роща» Большой кольцевой линии (рабочее название — «Шереметьевская»)



Предварительное крепление анкерами сводовой части и установка на них дорожной сетки



Производство работ по технологии «сухого» набрызг-бетонирования

когда Тоннельный отряд №6 вел проходку правого перегонного тоннеля между станциями «Киевская» и «Парк Победы». После этого технология использовалась только в незначительных объемах в 2014 году при проходке левого перегонного тоннеля между станциями «Бутырская» и «Фонвизинская» (там отработывался пилотный проект для более широкого применения впоследствии).

За прошедшие годы многое изменилось. В первую очередь, неизмеримо выросли задачи метростроителей — в соответствии с планами московского правительства, до конца 2023 года в столице предстоит построить 119 км линий метро, 47 станций и пять электродепо для обслуживания и ремонта подвижного состава. Значит, темпы работ должны существенно увеличиться. А набрызг-бетонирование именно этому и способствует. Кстати, усовершенствовалась и сама технология, что, в первую очередь, коснулось химических добавок в бетон.

Все это рассказал Сергей Ермолаев и пригласил понаблюдать за ходом работ на участок строительства.

Особенности новой «Марьиной Рощи»

На улице Веткина, откуда сооружается станция Большой кольцевой линии «Марьино Роща», работает участок №1 СМУ-8 АО «Мосметрострой». Метростроевцы ведут проходку среднего станционного тоннеля, а

также коридоров к машинному залу малого наклонного хода — будущей пересадки на «Марьину Рощу» Люблинско-Дмитровской линии. Из-за близости действующей станции запрещен буровзрывной метод работ, поэтому разработка забоя производится вручную отбойными молотками. Станция, которую сооружают горным способом, будет второй по глубине в столице — 69 м. Здесь расположится также самый длинный эскалатор в московском метро — более 130 м.

В центральном зале среднестанционного тоннеля с 25 мая работает тьюнгоукладчик ТУ-4ГП. Средний зал трехпролетной пилонной станции состоит из 199 чугунных колец. Строить его планируют чуть больше года. К этому времени щиты диаметром 6 м транзитом пройдут правый и левый пилот-тоннели. Впоследствии их в зоне боковых станционных тоннелей переберут с установкой обделки диаметром 8,5 м. На момент нашей подземной экскурсии было установлено уже 50 колец чугунной обделки.

Станция сооружается с двух стволов, но основной — ствол шахты №946. Он построен еще в 1990-х гг. и имеет универсальное расположение. Через него производились работы по строительству перегонных тоннелей до «Бутырской», камер съездов за действующей «Марьиной Рощей», а теперь строятся новая станция. Проектировщики полагают, что этот ствол будет использоваться для нужд метрополитена и в дальнейшем. Его глубина — около 65 м. На глубине около 57 м пройдена подходящая штольня протяженностью 947 м. Этот подземный

путь ежедневно дважды преодолевают метростроители, направляясь к своим рабочим местам и обратно. Штольня в настоящее время используется для обеспечения проходки среднего станционного зала. После того как необходимость в ней будет исчерпана, ее заполнят бетоном.

Штольня проходит над перегонными тоннелями между станциями «Марьино Роща» и «Бутырская» — они всего на метр глубже. Слышно, как идут поезда по Люблинско-Дмитровской линии. Как объяснил Сергей Ермолаев, такая близость подземных выработок никак не скажется на безопасности в метрополитене, потому что строительство ведется в крепких грунтах — здесь на этой глубине присутствует в основном известняк, а также в незначительном количестве твердые глины и мергель, поэтому пройти участок удалось без просадок и других эксцессов.

На 20 м ниже уровня штольни строят средний станционный зал будущей «Шереметьевской» — «Марьиной Рощи» БКЛ. Здесь работы ведутся полным ходом. Мы застали этап, когда очередная заходка выполнена, и с помощью торкретирования сооружают временную крепь, которая обеспечивает здесь малые деформации окружающего массива горных пород.

— При сооружении каждого кольца, согласно проекту производства работ в технической зоне метрополитена, которая в данном случае определяется действующими тоннелями станции «Марьино Роща», мы работаем в следующем порядке, — расска-

О ПЕРЕИМЕНОВАНИИ СТАНЦИЙ

5 ноября постановлением Правительства Москвы с целью упрощения навигации для пассажиров пять пересадочных станций БКЛ получили те же наименования, что и станции радиальных линий. Так, станции с проектным названием «Можайская», с пересадкой на Арбатско-Покровскую и Филевскую линии, присвоено название «Кунцевская»; «Ржевской» — пересадочной на Калужско-Рижскую линию — «Рижская»; «Стромынке» — пересадочной на Сокольническую линию — «Сокольники»; «Рубцовская» — пересадочной на Арбатско-Покровскую линию — «Электрозаводская»; «Шереметьевской» — пересадочной на Люблинско-Дмитровскую линию — «Марьяна Роцца».

зывает замначальника 1-го участка СМУ-8 Мосметростроя Алексей Крейс. — Сначала происходит разработка верхнего яруса тоннеля — работы ведутся сверху вниз; затем мы производим установку анкеров в своде, а также дорожной сетки, поверх которой и наносится набрызг-бетон, то есть осуществляется закрепление кровли. Уже после этого ведется разработка остальной площади забоя, а затем сооружается чугунная обделка. Основной цикл этих работ — сооружение одного кольца — составляет около четырех суток.

По плану строительство среднего тоннеля «Марьиной Рощи»-2 должно занять около года и четырех месяцев, при условии непрерывных поставок тубингов.

— Чугунная обделка — типовая для станций глубокого заложения в Москве, — уточняет Сергей Ермолаев. — Железобетонная обделка практикуется там, где гидростатики нет. Здесь же имеет место значительное гидростатическое давление, поэтому применяются чугунные тубинги. Торкретирование значительно уменьшает деформации окружающих горных пород и обеспечивает эксплуатационную безопасность действующих тоннелей, при этом частицы смеси настолько хорошо уплотняются при контакте с породой, что образуют плотный слой с высокими характеристиками по водонепроницаемости и прочности. Набрызг-бетон, предусмотренный проектом, содержит пластификаторы, которые увеличивают прочностные характеристики смеси.

По вопросу, можно ли в данном случае обойтись без набрызг-бетона, Сергей Ермолаев разъяснил:

— Так как между временем разработки породы в забое и временем затвердевания цементно-песчаного раствора первичного нагнетания за обделку при использовании обычной технологии проходит, как правило, несколько суток, деформация кровли над нашим тоннелем под действующими конструкциями метрополитена на этом объекте все равно бы произошла. Чтобы этих деформаций практически избежать, необходим торкретбетон, который моментально прилипает к породе по контуру выработки, быстро затвердевает и сразу включается в работу. Нанесенный слой препятствует развитию деформаций, обеспечивая надежность проходки под действующими линиями метрополитена.

Напрашивается вопрос о том, как все же понять, есть деформации или нет.

— Мы ведем мониторинг просадок под действующей линией, по всему участку установлены датчики, робот производит автоматическое слежение, — отвечает Алексей Крейс. — Осадки — в допуске. Согласно документам, они не должны превышать 5 мм, у нас — не более 1–2 мм. А при проходке обычным способом они могут быть до 3 мм.

О контроле

Неизбежный вопрос, который задают всегда, когда речь идет о строительстве — о контроле работ.

— После завершения набрызг-бетонирования субподрядчиком горный мастер нашей организации обязан на месте проверить качество нанесения торкрет-смеси, определить щупом плотность и равномерность нанесения слоев, чтобы это была однородная масса, без наплывов и разницы в толщинах — у нас по всей дуге должна быть одна толщина, рассчитанная и заложённая в проект, — рассказывает Алексей Крейс. — На данном этапе предусмотрена толщина 10 см по своду выработки. Контроль этих работ возможен тремя способами. Неразрушающий метод — при условии, что нужно, чтобы бетон был оголен. На нашем объекте мы этого обеспечить не можем, поэтому используем другой метод — формируем так называемый «набор кубиков» — лабораторных проб, которые затем в лаборатории Мосметростроя на стационарном оборудовании испытывают на одноосное сжатие. Испытания показывают, какую

нагрузку выдерживает кубик. Еще один возможный вид контроля — визуальный осмотр каждого кольца. Но это еще не все, проводится также мониторинг действующих тоннелей метрополитена. Уполномоченная организация — «МИП-Строй-1» — в целом отслеживает конструкцию Люблинско-Дмитровской линии, под которой мы ведем работы. Там непосредственно на чугунной обделке установлены датчики, по которым производится маркшейдерская съемка. На ее основании делается оценка влияния строящегося объекта на действующие конструкции метрополитена.

О пересадке на «Марьяну Роцца»

Тем временем на уровне подходной штольни продолжают строить пересадку с Большой кольцевой на Люблинско-Дмитровскую линию. Здесь между двумя станциями уже возвели просторный подходный коридор — из 56 чугунных колец диаметром 9,5 м. Из него сооружают три людских ходка.

— Третий ходок у нас защищен металлоизоляцией и подготовлен к бетонным работам, — поясняет Алексей Крейс. — Отсюда по лестничному маршу пассажиры будут попадать в средний зал «Марьиной Рощи» Люблинско-Дмитровской линии. На втором ходке производим армирование конструкций, а на первом пока ведем проходческие работы. Также в основном коридоре у нас открыт забой машинного зала — тоннеля диаметром 11,5 м, куда в будущем придут четыре ленты эскалаторов малого наклонного хода. После того как машинный зал будет готов, начнется сооружение малого наклонного хода к станции «Шереметьевская». Готов уже верхний свод будущего машинного помещения. Дальнейшим этапом будет сооружение форшахты под наклонный ход и разработка обратного свода машинного помещения на полную глубину, до обеспечения диаметра 11,5 м. Длина наклонного хода будет составлять 32 м, или 42 кольца, 29 полных и 13 неполных.

Новую станцию вместе с пересадочным узлом планируется ввести в эксплуатацию до осени 2023 года.

Всего на участке БКЛ от «Нижней Масловки» до «Авиамоторной» будет две станции глубокого заложения — «Марьяна Роцца» («Шереметьевская»), «Рижская» («Ржевская») — и три мелкого — «Сокольники» («Стромынка»), «Электрозаводская» («Рубцовская») и «Лефортово». ■

А. Н. КОНЬКОВ,
к. т. н., доцент кафедры «Тоннели
и метрополитены»
(ФГБОУ ВО ПГУПС);

Ю. А. ФИЛОНОВ,
к. т. н., заведующий исследова-
тельской лабораторией
«Грунты и строительные
материалы»
кафедры «Тоннели
и метрополитены»
(ФГБОУ ВО ПГУПС);

А. Л. НОВИКОВ,
научный сотрудник кафедры
«Тоннели и метрополитены»
(ФГБОУ ВО ПГУПС);

М. П. АРТЕМЬЕВ,
студент
(ФГБОУ ВО ПГУПС);

Е. Г. КОЗИН,
к. т. н., первый заместитель
начальника ГУП «Петербургский
метрополитен»;

Д. Л. БУРИН,
начальник службы тоннельных
сооружений ГУП «Петербургский
метрополитен»

РЕНОВАЦИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СТВОЛОВ С УСТРОЙСТВОМ КОНСТРУКТИВНО- ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ РУБАШКИ ИЗ ПЕНОСТЕКЛОБЕТОНА

Одной из важнейших проблем, влияющих на эксплуатационную надежность и безопасность функционирования линий метрополитена, является работа вентиляционных систем. Вентиляция перегонных тоннелей и станций производится через вентиляционные стволы, расположенные у станций и на перегонах. В зимний период стволы на перегонах работают в режиме приточной вентиляции при отрицательных температурах воздуха, которые могут опускаться до -25°C и ниже, что приводит к промерзанию как обделки, так и грунтов по ее контуру.

Большинство стволов в Санкт-Петербурге заложены на значительной их части по глубине в слабых обводненных грунтах четвертичных отложений. При нарушении (вымывании) материалов нагнетания за обделку, вода, распределяясь по ее контуру, проникает и в зону, расположенную в плотных протерозойских глинах.

При замерзании грунтов и воды в заобделочном пространстве обделка испытывает существенные дополнительные нагрузки. Это приводит к значительному износу конструкций вентстола, деформациям и повреждению тубингов, вплоть до их разрушения (рис. 1) и выпуска в ствол воды и грунтово-масс, то есть к аварийным ситуациям.

Ухудшает условия работы конструкции и знакопеременный температурный режим, так как в течение зимнего периода промерзание-оттаивание обделки может проходить многократно.

В рамках решения проблемы и исключения негативного влияния отрицательных температур кафедрой «Тоннели и метрополитены» Петербургского государственного университета путей сообщения (ФГБОУ ВО «ПГУПС») с 2016 года проводятся иссле-



Рис. 1. Пример разрушения кольца обделки вентиляционного ствола в результате замерзания воды и грунта за обделкой

дования конструктивно-технологических решений реновации вентиляционных стволлов метрополитена с устройством конструктивно-теплоизоляционных рубашек из пеностеклобетона.

В последние годы при ремонте стволлов устраиваются типовые железобетонные рубашки для усиления поврежденной обделки. При этом вопрос теплоизоляции остается нерешенным (рис. 2).

Выполнению железобетонной рубашки предшествуют работы по очистке обделки

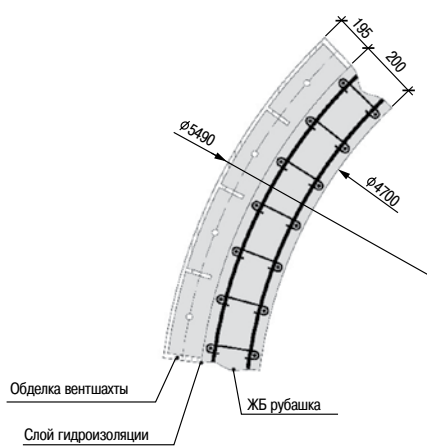


Рис. 2. Конструкция железобетонной рубашки

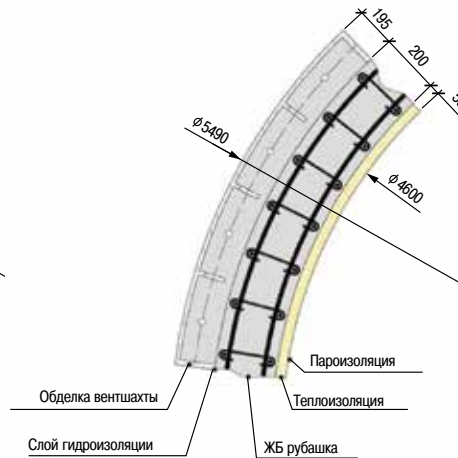


Рис. 3. Конструкция железобетонной рубашки с несъемной теплоизоляционной опалубкой

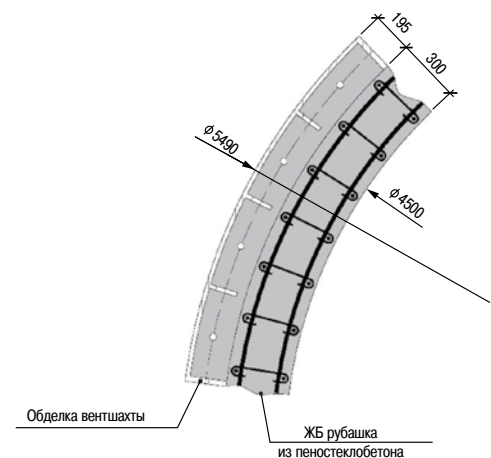


Рис. 4. Конструкция железобетонной рубашки из пеностеклобетона

ствола от коррозии, замена болтовых связей, ремонт чеканки и заполнение ячеек тубингов раствором или мелкозернистым бетоном.

На следующем этапе устраивается внутренняя гидроизоляция ствола. Она выполняется из полотен ПВХ-мембран различных производителей. С наружной и внутренней сторон ПВХ-мембраны прокладываются слои геотекстиля: с внутренней — для дренирования воды в случае ее проникновения через стыки обделки, с наружной — для защиты мембраны при монтаже арматурных каркасов. Возможно также применение напыляемой гидроизоляции.

Достоинством этого способа является использование стандартных технологий устройства рубашки из монолитного железобетона с устройством гидроизоляции и высокая прочность конструкции. Недостатки — значительное количество технологических операций, длительные сроки возведения, высокая стоимость выполнения работ и полное отсутствие теплоизоляции, что через определенный период времени приведет к повреждениям обоймы.

Существуют различные предложения по теплоизоляции стволов, связанные с установкой теплоизолирующих панелей из разных материалов. Наибольшее внимания заслуживает вариант с несъемной опалубкой, приведенный на рис. 3.

Технология подготовки обделки, выполнения гидроизоляции и бетонирования рубашки полностью повторяет вариант с железобетонной рубашкой, отличием является только устройство несъемной опалубки из теплоизолирующего материала.

Теплоизоляционные свойства такой конструкции вызывают сомнения, так как добиться надежной теплоизоляции при толщине опалубки 50–75 мм затруднительно, а материалы, обладающие наименьшим ко-

эффициентом теплопроводности, не имеют необходимой конструкционной прочности, достаточной для восприятия нагрузок при бетонировании. Применение же несъемной теплоизоляционной опалубки значительной толщины (150–250 мм и более) приведет к уменьшению полезного сечения ствола. Вызывают также вопросы и требуют выполнения больших объемов исследований долговечность теплоизоляционного слоя, его сцепление с бетоном и пожаробезопасность.

Исходя из рассмотренных вариантов, рационально совместить железобетонную рубашку (усиление) и теплоизоляцию в единую конструкцию на базе специальных видов бетона. В результате анализа применения различных видов бетонов, обладающих теплоизолирующими свойствами, было установлено, что наиболее приемлемым является пеностеклобетон (рис. 4).

Следует отметить, что в этом случае бетонирование рубашки происходит с одновременным заполнением ячеек тубингов, то есть исключается достаточно длительная и трудоемкая операция по предварительному заполнению ячеек, а напыляемая гидроизоляция наносится на поверхность тубингов до начала бетонирования.

Пеностекло — это уникальный экологичный утеплитель, срок службы которого практически не ограничен. Он сохраняет свои физические свойства на протяжении всего времени эксплуатации сооружения или конструкции. В качестве основных свойств гранул пеностекла можно отметить превосходную теплоизоляцию, полную экологическую безопасность, негорючесть, паро- и влагонепроницаемость.

Таким образом, применение гранул пеностекла в виде заполнителя для создания специального бетона с теплоизолирующими свойствами является оптимальным решением.

Для определения необходимых параметров по теплоизоляционным свойствам рубашки из пеностеклобетона была разработана расчетная модель, представленная на рис. 5. Рассматривалась чугунная обделка вентиляхтов наружным диаметром 5490 мм. Внутренний диаметр обделки — 5100 мм, сечение тубингов — 195 мм.

По условиям обеспечения необходимых объемов вентиляции внутреннее сечение ствола не должно быть менее 4500 мм, поэтому допустимая толщина теплоизоляционного слоя для данного типа обделки составляет 300 мм. Заполнение межреберного пространства (ячеек тубингов) в расчетной модели не учитывалось в запас параметров теплоизоляции.

Температура грунтового массива при усредненной глубине ствола 60–70 м увеличивается по глубине заложения примерно от +5 °С до +12 °С. В расчетной модели принята средняя температура грунтового массива +8 °С.

Введение времени воздействия отрицательной температуры на внутреннюю поверхность рубашки многократно усложняло расчетную модель, поэтому было принято, что расчетное значение –25 °С присутствует в стволе постоянно. Анализ за 12 лет (с 2005 по 2017 гг.) показал, что длительность воздействия отрицательных температур около –25 °С не превышала 8–10 суток. Таким образом, принятие в расчете воздействия максимальной отрицательной температуры –25 °С постоянным на бесконечности обеспечивает значительный запас по фактической теплоизоляционной защите.

Основным требованием в расчетной модели являлось обеспечение положительной температуры (не менее +0,1 °С) на внешней поверхности чугунной тубинговой обделки. По результатам расчетно-теоретических

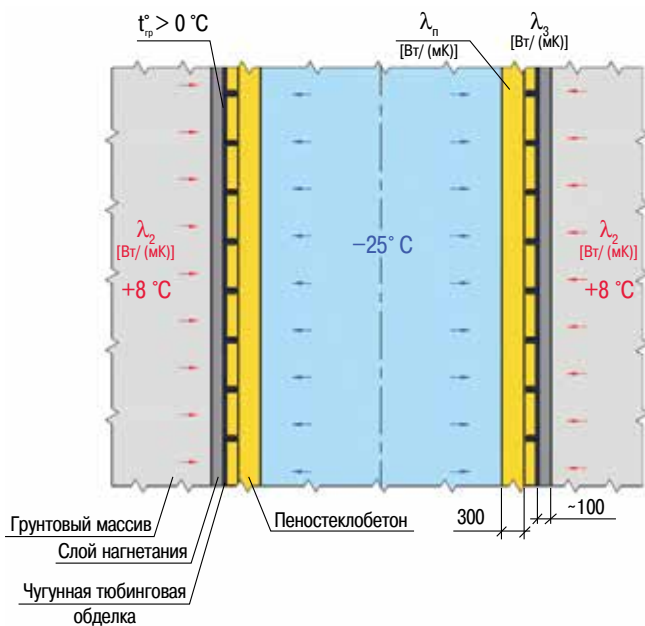


Рис. 5. Расчетная модель теплоизоляции ствола

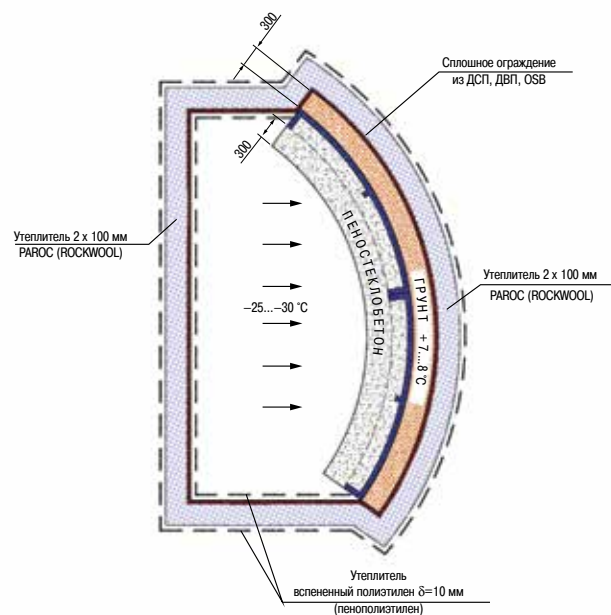


Рис. 6. Схема натурной физической модели



Рис. 7. Сборка чугунных тубингов, моделирующих участок ствола



Рис. 8. Устройство гидроизоляции, установка каркаса и температурных датчиков



Рис. 9. Бетонирование обоймы



Рис. 10. Модель после снятия опалубки

исследований установлено, что при толщине 300 мм коэффициент теплопроводности пеностеклобетона рубашки должен быть не ниже 0,2 Вт/м·°С.

Исходя из поставленных задач, для формирования теплоизоляционной обоймы внутри вентиляционных стволов метрополитена, необходимо применение материала со следующими техническими характеристиками: прочность на сжатие — не менее 7,5 МПа; морозостойкость — не менее F100; теплопроводность — не более 0,2 Вт/(м·°С); водонепроницаемость — не менее W6.

В ходе дальнейшей работы был произведен подбор состава пеностеклобетона, удовлетворяющего приведенным выше показателям. Учтены также дополнительные технические требования к бетонной смеси: марка по удобоукладываемости должна обеспечивать надежное заполнение ячеек тубингов в процессе бетонирования рубашки; смесь должна быть самоуплотняющейся, то есть укладываться без применения вибраторов.

Исследование процессов заполнения теплоизоляционной обоймы и теплоизоляционной способности выбранного состава пеностеклобетона проводилось на специ-

альной физической модели в масштабе 1:1, представляющей собой участок вентиляционного ствола из чугунных тубингов с наружным диаметром 5,49 м с устройством армированной обоймы из пеностеклобетона, работающей в режиме разнопеременных температур. Схема натурной модели приведена на рис. 6.

Устройство модели начиналось со сборки чугунных тубингов, моделирующих участок ствола. Затем устраивалась модель напыляемой гидроизоляции и установка арматурного каркаса. После монтажа температурных датчиков производилось бетонирование обоймы. Основные этапы изготовления модели приведены на рис. 7–10.

Для проведения исследований была сделана специальная климатическая установка, позволяющая поддерживать температуру воздуха с внутренней стороны рубашки в диапазоне -25–30 °С. При проведении эксперимента фиксировалась температура модели при различных уровнях температурных воздействий в разных точках по глубине — на внутренней поверхности рубашки, в уровне первого и второго ряда арматуры, в уровне ребер и спинки тубингов, за обделкой в грунтовом массиве.

Измерения проводились в течение трех недель. Результаты проведенных исследований позволили сделать следующие выводы: при задании температуры внутри камеры ниже -10 °С (в том числе до -25–30 °С) продолжительностью 24 дня не произошло полного промораживания тела рубашки; температура на контакте наружного контура обделки и обводненного грунта не опустилась до температуры заморозки воды; по результатам эксперимента температура на контакте чугунной обделки и грунта оказалась выше, чем по результатам математического моделирования. Это связано с тем, что в модели использовался пессимистический сценарий — воздействие -25 °С на бесконечности, то есть не учитывался реально возможный период действия максимальных отрицательных температур.

Концепция утепления ствола в виде рубашки из пеностеклобетона по результатам испытаний показала свою жизнеспособность и эффективность.

Разработанную конструкцию теплоизоляции можно рекомендовать к применению для утепления эксплуатируемых вентиляционных стволов метрополитена. ■

Один из самых насущных вопросов для Красноярска — когда, наконец, появится метрополитен. Сегодня в городе проживает 1,1 млн человек. Это крупный промышленный и транспортно-логистический центр, в котором сосредоточены предприятия таких отраслей, как цветная металлургия, гидроэнергетика, машиностроение, космическая, химическая, деревообрабатывающая промышленность. Город непрерывно растет, как и автомобильный трафик, перемещаться населению из одного района в другой становится все сложнее. Поэтому метрополитен здесь необходим, что называется, по жизненным показателям.

Наталья
АЛХИМОВА



МЕТРО В КРАСНОЯРСКЕ: С ПОДДЕРЖКОЙ ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ

В марте текущего года перед открытием Зимней Универсиады-2019 губернатор Красноярского края Александр Усс обсуждал с Президентом РФ Владимиром Путиным строительство метрополитена в Красноярске и получил его поддержку.

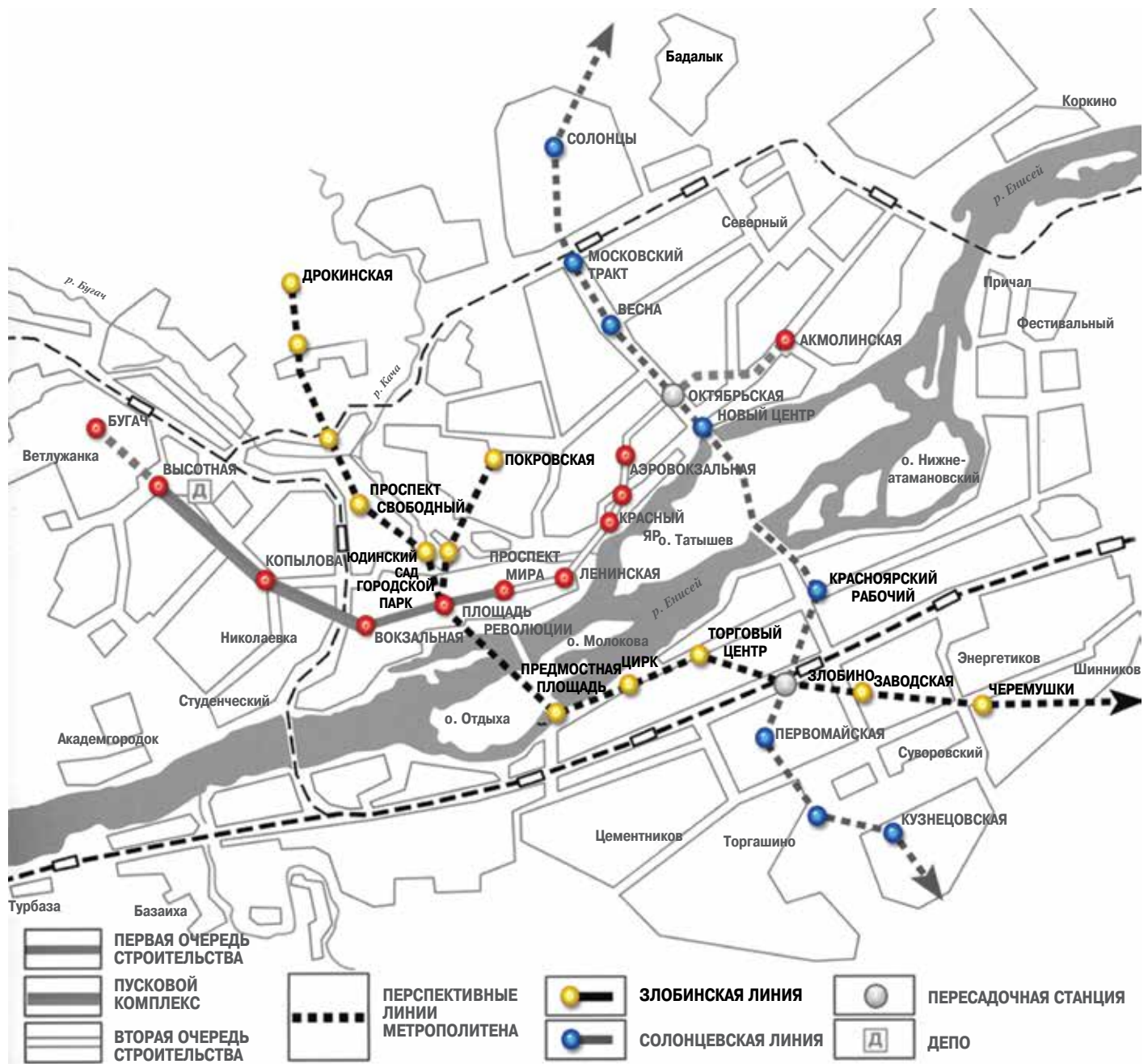
Необходимость метро в городе была очевидна уже в 1960-е годы. После пуска первых агрегатов Красноярской ГЭС в регионе произошло существенное изменение климата. С учетом этой и других причин в генеральный план столицы края вносится программа развития линий подземной скоростной магистрали. В 1986 году на XXVI съезде КПСС принимается решение о строительстве метрополитенов в Риге, Красноярске, Челябинске и Омске. В российских городах стройки стартовали, но не были завершены. В условиях новой общественно-экономической формации вообще, как известно, введен в эксплуатацию только метрополитен в Казани. Так что решение руководства страны о возобновлении строительства линий метро красноярцами воспринято с воодушевлением.

О предшествующих этому событиям, строительных работах и сегодняшней ситуации рассказал директор Управления по строительству Красноярского метрополитена Игорь Иванов.

Предыстория строительства

В 1984 году институт «Гипрокоммунтранс» (Москва) разработал комплексную транспортную схему Красноярска, институт «Харьковметропроект» выполнил технико-экономическое обоснование метрополитена, а впоследствии и проектирование. За инженерно-технические изыскания отвечал трест «КрасТИСИЗ» (Красноярск). В 1994 году технический проект первой очереди первой линии прошел государственную экспертизу и был утвержден постановлением Госстроя РФ.

Предусматривался ввод к 2004 году в эксплуатацию пяти станций — «Высотная», «Улица Копылова», «Вокзальная», «Площадь Революции», «Проспект Мира», перегонных тоннелей между ними, а также сооружение электродепо и инженерного корпуса для эксплуатации подземки. Строительная длина первой очереди — 8,22 км в двухпутном исчислении. Планируемый объем перевозок — 55 млн пассажиров в год, или 169 тыс. в сутки. Заказчиком выступило муниципальное казенное предприятие г. Красноярска «Управление по строительству Красноярского метрополитена», генподрядчиком — ООО «Красноярскметрострой» (головная организация — акционерное общество «Бамтоннельстрой»).



В 1994 году начались подготовительные работы, а 17 октября 1995 года состоялось знаменательное событие — в створе ствола №2 был вынут первый ковш земли. 30 января 1996 года — дата начала работ на стволе №5 (станция «Площадь Революции»). К 1997 году он был пройден до проектной глубины — 71,2 м. 19 августа 1996 года начались работы на станции «Вокзальная» (ствол №3).

26 декабря 2001 года отечественным проходческим щитом КПЩ-12 от ствола №2 на глубине 80 м началась проходка непосредственно левого перегонного тоннеля в сторону будущей станции «Улица Копылова». 5 сентября 2003 года на строительной площадке станции «Высотная» начал работу доставленный из Сингапура

тоннелепроходческий механизированный комплекс Lovat (Канада). Под него была сооружена монтажная камера длиной 120 м, шириной 24 м и глубиной 12 м. На начало июля 2004 года щит прошел 420 м тоннеля.

В 2005 году было пройдено 250 м перегонного тоннеля от «Высотной» до «Улицы Копылова». К маю 2008 года завершено уже более 3,5 км горных выработок, из них готовые тоннели — около 3 км.

Но... в 2009 году из-за недостатка финансирования было принято решение о прекращении строительства станции «Площадь Революции» и консервации горных выработок, в 2011 году — о консервации станции «Вокзальная».

Сегодняшний день

В июле 2019 года был объявлен конкурс на выбор подрядчика для корректировки проектно-сметной документации строительства первой линии метрополитена в Красноярске. Пока недостроенное метро являлось законсервированным, в России изменились многие технические нормативы в метростроении. Чтобы привести в соответствие с ними существующий проект, его необходимо было доработать, и на это выделили 1 млрд рублей из федерального бюджета. 9 сентября 2019 года заключен контракт с АО «КрасноярскТИСИЗ», победившим в конкурсе на разработку документации. Это предприятие выполняло комплекс инженерных изысканий



для строительства Красноярского метрополитена еще в прошлом веке.

Проектировщику предстоит откорректировать проект первой линии, а именно — участок из шести станций, от «Высотной» до «Ленинской» с проведением инженерных изысканий на все девять станций (включая «Красный Яр», «Аэровокзальную», «Октябрьскую»).

Игорь Иванов отмечает, что в техническом задании на проектирование учтен инновационный вариант строительства. Впервые представления об «инновационном метрополитене» прозвучали в 2014 году в Омске, где было предложено строить более короткие платформы с беспилотными поездами. Реализация такого проекта приведет к существенной экономии финансовых средств на строительстве, тем более что в 2017 году принят закон о скоростном внеуличном транспорте, позволяющий претворить эти замыслы в жизнь. В частности, предлагается уменьшить платформенный участок станций и использовать в качестве подвижного состава четырехвагонные или даже трехва-

гонные поезда. При сооружении перегонных участков предполагается проработать опыт Москвы и западных стран, предусматривающий как подземный, так и наземный вариант трассы.

Протяженность первой линии с девятью станциями — 12,6 км в двухпутном исчислении. Запланировано также, что метрополитен будет тесно взаимосвязан с наземными видами общественного транспорта, в частности, с электричкой и скоростным трамваем, посредством которых планируется соединить правый и левый берега Енисея и движение по круговому городскому кольцу. Таким образом, жители «спальных районов» Красноярска получат доступ к метро, что увеличит пассажиропоток до 72,3 млн пассажиров в 2033 году. Станция «Октябрьская» при этом станет крупным универсальным пассажирским узлом в транспортной схеме города.

Таким образом, метрополитен в Красноярске будет выглядеть следующим образом: станции «Высотная» — «Улица Копылова» — «Вокзальная» — «Площадь Революции» — «Площадь Мира» — «Ленинская» — «Красный

Яр» — «Аэровокзальная» — «Октябрьская». Четыре из них имеют глубокое заложение, столько же — мелкое, а одна — наземная. Глубина линии достигает в некоторых местах отметки в 70 м, что обусловлено геологическими условиями, пояснил Игорь Иванов: мощный водоносный пласт толщиной от 3 до 18 м находится уже на глубине 8–12 м от поверхности земли. Кроме того, имеет место сложная градостроительная ситуация, особенно в центральной части города. Интенсивный уличный трафик — проспектов Мира, Маркса и Ленина — не позволяет осуществлять масштабные земляные работы с разработкой котлованов и переносом инженерных сетей предприятий.

Первые станции метро планируется открыть в 2024 году.

Кстати...

В Министерстве транспорта РФ почти все метрополитены в стране, кроме московского, считают «операционно убыточными». Об этом недавно сообщило ИА «Интерфакс» со ссылкой на первого заместителя министра транспорта Иннокентия Алафинова. По его мнению, строительство метрополитена настолько затратно, что «никакой город или регион, кроме одного, это дело не потянет». В Минтрансе России на сегодняшний день считают, что в регионах надо развивать наземный транспорт, в том числе скоростной трамвай.

Тем не менее, как следует из сообщения Интерфакса, Красноярск все же получит федеральное финансирование на метро. Чтобы достроить подземку, нужно примерно 70 млрд рублей. Если все пойдет без проволочек, реконсервацию существующих станций начнут уже в 2020 году. ■



ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ В МЕТРОПОЛИТЕНЕ

Отечественный и зарубежный опыт эксплуатации метрополитенов свидетельствует об их высокой пожароопасности. Тушение возгораний в подземных сооружениях осложняется их сильным задымлением, удаленностью от поверхности, трудностями в управлении подразделениями пожарной охраны, необходимостью взаимодействия с администрацией объекта при проведении эвакуационно-спасательных работ и выполнении организационно-технических мероприятий по снятию напряжения и дымоудалению. В связи с этим особое значение приобретают вопросы безопасности пассажиров и обслуживающего персонала метро, а также личного состава подразделений пожарной охраны. На наши вопросы о специфике пожарозащиты отвечают руководители и ведущие специалисты метрополитенов России.



Анатолий ВЕКШЕНКОВ,
начальник отдела ведомственной
пожарной охраны МУП
«Новосибирский метрополитен»

Какова специфика объектов метрополитена с точки зрения обеспечения пожарной безопасности? В чем заключается особенность пожаров в метро и чем она определяется?

Лариса Шемякина:

— Метрополитен — это сложный инженерно-технический комплекс, с высокой энерговооруженностью, со значительным количеством применяемых горючих материалов, с подземным расположением сооружений и массовым пребыванием людей в течение основной продолжительности суток.

Начальный период развития пожара здесь связан с распространением продуктов горения по тоннелям на значительные расстояния, задымлением служебных коридоров, станций, эскалаторных тоннелей и вестибюлей. При этом горение распространяется преимущественно в направлении движения воздушных потоков, вызванных работой тоннельной вентиляции или естественной тягой. Развитие пожара в подземных сооружениях характеризуется высокой температурой в очаге горения, достигающей 800–1000 °С. Вследствие распространения высокотемпературных конвективных потоков возможно образование вторичных очагов пожара, как в подземных сооружениях, так и на поверхности. Возможно повреждение огнем электрических коммуникаций, освещения, вентиляции, водоснабжения и др. Даже незначительные по масштабу пожары в условиях подземных сооружений из-за вызываемых ими задымлений создают сложности для выявления источника загорания, для его тушения, а также нарушают нормальную работу метро.

К сожалению, нормативная база, регламентирующая обеспечение пожарной безопасности в метрополитенах, практически отсутствует, документы находятся в стадии разработки, а действующие не могут в полном объеме отразить нашу специфику.

Олег Яушев:

— Пожарная опасность метрополитенов обусловлена подземным расположением объектов, создающим возможность сильного задымления помещений даже при небольшом возгорании, насыщенностью техническими устройствами, высокой энерговооруженностью в сочетании со значительным количеством используемых горючих

материалов. К тому же метрополитены — это объекты с массовым пребыванием людей. Поэтому важнейшим звеном в общей системе противопожарных мероприятий является обеспечение безопасности пассажиров.

Наиболее пожароопасные объекты метрополитенов — это подвижной состав и места его отстоя, эскалаторы и кабельные сооружения. Для оборудования и отделки подвижного состава и эскалаторов применяется древесина, пластик, резина, пенополиуретан, винилискожа, краски, эмали и лаки на горючей основе, а также другие горючие материалы. Пожарная нагрузка эскалаторов, являющихся путями эвакуации, в некоторых случаях достигает 60–70 кг на м².

В настоящее время нормативным документом, регламентирующим обеспечение пожарной безопасности при строительстве метро, является Свод правил (СП) 120.13330.2012 «Метрополитены. Актуализированная редакция СНиП 32-02-2003».

Важнейшим вопросом сейчас при этом является отсутствие специальной законодательной и нормативно-технической базы, и, как следствие, разночтения основных документов, касающихся требований безопасности. До передачи метрополитенов из ведомства Министерства путей сообщения пожарная охрана руководствовалась такими документами, как: «Наставление по организации и проведению пожарно-профилактической работы»; «Наставление по организации службы ведомственной пожарной охраны»; «Инструкция по учету и служебному расследованию пожаров на объектах метрополитенов»; «Программа подготовки личного состава». И самое главное — метрополитены руководствовались Правилами пожарной безопасности на метрополитенах, которые были утверждены Министерством путей сообщения и согласованы с ГУПО МВД СССР. К сожалению, в настоящее время эти документы не действуют.

Анатолий Векшенков:

— Руководство перевозочным процессом осуществляется из центрального диспетчерского пункта дежурными по метрополитену и поездными диспетчерами, которым в оперативном отношении подчинены аварийно-восстановительные формирования, поездные бригады, дежурный персонал станций и депо, а также диспетчеры, управляющие работой вспомогательных систем (устройств электро-

снабжения, эскалаторов, вентиляции) с соответствующих диспетчерских пунктов.

Пожарная опасность подземных сооружений метрополитена характеризуется: наличием значительного количества горючих материалов в оборудовании эскалаторов и путевых тоннелей, служебных помещений, а также подвижного состава; высокой насыщенностью кабельными сетями и электрооборудованием, находящимися под напряжением; высокой пожарной опасностью электроподвижного состава, перемещающегося в период эксплуатации по трассе и частично оставляемого для ночного отстоя в тупиках.

Особенности, затрудняющие тушение пожара, — это сложная планировка и удаленность от поверхности, затрудненность доступа в подземные объекты; сильное задымление подземного объекта с очагом пожара, а также прилегающих сооружений на значительном участке трассы; наличие вентиляционных потоков, способствующих быстрому распространению горения на значительную площадь; массовое пребывание людей в подземных сооружениях, ограниченное число выходов на поверхность.

Сергей Шамин:

— Пожарная опасность подземных сооружений метрополитена характеризуется: наличием значительного количества горючих материалов в оборудовании эскалаторных, путевых тоннелей, служебных помещений, а также подвижного состава; высокой насыщенностью кабельными сетями и электрооборудованием, находящемся под напряжением; пожарной опасностью электроподвижного состава.

Особенности пожаров в метрополитене обусловлены следующими факторами: сложная планировка и удаленность от поверхности, трудность доступа к ряду подземных объектов; наличие вентиляционных потоков, способствующих быстрому распространению горения; сильное задымление подземных объектов.

Какие экстренные меры принимаются в метрополитене при возникновении пожароопасной ситуации? Применяются ли в отечественных метрополитенах технологии раннего обнаружения возгораний? Какие? Оцените, пожалуйста, их эффективность.

Лариса Шемякина:

— У нас существует система автоматического обнаружения возгорания с помощью специальных технических средств, позволяющих выявить признаки пожара в защищаемом

помещении на ранней его стадии и подать соответствующий сигнал. Система состоит из пожарных извещателей, преимущественно дымовых, сигналы от которых приходят на приборы приемно-контрольные и управления автоматическими средствами пожаротушения и оповещения С2000-АСПТ.

Олег Яушев:

— Одной из особенностей метрополитена является наличие большого количества подземных сооружений без постоянного пребывания людей. К ним относятся практически все служебно-бытовые и большинство служебно-технических помещений станций, сооружения подстанций и эскалаторов. В связи с этим возникает необходимость своевременного оповещения о малейшем задымлении. В Нижегородском метрополитене все помещения на станциях оборудованы автоматическими системами обнаружения пожаров и системами оповещения и управления эвакуацией людей. В качестве приемных приборов применяются дымовые извещатели типа ДИП. При обнаружении пожара они подают сигнал на отключение общеобменной вентиляции в данном пожарном отсеке.

Для дымоудаления и организации подпора воздуха в метро применена система тоннельной вентиляции (на основе ВОМД-24). Эти устройства установлены в торце каждой станции (два вентилятора в конце станции и по одному на каждом перегоне в тоннеле). Вентиляторы реверсивные (с изменением потока движения воздуха). Управление вентагрегатами осуществляется от шкафов у вентагрегатов (местное); с пульта ДСП дежурной по станции; от диспетчера электро-механической службы по телеуправлению.

Первые станции Нижегородского метрополитена были построены по нормам, которые уже устарели. В настоящее время производится поэтапная замена автоматической пожарной сигнализации на современные типы.

Анатолий Векшенков:

— Система противопожарной защиты Новосибирского метрополитена построена на базе оборудования производства научно-внедренческого предприятия «Болид». Этот комплекс включает в себя ряд подсистем: автоматическую пожарную сигнализацию; охранную сигнализацию; автоматическое пожаротушение; систему оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.

Автоматическая адресная система пожарной сигнализации «Болид» определяет точное место возгорания, устанавливая электронный адрес сработавшего датчика. В зависимости от назначения помещения и других его особенностей используются раз-



Сергей ШАМИН,
директор МП «Самарский метрополитен»



Лариса ШЕМЯКИНА,
начальник отдела ведомственной пожарной охраны МУП «Екатеринбургский метрополитен»



Олег ЯУШЕВ,
директор МП «Нижегородское метро»



личные датчики: оптические регистрируют изменение прозрачности воздуха (задымление); температурные срабатывают при определенном уровне температуры; датчики пламени (горения) реагируют на инфракрасное или ультрафиолетовое излучение предметов с повышенной температурой поверхности.

Одной из важнейших в сфере пожарной безопасности Новосибирского метрополитена является Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ). Оповещение осуществляется передачей звуковых сигналов посредством трансляции речевых сообщений и звонков, а также световых сигналов указателями направления движения и указателями «Выход». Управление эвакуацией осуществляется посредством передачи по СОУЭ специально разработанных текстов, направленных на предотвращение паники и содержащих информацию о необходимом направлении движения, и включения световых указателей.

Решающим фактором в условиях действующего предприятия, повлиявшим на выбор системы «Болид», стал модульный принцип ее архитектуры, что позволило наращивать противопожарную защиту постепенно. В настоящее время закончены работы по оснащению всех станций автоматическим пожаротушением кабельных коллекторов, оборудованием для речевого оповещения о пожаре, завершена очередная этап комплексного усиления противопожарной защиты.

Сергей Шамин:

— Все станции метрополитена защищены средствами автоматических пожарных сигнализаций с выводом звукового сигнала на приемно-контрольные приборы в помещениях дежурных по станциям.

Административно-бытовой корпус, цех текущего ремонта, отстойно-ремонтные пролеты электродепо «Кировское» также защищены средствами автоматических пожарных

сигнализаций. При поступлении сигнала о возгорании происходит звуковое и текстовое оповещение работников.

Используются ли системы автоматического пожаротушения, и если да, то где именно? Какие в них применяются огнетушащие вещества и способы тушения? Как взаимосвязаны работа системы дымоудаления и пожаротушения?

Лариса Шемякина:

— Системы автоматического пожаротушения используются в кабельных коллекторах и подвалах. Тушение производится посредством порошковых модулей «Тунгус». Также надо отметить, что вагоны модели 81-717(714).6, 81-717(714).5М оборудованы автоматической системой обнаружения и тушения пожаров «Игла-М.5К-Т».

Олег Яушев:

— В Нижегородском метрополитене применяются следующие системы автоматического пожаротушения отечественных производителей: дренчерные и спринклерные водяные системы защищают отстойные пролеты электродепо «Пролетарское»; порошковые системы — места отстоя подвижного состава в тоннелях, кабельные каналы на станциях, места наиболее опасных в пожарном отношении узлов подвижного состава. Следует отметить, что порошковым пожаротушением защищено только подвагонное оборудование, изолированное от пассажиров. Газовыми системами защищены наиболее опасные в пожарном отношении помещения на станциях (эскалаторы, серверные, кладовые горюче-смазочных материалов).

Кроме этого, на станции «Стрелка», запущенной в эксплуатацию в 2018 году, применены газовые модули пожаротушения «Тун-

гус» (производитель — ЗАО НПО «Источник плюс»). Такими газогенераторами защищены внутренние объемы электрических шкафов в электрощитовых. Такие модули не требуют постоянного обслуживания. Гарантийный срок службы этих газогенераторов — 10 лет.

Анатолий Векшенков:

— Согласно перечню, который регламентирован СП 120.13330.2012 «Метрополитены» (п. 5.16.4.1, табл. 5.34), у нас установками автоматического пожаротушения защищены: кладовые горюче-смазочных материалов и покрасочных материалов; кабельные коллекторы тягово-понижительных подстанций; шкафы вводов питания и управления эскалаторами в машинных помещениях; зоны в тупиках станций, где предусматривается ночной отстой подвижного состава.

Все установки используют модули порошкового пожаротушения, изготовленные ЗАО НПО «Источник плюс».

Электрические шкафы в электрощитовых и на служебных мостиках защищены автономными установками (пластины ФОГ компании «Русинтех» с термоактивирующимся микрокапсулированным огнетушащим веществом, а также «Парабола» ЗАО «Пирохимика» с использованием сжиженной смеси на основе фторорганических веществ).

Специальных систем дымоудаления на станциях метрополитена у нас нет. В случае задымления станционные тоннельные вентиляторы включаются в противопожарный режим, обеспечивая эвакуацию пассажиров и обслуживающего персонала в направлении поступления свежего воздуха. В зависимости от расположения источника задымления вентиляция может работать как на «приток», так и на «вытяжку». В первом случае наружный воздух поступает через венткиоск, подплатформенный канал, платформу, кассовый зал и выбрасывается на улицу через входы станции. При работе на «вытяжку» происходит наоборот, и в итоге воздух выбрасывается в атмосферу через венткиоск. На трех станциях метрополитена («Золотая нива», «Березовая роща», «Маршала Покрышкина») при этом дополнительно смонтированы системы противодымной защиты, которые подают снаружи чистый воздух в кассовые залы станций.

Сергей Шамин:

— Системами автоматического пожаротушения на станциях «Алабинская» и «Московская» защищены кабельные подвалы. Применяются модули порошкового пожаротушения «Буря 50 КД» отечественного производства с огнетушащим порошком «Вексон-АВС», не токсичным и не опасным для людей и окружающей среды. На станциях метрополитена

имеются склады горюче-смазочных материалов, которые также защищены автоматическими средствами пожаротушения — самосрабатывающими порошковыми модулями «Буран». Кроме того, автономными системами пожаротушения (АСП-1) защищены шкафы управления эскалаторов в машинных залах станций, с применением огнетушащего вещества «Хладон-227», нетоксичного и безопасного для людей и окружающей среды.

«Алабинская» также оснащена современной автоматической пожарной сигнализацией. При поступлении сигнала с пожарного извещателя на приемно-контрольный прибор автоматически открываются клапаны дымоудаления по всей станции, включаются вентиляторы дымоудаления, подпора воздуха и закрываются огнезадерживающие клапаны.

Какие системы применяются для защиты критичных в плане пожарной опасности зон метрополитена — подэскалаторных пространств, кабельных коллекторов, подстанций и т. д.? Каких изготовителей — иностранных или отечественных?

Анатолий Векшенков:

— Особое внимание у нас уделяется пожарной безопасности подвижного состава, самое уязвимое место которого — подвагонное электротехническое оборудование. Именно для его защиты в 2015 году в Новосибирском метрополитене начали применять автоматическую систему обнаружения и тушения пожаров (АСОТП) «Игла». Она разработана фирмой «Эпотос» и состоит из тепловых датчиков и самосрабатывающих порошковых огнетушителей. Огнетушители могут срабатывать как от сигнала датчика, так и по команде из кабины машиниста. В настоящее время, в ходе проведения капитального ремонта вагонов, такой системой модернизировано 32 вагона (8 составов из 26) Новосибирского метрополитена. До конца 2019 года запланировано оборудовать еще один состав.

Для тушения возгорания в вагонах метро какие используются химические средства борьбы с огнем? Безопасны ли эти химические составы для пассажиров?

Лариса Шемякина:

— Химические средства борьбы с огнем в подвижном составе метрополитена не используются. Для решения этой задачи предназначены модули порошкового пожаротушения «Тунгус». Они имеют санитарно-

эпидемиологические заключения, подтверждающие их безопасность для людей и окружающих объектов (химически нейтральны, не содержат токсичных веществ).

Анатолий Векшенков:

— Все вагоны оснащены первичными средствами пожаротушения (порошковыми и углекислотными огнетушителями), а подвагонное оборудование и шкафы управления в кабине машиниста тех составов, где нет АСОТП «Игла», — самосрабатывающими порошковыми огнетушителями ОСП-1М. 12 вагонов (3 состава) оборудованы системой пожарной сигнализации АСПС.

Отвечая на вопрос про безопасность для пассажиров, могу сообщить следующее. При тушении пожара в помещении (или вагоне метрополитена) с помощью газовых переносных огнетушителей (в нашем случае углекислотных) необходимо учитывать возможность снижения содержания кислорода в воздухе, а также понижение температуры раstraба самого огнетушителя (до -70 – -75°). При тушении порошковыми огнетушителями необходимо учитывать возможность образования высокой запыленности и снижения видимости очага пожара (особенно в помещении небольшого объема) в результате образования порошкового облака. При тушении электрооборудования необходимо соблюдать безопасное расстояние (не менее 1 м) от сопла и корпуса обоих видов огнетушителей до токоведущих частей.

Сергей Шамин:

— В вагонах метрополитена самосрабатывающими порошковыми огнетушителями защищены наиболее пожароопасные отсеки автоматического регулирования скорости, отсеки автовидения и отсеки аккумуляторных батарей. Применяемые вещества нетоксичны, безвредны для людей. В действие огнетушители приводятся без участия человека при воздействии открытого огня.

Каковы современные тенденции развития технологий пожарной защиты подземных объектов? Каким требованиям должны отвечать системы пожаротушения для эффективной борьбы с огнем?

Лариса Шемякина:

— Для того чтобы современные технологии вошли в системы пожаротушения, необходимо, чтобы это было предусмотрено в проектной документации.

Анатолий Векшенков:

— Технические требования к системам пожаротушения изложены в целом ряде нормативных документов, основным из которых является СП 5.13130.2009 «Система противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования».

В условиях пожара в метро приоритетной задачей становится обеспечение эвакуации работников и пассажиров из помещений метрополитена. Для этой цели у нас запроектирована и смонтирована на каждой станции современная система оповещения и управления эвакуацией.

Сергей Шамин:

— Специфика пожаров на объектах метрополитена предъявляет жесткие и специфические требования к обеспечению защиты людей. Система пожаротушения должна обеспечивать быстрое снижение температуры и осаждение продуктов горения. Особое внимание должно быть уделено тушению электрооборудованию под напряжением.

Системы пожаротушения должны быстро давать необходимый эффект, в том числе при условии блокирования движения в тоннеле, а в итоге — обеспечивать безопасность людей, находящихся в вагонах, на платформах и эскалаторах. ■



А.В. ПЕХОТИКОВ,
начальник отдела 3.2 ФГБУ
ВНИИПО МЧС России, к.т.н.

В.В. ПАВЛОВ,
начальник сектора 3.2.1 ФГБУ
ВНИИПО МЧС России,

С.П. АНТОНОВ,
слушатель магистратуры АГПС
МЧС России

Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» устанавливает общие требования к зданиям и сооружениям и не делает различий между конструкциями подземными, наземными и пр. Согласно ст. 35 Федерального закона № 123-ФЗ, пределы огнестойкости строительных конструкций определяются в условиях стандартных испытаний.



ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМЫХ ПРЕДЕЛОВ ОГНЕСТОЙКОСТИ СТАЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Наступление пределов огнестойкости несущих и ограждающих строительных конструкций в условиях стандартных испытаний устанавливается по времени достижения одного или последовательно нескольких из следующих признаков предельных состояний: потеря несущей способности (R); потеря целостности (E); потеря теплоизолирующей способности вследствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции до предельных значений (I) или достижения предельной величины плотности теплового потока на нормируемом расстоянии от необогреваемой поверхности конструкции (W).

Два обязательных свода правил к №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» — СП120.13330.2012 «Метрополитены» и СП122.13330.2012 «Тоннели железнодорожные и автодорожные» — прямо задают требуемые минимальные пределы огнестойкости для проектируемых и эксплуатируемых тоннелей (в таблицах 5.16.1 и 5.12.4 соответственно). Хотелось бы, чтобы проектировщики не только вписывали в проект правильные цифры необходимой огнестойкости, но и сами конструкции подземных сооружений «отжигались» бы под нагрузкой или рассчитывались на огнестойкость с учетом реальных условий эксплуатации.

Методы определения пределов огнестойкости строительных конструкций и признаков предельных состояний устанавливаются нормативными документами по пожарной безопасности, которыми на настоящий момент являются ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования» и ГОСТ 30247.1-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции».

При проектировании здания или сооружения устанавливается его требуемая степень огнестойкости, в зависимости от его функционального назначения, площади, этажности, категоричности производства, других нормируемых показателей, и определяются соответствующие конструктивные решения.

В ч. 9 ст.87 Федерального закона № 123-ФЗ указано, что пределы огнестойкости и классы пожарной опасности строительных конструкций должны определяться в условиях стандартных испытаний. П. 10 этой статьи допускает определять огнестойкость и пожарную опасность расчетно-аналитическим способом, для строительных конструкций, аналогичных по форме, материалам, конструктивному исполнению строительным конструкциям, прошедшим огневые испытания.

Есть целый перечень нормативных документов, введенных в действие распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 июня 2015 г. №1092, в котором указано: «Утвердить прилагаемые изменения, которые вносятся в перечень национальных стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и осуществления оценки соответствия, утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 10 марта 2009 г. №304-р (Собрание законодательства Российской Федерации, 2009, №11, ст. 1363; 2011, №5, ст. 762)».

В разделе «Пожарно-техническая классификация строительных конструкций и противопожарных преград» этого перечня к интересующим нас документам относятся ГОСТ 30247.0-94 (ИСО 834-75) «Конструк-

ции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования»; ГОСТ 30247.1-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции»; ГОСТ 30403-2012 «Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности»; ГОСТ 31251-2008 «Конструкции строительные. Методы определения пожарной опасности. Стены наружные с внешней стороны»; ГОСТ Р 53309-2009 «Здания и фрагменты зданий. Метод натуральных огневых испытаний. Общие требования»; ГОСТ Р 53295-2009 «Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности».

Как уже отмечалось выше, в соответствии с положениями данного перечня, все несущие и самонесущие конструкции, или другие, аналогичные применяемым, на которые будет дана ссылка, должны пройти огневые испытания согласно требованиям ГОСТ 30247.1-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции». При этом испытания несущих и самонесущих конструкций должны испытываться под нагрузкой, а ее распределение и условия опирания образцов должны соответствовать расчетным схемам, принятым в технической документации (п. 7.2.1 указанного стандарта).

На основании анализа перечисленных выше стандартов можно сделать вывод о некоторых недостатках имеющихся методов испытаний строительных конструкций, обеспечивающих выполнение требований Федерального закона №123-ФЗ, в частности, при проведении испытаний стальных и железобетонных конструкций с огнезащитой.

Стальные конструкции с огнезащитой

Согласно требованиям ст. 145 Федерального закона №123-ФЗ, средства огнезащиты для стальных конструкций подлежат подтверждению соответствия в форме сертификации, испытания которых проводятся по ГОСТ Р 53295-2009 «Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности» с изм. №1.

К сожалению, практика показывает, что часто информация по огнезащитной эффективности средств огнезащиты, указанная в сертификатах соответствия, является недостоверной. К тому же требование этого ГОСТа по подтверждению эффективности средств огнезащиты на стальных образцах под нагруз-



Рис. 1. Опытные образцы стальных колонн перед испытанием под нагрузкой

кой не является обязательным в действующем методе испытаний.

Однако в п. 5.4.3 СП 2.13130-2012 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты» с изм. №1 указано, что средства огнезащиты для стальных и железобетонных строительных конструкций следует использовать при условии оценки предела огнестойкости конструкций с нанесенными средствами огнезащиты по ГОСТ 30247, с учетом способа крепления (нанесения), указанного в технической документации на огнезащиту, и (или) разработки проекта огнезащиты.

Таким образом, данная запись устанавливает требование по оценке эффективности средств огнезащиты для стальных конструкций с учетом их напряженно-деформированного состояния, что часто игнорируется при подготовке соответствующих проектов огнезащиты для конкретных объектов строительства.

На настоящий момент, на наш взгляд, сложилась порочная практика, когда ни производитель огнезащиты, ни проектировщик не задумываются о необходимости проведения испытаний по ГОСТ 30247.1-94, а органы экспертизы практически не обращают на это внимания.

В качестве иллюстрации могут быть представлены результаты испытания стальной колонны (двутавр №20 по ГОСТ 26020-83) с огнезащитным покрытием Fendolite®MII TU 5767-01866959951-2015 со средней толщиной сухого слоя покрытия 33,5 мм, испытанной под воздействием постоянной статической нагрузки, равной 294 кН (30 тс), согласно требованиям приложения Б к ГОСТ Р 53295. По результатам испытаний установлено, что предел огнестойкости для данной конструкции по потере несущей способности конструкции (R) составил 82 мин (отчет ИЛ НИЦ ПБ ФГБУ ВНИИПО МЧС России от 08.10.2015).

Вместе с тем, испытаниями на огнезащитную эффективность по п. 5 ГОСТ Р 53295



Рис. 2. Опытный образец после огневого воздействия

огнезащитное покрытие Fendolite®MII TU 5767-01866959951-2015 при толщине сухого слоя покрытия 30 мм отнесено ко 2-й группе огнезащитной эффективности. То есть испытания под нагрузкой показывают, что огнезащитная эффективность покрытия (в минутах) не эквивалентна по времени огнестойкости этой же конструкции с такой же толщиной огнезащитного покрытия.

Эти испытания подтверждают влияние напряженно-деформированного состояния конструкции на эффективность средства огнезащиты.

На рис. 1 представлены опытные образцы колонн перед испытанием под нагрузкой, а на рис. 2 — после огневого воздействия.

Огнестойкость железобетонных конструкций

Часто проектировщики, а иногда и органы экспертизы, считают избыточным подтверждение испытаниями либо расчетно-аналитической оценкой огнестойкости железобетонных строительных конструкций, в силу того, что огнестойкость данных конструкций достаточно изучена и не требует обоснования.

Вместе с тем, в настоящее время в практику проектирования и строительства внедряются новые технологии и материалы, применяются большепролетные конструкции и другие проектно-технические решения и схемы, пожарно-технические характеристики которых не подтверждены испытаниями по ГОСТ 30247.1-94.

Необходимо отметить, что действующие нормативные требования по пожарной безопасности апробированы многолетней практикой (СНиП, СП, ГОСТ) и доказали свою эффективность в обеспечении пожарной безопасности объектов строительства.

Однако одним из проблемных вопросов по обеспечению огнестойкости железобетонных конструкций является защита данных

конструкций от возможного хрупкого (взрывообразного) разрушения при воздействии высокой температуры пожара. Данный вопрос особенно актуален для тоннельных сооружений, так как для этих конструкций должна быть обеспечена и достаточная остаточная работоспособность, и ремонтпригодность после возможного температурного воздействия пожара.

Явление хрупкого разрушения бетона связано с резким повышением внутреннего давления испаряющейся воды, находящейся в толще бетона, под действием его нагрева, с большой скоростью, сопровождающейся высоким температурным градиентом. Сила давления воды локально превышает падающий при огневом воздействии предел прочности бетона на разрыв, что визуально сопровождается сильными хлопками и отколами бетона в виде лещадок размерами от 1 см до нескольких десятков сантиметров. Данный вид разрушения приводит к резкому уменьшению защитного слоя бетона до несущей арматуры, что, в свою очередь способствует ее быстрому прогреву и преждевременному наступлению предела огнестойкости конструкции по несущей способности.

Одновременно к нарушению механической прочности отвердевшей цементной массы приводит распад гидратов при нагреве бетона. На растрескивание бетона оказывает влияние и миграция химически связанной воды в порах бетона, механизм которой изучен недостаточно. Взрывообразное послойное разрушение бетона происходит также вследствие растягивающих напряжений, возникающих не только из-за давления паров физической влаги в порах, но также, или в дополнение к этому, из-за разупрочнения бетона после потери им связанной воды, а также стресс-напряжений в бетоне из-за приложенной нагрузки. Разупрочнение бетона может способствовать

его разрушению не только из-за давления паров в порах, но и под действием термических напряжений, а также из-за различия в коэффициентах температурного расширения различных наполнителей бетона.

На рис. 3, 4 представлены последствия температурного воздействия на железобетонные конструкции вследствие их хрупкого разрушения.

Таким образом, анализ произошедших пожаров показывает, что температурное воздействие на железобетонные конструкции может привести к быстрому разрушению нижнего защитного слоя бетона и быстрому прогреву рабочей арматуры, что приведет к потере несущей способности конструкции и вероятной потере устойчивости всего здания (сооружения).

В этой связи целесообразно еще на стадии изготовления железобетонных конструкций, применяемых для возведения особо ответственных зданий и сооружений, использовать дополнительные технические решения, призванные минимизировать такое явление, как хрупкое (взрывообразное) разрушение бетона.

Примером таких решений может быть добавление специализированных добавок (полипропиленовой микрофибры) в тело бетона.

Для подтверждения эффективности использования полипропиленовой микрофибры с целью предотвращения хрупкого разрушения бетона во ВНИИПО МЧС России был проведен ряд исследований.

Железобетонные конструкции из тяжелого бетона имеют склонность к взрывообразному разрушению. Повышенная влажность (более 3%) таких конструкций является «отягчающим фактором» и почти всегда встречается в подземных сооружениях, неотапливаемых помещениях и вновь возводимых зданиях.

Исследования по защите железобетонных конструкций от взрывообразного разрушения бетона проводились как у нас в стране, так и в ряде европейских стран. По рекомендации EN 1992-1-2:2009, добавка в бетонную смесь полипропиленовой фибры является наиболее эффективным способом защиты железобетонных конструкций от взрывообразного разрушения.

На рис. 5 и 6 представлены опытные образцы железобетонного тюбинга как без добавления фибры, так и с добавлением фибры после испытания на огнестойкость, проведенного во ВНИИПО МЧС России.

По результатам испытаний установлено, что добавление определенного количества полипропиленовой микрофибры (приблизительно 1 кг/м³) значительно снижает вероятность хрупкого разрушения бетона в ходе температурного воздействия пожара на конструкции, находящиеся в напряженно деформированном состоянии и позволяет гарантированно обеспечить их огнестойкость и работоспособность после температурного воздействия.

Выводы

Таким образом, проведен краткий анализ методов и результатов испытаний, стальных и железобетонных конструкций на огнестойкость с применением огнезащиты, а также специальных технических решений по предотвращению хрупкого разрушения бетона в части обеспечения для них требуемых пределов огнестойкости и работоспособности после температурного воздействия пожара.

По результатам проведенных экспериментальных исследований огнестойкости по ГОСТ 30247.1-94 стальных конструкций с огнезащитой, установлено отрицательное влияние на фактический предел огнестойкости



Рис. 3. Около 1200 м² бетона было повреждено во время пожара при строительстве моста через бухту Золотой Рог. Причина – взрывообразное (хрупкое) разрушение бетона. Был осуществлен гидродемонтаж бетона.



Рис. 4. Результаты пожара в строящейся переходной камере московского метрополитена, январь 2019 года



Рис. 5. Железобетонный тубинг из бетона без добавки полипропиленовой микрофибры после огневых испытаний



Рис. 6. Железобетонный тубинг с добавкой полипропиленовой микрофибры после огневых испытаний

напряженно-деформированного состояния конструкции с огнезащитой, что говорит об обязательности подтверждения огнезащитной эффективности средств огнезащиты испытаниями под нагрузкой.

Установлено положительное влияние добавки полипропиленовой фибры в тело бетона, позволяющей значительно снизить вероятность возникновения хрупкого разрушения бетона строительных конструкций, находящихся под воздействием проектных напряжений.

В заключение хотелось бы отметить, что анализ пожаров в тоннелях показал, что скорость нарастания температуры значительно превышает эти же параметры при стандартном пожаре и описывается кривой «тоннельного» пожара. В ближайшее время на базе ВНИИПО МЧС России запланирована серия сравнительных испытаний железобетонных конструкций (без огнезащиты, с полипропиленовой фиброй и с огнезащитой) при воздействии углеводородного пожара, достаточно близкого к тоннельному по своим параметрам. ■



ВЕНТПРОМ
КРТИМОВСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

Дорогие друзья, уважаемые партнеры!

Сердечно поздравляю вас с Новым годом! Желаю, чтобы новый 2020 год был успешным и продуктивным! Желаю вам новых свершений и небывалых высот! Пусть каждый день будет наполнен оптимизмом, улыбками близких и прекрасным самочувствием! Желаю вам стабильности и уверенности в завтрашнем дне. Пусть будут здоровы ваши близкие и родные люди!

Счастья, позитива и добра в Новом году!

С праздником, друзья!

*Генеральный директор
АО «Артемовский
машиностроительный завод «Вентпром»
Олег Горшков*



В. А. ГАРБЕР,
д. т. н. (НИЦ «Тоннели и метрополитены» АО «ЦНИИС»)

В соответствии с нормативными и техническими документами все сооружения метрополитена можно классифицировать как основные и вспомогательные. К основным относятся путевые сооружения, предназначенные для обеспечения движения поездов, и станционные комплексы для посадки, высадки и пересадки пассажиров, а также для их обслуживания и организации движения. Вспомогательные сооружения — это тягово-понижительные подстанции, станционные и перегонные вентиляционные устройства (шахты, штольни, камеры, где расположены вентиляторы, вентсбойки и вентиляционные киоски), водоотливные установки, дренажные ходки, объекты гражданской обороны, включая санитарно-технические узлы.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ МЕТРОПОЛИТЕНА И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

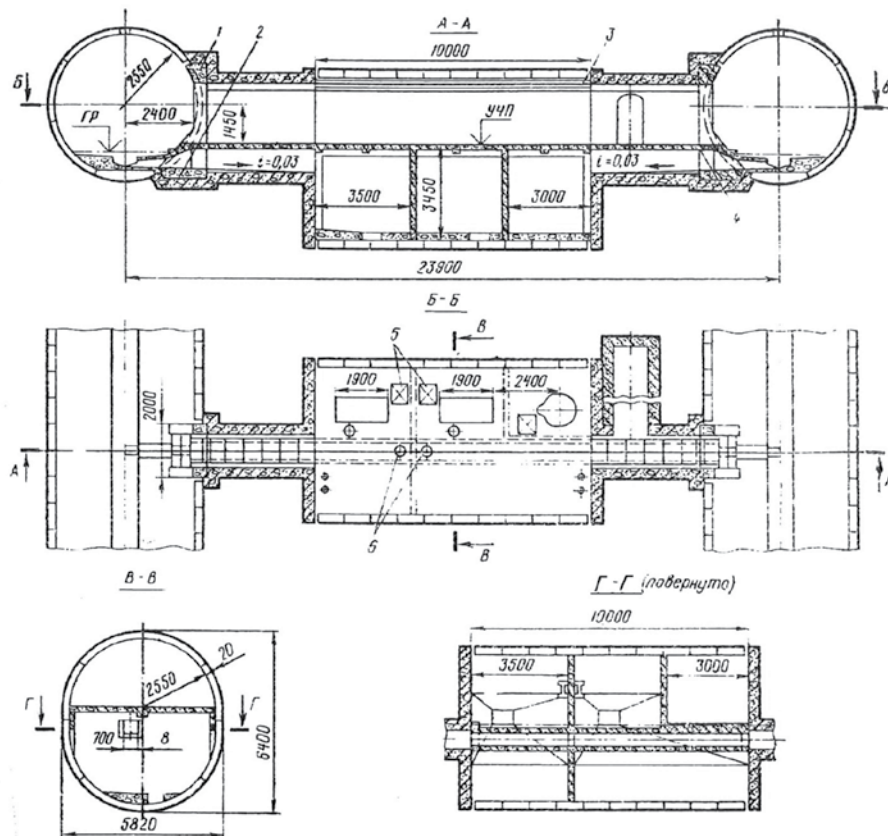


Рис. 1. Основная водоотливная установка на линиях метрополитена: 1 — железобетонная рама; 2 — металлическая гидроизоляция; 3 — монтажная балка; 4 — решетчатая дверь; 5 — люки 700 × 700 мм; 6 — люки диаметром 420 мм; 7 — ходок к буровой скважине

Камера водоотливной установки (ВОУ)

Вестибюли, эскалаторные тоннели, переходы, пристанционные и притоннельные сооружения имеют водопроводные лотки или трубы. Собираемая ими вода поступает в водоприемники водоотливных установок (перекачек), которые в метрополитене бывают трех типов: основные, транзитные и местные.

Основные водоотливные установки, расположенные в пониженных местах трассы перегонных тоннелей, собирают воду с участка линий метрополитена длиной не более 3 км и откачивают ее в систему городских водосточков.

Транзитные (перехватывающие воду и перекачивающие ее также в городскую сеть) установки предусматривают в тех случаях, когда расстояние между основными водоотливными перекачками превышает 3 км.

Местные установки, имеющиеся во всех пониженных точках трассы, перекачивают воду в лотки перегонных тоннелей (за исключением установок на линиях мелкого заложения, перекачивающих воду в городской водосток). Как правило, располагаются на станциях и в конце тупиковых тоннелей со смотровыми канавками.

Основные и транзитные водоотливные установки на глубоко заложённых линиях размещаются в самостоятельных сооружениях,

Окончание.
Начало в №20

представляющих собой тоннели овальной формы (рис. 1), располагаемые между двумя однопутными тоннелями или сбоку. Помещения этих установок располагают в два этажа: на верхнем находятся насосы, на нижнем — две камеры водосборников, рабочей вместимостью для основных перекачек от 15 до 30 м³, для транзитных — 15 м³. Аварийная вместимость перекачек должна быть 70 и 40 м³ соответственно. При наличии двух камер водосборника очистка одной из них может выполняться без перерыва работы установки.

Местные водоотливные установки на станции располагают под платформой среднего зала, вблизи натяжных камер, эскалаторов или в отдельных выработках, связанных с вентиляционной камерой; такие перекачки имеют водосборники вместимостью не менее 4 м³.

Основные водоотливные установки оборудуют тремя насосами — рабочим, резервным и находящимся в ремонте. Каждый из них предусматривает на полный расчетный расход воды. Один насос — вертикальный, два — горизонтальные.

Транзитные и местные водоотливные установки оборудуются двумя насосами (вертикальный и горизонтальный). Подача вертикального насоса — 100 м³/ч, горизонтального — 150 м³/ч на линиях глубокого заложения и по 50 м³/ч на линиях мелкого заложения. Насосы включаются и выключаются автоматически: первым при определенном уровне воды включается рабочий, потом, если уровень воды повышается до предела, поплавковое реле включает в работу резервный. Вода из водосборника по напорному трубопроводу подается в контрольный колодец, расположенный под поверхностью земли, а из него самотеком поступает в городской водосток.

На водоотливных установках с большим дебитом воды устанавливают насосы НДВ и НДС производительностью до 360 м³ с напором до 70 м. Они имеют двойной вход воды на рабочее колесо, высокий КПД (до 80%), малые габаритные размеры и массу, простую конструкцию, облегчающую их эксплуатацию и ремонт. Рабочие колеса насосов допускают проход крупных механических примесей.

В настоящее время выпускаются центробежные насосы Ф, по сравнению с НФ более надежные и устойчивые в работе на водоотливных установках.

Насосы периодически осматривают согласно технологическому процессу, один раз в год они проходят средний ремонт и раз в три года — капитальный.

Обделка камер водоотливных установок устраивают сборными из чугунных или железобетонных элементов (рис. 2).

При перегонных тоннелях закрытого способа работ неглубокого заложения камеры

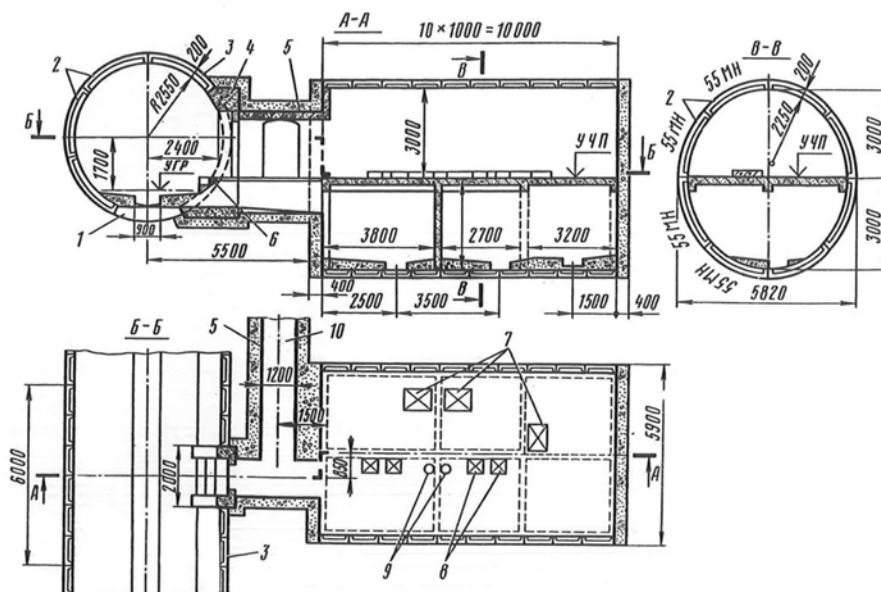


Рис. 2. Камера водоотливной установки закрытого способа работ с обделкой из унифицированных ребристых железобетонных блоков, расположенная сбоку перегонного тоннеля: 1 — лотковый железобетонный блок; 2 — нормальные блоки; 3 — железобетонная обделка из ребристых блоков; 4 — монолитная железобетонная рама; 5 — клеенчатая или металлическая гидроизоляция; 6 — входные ступени; 7 — люки 900 × 700 мм; 8 — люки 500 × 500 мм; 9 — люк D=400 мм; 10 — проход в прикамерок буровой скважины

водоотливных установок сооружают обычно открытым способом со сборными железобетонными обделками (типичные конструкции Метрогипротранса по проекту ТС-108). В местах сопряжений с перегонными тоннелями, зумпфами и на отдельных участках перекрытий и стен применяют монолитный железобетон. Водоприемный зумпф собирают из чугунных тьюбинговых колец перегонного тоннеля наружным диаметром 5,5 м.

Для повышения надежности работы электродвигатели основных водоотливных установок получают питание от двух независимых источников электроснабжения и оборудованы сигнализацией аварийного уровня на случай повышения уровня воды в водосборных колодцах сверх установленной нормы.

Вода из водосборника откачивается насосами и по напорному трубопроводу подается в специальный контрольный колодец, из которого самотеком поступает в городской водосток. Из тоннелей глубокого заложения напорный трубопровод выводится через стволы шахт или специально пробуренные скважины, а в тоннелях мелкого заложения — через стены или перекрытия обделки.

Вентиляционные блоки служебных помещений (ВБСП)

Как правило, на линиях метрополитенов применяют вентиляцию с искусственным побуждением и только в некоторых случаях — с естественным.

При искусственном побуждении вентиляционные установки располагают по одной на каждой станции и на каждом перегоне, как правило, в его середине.

Для метрополитенов тех городов, где средняя температура самого холодного месяца ниже 0° С, существуют два режима вентиляции с искусственным побуждением — зимний и летний.

В зимний период вентиляционные установки на перегонах (2) работают на приток, а на станциях (1) — на вытяжку (рис. 3а). Таким образом, зимой на станции подается более теплый, по сравнению с наружным, воздух (согретый тепловыделениями в основном от подвижного состава и работы оборудования). Летом вентиляционные установки на перегонах работают на вытяжку, а станционные — на приток (рис. 3б).

Для вентиляции тоннелей метрополитенов используется обычный наружный городской воздух без какой-либо его очистки. В городах с сухим жарким климатом в летнее время используют систему орошения воздуха.

Для вентиляции производственных и служебных помещений на станциях и перегонах служат местные вентиляционные системы, оборудованные вентиляторами, работающими на приток и вытяжку. Воздух для этой цели забирается со станции или из перегонных тоннелей и предварительно очищается в противопыльных фильтрах. Выбрасывается он в перегонные тоннели (за станцией) по ходу движения поездов. Воздух из аккумуляторных, душевых и санузлов удаляется на поверхность.

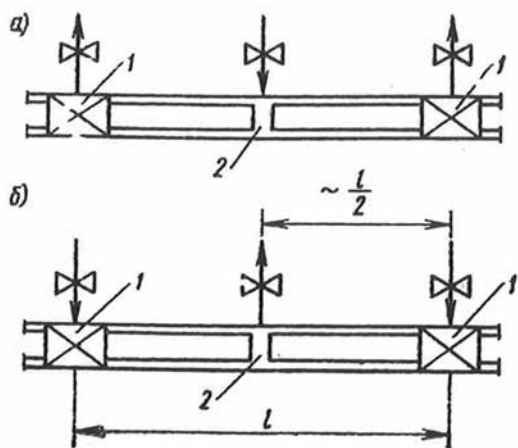


Рис. 3. Схемы вентиляции линии метрополитена: а – зимний режим; б – летний режим; 1 – станция; 2 – сбойка между туннелями

Количество воздуха, которое требуется для вентиляции линий метрополитена, определяют расчетом, учитывая поступающие в туннели тепло, выделения влаги и вредных газов.

Как правило, при частоте движения поездов, превышающей 20 пар в 1 ч, лимитирующей вредностью являются тепловыделение. Обычно объем воздуха, полученный из расчета по ним, достаточен для поглощения влаговыделений и разбавления вредных газов до допустимой концентрации.

Для вентиляции метрополитенов принимают главным образом осевые реверсивные вентиляторы, отличающиеся компактностью и экономичностью. Наиболее совершенна конструкция двухступенчатого вентилятора типа ВОМД-24. Он имеет высокий КПД (0,84 при прямом ходе), небольшие габаритные размеры и сниженную звуковую мощность.

Вентиляционные сооружения на перегонах (рис. 4) состоят из киоска для забора и выброса воздуха, канала, соединяющего киоск с вентиляционной камерой (для мелко заложённых линий) или со стволом шахты (для глубоко заложённых линий), вентиляционной камеры, канала, соединяющего камеру вентиляторов с перегонным туннелем (для мелко заложённых линий), и вентиляционного тоннеля, соединяющего ствол шахты с вентиляционной камерой и камеру с перегонными туннелями (для глубоко заложённых линий).

Вентиляционный киоск для забора воздуха представляет собой в плане сооружение шести-, восьмигранной или прямоугольной формы; размеры его зависят от объема

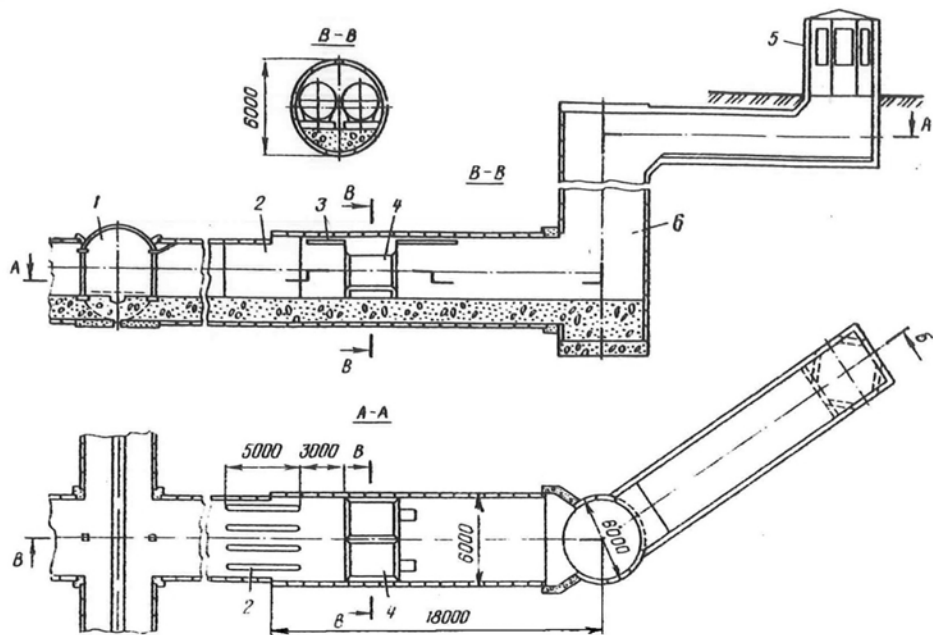


Рис. 4. Вентиляционные сооружения на перегоне глубоко заложённой линии: 1 – перегонный туннель; 2 – шумоглушительные перегородки; 3 – монтажные балки; 4 – вентиляторы; 5 – вентиляционный киоск; 6 – ствол шахты

воздуха, требуемого для вентиляции участка линии метрополитена. Венткиоск может быть встроен в наземный вестибюль станции или в какое-либо вновь сооружаемое общественное здание.

Верхний вентиляционный канал, соединяющий венткиоск с камерой для вентиляторов или со стволом шахты, имеет прямоугольное сечение, высота и ширина которого зависят от требуемого объема воздуха при скорости его движения не более 7 м/с. Конструкция канала представляет собой обычную раму из железобетонных элементов или монолитного железобетона.

Вентиляционная камера мелко заложённая (рис. 5) имеет прямоугольное сечение

с внутренними размерами 6,75–4,5 м; ее располагают под поверхностью земли с минимальной засыпкой. Длина венткамеры при расположении в ней параллельно двух осевых вентиляторов ВОМД-24 составляет 14–15 м.

Вентиляционную камеру глубоко заложённую располагают на близком расстоянии от ствола шахты в туннеле $D_n = 6$ м (см. рис. 4).

Нижний вентиляционный тоннель при глубоко заложённой линии имеет круговое очертание. Площадь его поперечного сечения определяют исходя из скорости движения воздуха 7–8 м/с. Она обычно составляет 10–12 м², что соответствует площади туннеля диаметром 3,4–4 м. Обделку такого туннеля

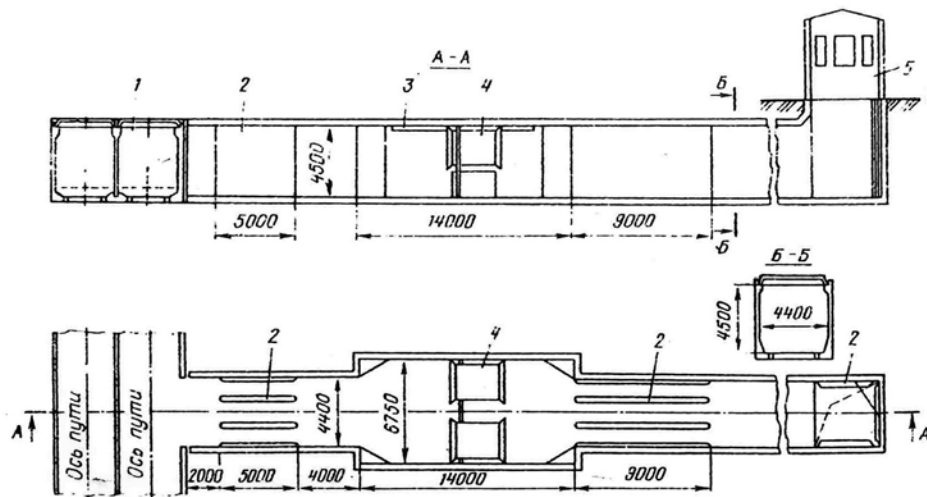


Рис. 5. Вентиляционные сооружения на перегоне мелко заложённой линии: 1 – перегонный туннель; 2 – шумоглушительные перегородки; 3 – монтажные балки; 4 – вентиляторы; 5 – вентиляционный киоск

собирают из железобетонных блоков или чугунных тьюбингов.

Вентиляционные сооружения на станциях могут иметь различные конструктивные решения в зависимости от глубины заложения метрополитена и от того, используют ли в качестве вентканала ствол шахты или нижнюю часть наклонного эскалаторного тоннеля.

Для станций мелкого заложения вентиляционные сооружения состоят из киоска для забора воздуха, канала, соединяющего киоск с венткамерой, и венткамеры. Ее располагают в торце станции между параллельными перегонами тоннелей или в средней части раструба. В первом случае венткамера имеет ширину 8,5 м с одним рядом колонн по середине и параллельным расположением вентиляторов (рис. 6). Во втором — ширина камеры меняется от 5,3 до 6,8 м, а вентиляторы располагают последовательно.

Для станций глубокого заложения возможны два конструктивных решения вентиляционных сооружений. Первое, аналогичное вентузлу на перегоне, заключается в использовании для вентиляции ствола шахты. При помощи вентиляционного тоннеля ствол соединяют сначала с венткамерой, а затем с подплатформенными каналами станции.

Второе решение предусматривает использование в качестве вентканала нижней части наклонного эскалаторного тоннеля. Забор воздуха при этом осуществляют через жалюзи окон в стенах наземного вестибюля. Необходимую площадь поперечного сечения канала получают за счет вертикальной вставки, равной 60 см, в обделку эскалаторного тоннеля $D_n = 7,5$ м. Скорость движения воздуха в таком канале увеличивается до 11 м/с.

Вентиляционную камеру располагают под наклонным эскалаторным тоннелем на уровне подплатформенных каналов, с которыми она соединяется. Вентиляция станций пилонного типа осуществляется через каналы, отверстия и решетки в пилонах.

На всех односводчатых станциях, а также на трехпролетных и колонных, воздух подводят к их торцам и выпускают через отверстия в торцовые стены над путями таким образом, чтобы он мог «проталкиваться» на станцию поршневым действием поездов.

Вентиляционные камеры, служащие для размещения вентустановок, при закрытом способе работ выполняют с обделками из чугунных тьюбинговых колец $D_n / D_{вн} = 6,0 / 5,6$ м из сборных железобетонных конструкций или из монолитного железобетона с металлической внутренней гидроизоляцией. С вентканалом в наклонном эскалаторном тоннеле камера соединяется шахтой прямоугольного сечения с железобетонной обделкой и внутренней теплоизо-

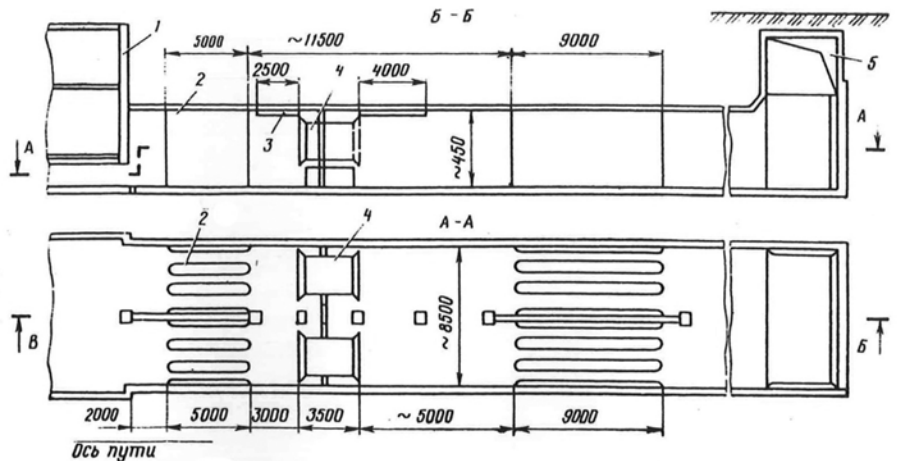


Рис. 6. Вентиляционная установка на мелко заложённых станциях: 1 — торец станции; 2 — шумоглушительные перегородки; 3 — монтажные балки; 4 — вентиляторы; 5 — вентиляционный канал, ведущий к киоску

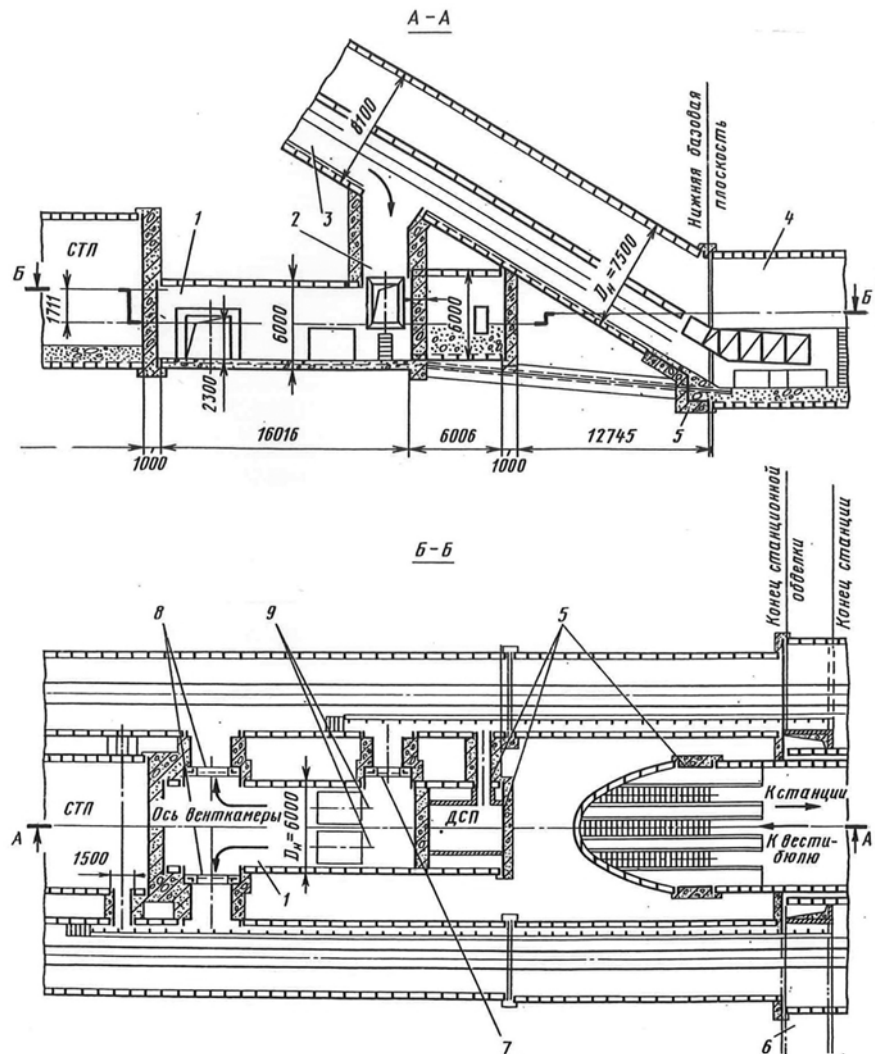


Рис. 7. Сопряжение станционной вентиляционной камеры с вентиляционной шахтой и СТП при вентиляции через эскалаторный тоннель: 1 — станционная вентиляционная камера; 2 — вентиляционная шахта; 3 — монтажные балки; 4 — натяжная камера; 5 — металлическая гидроизоляция; 6 — кабельный коллектор; 7, 8 — обрамления для затвора ЗТ-98; 9 — вентиляторы

ей, защищенной от коррозии песчано-цементным торкретным слоем. Сопряжение обделки венткамеры с обделкой вентшахты осуществляется путем устройства железо-

бетонной рамной конструкции с теплоизоляцией (рис. 7).

Вентиляционные шахты перегонных тоннелей сооружаются с обделкой из чугунных

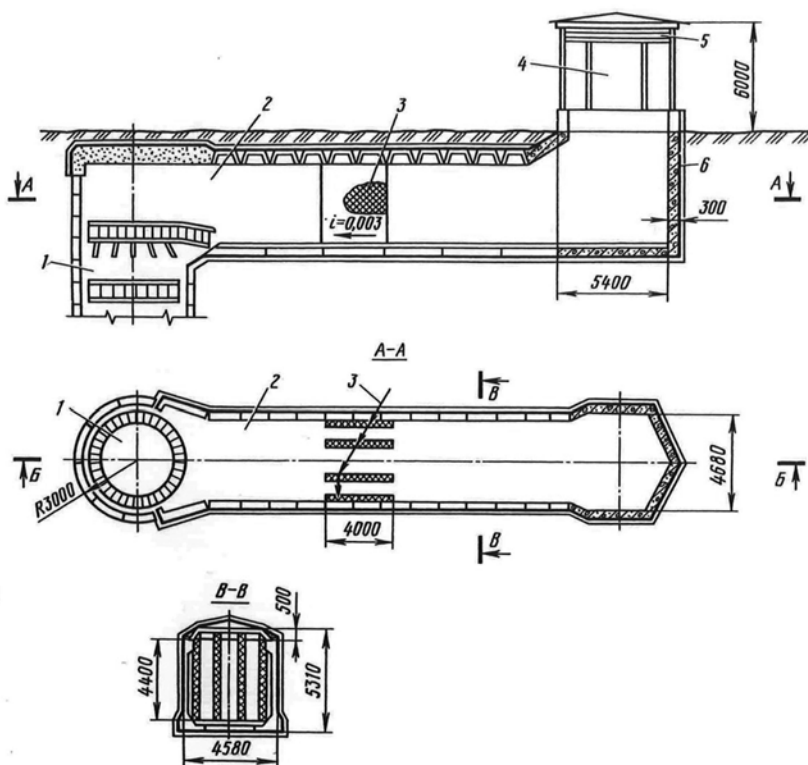


Рис. 8. Верхний вентиляционный узел: 1, 2 – соответственно вентиляционная шахта и канал; 3 – шумопоглощающие стены из специальных блоков; 4 – вентиляционный киоск ТНП-1; 5 – монорельс; 6 – гидроизоляция

тубингов или железобетонных блоков заводского изготовления $D_{н}/D_{вн} = 5,6/5,1$ м. Эти шахты часто используют для выполнения работ по проходке станционных или перегонных тоннелей.

Внутри вентиляционного ствола шахты монтируют металлические лестницы и площадки через каждые 3 или 4 м.

Вверху (у земной поверхности) вентшахты соединяются с вентканалом, возводимым открытым способом работ, и вентиляционным наземным киоском (рис. 8).

Вентиляционные тоннели, соединяющие венткамеру с перегонными тоннелями, сооружают из чугунных тубингов перегонных тоннелей уменьшенного диаметра с клиновыми прокладками. В благоприятных гидрогеологических условиях обделки создают сборными из железобетонных блоков, имеющих с наружной стороны оклеенную гидроизоляцию из гидростеклоизола.

Камеры вентиляционных установок при открытом способе работ сооружают сборными из железобетонных элементов обделок перегонных тоннелей и водоотливных установок.

Ширину тоннелей устанавливают в зависимости от расчетного объема воздуха, подаваемого вентиляционными агрегатами, устанавливаемыми в венткамерах. Наиболее часто она составляет 6 м (в отдельных случаях 4 и 3 м) при высоте 2,3 м.

Вспомогательные сооружения как объект АСУ мониторинга

Автор статьи ранее уже писал о разрабатываемой в рамках внедрения ВМ-технологий на Московском метрополитене автоматизированной системы управления мониторинга технического состояния сооружений метрополитена (АСУ МТС СМ).

Во вспомогательных сооружениях метрополитена, как и в основных, могут происходить и должны контролироваться следующие явления:

- нарушение целостности конструкции тоннельной обделки, разрывы (срезы) болтовых креплений;
- выносы грунта из-за тоннельной обделки;
- нарушение водонепроницаемости тоннеля с попаданием течей на электрооборудование, устройства СЦБ, пути и т. п.;
- образование наледей на конструкциях тоннелей;
- заиливание открытой или закрытой дренажной системы;
- нарушение габаритов в результате проведения работ;
- поступление через тоннельную обделку горючих веществ (бензина, керосина, нефти и т. д.) и газа.

Любое из этих явлений может привести к созданию нештатной (аварийной или преда-

варийной) ситуации и к сбою в работе линии метрополитена в целом.

При этом для обеспечения бесперебойной работы под контролем АСУ МТС СМ необходимо наличие следующих технических средств:

а) датчики контроля изменения состояния конструкций (деформационные репера и марки, деформограф (регистрация деформаций); электронные тахеометры; кодовые нивелиры; струнные деформометры (нормальные и тангенциальные напряжения в обделке, напряжения в обделке вдоль оси тоннеля); специальные датчики перемещений (смещения блоков обделки); датчики угла поворота (энкедеры); датчики гидростатического давления;

б) средства контроля изменения состояния атмосферы в тоннеле (CO , NH_3 , NO_2 , датчики пожара);

в) средства обработки и отображения информации (ЭВМ, аналоговые и цифровые приборы, дисплеи, устройства печати, функциональная клавиатура и др.);

г) средства управления (контроллеры, исполнительные автоматы, электротехническая аппаратура: реле, усилители мощности и др.); вспомогательные системы (бесперебойного электропитания, кондиционирования воздуха, автоматического пожаротушения и др.);

д) средства сбора и передачи информации.

С точки зрения необходимости наличия перечисленных технических средств, вспомогательные сооружения метрополитена ничем не отличаются от основных.

Сбой в работе любого вспомогательного сооружения может привести, соответственно, к нештатной ситуации на основных сооружениях линии.

Для решения задач оперативно-диспетчерского и организационного управления метрополитеном, как правило, образуют единый информационно-вычислительный комплекс (ИВК), состоящий из двух подсистем: информационно-управляющей и информационно-вычислительной. Первая подсистема обеспечивает автоматический сбор и обработку телеинформации, управление средствами отображения, выполнение несложных оперативных расчетов, а также автоматическое управление. Вторая — выполнение оперативных и краткосрочных плановых расчетов с использованием информации, передаваемой из первой подсистемы, решение задач оперативного учета и анализа использования ресурсов, состояния основного оборудования, технико-экономических показателей и т. п. ■

14-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВОДНАЯ ВЫСТАВКА И ФОРУМ «ВОДА: ЭКОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ»

ЭКВАТЭК 2020 ESWATECH



8—10 СЕНТЯБРЯ 2020

МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО

ВСЕ ПРОФЕССИОНАЛЫ И ЭКСПЕРТЫ
ВОДНОЙ ОТРАСЛИ В ОДНО ВРЕМЯ
НА ОДНОЙ ПЛОЩАДКЕ

WWW.ESWATECH.RU

международная выставка
**«Бестраншейные технологии
строительства и ремонта
инженерных коммуникаций»
NO-DIG МОСКВА**



ОРГАНИЗАТОР

 Reed Exhibitions®

ХСМГ: БУРОВЫЕ УСТАНОВКИ И МАШИНЫ ДЛЯ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Компания «ИксСиЭмДжи Ру» — официальный дистрибьютор китайского концерна Xuzhou Construction Machinery Group (ХСМГ) по поставке дорожно-строительной техники в России и СНГ. В целом же на сегодняшний день его продукция экспортируется более чем в 130 стран. ХСМГ является крупнейшей корпорацией в сфере строительной техники Китая и занимает 6-е место в мире среди 50 крупнейших производителей этого профиля (согласно ежегодному рейтингу журнала «Строительная техника Китая»).

Техника под маркой ХСМГ выпускается в тесном сотрудничестве с самыми известными мировыми производителями Liebherr, Thyssen Krupp, Caterpillar. Компании принадлежит контрольный пакет акций Schwing — второго по величине производителя бетононасосов в Германии, а также Fluitronics (Германия) и АМСА Hydraulics (Нидерланды). Численность персонала ХСМГ — более 26 тыс. человек.

Более \$200 млн инвестировано концерном в строительство производственной площадки в Бразилии. 50 млн евро вложено в строительство нового исследовательского центра в Krefeld's Europark Fichtenhain в Германии. Создана перспективная производственная площадка в Польше. К 2020 году планируется построить 12 заводов ХСМГ за пределами Китая, а также создать восемь региональных центров продаж по всему миру.

Машины и оборудование, производящиеся под брендом компании ХСМГ из города Суйчжоу, уже давно узнаваемы на территории КНР и являются воплощением современных высоких технологий и качества.

Подразделение по выпуску машин для выполнения фундаментных и специальных подземных работ Xugong Foundation Construction Machinery Co., Ltd. было образовано в январе 2010 года. Площадь этого предприятия занимает около 100 тыс. м², из них 30 тыс. — производственные корпуса, а современные технологические процессы позволяют выпустить около 1,1 тыс. единиц машин в год.

В настоящее время завод выпускает: роторные буровые установки, анкерные буровые установки, установки горизонтально-направленного бурения, проходческие щиты для микротоннелирования, горнопроходческие комбайны, машины для выполнения работ по технологии «стена в грунте» с грейферным навесным оборудованием или гидрофрезой.

Расскажем подробнее о технике для выполнения свайных и фундаментных работ. В настоящее время роторные буровые установки ХСМГ выпускаются под сериями XR, крутящий момент вращения ротора которых составляет от 80 кН/м до 793 кН/м. Эти машины способны выполнять работы по различным технологиям: бурение при помощи телескопической штанги келли, CFA (непрерывный шнек), метод раскатки грунта,

DTH (пневмоударник). Завод также может гордиться тем, что именно здесь была спроектирована и построена гигантская буровая установка XR800E. Эта уникальная машина весом в 320 т способная осуществлять бурение диаметром до 4600 мм.

Линейка установок «Стена в грунте» серии XG с подъемным усилием 500–700 кН с помощью синхронно работающих двух лебедок, расположенных в задней части машины, может сооружать траншеи шириной от 300 до 1500 мм на глубину до 105 м. При этом, по сравнению с классическим тросовым грейфером, его гидравлический собрат обеспечивает более точное копание при помощи специальных лап на гидроцилиндрах, которыми можно отталкиваться от стен, тем самым меняя положение грейфера. Гидравлические фрезы ХСМГ зарекомендовали себя как высокотехнологичный, точный и производительный инструмент для устройства «стены в грунте» в твердых и скальных породах. Ширина траншеи может быть от 800 до 1500 мм, а глубина достигает 85 м.

Стоит еще упомянуть о популярном в последние годы в России классе многофункциональных машин для укрепления и стабилизации грунтов по технологиям Jet grouting, анкерного крепления, микросвай и бурения с пневмоударником. В этом сегменте завод представил свою модель XMZ120, способную создать достойную конкуренцию известным европейским брендам.

В качестве поставщиков комплектующих для буровых машин были выбраны мировые лидеры по производству компонентов для специальной техники — Cummins, Rexroth, Bonfiglioli, Freudenberg, Hella, Pfeifer, Eaton, FAG и другие. В комплексе с высокими стандартами качества ХСМГ это дает на выходе надежную и сбалансированную по техническим параметрам машину.

Владельцы и операторы такой буровой техники в России уже положительно оценили плавную и информативную работу гидравлики, систему автоматической смазки шарнирных соединений (и, как следствие, более легкое и простое ежесменное техническое обслуживание), лебедку с намоткой каната в один слой (данный подход позволяет продлить срок службы дорогостоящих стальных канатов на машине).

Всем известно, что Китай сегодня является лидером в производстве электронных высокотехнологичных систем, которые используются в нашей повседневной жизни, и буровые установки XCMG также не остались обделены высокотехнологичными достижениями. Так, управление в машинах осуществляется с помощью технологии интеллектуального управления контроллером с CAN-шиной. Это позволило упростить интерфейс и вывести все данные, которые должен видеть оператор во время работы, на один компактный дисплей. Раньше же приходилось следить за множеством достаточно крупногабаритных аналоговых приборов. За всеми неисправностями в работе машины можно также наблюдать в соответствующем меню, быстро находя и понимая, какой датчик или какая система вышла из строя или дала сбой.

Еще одной особенностью китайских машин XCMG является наличие ярких светодиодных фонарей для освещения рабочей зоны и инфракрасных камер с высоким разрешением: для слепой зоны сзади и главной лебедки. В отличие от традиционных зеркал, видеокамеры обеспечивают хороший обзор в любое время суток и любую погоду.

Сейчас буровые установки марки XCMG активно завоевывают российский рынок и доверие наших строителей. География поставок уже включает в себя многие города России, расположенные в различных климатических зонах и имеющие свои геологические особенности грунтов. Роторные буровые установки были проверены в переменчивом климате Приморского края, в суровых морозах Сибири и Крайнего Севера, сохраняя возможность работы при температуре до -40°C . В Мурманской области приходилось бурить попадающиеся на разной глубине большие валуны. В Москве грейферными установками «Стена в грунте» строятся станции метро «Аминьевское шоссе», «Мичуринский проспект», «Перспект Вернадского», «Славянский мир».

«Мы признательны тем людям и компаниям в России, которые оказали нам глубокое доверие и остановили свой выбор на марке XCMG, — говорят представители концерна. — И надеемся, что другие строители, которые ищут новые машины для своих амбициозных проектов, также выберут XCMG в качестве долгосрочного надежного партнера!» ■





А. Е. ВИЛКОВ,
начальник отдела продаж
ООО «Херренкнехт
тоннельсервис»

ВОПРОС: Какие факторы важны при закрытой прокладке трубопроводов?

ОТВЕТ: Скорость, надежность, простота.



115432, г. Москва,
пр. Андропова, д. 18, корп. 6,
офис 5-19
Тел. +7 (495) 641-75-46
Факс +7(495) 641-75-47
vilkov.artem@herrenknecht.ru
www.herrenknecht.com

DIRECT PIPE®: НОВЫЕ СТАНДАРТЫ ПОДЗЕМНОЙ ПРОКЛАДКИ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ

В мире разработано большое количество методов и оборудования для бестраншейной прокладки трубопроводов с пересечением естественных и искусственных преград. Критическими факторами, однако, остаются геологические условия, стоимость и время выполнения работ. При использовании бестраншейных способов прокладки трубопроводов возникает много моментов, требующих тщательной оценки и контроля со стороны как проектировщиков, так и строителей. Например, как выполнить работы в ограниченном пространстве или обойти попавшиеся на пути препятствия быстро и эффективно. Ответы на эти вопросы есть у компании Herrenknecht AG.



Рис. 1. Основные компоненты Direct Pipe®

Решение: Direct Pipe®

Технология Direct Pipe® компании Herrenknecht AG позволяет выйти на качественно иной уровень и решать новые масштабные задачи. Является запатентованным методом бестраншейной прокладки трубопроводов, который сочетает в себе лучшие свойства ранее хорошо зарекомендовавших себя способов, таких как микротоннелирование и горизонтально-направленное бурение.

Суть технологии заключается в том, что предварительно сваренная и выложен-

ная на стройплощадке плеть труб в один этап продавливается в грунт, тем самым позволяя прокладывать трубопроводы в кратчайшее время на большие дистанции (до 2 км). Все управляющие и транспортные линии располагаются внутри рабочей трубы на специальных колесных рамах, которые обеспечивают быстрый монтаж и демонтаж.

Так же, как и при прокладке трубопровода методом микротоннелирования, разработка грунта производится тоннелепроходческой установкой типа AVN (гидропригруз). Забой



Рис. 2. Схема расположения оборудования на стройплощадке при работе методом Direct Pipe®

разрабатывается режущим инструментом, а система гидротранспорта выносит грунт на поверхность, где вода отделяется от него специальной сепарационной установкой и подается обратно на забой. Скорость проходки и величина давления грунта на груди забоя контролируются в каждый момент и могут корректироваться при необходимости.

Современная и испытанная множество раз система навигации обеспечивает точное определение местоположения установки под землей. Усилие, необходимое для продавливания трубопровода, обеспечивается «доталкивателем труб» (рис. 1), который также может применяться в других технологиях компании Herrenknecht AG. Усилие для обеспечения процесса бурения передается через трубопровод на рабочий орган. Руководство всеми процессами проходки осуществляется из кабины управления, расположенной рядом со стартовым приячком (рис. 2).

Основные преимущества технологии

Direct Pipe® — это:

- прокладка протяженных трубопроводов больших диаметров (до 1520 мм) в один этап (максимальная длина перехода — 2000 м);
- экономия времени за счет отсутствия необходимости соединять трубы (микротоннелирование) или буровые штанги (ГНБ);
- значительно меньший объем бурового раствора по сравнению с традиционным методом ГНБ;
- экономия средств за счет отсутствия необходимости сооружать дорогостоящие

стартовые и приемные шахты; требуется лишь стартовый приямок;

- снижение геологических рисков, связанных с постоянной поддержкой скважины, как это необходимо при ГНБ;
- не требуется большого количества персонала (примерно 8 человек в смену);
- минимальная толщина перекрытия (как следствие — оптимальный профиль трассы);
- размещение всего оборудования на одной стороне (идеально подходит для сооружения выходов в море);
- доталкиватель труб позволяет при необходимости извлечь как сам трубопровод, так и тоннелепроходческую установку,



Рис. 3. Рабочая площадка Direct Pipe® в Нидерландах с доталкивателем труб, установленным в неглубоком стартовом приячке

например для замены режущего инструмента или сервисных работ.

Как показывают реализованные проекты, технология позволяет прокладывать трубопроводы с поистине невероятными, по привычным меркам, скоростями. С технической точки зрения это позволяет методу Direct Pipe® успешно конкурировать с горизонтально-направленным бурением и микротоннелированием. Существенными преимуществами также являются повышенная, в сравнении с ГНБ, надежность при прокладке трубопроводов больших диаметров (от 1220 мм) в сложных геологических условиях и экономические выгоды в сравнении с традиционными методами продавливания труб.

Первый проект методом Direct Pipe® на территории РФ

Технология Direct Pipe® компании Herrenknecht AG уже многократно доказала свою надежность и эффективность в реализации проектов по всему миру. На сегодняшний день их насчитывается около 130.

И, наконец, после почти 12 лет с момента реализации первого пилотного проекта в Германии, данная технология впервые была применена на территории России, а именно в Республике Татарстан для прокладки газопровода ДУ 1.220 м высокого давления от ГПС №2 г. Елабуга (Центральная) до ПАО «НКНХ» через р. Кама общей длиной 1,3 км. Геологические условия — по 200 м на входе и выходе трубопровода



Рис. 4. Монтаж оборудования Direct Pipe® на стройплощадке в Нижнекамске (Татарстан)



Рис. 5. Старт проходки методом Direct Pipe®, Нижнекамск (Татарстан)



Рис. 6. Выход щита установки Direct Pipe®, Нижнекамск (Татарстан)

песок и гравий, по середине (под рекой) — 900 м глина.

Заказчик — ООО «Газотранспортная компания», генподрядчик — ООО «ТАИФ-СТ», генсубподрядчик — ОАО «Татнефтепровод-строй». Начало проходки — 4 августа 2019 года, окончание — 17 октября 2019 года.

Параметры реализации проекта:

■ средняя скорость проходки в целом — 25 м/смена (12 часов);

■ средняя скорость проходки по песку и гравию — 50 м/смена;

■ средняя скорость проходки по глине — 15 м/смена;

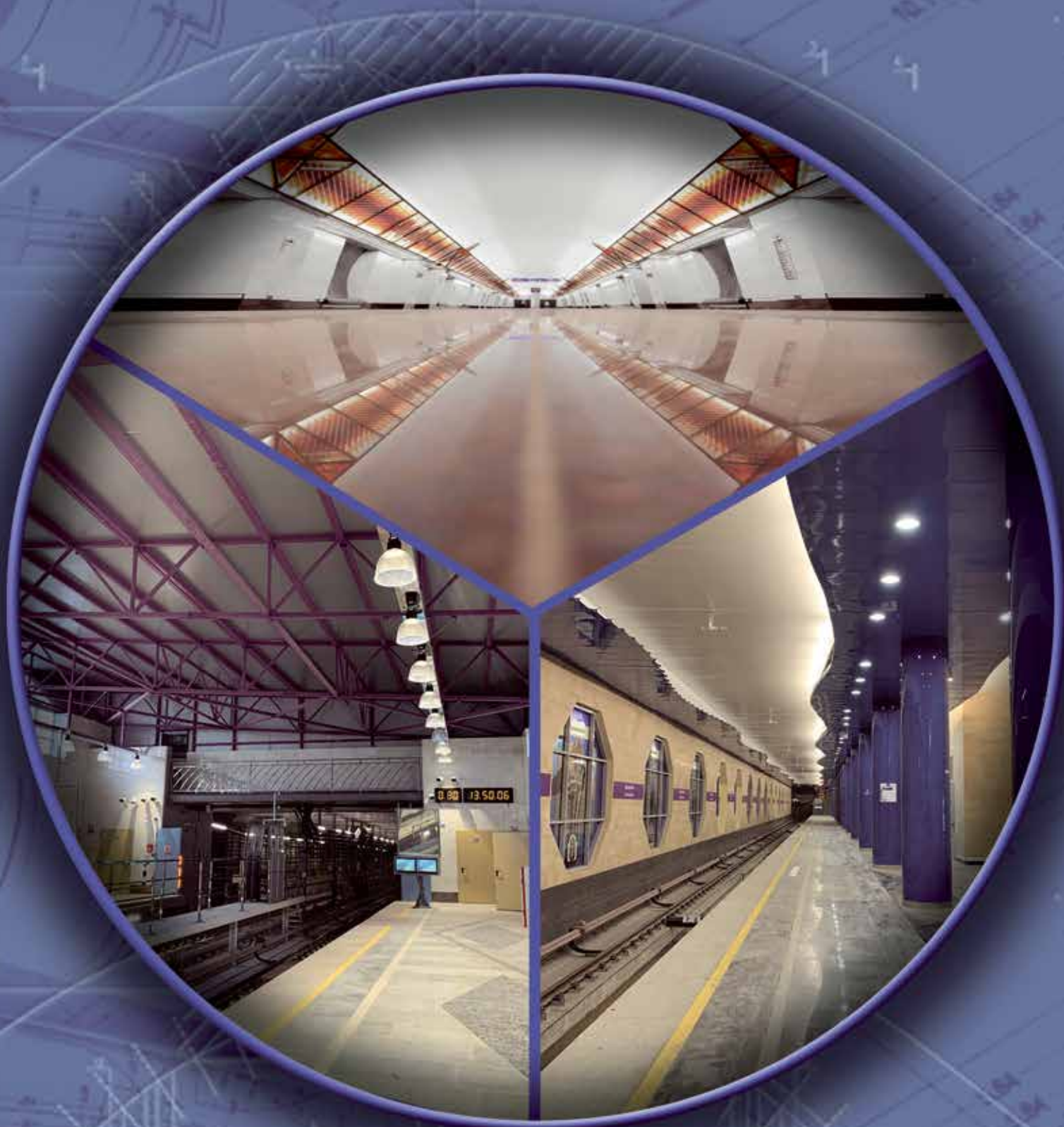
■ макс. длина плети — 500 м;

■ макс. усилие продавливания — 720 т;

■ макс. скорость проходки — 120 м/сутки.

Несмотря на долгий путь по выходу на российский рынок и пока что насторожен-

ное отношение к Direct Pipe® на постсоветском пространстве, компания Herrenknecht AG совместно с ОАО «Татнефтепровод-строй» успешно доказала конкурентоспособность и преимущества данной технологии перед другими методами прокладки трубопроводов, реализовав первый — и он же самый протяженный — переход на территории РФ методом Direct Pipe® ■





190013, г. Санкт-Петербург,
Загородный пр., д. 52а
Тел.: +7 (812) 635-77-55
Факс: 635-77-47
E-mail: mail@metrostroy-spb.ru
www.metrostroy-spb.ru