

Подземные ризонты

Underground Horizons

Март –
апрель

№20

2019

www.techinform-press.ru



ВЕНТИЛЯТОРЫ ДЛЯ МЕТРО, ТОННЕЛЕЙ, ШАХТ

- ПРОЕКТИРОВАНИЕ
- ПОСТАВКА «ПОД КЛЮЧ»
- СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ
- СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

АО «АРТЕМОВСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД «ВЕНТПРОМ»

623780, Свердловская область, г. Артемовский, ул. Садовая, д. 12, телефон +7 (34363) 58-100, факс +7(34363) 58-145
e-mail: ventprom@ventprom.com, www.ventprom.com



ООО «КМВ-Аква» —

официальный дилер
компании  —
по поставке установок ГНБ,
катков, грейдеров и другой
дорожно-строительной
техники в Россию



г. Пятигорск, ул. Крайнего, д. 2/А, оф.310А

Тел.: +7(928)3418278 ; 8-800-222-6002

elektronka2006@yandex.ru

gnbpro@yandex.ru



ООО «КМВ-Аква» предлагает:

- Установки ГНБ XCMG от 12 до 500 т, буровой инструмент, запчасти, расходные материалы, бентониты, полимеры, буровые штанги, системы локации, захваты для штанг цанговые; НСУ от 2 до 10 м³;
- аппараты для сварки ПЭ труб d.63–1200 мм, аппараты для изготовления фитингов и отводов;
- запчасти и буровой инструмент для установок ГНБ (резиновые гусеницы, буровые штанги, стартовые штанги, буровые пилоты, переходники, адаптеры, римеры) и многое другое.



Vermeer®

Специалисты компании выполняют переходы методом ГНБ на территории СКФО и ЮФО.



Дорогие друзья!



Предлагаем вашему вниманию очередной номер журнала «Подземные горизонты». Он посвящен, прежде всего, технологиям информационного моделирования (BIM) и различным аспектам эксплуатации систем метрополитенов.

Обеспечение нормативной возможности применения BIM-технологий при проектировании и строительстве, в том числе, подземных сооружений — это серьезнейший пункт, без которого сейчас невозможно полноценное развитие отрасли. Напомню, что московский Стройкомплекс полностью перешел на BIM-проектирование — в октябре 2017 года заместителем мэра Москвы по вопросам градостроительной политики и строительства М.Ш. Хуснуллиным утвержден План внедрения BIM-технологий. Мы предлагаем вам подборку материалов о небольшом опыте их применения в подземном строительстве, который российским предпринятиям удалось накопить к сегодняшнему дню.

Идея журнала провести заочный круглый стол по различным аспектам эксплуатации систем в тоннелях метро вызвала большой интерес у руководителей метрополитенов в России.

В номере вы найдете также актуальную информацию о состоянии петербургского Метростроя, у которого в конце 2018 года сложилась непростая финансовая ситуация, вылившаяся в забастовки работников. Надеемся, что интерес вызовут и публикации о новейших исследованиях в области систем мониторинга подземных конструкций. Вашему вниманию представлен также еще один проект сооружения транспортного перехода через пролив Невельского на остров Сахалин. А специалистам в области горизонтального направленного бурения, несомненно, будет интересен аналитический обзор рынка, подготовленный президентом МАС ГНБ Александром Брейдбурдом.

Полезного чтения!

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

№20 март — апрель/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)

Редакторы выпуска:

Александр Фролов (redactor@techinform-press.ru)

Сергей Зубарев (redactor@techinform-press.ru)

Дизайнер, бильд-редактор

Лидия Шундалова (art@techinform-press.ru)

Руководитель службы информации

Илья Безручко (bezruchko@techinform-press.ru)

Корректор **Мила Дмитриева**

Руководитель отдела стратегических проектов

Людмила Алексеева (editor@techinform-press.ru)

Руководитель службы рекламы,

маркетинга и выставочной деятельности

Нелля Кокина (roads@techinform-press.ru)

Отдел маркетинга

Полина Богданова (post@techinform-press.ru)

ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

В.Н. Александров, специальный представитель губернатора Санкт-Петербурга по метро-строению и подземному строительству

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, вице-президент АО «Объединение «ИНГЕОКОМ»

А.С. Кириллов, генеральный директор ООО «ГНБ-Лидер»

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

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: 12.04.2019. 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**

Forind

ПРЕДЛАГАЕТ:



Серию шкафов ШК1000:

- Шкафы управления пожарными насосами
- Шкафы управления вентиляторами дымоудаления
- Шкафы управления пожарными клапанами

Блоки БУОК для управления огнезадерживающими клапанами и клапанами дымоудаления

Специализированные реле контроля и управления РКНЛ, РКК, РКСК

Шкафы управления насосами и вентиляторами систем инженерного обеспечения

www.forind.ru
info@forind.ru
(812) 309-42-83



Содержание / Contents



Стр. 6–7



Стр. 10–12



Стр. 14–15



Стр. 16–19



Стр. 20–21

События / Events

- 6 Новости отрасли
- 8 Петербургский Метрострой продолжил работу

Экспертное мнение / Expert Opinion

- 10 Сергей Алпатов о новой тоннельной ассоциации и программе метростроения
- 14 Д.С. Конюхов. Использование подземного пространства при реновации жилой застройки

Строительный практикум / Workshop for building

- 16 О.А. Маковецкий, С.В. Рубцова. Технологии развития городского подземного пространства (ОАО «Нью Граунд»)
- 20 Л.А. Титова, М.Ю. Титов. Эффективная гидроизоляция подземных сооружений



Стр. 22–23



Стр. 24–28



Стр. 29–31



Стр. 32–36



Стр. 37–41

- 22 Е.А. Корчагин. Особенности возведения больверков на вечномерзлых грунтах

Исследования / Research works

- 24 В.Е. Русанов, А.А. Пичугин, Г.М. Медведев, П.С. Мильчевский, Ю.А. Тарасов, Д.В. Максимов. Автоматизированный мониторинг при строительстве перегонных тоннелей Большой кольцевой линии
- 29 С.В. Сергеев, И.В. Сеница, А.В. Зинченко. Диагностика состояния подземных выработок при разработке полезных ископаемых

Тоннели / Tunnels

- 32 Э.Б. Рубинчик. Проект тоннельного перехода на Сахалин
- 37 В.А. Гарбер, Н.Н. Симонов, А.А. Кашко, Д.В. Панфилов. Информационное моделирование в тоннелестроении



Стр. 42-44



Стр. 45-47



Стр. 48-49



Стр. 50-59

Метрополитены / Subway

42 *М.Ш. Хуснуллин, С.Н. Грошиков, А.Н. Панкратенко, А.Э. Сандуковский, Э.Б. Рубинчик.*

Развитие Московского метрополитена на основе новых подходов к проектированию и строительству

45 *Д.С. Конюхов, А.Г. Полянкин.*
Развитие нормативной базы по проектированию объектов метрополитена

48 *А.М. Слизкий.*
Применение BIM-технологий для объектов Минского метро

Безопасность / Safety

50 Эксплуатация систем метрополитенов (круглый стол)



Стр. 61-65



Стр. 66-69



Стр. 70



Стр. 74-77



Стр. 78-80

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

Бестраншейные технологии / Trenchless Technologies

66 Рынок ГНБ: от кризиса к перспективам

70 «Альбрехта»: инновационные бентопорошки для ГНБ

72 Bentolux Horizon PR. Комплексно. Надежно. Экономно (ООО «Баулюкс»)

74 *Д.А. Шаталов, Д.Р. Вафин, А.П. Шаманин.* Границы применения метода наклонно-направленного бурения при строительстве переходов трубопроводов

78 *А.Л. Наговицын.* Локационные системы ГНБ: критерии выбора

НОВОСТИ ОТРАСЛИ

МЕТРО — ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ СТОЛИЦЫ

В 2019 году в Москве построят 14 станций метро, проектируется 57 км линий, 23 станции и четыре электродепо, — сообщил заместитель мэра Москвы по вопросам градостроительной политики и строительства Марат Хуснуллин.



«**С**троительство метрополитена — приоритетное направление развития транспортной инфраструктуры города. По объемам и динамике в этой сфере Москва является одним из лидеров среди мировых городов», — подчеркнул Марат Хуснуллин.

По его словам, новое строительство позволит фактически удвоить систему подземки, существовавшую на старте реализуемой сегодня программы, и обеспечить

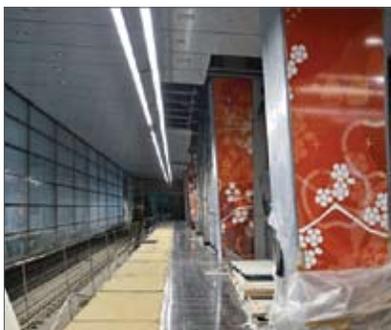
шаговую доступность метро для 95% москвичей. Только в этом году планируется проложить 33 км линий, построить 14 станций и одно электродепо. Продолжатся работы по продлению существующих линий: Сокольнической, Люблинско-Дмитровской, Калининско-Солнцевской и Арбатско-Покровской. Ведутся работы на Большой кольцевой. Завершается строительство новой Некрасовской линии. Напомним, мэр Москвы Сергей Собянин назвал 2018

год рекордным за всю историю столичного метрополитена, уточнив, что длина московской подземки увеличилась на 33 км, открыто 17 новых станций, построено три электродепо.

Протяженность Московского метрополитена за последние восемь лет выросла на 45%. За это время было построено 136,6 км линий, 73 станции (с учетом Московского центрального кольца), введено девять электродепо.

ВПЕРВЫЕ В ИСТОРИИ МОСКОВСКОЙ ПОДЗЕМКИ

К строительству московского метро привлечена китайская корпорация China Railway Construction Corporation (CRCC). По итогам конкурса она стала генеральным подрядчиком по станциям «Аминьевское шоссе», «Мичуринский проспект» и «Проспект Вернадского» на юго-западном участке Большой кольцевой линии (БКЛ).



В столицу из Китая было доставлено пять тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК). Их назвали в честь героинь популярного в КНР русского сериала «Папины дочки»: «Евгения», «Полина», «Дарья», «Галина» и «Мария».

Первой финишировала «Полина». Она построила правый тоннель от станции «Проспект Вернадского» до «Мичуринского проспекта». Машина прошла почти 1,5 км в сложных грунтах под улицей Удальцова и парком 50-летия Октября. Как отмечают строители, при проходке никаких проблем не возникло. Теперь в готовом тоннеле начнут укладывать верхнее строение пути и монтировать инженерные системы.

На «Мичуринском проспекте» завершается разработка грунта. Дизайн станции выполнят в китайском стиле — световые инсталляции на потолке украсят иероглифы, символизирующие дружбу. Художники из КНР создали орнамент, который учитывает и авторскую позицию, и мнение жителей.

У станции будет два вестибюля — наземный, который выполнят в светлых и темно-серых тонах, и подземный. Первый соединит БКЛ и Калининско-Солнцевскую ветку.

Как сообщил заместитель мэра столицы по вопросам градостроительной политики и строительства Марат Хуснуллин, к концу лета из Китая в Москву прибудет еще один щит большого диаметра (10 м). ТПМК будет задействован на восточном участке Большой кольцевой линии.

FACE-КОНТРОЛЬ В ДЕЙСТВИИ

В китайском Шэньчжэне местный оператор метро решил протестировать различные передовые технологии, поддерживаемые сверхбыстрой сетью 5G, включая распознавание лиц, сообщает ЕНВ со ссылкой на South China Morning Post. На одной из станций, вместо того чтобы предъявить билет или сканировать штрих-код со смартфона, пассажиры могут сканировать свои лица на экране размером с планшет, установленный на входных воротах, и автоматически оплатить проезд.

В настоящее время система уже заработала в пробном режиме. Планируется, что в будущем она сможет обрабатывать до 5 млн пассажиров в день.



СБУДЕТСЯ ЛИ МЕЧТА ЕКАТЕРИНБУРЖЦЕВ?

В планы властей Екатеринбурга и Свердловской области входит не только построить вторую линию метро к 300-летию города (2023 год), но и на четыре станции продлить существующую. Практически всю тяжесть финансирования этого грандиозного проекта планируется возложить на федеральный бюджет.



Как следует из плана мероприятий к юбилею города, продление существующей ветки метрополитена на две станции на север и две на юг плюс проектирование и строительство второй линии (восемь станций, от «Металлургической» до «Каменных Палаток») оценивается в 76,3 млрд рублей.

Соотношение долей в структуре финансирования авторы проекта видят следующим образом: федеральный бюджет — 74,5 млрд рублей (14,5 в 2020 году и по 20 в 2021–2023 гг.), бюджеты Свердловской области и города Екатеринбурга — по 900 млн рублей (по 250 в 2019 году и по 650 в 2020 году). Привлечение внебюджетных средств не планируется.

Вторая линия метро, проходящая с запада на восток города — давняя мечта многих екатеринбуржцев. Одно из первых совещаний на эту тему прошло еще в апреле 2007 года, когда город готовился принять саммиты ШОС и БРИК, но тема застопорилась. Затем Екатеринбургу пообещали построить вторую ветку метро к Чемпионату мира по футболу в 2018 году, но этого снова не случилось: денег из федерального бюджета не выделили.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ТПКМ СТАРТУЕТ В ПЕТЕРБУРГЕ

В Петербургском метрополитене в монтажной камере на шахте №574, находящейся в районе Театральной площади, смонтирован тоннелепроходческий комплекс отечественного производства.



Щит диаметром 5,6 м был построен на Скуратовском опытно-экспериментальном заводе в Туле и поставлен в Управление механизации ОАО «Метрострой» еще в 2012 году. Он будет использоваться на строительстве участка Лахтинско-Правобережной линии между станциями «Театральная» и «Спасская».

Первоначально оборудование планировалось использовать для проходки тоннелей Красносельско-Калининской

линии, однако старт стройки все время откладывался.

Щит является первым разработанным и произведенным в России оборудованием, предназначенным для работы с обжатой обделкой. Предполагается, что данная техника заменит легендарные ясиноватские щиты, которые в 1981 году установили мировой рекорд скоростной проходки и по сей день используются петербургскими метростроителями. По традиции уникальное оборудование получит собственное имя.

ТАШКЕНТСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН ВЫРАСТЕТ ВЧЕТВЕРО

Как сообщает портал «Подземный эксперт», компания «Железные дороги Узбекистана» («Узбекистон темир йуллари») обнародовала грандиозные планы развития Ташкентского метрополитена до 2025 года. За шесть лет намечено увеличить длину сети подземки до 157 км, то есть более чем в четыре раза, и построить 45 новых станций, среди которых 17 — пересадочные.

Работы планируется разделить на несколько этапов:

- 1) линия протяженностью 13,9 км от действующей станции «Айбек» Узбекстанской линии до микрорайона Бинокор;
- 2) линия протяженностью 9 км от действующей станции «Машиносозлар» Узбекстанской линии до района Бектемира;
- 3) линия протяженностью 11,6 км от действующей станции «Дустлик» Узбекстанской линии через строящийся новый аэропорт Ташкент Восточный и до улицы Янги шаҳар;
- 4) линия протяженностью 6 км от действующей станции метро «Буюк ипак йули»

Чиланзарской линии до Ташкентского тракторного завода;

- 5) линия протяженностью 17,6 км от действующей станции «Беруни» Узбекстанской линии через массивы Каракамыш, Ибн Сино, Урикзор, Изза, Ипподром до действующей станции «Алмазар» Чиланзарской линии.

Также запланировано строительство надземной кольцевой линии длиной 52 км.

Сейчас общая протяженность линий Ташкентского метрополитена составляет 36 км, для пассажиров открыты 29 станций. В стадии строительства находятся 10 км.



После простоя, затянувшегося на несколько месяцев, ОАО «Метрострой» возобновило работы по строительству петербургского метро. О серьезных финансовых проблемах компании стало известно осенью 2018 года, незадолго до планируемой сдачи трех новых станций Фрунзенского радиуса. В ноябрьском номере нашего журнала шла речь о том, что генподрядчик объясняет ситуацию прежде всего бюрократическими сложностями, возникшими во взаимодействии с заказчиком в лице Дирекции транспортного строительства. Сегодня город и ОАО «Метрострой» нашли общий язык, долги по зарплате погашаются, а работы в петербургской подземке продолжились по трем направлениям.

Подготовил
Александр ФРОЛОВ

ПЕТЕРБУРГСКИЙ МЕТРОСТРОЙ ПРОДОЛЖИЛ РАБОТУ

В конце прошлого года рабочие Метростроя заявили о длительных задержках заработной платы. В последних числах декабря они объявили забастовку. В решение проблемы вмешался Смольный. Примерно в то же время стало известно о том, что у генерального подрядчика нет денег не только на зарплату строителям, но и на покупку необходимого оборудования и материалов. На трех подземных направлениях работы фактически были заморожены.

Печальным итогом возникших финансовых трудностей стал срыв сроков открытия станций «Проспект Славы», «Дунайская» и «Шушары» — по плану, их должны были запустить 20 декабря 2018 года. Сейчас их обещают открыть в сентябре 2019-го, то есть госконтракт продлили почти на год.

Открытие станций «Театральная» и «Горный институт» с ноября 2019 года перенесли на май 2022-го. Сроки сдачи двух станций новой Красносельско-Калининской линии — «Юго-Западной» и «Путиловской» — остались неизменными, их также должны запустить в 2022 году.

Отметим, что долгое время генподрядчик не мог договориться с заказчиком работ, диалог не складывался и сводился к взаимным обвинениям. В конце 2018 года в Смольном в первый и пока последний раз обсудили приобретение городом контрольного пакета акций компании. (Сейчас в его собственности 46%: 25% принадлежит ГУП «Петербургский метрополитен» и 21% — комитету имущественных отношений.) Но больше к этой теме не возвращались. Стороны нашли другое решение. В середине марта текущего года в Смольном подписали три постановления городского правительства, которые предполагали выделение компании авансов из городского бюджета. Как рассказали корреспонденту «ПГ» в пресс-службе Метростроя, финансовые вопросы сейчас решаются в рабочем режиме, деньги начали приходить на счет компании, что позволило приступить к погашению долгов по заработной плате и расчетам с поставщиками.

В ближайшее время ОАО «Метрострой» ожидает около 500 млн рублей на продолжение строительства Фрунзенского радиуса — на станциях «Проспект Славы», «Дунайская» и «Шушары» необходимо завершить отделочные работы, а также смонтировать оборудование и провести пусконаладку. Деньги планируется снять с других объектов адресной инвестиционной программы города, поскольку этот участок подземки сейчас считается приоритетным.

— В настоящий момент Метрострой вернулся к работам на всех строящихся станциях метро. На уровне правительства города в начале апреля было проведено первое

заседание специально созданного штаба, — сообщили в пресс-службе Метростроя.

— Принято решение о том, что заседания штаба, в ходе которых будут обсуждаться все вопросы, связанные со строительством метрополитена, отныне будут еженедельными.

В ближайшие планы генподрядчика входит увеличение количественного состава специалистов на всех строящихся линиях. Для обеспечения фронта работ необходимо закупить материалы и оборудование, это напрямую увязано с финансированием. Вопрос постепенно, хоть и медленно, выводится в рабочую плоскость.

Продолжаются работы на Лахтинско-Правобережной линии. Согласно контракту, там ведется сооружение участка с двумя станциями — «Горный институт» и «Театральная» (без выхода на поверхность). В данный момент идет сооружение станционного комплекса «Горный институт», готовится к старту проходческий комплекс для строительства наклонного хода (эскалаторного тоннеля), а также планируется запустить щит диаметром 5,6 м для проходки тоннеля от «Театральной» до «Спасской».

Продолжается строительство участка Красносельско-Калининской линии с двумя станциями «Юго-Западная» и «Путиловская» (с пересадкой на «Кировский завод»). В 2019 году основной объем — это проходческие работы. Сейчас они ведутся с применением тоннелепроходческого комплекса КТ-5,6. Сооружается тоннель от станции «Казаковская» до станции «Путиловская». В текущем году планируется смонтировать и запустить второй проходческий комплекс, который будет осуществлять работы параллельно с первым. Сроки сдачи объектов такие же, как были ранее — 2022 год.

Контракт с Метростроем заключен только на две станции этой линии, однако на информационных схемах в метрополитене отмечено шесть запланированных станций. Как рассказали корреспонденту «ПГ» в Комитете по развитию транспортной инфраструктуры правительства города (КРТИ), конкурс на создание проекта для продолжения Красносельско-Калининской линии от «Казаковской» до «Сосновой Поляны» будет объявлен этим летом.

В 2015–2018 гг. была разработана предпроектная документация еще по трем объектам строительства: участок Красносельско-Калининской линии от станции «Обводный канал — 2» до станции «Полюстровский проспект — 1»; участок Кировско-Выборгской линии от «Проспекта Ветеранов» до «Проспекта Маршала Жукова»; участок Кольцевой линии от «Большого проспекта — 2» до «Лесной — 2». ■

СПРАВКА

КРТИ СПб составлен план по выполнению проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ по объектам 2020–2030 гг.: Красносельско-Калининская линия — участок от «Путиловской» до «Обводного канала — 2» (четыре станции: «Боровая», «Заставская», «Броневая», «Обводный канал — 2»); вестибюль №2 станции «Приморская»; Красносельско-Калининская линия от «Казаковской» до «Сосновой Поляны» (четыре станции: «Брестская», «Улица Доблести», «Петергофское шоссе», «Сосновая Поляна»);

Кировско-Выборгская линия от «Проспекта Ветеранов» до «Проспекта Маршала Жукова»; Красносельско-Калининская линия на участке от «Обводного канала — 2» до «Полюстровского проспекта — 1» (пять станций: «Лиговский проспект — 2», «Знаменская», «Суворовская», «Смольный», «Полюстровский проспект — 1»); Кольцевая линия от «Большого проспекта — 2» до «Лесной — 2» (шесть станций: «Большой проспект — 2», «Василеостровская — 2», «Спортивная — 2» (существующая), «Петроградская — 2», «Кантемировская», «Лесная — 2»).





СЕРГЕЙ АЛПАТОВ О НОВОЙ ТОННЕЛЬНОЙ АССОЦИАЦИИ И ПРОГРАММЕ МЕТРОСТРОЕНИЯ

В середине марта прошлого года было официально объявлено о создании Тоннельной ассоциации Северо-Запада. Тогда же стало известно, что в ее состав вошли проектный институт ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс», строительная компания ОАО «Метрострой», эксплуатирующая организация ГУП «Петербургский метрополитен» и СРО НП «Объединение подземных строителей» (ныне СРО А «Подземдорстрой»). Возглавил ассоциацию Сергей Алпатов, хорошо знакомый специалистам отрасли и постоянным читателям журнала. Сегодня он — снова наш собеседник.

— Сергей Николаевич, надо полагать, что за год существования Тоннельной ассоциации Северо-Запада вы уже достаточно четко очертили круг ее задач и наметили первоочередные планы практической деятельности? Заодно, пожалуйста, напомните о том, какие цели ставились при создании организации.

— В советское время в нашей стране активно работала общесоюзная Тоннельная ассоциация со штаб-квартирой в Москве. Она была организована в конце 80-х годов, когда министром транспортного строительства был Владимир Брежнев. В задачи ассоциации входила пропаганда «тоннельного дела», продвижение наших идей, подготовка нормативной документации и соответствующая активная работа с законодателями на отраслевом и общесоюзном уровне, сплочение профессиональной общественности, организация площадок для обмена опытом — проведение всевозможных конференций, семинаров, выставок и т. д. В нее входили компании из всех союзных республик, занятые на строительстве метро, тоннелей и других объектов подземной инфраструктуры, выполняющие работы методами микротоннелирования и горизонтально-направленного бурения.

К сожалению, в наше время эта организация свои позиции во многом утратила. Чтобы как-то сдвинуть ситуацию с мертвой точки хотя бы в масштабе нашего федерального округа, мы создали Тоннельную ассоциацию Северо-Запада. Это некоммерческая, независимая и юридически

самостоятельная организация. Причем географический охват у нас получается шире, чем предполагает название. В нашем составе сейчас есть московские специалисты, планируем привлекать коллег с Урала, Сибири, Дальнего Востока. На текущий момент общее количество членов организации перевалило за 50.

Мы строим ассоциацию именно на экспертном сообществе, то есть объединяем профессионалов — юридических и физических лиц, которые занимаются вопросами проектирования, изысканий, строительства подземных сооружений. При возникновении любых спорных ситуаций именно у нас можно найти квалифицированных экспертов, и уже были прецеденты. Например, когда Ленметрогипротранс оспаривал в ФАС использование буронабивных свай по патенту Павла Борисовича Юркевича, благодаря нашей экспертизе дело было выиграно.

Мы готовы давать рекомендации, консультации. Надеемся, что нас будут привлекать к градостроительному планированию, и к обсуждению тех или иных вопросов, связанных со строительством подземных сооружений. Считаю, что Тоннельная ассоциация Северо-Запада очень важна и для строителей Санкт-Петербурга, и для его властей. Одна из серьезнейших задач организации — консультирование руководства города и других регионов по развитию подземного пространства. И мы, кстати, можем способствовать привлечению иностранных инвесторов, у нас очень хорошие контакты с зарубежными специалистами.

Беседовала Регина
ФОМИНА

Могу отметить, что администрация Санкт-Петербурга и лично и. о. губернатора Александр Дмитриевич Беглов рассматривает наше экспертное сообщество как серьезную профессиональную организацию.

— Раз уж зашла речь о серьезных профессиональных организациях, то сразу вспомнился петербургский Метрострой и его проблемы. Известно, что ситуация на конец года там была очень тяжелая. Как вы оцениваете ее сегодня и какие вам видятся перспективы?

— Ситуация с метростроением в Северной столице продолжает оставаться катастрофической. Помимо хронического недофинансирования отрасли, теперь фактически получилось еще и так, что подняли руку на единственного в Петербурге квалифицированного подрядчика — компанию «Метрострой». По существу, на грани развала оказалась одна из немногих в стране организаций, способных строить станции метро глубокого заложения. Такие предприятия в России можно пересчитать по пальцам одной руки.

На сегодняшний день у нас нет заделов, мы не проводим изысканий, у нас нет перспективных проектов, потому что нет заказов на них. Уровень специалистов, которые работают у заказчиков, абсолютно не соответствует современным требованиям, а основной вопрос у них: «Как проектировать, если у нас нет денег?» Но так ли это?

Из открытых источников мы взяли для сравнения годовые бюджеты метрополитенов ряда европейских столиц. В частности, в Вене это — 6 млн евро, в Петербурге — 9 млн евро. Однако австрийцы строят в несколько раз больше, чем мы, и, самое главное, планируют строить еще и еще. То есть или деньги у нас используются нерационально, или мы не способны привлечь инвестора, предложив ему приемлемые условия.

Но если, допустим, завтра возможности вдруг появились, то что получится? На разработку проекта одной станции может потребоваться пять лет. Как это соотносится с перспективами развития метрополитена, в частности, исходя из уже обнародованных планов? На сегодняшний день известны проекты только семи станций, пять из которых сделаны давно и нуждаются в корректировке. Значит, по существу, есть только два проекта, готовых к реализации. Так что сегодня объемов работы для того же Метростроя почти нет.

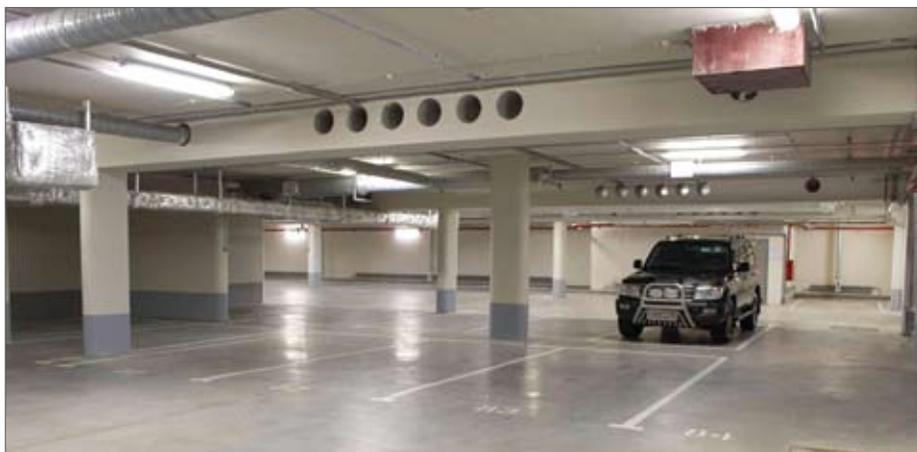
— Что нужно для того, чтобы осуществить прорыв в этой области?

— В первую очередь, надо иметь четкую долгосрочную программу метростроения



с указанием станций, линий, пересадочных узлов, расписанную по годам и спланированную с определенным ростом на опережение. Когда будет понятна перспектива, проектные и строительные организации смогут пополнять свои основные фонды, набирать людей, проводить их обучение и т. д. Причем важно, чтобы объекты Петербургского метрополитена проектировали именно наши предприятия, хорошо знакомые с инженерно-геологическим строением городских грунтов. Согласитесь, что эту специфику важно знать. Хочу отметить также, что, когда в городе нет заказов, исполнители уходят туда, где они есть. Так, Ленметрогипротранс уже активно работает сейчас в Москве, где метро строится высокими темпами.

При этом очень важна определенная ритмичность при проектировании и строительстве. Специалисты должны быть загружены каждый день. Нельзя сегодня строить десять станций, а завтра одну. В противном случае девять из десяти людей, которые этим занимаются, нужно будет уволить. Что же, через год их опять искать, привлекать? С людьми так нельзя. Если квалифицированные специалисты ушли, то они, скорее всего, найдут другую работу и не вернуться обратно. Нельзя забывать и то, что метростроение — специфическая, чрезвычайно ответственная и довольно-таки опасная сфера деятельности. И если привлекать неквалифицированных людей, то возникает риск аварий, которые, к слову, в городе уже были.



Один из примеров — когда в результате разрушительного воздействия пльвуна критически просели тоннели между станциями «Лесная» и «Площадь Мужества» и их, в конце концов, пришлось закрыть и затопить. Пассажирское движение на участке прекращалось почти на десятилетие. Основные ошибки в этом случае были в изысканиях.

Так что, безусловно, надо думать о том, кто будет проектировать и строить, и планировать следует соответствующим образом.

— На чем основано это утверждение?

— Существуют разные рейтинги по загруженности метрополитенов. Если говорить об общем пассажиропотоке, то первое место в Европе и одно из первых мест в мире, конечно, занимает Москва. Петербургский метрополитен является одним из самых загруженных: на одну станцию метро, с учетом численности населения города, приходится почти около 80 тысяч человек. Мы делали сравнение по соотношению количества станций и пассажиров с Мюнхеном и Миланом. Так вот, чтобы достичь мюнхенской обеспеченности жителей города метрополитеном, в Петербурге должно быть 445 станций, а не 69, как сейчас. А если как в Милане, то 898! Я, конечно, понимаю, что это несколько поверхностное сравнение. Есть множество

факторов, начиная с возможности строить станции неглубокого заложения, и напрямую сопоставлять неправильно — и все же!

В нашем понимании, каждый год нужно проектировать хотя бы по 10–15 станций, чтобы в ближайшие годы в Петербурге достигнуть целевого показателя в 200 станций. Почему именно столько? Чтобы хотя бы приблизиться к европейскому уровню развития метрополитена. Не говорю уже про азиатские страны, экономики которых сегодня растут огромными темпами. Если к 2030 году построить около 100 станций, то мы примерно вышли бы на средний мировой уровень, но для этого в год нужно сдавать их по 10–12. Судя по опыту Москвы, где в прошлом году открыли 17 станций, это вполне реально.

И, конечно же, нужен новый подход к проектированию. Безусловно, необходимо внедрять технологии информационного моделирования, BIM. В городе есть предприятия, хорошо владеющие этой спецификой. Имеются, конечно, определенные проблемы со специалистами, которые ранее не занимались непосредственно проектированием объектов метро, но, я думаю, этот пробел может быть легко восполнен за счет кооперации с другими проектными институтами, привлечения специалистов из других регионов и даже, может быть, из других стран.

В целом администрация города должна понимать, что сегодня надо кардинально менять подходы к планированию транспортного строительства, в том числе метростроения. Наша ассоциация активно участвует в формировании этих новых подходов, в чем я и вижу одну из ее основных задач. Сейчас мы готовим письмо на имя и. о. губернатора, в котором ассоциация как профессиональное сообщество пишет о том, что корень проблем не в кризисе взаимодействия между заказчиком (профильной структурой городской власти) и подрядчиком (Метростроем), а в том, что объекты метрополитена не проектируются, не ведутся изыскания. В итоге сегодня строить почти ничего.

— С объектами метро понятно. Но ведь не только они относятся к подземному строительству в городе. Есть пешеходные переходы, парковки, подземные этажи зданий и пр. Как с этим обстоят дела в Петербурге?

— К сожалению, на сегодняшний день складывается впечатление, что от многих мегаполисов мира по комплексному освоению подземного пространства Петербург отстал навсегда. Почти ничего, кроме метро, мы под землей не строим, да и метро почти не строим. Единичные примеры строительства подземных парковок не в счет. А ведь они крайне необходимы городу, особенно в его исторической части, где свободного места на поверхности нет вообще. К этому пониманию городские власти постепенно приходят, все чаще с высоких трибун можно услышать, что создание комфортной среды проживания невозможно без решения транспортной проблемы. Но пока дальше лозунгов дело не продвинулось.

О чем еще считаю обязательным сказать — это о ценовой политике, которая касается всех строителей. Чтобы соответствовать требованиям времени, предприятию необходимо закупать современные материалы и оборудование, обучать рабочих, осваивать новые технологии. На это все нужны деньги. Значит, производство должно быть рентабельным, поэтому работать на грани рентабельности, а часто и себе в убыток, по принципу «заказ достанется тому, кто заплатит меньше», как нынче заставляет нас действующее конкурсное законодательство — это дорога в никуда, искусственно создаваемая конкуренция, которая не идет на пользу общему делу. Для того чтобы строительная отрасль развивалась, необходимо вносить в законы соответствующие поправки. Участвовать в этой работе — также задача нашей ассоциации. ■

МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ВЫСТАВКА-ФОРУМ



МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО

4-7
ИЮНЯ
2019



- ▶ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ
- ▶ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ И КОММУНАЛЬНАЯ ТЕХНИКА
- ▶ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ
- ▶ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ▶ ГЕОСИНТЕТИКА
- ▶ ДОРОЖНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ ▶ МОСТЫ И ТОННЕЛИ
- ▶ БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ▶ БИТУМЫ

Организатор:

 **КРОКУС ЭКСПО**
Международный выставочный центр

WWW.DOROGAEXPO.RU

12+

РЕКЛАМА

Д. С. КОНЮХОВ,
к. т. н. (АО «Мосинжпроект»)

Значение подземного строительства во всем мире непрерывно возрастает. В частности, огромные усилия предпринимаются в сфере тоннелестроения для улучшения транспортной инфраструктуры городов в Северной Америке и Юго-Восточной Азии. Значительная работа в мегаполисах ведется и по созданию сетей подземных инженерных коммуникаций. Все больше правительств и муниципальных органов власти на планете осознают необходимость и преимущества использования подземного пространства. Не исключение и Москва. При этом в российской столице, помимо беспрецедентной программы развития метрополитена, на сегодняшний день обсуждаются вопросы эффективного использования подземного пространства и при реновации жилой застройки.



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ РЕНОВАЦИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ

В глобальном масштабе необходимо подчеркнуть особенно важную роль освоения подземного пространства в связи с ростом населения Земли. Прогнозируется, что к 2025 году на планете будет проживать более 8 млрд человек. Продолжают расти и крупнейшие города мира, в том числе наша столица. Так, с 2010 года население Москвы выросло более чем на миллион и, по официальным данным, превысило 12,6 млн человек.

На сегодняшний день столица развивается не только за счет присоединения новых территорий, но и в старых границах. Реализуется программа реновации жилищного фонда (Постановление Правительства Москвы № 497-ПП от 1 августа 2017 года). Предусматривается «совокупность мероприятий, направленных на обновление среды жизнедеятельности и создание благоприятных условий проживания граждан, общественного пространства в целях предотвращения роста аварийного жилищного фонда в городе Москве, обеспечения развития жилых территорий и их благоустройства». В частности, учитывается развитие сети объектов инфраструктуры, формирование улично-дорожной сети, парковочного пространства и т. д.

Создание комфортной среды проживания, безусловно, подразумевает не только новые квартиры по современным стандар-

там, а совокупность жилых, транспортных, социальных, культурно-развлекательных и природных кластеров. Сейчас Москва становится городом, удобным для жизни. Появились широкие тротуары, велодорожки, организованные парковки, устраиваются рекреационные зоны, растет сеть дорог и общественного транспорта. Очень важно учесть этот опыт и при реновации жилой застройки. То есть речь идет не о том, чтобы на месте старых кварталов появились не более чем новые спальные районы со слабо развитой инфраструктурой. Мегаполис завтрашнего дня — это комфортный для проживания, экологически безопасный, энергоэффективный, ориентированный на человека город, в котором рационально используются все ресурсы, в том числе под землей.

Освоение подземного пространства позволяет создать «четвертое измерение» привычной городской среды, дает возможность возводить компактные инфраструктурные комплексы на ограниченной территории, минимизировать экологический ущерб от строительства и в итоге повысить качество жизни населения.

В теории вы не найдете противников идеи освоения подземного пространства Москвы, в том числе в районах реновации жилой застройки. Признается и социальная, и коммерческая значимость развития этого направления. Однако на практике использу-

ется каждый метр свободной поверхности, а к возведению подземных сооружений прибегают как к последнему средству, когда все другие возможности уже исчерпаны. При этом забывается, что, планируя районы реновации, мы не только решаем повседневные задачи, но и создаем своеобразный градостроительный задел минимум на ближайшие полвека.

По мнению зарубежных исследователей, к формированию городской инфраструктуры нового поколения нужно подходить, в первую очередь, с экологической точки зрения. Для этого (Brown, H. Next Generation Infrastructure: Principles for Post-Industrial Public Works) предлагаются следующие критерии:

- комплексное использование территории, в том числе ее многократное использование;
- исключение дублирующих процессов при эксплуатации и обслуживании территории;
- синергетический эффект от использования энергии и ресурсов;
- минимальное воздействие на природно-техногенную среду;
- создание новых рабочих мест и налоговых поступлений;
- устойчивое развитие.

В качестве примера подобного подхода можно рассмотреть транспортно-пересадочный узел в Сан-Франциско (Калифорния, США), построенный на месте старого здания.

ТПУ представляет собой энергоэффективный, многофункциональный объект с парковой зоной на верхнем уровне. Дождевая вода, собираемая в парке, после соответствующей очистки используется в системе питьевого водоснабжения. Специальная вентсистема обеспечивает естественную вентиляцию объекта, что, в частности, приводит к снижению энергозатрат на кондиционирование.

Модель развития районов реновации должна учитывать также следующие принципы долгосрочного планирования:

- взаимодополняемость — например, проектируемые транспортные системы района должны обеспечивать быстрое и комфортное перемещение человека от его квартиры до вагона метро;
- взаимозаменяемость — в частности, объекты гражданской обороны могут проектироваться для повседневного пользования как парковки, склады, хранилища, фитнес-центры и т. д.;
- безопасность;
- централизация систем мониторинга, управления и обслуживания;
- социальное развитие.

Решение данных задач возможно только путем комплексного освоения подземного пространства с учетом квартального принципа застройки. В первую очередь это касается таких районов Москвы, как Перово, Северное Измайлово, Можайский, Фили-Давыдково, Головинский, Коптево, Бабушкинский, Хорошево-Мневники, Южное Тушино.

Для развития подобных территорий необходимо предусматривать устройство под жилым микрорайоном единой подземной части, в которой будут размещаться:

- подземные автостоянки, включая места для постоянного и гостевого хранения автотранспорта;
- подземная транспортная сеть: проезжая часть для автомобилей и общественного транспорта; тротуары для движения пешеходов; остановочные пункты общественного транспорта;
- подъездные пути, разгрузочные площадки и склады предприятий торговли, бытового обслуживания, общественного питания и т. п.;
- предприятия торговли, бытового обслуживания, общественного питания и т. п.;
- сооружения инженерной инфраструктуры микрорайона, в том числе: трансформаторные подстанции; инженерные сети; объекты централизованного сбора и удаления мусора;
- хранилища и архивы государственных и муниципальных учреждений, книгохранилища;
- отдельные помещения медицинских учреждений;
- объекты гражданской обороны.

Подобное решение позволит практически полностью разделить жилую и инженерную зоны микрорайона. Наземная часть будет отдана жилью, детским садам, школам, больницам, ландшафтно-парковым зонам. При этом перевод всей транспортной и инженерной инфраструктуры под землю обеспечит максимальную безопасность жителей, снижение числа дорожно-транспортных происшествий, улучшение экологической обстановки и в целом повышение качества жизни горожан.

Примером подобного решения может быть экспериментальный район Северное Чертаново (рис. 2), построенный в 1970-х гг. Спроектированный как «город в городе», он включал в себя локальные бытовую, торговую, культурную, административную зоны. При этом в микрорайоне была реализована единая система обслуживания зданий с подземными автостоянками, пневматическим удалением мусора и централизованным контролем инженерных систем.

Использование опыта, накопленного строителями и проектировщиками Москвы,



Рис. 1. Транспортно-пересадочный узел в Сан-Франциско

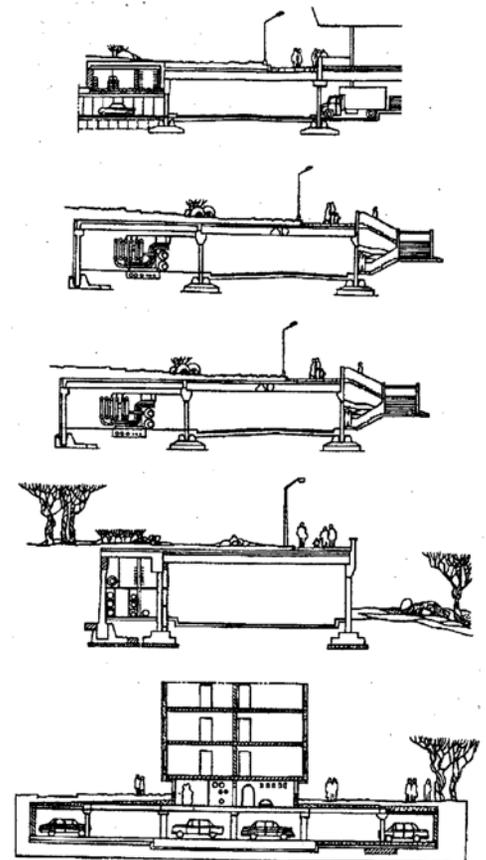


Рис. 2. Схемы объектов экспериментального района Северное Чертаново с использованием подземного пространства

инновационных решений по ресурсосбережению, зонированию территории, организации транспортной доступности с преобладанием скоростной массовой перевозки пассажиров, ведение в составе жилых микрорайонов объектов социальной инфраструктуры позволит не просто построить новые спальные районы Москвы, а создать город, удобный для жизни, а также повысить инвестиционную привлекательность районов реновации. ■

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

ТЕХНОЛОГИИ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОГО ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

Подземное строительство — будущее российских городов. Близкое оно или далекое — это зависит только от экономических вопросов. С рациональной точки зрения возможность использования пятна застройки не только вверх, но и вниз является весьма существенным фактором в организации городского пространства. С инженерной точки зрения устройство двух-трех подземных этажей — вполне реализуемая задача. Полагаем, что и «психологический порог» размещения зданий и сооружений под землей с пребыванием в них людей со временем у нас будет преодолен. Мировой опыт градостроительства свидетельствует о том, что решение широких экономических, архитектурно-планировочных и экологических проблем городов невозможно без планомерного использования подземного пространства.

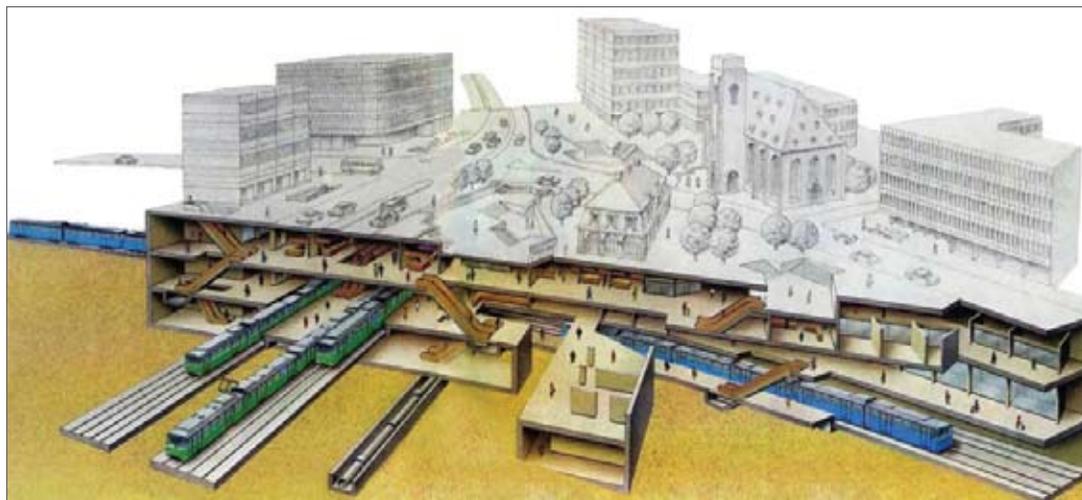


Рис. 1. Модель развития подземного пространства

Время и сложившиеся обстоятельства диктуют необходимость перехода от горизонтального к вертикальному зонированию городского пространства. Это способно обеспечить формирование комфортной жилой и производственной среды, на основе глубинно-пространственной организации всей системы объектов как целостного организма, включая и жилищный фонд, и всю необходимую социально-производственную и инженерную инфраструктуру, создаваемую под землей. В современной градостроительной науке данный процесс именуется комплексным освоением подземного городского пространства. При этом необходимо отказаться от старой формы проектирования — плоскостной застройки территорий по принципу «один к одному» с создаваемой независимо от них инженерной инфраструктурой.

Анализ зарубежного опыта показывает, что оптимальные условия для устойчивого развития и комфортного проживания в мегаполисе достигаются при доле подземных сооружений от общей площади в 20–25%. Это требует разработки специальных разделов в генеральных планах городов и в проектах детальной планировки и застройки.

Эффективность подземной урбанизации складывается из социально-экономических, инженерно-экономических и градостроительных компонентов.

Для размещения под землей транспортных коммуникаций она определяется на основе: экономии городских территорий за счет площадей для сооружения как самих объектов, так и защитных зон при них; увеличения оборачиваемости транспортных средств; максимальной сохранности существующей наземной застройки; улучшения санитарно-гигиенического состояния наземной среды.

Эффективность размещения под землей промышленных зданий и сооружений, коммунальной и инженерной инфраструктуры определяется на основе сокращения протяженности коммуникаций за счет: размещения объектов в центре нагрузок; экономических преимуществ, обусловленных компактным планировочным решением.

Хотя стоимость подземного строительства самого по себе выше, чем наземного, она частично или полностью компенсируется меньшим объемом необходимых инвестиций на поверхности. Эта долгосрочная выгода будет способствовать тому, что в будущем застройщики станут вкладывать средства в проекты «под землей», в частности, в целях существенного снижения энергозатрат.

К факторам, удорожающим использование подземного пространства, относятся: геологические и инженерно-геологические условия, усложнение инженерно-конструктивных решений подземных сооружений, стесненность при производстве работ в сложивших-



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

ся массивах застройки. Для оптимизации процесса необходимым является поэтапное внедрение элементов геомониторинга, в конечном итоге предполагающего организацию рационального недропользования и разработку мероприятий по охране геологической среды города.

В то же время эффективное комплексное освоение подземного пространства реально лишь тогда, когда сформулированы институциональные механизмы взаимодействия между госструктурами, заказчиками, подрядчиками и всеми участниками строительного процесса. Очевидно, что в этой сфере осуществление масштабных проектов возможно лишь при наличии политической воли и государственной поддержки.

Подземное строительство при плотной городской застройке

Что необходимо учитывать при проектировании подземного сооружения в зоне примыкания к существующим сооружениям?

Принцип достаточно старый: «Не навреди!» Это означает, что при решении вопросов примыкания к существующим зданиям и сооружениям следует, прежде всего, собрать максимум информации о существующем состоянии конструкций и геологической среды. Имея необходимый объем таких сведений, можно достаточно полно смоделировать сценарий внедрения в эту среду нового здания, с оценкой всех этапов возведения и эксплуатации. Современные геотехнические технологии позволяют строить с минимизацией воздействий на сложившуюся геотехническую среду. Безусловно, при этом необходимостью является постоянный геотехнический мониторинг в процессе строительства.

Рассмотрим, какие технологии могут быть использованы в условиях плотной застройки (рис. 2).

Категорически отвергать какие-либо методы возведения подземной части здания не стоит. При разумном подходе все они позволяют, в тех или иных условиях, получить ожидаемый результат.

Наиболее критичным воздействием на геотехническую среду является изменение подземного стока путем устройства дренажей. Возникающие при этом колебания уровня подземных вод распространяются на достаточно обширную окружающую территорию и наименее предсказуемы. На наш взгляд, наиболее управляемым в данном случае является процесс устройства вертикальных и горизонтальных противодиль-

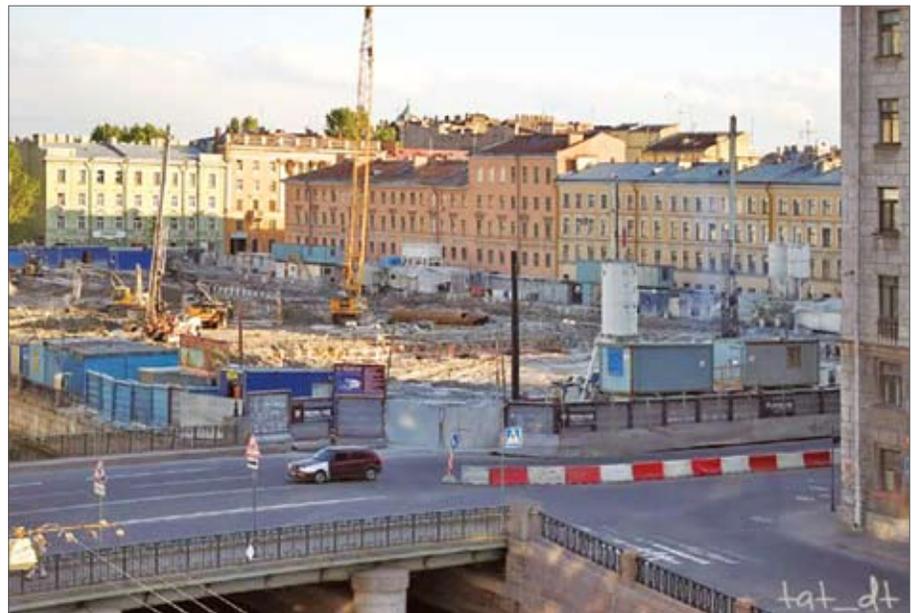


Рис. 2. Строительство подземной части комплекса зданий в Санкт-Петербурге

трационных завес вокруг подземной части здания, не вызывающий дополнительных воздействий на основание. Для создания подобных конструкций оптимальными вариантами являются струйная цементация грунтов (Jet-grouting), стена в грунте.

Технические решения по строительству подземных сооружений открытым способом должны быть комплексными и включать в себя технологии крепления котлована, разработки грунта в нем и устройства конструкций, инженерные мероприятия по защите котлована и подземного сооружения от подземных вод и по обеспечению сохранности близрасположенной застройки, а также по выполнению экологических требований.

Обоснование этих технических решений должно обеспечиваться проектными расчетами напряженно-деформированного состояния ограждающих конструкций и вмещающего массива грунтов вместе с примыкающими к котловану зданиями и сооружениями, гидрогеологического режима подземных вод и фильтрационного притока в котлован.

На выбор технологии возводимого открытым способом подземного сооружения решающее значение оказывают следующие факторы: габариты подземного сооружения в плане и по глубине; месторасположение (строительство на свободной территории или в условиях тесной существующей застройки); инженерно-геологические и гидрогеологические условия участка; экономические соображения; возможность строительной организации.

При этом необходимо обеспечить не превышение допустимых дополнительных

деформаций эксплуатируемых зданий, падающих в зону влияния нового строительства, с учетом их технического состояния.

Ограждение котлованов способом «стена в грунте»

Способ «стена в грунте» является одним из наиболее прогрессивных и универсальных для устройства подземных сооружений, возводимых в открытых котлованах. Компания «Нью Граунд» выполнила работы с использованием такой технологии в широком спектре сложных геологических условий в Москве, Перми, Краснодаре, Самаре, Уфе, Тюмени.

Способ «стена в грунте» позволяет осуществлять строительство: в непосредственной близости от существующих зданий и сооружений; при значительной глубине сооружения (до 50 м); при больших размерах в плане и сложной форме сооружения; при высоком уровне подземных вод.

Технология может применяться в любых дисперсных грунтах. В случае наличия твердых включений природного или техногенного происхождения (крупные валуны, обломки бетонных конструкций, каменной кладки и т. д.) при проходке траншеи используется техника, оснащенная фрезерным оборудованием.

Мощности крутящего момента колес фрезы в совокупности с ее весом достаточно для того, чтобы разбивать грунт любого типа и крошить булыжник, небольшие валуны или слабые горные породы, либо срезать бетон со смежных панелей. Эта техника используется при строительстве глубоких стен в



Рис. 3. Машины для производства работ по технологии «стена в грунте»: гидрофреза и телескопический грейфер

грунте и стен, располагаемых в сыпучих материалах и мягком камне. Данная технология позволяет устраивать протяженные вертикальные монолитные железобетонные конструкции шириной 600–1000 мм и глубиной до 32 м. В слабых водонасыщенных глинистых грунтах, в песках применяется телескопический грейфер (рис. 3).

Для выполнения конструкций используется бетон класса прочности В30, с осадкой конуса 150–180 мм, что позволяет укладывать его методом вертикального подъема бетонолитной трубы (марка по водонепроницаемости W10-W12).

Современные технологии позволяют устраивать подземные сооружения разных форм, но традиционными и наиболее часто встречающимися являются конструкции из прямолинейных стенок.

Расстояние между стенками, как правило, принимается до 15–20 м из расчета прочности и устойчивости распорных конструкций. При расстоянии более 20 м устойчивость стен обеспечивается наклонными анкерами.

Использование грейферного оборудования, которым крупные включения извлекаются, может привести к деформированию стенки траншеи, падению уровня тиксотропного раствора и деформациям окружающего массива и близрасположенных зданий.

Для надежного уплотнения проблемных стыков между панелями траншейных стен, как показал опыт строительства, успешно может быть применена технология струйной цементации Jet-grouting. При этом цементационные работы могут выполняться как

снаружи ограждающих котлован стен, так и изнутри до его разработки. С этой целью в зависимости от прогнозируемой величины раскрытия стыков с глубиной могут быть применены грунтоцементные колонны (неармируемые или армируемые металлическими трубами) диаметром 60 или 80 см.

При устройстве больших котлованов, внутри которых возводится здание или сооружение, ограждающие конструкции, выполненные методом «стена в грунте», используют как внешние стены подвальных помещений. В этом случае нагрузка передается на фундаменты, не связанные с ограждающими стенами.

При необходимости ограждающие конструкции, устраиваемые методом «стена в грунте», могут выполнять двойную функцию: являются и ограждением котлована, и конструктивным элементом, но при этом изменяется конструктивная схема подземной части здания и производится два расчета: на ограждение котлована «стена в грунте» и на боковое давление грунта и расчет «стены» на вертикальную нагрузку (рис. 4.). Отлаженные методы производства работ и контроля качества, высокая долговечность железобетона в условиях постоянного увлажнения позволяют обеспечить высокую эксплуатационную надежность и механическую безопасность на весь срок эксплуатации сооружения.

Для разработки грунтового ядра внутри подземного сооружения, возводимого способом «стена в грунте», рекомендуется применять технологию, которая предусматривает разработку вначале центральной части грунтового массива внутри сооружения на глубину одного яруса с сохранением по периферии неразработанных участков. Такой прием облегчает работу ограждающей



Рис. 4. Устройство подземной части автомобильной стоянки по технологии «стена в грунте» (Тюмень)



Рис. 5. Подземная стоянка, огражденная конструкциями, выполненными по технологии «стена в грунте»

конструкции. Затем монтируются распорные конструкции и разрабатывается оставшаяся часть грунта.

Новым и прогрессивным является также способ разработки грунта в котловане через перекрытия в многоуровневых подземных сооружениях. В этом случае дополнительная крепь ограждающих стен не применяется.

Методы строительства «сверху–вниз» и «вверх–вниз»

Способы строительства подземных сооружений «сверху–вниз» и «вверх–вниз» позволяют отказаться от крепления ограждения котлована временными распорными конструкциями или анкерами, так как используются междуэтажные перекрытия. Второй из способов, кроме того, существенно ускоряет сроки выполнения таких работ.

Эти методы являются наиболее щадящими по отношению к близлежащей застройке, обеспечивая минимальные осадки существующих зданий и сооружений.

При строительстве «сверху–вниз» (полузакрытый способ) предусматривается особый порядок возведения монолитных железобетонных перекрытий. Разработка грунта в котловане под их защитой производится попарно малогабаритными экскаваторами и обычными бульдозерами, а выдача грунта — с помощью грейферного экскаватора через монтажные отверстия в перекрытиях (рис. 6).

Метод предусматривает строительство зданий с несколькими подземными этажами за счет одновременного их сооружения вверх и вниз от уровня поверхности земли с устройством ограждения котлована способом «стена в грунте», которая часто служит стеной подземной части здания. Использование этого способа позволяет сократить общие сроки строительных работ до 30%.

Строительство по схеме «вверх–вниз» начинается с устройства траншейных «стен в грунте» по периметру сооружения и промежуточных буровых колонн. Они становятся опорами будущих конструкций верхнего строения. Далее начинается открытая разработка грунта на первом подземном ярусе и параллельно захватками возводится перекрытие над первым этажом (в уровне земли).

При достижении бетоном перекрытия 75% прочности на нем в специально усиленной зоне стационарно устанавливается башенный кран. По достижении 100% прочности начинается возведение конструкций наземных этажей и одновременно ведется строительство второго и последующих подземных этажей.

Струйная цементация в подземном строительстве

Технология струйной цементации (Jet-grouting, струйная геотехнология) позволяет получать практически любой формы и размеров грунтоцементный массив, который обладает достаточно высокими прочностными, деформационными характеристиками, более чем на порядок превышающими характеристики грунта.

Принцип ее применения заключается в разрушении и перемешивании грунта высоконапорной струей цементного раствора, исходящего под высоким давлением из монитора, расположенного на нижнем конце буровой колонны. В результате в грунтовом массиве формируются сваи диаметром 0,6–1,5 м из нового материала — грунтобетона, с достаточно высокими несущими и противofiltrационными характеристиками. Условием применимости струйной технологии является получение требуемых проектом заданных размеров, форм и характеристик грунтобетона: а) прочность на сжатие; б) однородность; в) долговечность (для постоянных конструкций).

Устройство свай выполняется в два этапа: производство прямого (бурение скважины) и обратного хода буровой колонны. В процессе обратного хода производят подъем колонны с одновременным ее вращением. При этом повышают давление цементного раствора, который поступает в сопла монитора, создающие струю с высокой кинетической энергией.

Сваи, образуемые с использованием струйной технологии, могут быть круглого сечения, а также секционные.

Технология может быть эффективно применена при решении следующих задач: сооружение ленточных в плане конструкций типа «стена в грунте»; устройство анкерных креплений; укрепление грунта вокруг строящихся подземных сооружений; создание противofiltrационных завес; уплотнение стыков между панелями траншейных «стен в грунте».

К основным преимуществам технологии относятся высокая производительность, простота, экономичность, возможность работы в стесненных условиях (вблизи существующих зданий, в подвалах), отсутствие негативных ударных воздействий.

Конструкция ограждения котлована может выполняться из одного ряда секционных грунтоцементных свай (например, диаметром 600 мм с шагом 500 мм) или с расположением свай меньшего диаметра в два ряда в шахматном порядке. Для крепления такого ограждения также могут быть применены грунтоцементные сваи, наклоненные под углом 30–45° к вертикали. Сваи ограждения и крепления объединя-



Рис. 5. Разработка грунта при строительстве методом «сверху–вниз»

ются поверху монолитной железобетонной обвязочной балкой.

Для повышения устойчивости стен применяют их армирование стальными трубами или прокатными балками.

Оборудование для реализации струйной цементации включает в себя буровую установку и насос с давлением нагнетания цементного раствора 400–500 атм.

Применение технологии Jet-grouting на ряде объектов в сложных инженерно-геологических условиях показало ее эффективность и перспективность, как при новом строительстве, так и при реконструкции зданий, выполняемых в условиях плотной городской застройки.

Заключение

В последние десятилетия рост объемов и масштабов подземного строительства наблюдается в наиболее крупных городах России. Под землей строятся комплексы различного назначения, транспортные и коммуникационные тоннели, стоянки и гаражи, производственные и складские помещения, растет протяженность линий метрополитена.

Основными принципами развития подземного пространства должны быть:

- 1) комплексная оценка геотехнических условий города, включающая в себя особенности геологической среды: специфические грунты, высокий уровень подземных вод, сейсмическая опасность;
- 2) проектирование подземных частей зданий и сооружений с учетом сложившейся градостроительной ситуации;
- 3) использование современных технологий, обеспечивающих сохранность геотехнической среды города.

Реализация этих принципов позволит комплексно, в короткие сроки начать освоение подземного пространства, а также оптимизировать затраты и обеспечить высокую эксплуатационную надежность и безопасность подземных сооружений. ■

Л. А. ТИТОВА, к. т. н.;

М. Ю. ТИТОВ, к. т. н.

(Лаборатория самонапряженных конструкций и напрягающих бетонов НИЦ «Строительство» НИИЖБ им. А. А. Гвоздева)

В современных российских условиях остро встает вопрос о применении эффективных, долговечных и при этом доступных по цене строительных материалов. Что касается сохранности железобетонных конструкций, то особенно актуальной проблемой представляется обеспечение водонепроницаемости и трещиностойкости подземных сооружений. Проанализировав возможности современных гидроизоляционных материалов и технологий, специалисты НИИЖБ им. А.А. Гвоздева рекомендуют расширить применение бетона с компенсированной усадкой.

ЭФФЕКТИВНАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ



Принято выделять два вида защиты железобетонных конструкций:

- первичная, которая обеспечивается оптимальным конструктивным решением, выбором материалов, подбором состава бетона;
- вторичная, которая защищает от негативного воздействия окружающей среды с помощью специальных мероприятий (защитные покрытия, ингибиторы коррозии, катодная защита и т. д.).

Наиболее часто для защиты от воды и влаги используются гидроизоляционные материалы. На сегодняшний день, однако, практически все сооружения подземной инфраструктуры в городах по истечении определенного срока эксплуатации, который, как правило, существенно меньше проектного, имеют отказ гидроизоляционной системы. В подавляющем большинстве случаев это неизбежно приводит к преждевременному ремонту всего объекта. Несмотря на огромные средства, расходуемые на ликвидацию последствий отказов, результаты часто оказываются неудовлетворительными.

Выбор гидроизоляции зависит от глубины подземной части объекта, уровня подземных вод, трещиностойкости конструкции.

В настоящее время наиболее распространено применение гидроизоляционных покрытий, которые выполняются как по внешнему, так и по внутреннему контуру подземных сооружений. При выборе материала также оценивается возможное наличие в них деформаций.

В системе гидроизоляции устраиваются следующие виды покрытий:

- металлические листы;
- рулонные и листовые органические материалы;
- составы органического происхождения, наносимые в жидком состоянии;
- безрулонные материалы на основе минеральных вяжущих.

Однако следует иметь в виду, что сами по себе такие материалы, даже очень качественные, не могут стопроцентно решить поставленную задачу — предотвратить попадание влаги в подземное сооружение, на все время его эксплуатации обеспечивая полную герметизацию стыков, швов и различных узлов.

Надо также отметить, что срок службы гидроизоляционных материалов колеблется от 5 до 20 лет, а основной проблемой является их низкая ремонтоспособность.

В настоящее время широко рекламируются пропитки готовых поверхностей. К таким материалам относятся полимерные составы, которые имеют низкую вязкость и наносятся вручную или механизированным способом. Недостатком их при этом является большая усадка, что может привести к разрыву покрытия.

Нанесение гидроизоляционных материалов возможно как с наружной, так и с внутренней поверхности. Если они наносятся со стороны позитивной воды, то перед обратной засыпкой требуют обязательной защиты.

Следует также отметить, что нанесение их с внутренней стороны после возведения железобетонных конструкций не обеспечит ее долговечности, поскольку бетон, как пористый материал, будет накапливать влагу и с течением определенного времени отторгнет подобное покрытие.

К тому же выполнение подобных работ в зимних условиях технологически сложно и не обеспечивает долговечности гидроизоляции.

Специалистами НИЦ «Строительство» НИИЖБ им. А. А. Гвоздева прорабатывался вопрос, не проще ли сразу возводить ограждающие конструкции подземной части зданий и сооружений водонепроницаемыми и трещиностойкими. Опыт показывает, что в наиболее полной мере получение заданных характеристик возможно при использовании усовершенствованных бетонных технологий.

Основные достоинства бетона как конструкционного строительного материала хорошо известны. Это относительная дешевизна и неисчерпаемое природное сырье, возможность утилизации огромных объемов промышленных отходов, высокая прочность и стойкость к различным видам воздействий — силовым, атмосферным, агрессивным, в том числе радиационным.

К недостаткам обычного бетона следует отнести сравнительно невысокую, по сравнению со сжатием, прочность при растяжении, а также явление усадки цементного камня в процессе твердения.

Этой проблеме посвящено много исследований в нашей стране и за рубежом. Усадочные деформации в сочетании с низкой прочностью материала на растяжение приводят к появлению трещин в железобетонных конструкциях, особенно в поверхностном слое, повышают их деформативность, снижают долговечность.

Одним из способов решения проблемы является применение бетонов с компенсированной усадкой, что в результате исключает необходимость устройства какой-либо дополнительной гидроизоляции. Опыт использования подобных материалов для

обеспечения как водонепроницаемости, так и трещиностойкости конструкций насчитывает уже более 40 лет. При этом достигалось высокое качество и существенное снижение эксплуатационных расходов.

Применение такого бетона позволяет за счет регулируемого расширения в процессе твердения нейтрализовать проявление усадки. В железобетонной конструкции создается напряжение всей находящейся в ней и растягиваемой при этом (за счет сцепления с бетоном) арматуры и возникает собственное обжатие (самонапряжение) материала, без дополнительных операций и использования специальных машин и оборудования. В результате повышается трещиностойкость, прочность на растяжение. Возможно не только исключить усадочные деформации, но и избежать образования трещин в процессе изготовления бесшовных протяженных монолитных конструкций.

Бетоны с компенсированной усадкой изготавливают на основе стандартных заполнителей и напрягающего цемента или портландцемента и расширяющей добавки, которую вводят либо при приготовлении бетонной смеси на заводе, либо непосредственно в автобетоносмеситель на стройплощадке.

При этом процесс приготовления смеси и изготовления из нее конструкций принципиально не отличается от обычной технологии. Применимы и эффективны все виды химических добавок, рекомендуемых для бетонов на портландцементе: пластифицирующие, воздухововлекающие, большинство противоморозных, ускорители, замедлители схватывания и твердения и т. п.

В отличие от конструкций из бетона на портландцементе, в которых невысокое значение предельной растяжимости бетона вызывает необходимость устройства деформационных швов, использование бетонов с компенсированной усадкой и разработанной технологии укладки позволяет отказаться от температурных швов, получив бесшовные конструкции большой протяженности (фундаментные плиты, полы и т. д.).

При возведении фундаментных плит и стен в подземных сооружениях большой протяженности устраиваются рабочие (холодные швы) и температурные вставки.

Практический опыт свидетельствует, что в большинстве случаев использование бетонов с компенсированной усадкой дает возможность возводить сооружения, превосходящие по своим техническим и эксплуатационным характеристикам аналоги из бетона на портландцементе.

Получаемые конструкции обладают высокой долговечностью, срок безремонтной эксплуатации увеличивается в два-три раза. Также возможно отказаться от использования гидроизоляции в фундаментных плитах и стенах, защитной кладки из обычного кирпича и, в ряде случаев, от устройства дренажа и обратной засыпки котлована строительным песком (можно использовать простой грунт).

За последние годы из бетонов с компенсированной усадкой по рекомендациям и техническому сопровождению НИИЖБ только в Москве возведены ограждающие конструкции подземной части таких крупных объектов, как Центральный выставочный зал «Манеж», торгово-развлекательный комплекс «Атриум» на площади Курского вокзала, блок №5 Фундаментальной библиотеки МГУ, плюс нескольких жилых и офисных комплексов.

В зависимости от предлагаемого варианта, экономический эффект только при отмене гидроизоляции составляет от 500 до 1000 рублей на 1 м². При отсутствии к тому же защитной стяжки экономия возрастает. Конкретный пример: 1227 рублей на 1 м².

Опыт эксплуатации этих сооружений показал их высокую надежность, дальнейшее повышение несущей способности (рост прочности до 60 МПа), практически отсутствие эксплуатационных затрат в течение расчетного срока службы конструкций. Такие бетоны открывают новые возможности, еще в 1994 году совершенно справедливо заслужив оценку конгресса Международной федерации по преднапряженному железобетону (FIP) в Вашингтоне как строительный материал XXI века. ■





Е. А. КОРЧАГИН,
к. т. н., доцент ИГЭС МГСУ

Наличие мерзлых грунтов диктует необходимость учета большого числа факторов при возведении портовых сооружений типа «больверк». В ином случае нередко происходят необратимые деформации металлического шпунта. Это штопорообразное скручивание, выход из замкового зацепления, сжатие поперечного сечения профиля, завальцовывание нижнего конца сваи, разрыв металла шпунта, серповидный изгиб шпунтовой сваи и другие (рис. 1). Причины таких деформаций носят, в той или иной степени, изыскательский, проектный и технологический характер.

ОСОБЕННОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ БОЛЬВЕРКОВ НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

При забивке шпунт испытывает следующие воздействия (рис. 2): от погружающего механизма (Q), лобовое сопротивление грунта под нижним концом сваи (R), сопротивление грунта по боковой поверхности шпунтовой сваи (T2), усилие сопротивления в замковом соединении (T1).

Были проведены исследования для следующих условий: конструкция — заанкерванный больверк из зетового или трубчатого шпунта (1020×14) длиной 22,5 м, замковые соединения — типа AZ и «кулачок в обойме», погружение шпунта — ударным способом (молот — вес ударной части 5 т, вес наголовника 2 т, максимальная высота подъема ударной части молота 0,82 м). Характеристики мерзлого грунта и результаты погружения приведены в табл. 1.

В летнее время в районе строительства было зафиксировано наличие мерзлого

грунта в прибрежной зоне акватории на отметке 13–16,5 м от отметки территории причала. Также зафиксирован факт образования грунтовой пробки в нижней части трубчатого шпунта. По свидетельству различных источников, при мощности пробки в 2–3 внутренних диаметра трубы площадь лобового сопротивления в расчетах свай рекомендуется принимать брутто. Вместе с тем методики расчета свай, работающих на вертикальную нагрузку, и шпунтовых стенок имеют отличие в том, что сваи погружаются до проектного отказа, а шпунтовые профили — до проектных отметок. В этой связи для погружения трубчатого шпунта в мерзлые грунты целесообразно применить лидерное бурение до проектных отметок.

При забивке в мерзлые пески (табл. 1) шпунт (1020/14) будет испытывать усилие сопротивления в 40–55 т, в то время как от

немерзлого песка оно составит 1,5–3 т. То есть сопротивление мерзлого грунта может, в ряде случаев, стать соизмеримым с прочностью материала труб.

Выполненные расчеты, согласно рекомендациям действующих нормативных документов, и сравнение их с натурными данными показали, что усилие сопротивления по забивке в немерзлые грунты на 6–10% выше, чем в мерзлые. С глубины 12 м начинает сказываться влияние грунтово-вой пробки.

Трение в замках при забивке шпунта развивается вследствие попадания в них грунта, перекося свай при забивке, допусков на изготовление свай по кривизне, а также, в некоторых случаях, вследствие плохо обработанного кулачка или обоймы замка после стыковки шпунтового профиля.

В результате развития сил трения в замковых соединениях наблюдается вовлечение в погружение ранее забитых шпунтовых свай, а также выход из зацепления замковых элементов.

Согласно СТО 48937526-002-2012, сопротивление погружению рекомендуется увеличивать на 25 кН (2,5 т) на 1 м длины замка стальной шпунтовой сваи. Имеются исследования более точного определения сопротивления в замках (см. «Гидротехническое строительство» №10, 2018). При заполнении обоймы грунтом усилие сопротивления в замковом соединении существенно возрастает и может достигать, на 1 м погружения, от 6 до 16% от расчетной величины сопротивления погружению одиночной шпунтовой сваи.

П. 1.4. ВСН 34-91 «Правила производства и приемки работ при возведении причальных сооружений из трубчатого сварного шпунта» гласит: «В целях экономии шпунта и уменьшения сопротивления в замках, шпунтовые замки привариваются не по всей длине трубы. В данной конструкции замки обеспечивают точность забивки и грунтонепроницаемость. Исходя из этого, длина привариваемых замков должна равняться свободной высоте стенки плюс 2–2,5 м ниже проектного дна — для исключения выпора грунта от давления засыпки пазухи причала».

Проведенные обследования показали:

1. Использование замков С-9 по типу бельгийского шпунта AZ 28 недостаточно рационально, поскольку были зафиксированы факты разрыва замковых соединений. Для возведения бьефов на вечномёрзлых грунтах более целесообразно использовать замки отечественного производства ЗСГ-1г, ЗСГ-1о («кулачок в обойме»), при этом забивку производить «кулачком» вперед или закрывать снизу обойму.

Таблица 1.
Ориентировочные характеристики при погружении шпунта

Наименование грунта	Мощность слоя, м	Отметка низа слоя, м	Прочность на сжатие при -10°C , кг/см ²	Средний отказ, см
Песок мелкий светло-серый твердомерзлый	12,1	-12,10	90–120	1,27
Суглинок темно-серый пластично-мерзлый	3,50	-15,60	35–50	0,70
Супесь серая пластичномерзлая	2,60	-18,20	55–80	0,60
Песок пылеватый серый твердомерзлый	3,20	-21,40	90–120	0,45
Суглинок темно-серый пластично-мерзлый нельдистый	1,70	-23,10	35–50	0,42
Суглинок темно-серый пластично-мерзлый слабодистый	12,90	-36,00	35–50	—



Рис. 1. Деформированный при забивке шпунт

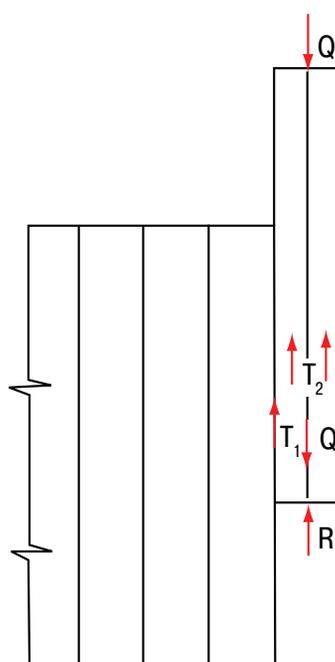


Рис. 2. Силы сопротивления шпунта при забивке

2. При забивке трубчатого шпунта в мерзлые грунты под нижним концом шпунтовой сваи развиваются усилия сопротивления значительно выше, чем при погружения в немерзлые грунты.

3. По мнению автора, погружение трубчатого профиля с открытым нижним концом целесообразно производить по одной шпунтине, что облегчит технологию заводки шпунта в замок и не потребует перестройки сваи при недостаточности высоты подъема крана.

4. Усилие сопротивления по боковой поверхности шпунта при забивке в немерзлые грунты на 6–10% выше, чем в мерзлые.

5. Шпунтовые замки целесообразно приваривать не по всей длине трубы, а только по достаточной для исключения вымывания грунта из обратной засыпки.

6. Для погружения трубчатого шпунта в мерзлые грунты до проектных отметок целесообразно применить лидерное бурение, не увеличивая мощности погружающих механизмов. ■

В. Е. РУСАНОВ,
 К. Т. Н., заместитель генерального
 директора по науке;
 А. А. ПИЧУГИН,
 К. Т. Н., начальник отдела защиты от
 шума и вибрации;
 Г. М. МЕДВЕДЕВ,
 заведующий лабораторией диагностики
 и мониторинга сооружений;
 инженеры:
 П. С. МИЛЬЧЕВСКИЙ,
 Ю. А. ТАРАСОВ,
 Д. В. МАКСИМОВ,
 (ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации»)

Применение систем автоматизированного геодезического и геотехнического мониторинга в условиях городской застройки является необходимым условием обеспечения эксплуатационной надежности, сохранности зданий и сооружений, попадающих в зону влияния подземного строительства, и безопасности выполнения строительно-монтажных работ. Специалисты НИЦ Тоннельной ассоциации занимаются решением соответствующих задач, в частности, при реализации проекта Большой кольцевой линии (БКЛ) Московского метрополитена.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОНИТОРИНГ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПЕРЕГОННЫХ ТОННЕЛЕЙ БОЛЬШОЙ КОЛЬЦЕВОЙ ЛИНИИ



Рис. 1. План расположения объектов Большой кольцевой линии (сервис Яндекс.Карты)

В рамках реализации проекта строительства БКЛ на участке между станциями «Улица Народного ополчения» и «Нижние Мневники» (рис. 1) выполнялась проходка двух перегонных тоннелей диаметрами 6 м под эксплуатируемыми конструкциями шлюза №9 Канала имени Москвы.

Шлюз №9 расположен на спрямлении Карамышевской излуины, проходящем в выемке глубиной около 30 м длиной 1 км. Введен в эксплуатацию в 1937 году. Над ним проходит железобетонный Мневниковский мост, соединяющий ул. Народного ополчения и ул. Нижние Мневники. Конструкция шлюза типовая — она состоит из 13 монолитных железобетонных секций длиной 20–27 м, с размерами поперечного сечения 30×15,25 м. Толщина стен секций — 1–5 м, днища — 4 м (рис. 2).

В результате обследования шлюза, выполненного АО «Триада-Холдинг» в 2017 году до

начала проходческих работ, были выявлены различные дефекты конструкции, сформировавшиеся в процессе эксплуатации, не оказывающие влияния на устойчивость сооружения в целом, но требующие дополнительного внимания при производстве строительных работ.

В конце ноября 2018 года ФГБУ «Канал имени Москвы» завершило навигационный период. В рамках подготовки к проходческим работам был установлен минимальный уровень воды в канале на участке шлюза №9.

Проходка перегонных тоннелей в технической зоне шлюза выполнялась в период с начала декабря 2018 года до конца февраля 2019 года. Работы велись поочередно с использованием двух тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК) Herrenknecht.

Учитывая уникальность шлюза №9, сложные инженерно-геологические условия на

объекте и необходимость ведения проходки непосредственно под эксплуатируемым гидротехническим сооружением, при научно-техническом сопровождении проходческих работ использовалась комплексная система геотехнического мониторинга «Мониторн», которая включала в себя три объединенные части:

- система автоматизированного мониторинга высотного положения «Мониторн ДГН-2» (ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации»);
- система автоматизированного мониторинга планово-высотного положения с применением электронных роботизированных тахеометров Trimble S8 (ООО «МИП-Строй №1»);
- система автоматизированного мониторинга вибраций на базе станций «SV 258 PRO» (ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации»).

Автоматизированный мониторинг выполнялся в соответствии с разработанной ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации» программой в течение всего периода проходческих работ в технической зоне шлюза.

Для выполнения измерений высотного положения конструкций было смонтировано два комплекта «Мониторн ДГН-2» — на правой и левой сторонах шлюза (рис. 3, 4). Принципиальная схема работы системы приведена на рис. 5.

Каждый комплект включает в себя 9 датчиков гидростатического нивелирования (ДГН), в том числе: опорный ДГН, вынесенный за пределы предполагаемой зоны осадок от проходческих работ; многоканальное регистрирующее устройство (контроллер); соединительные ПВХ-трубки для объединения ДГН в замкнутую систему, кабели и крепежные приспособления; стационарный компьютер с установленным специальным программным обеспечением и беспроводным выходом в Интернет.

Основные характеристики системы «Мониторн ДГН-2», использованной на объекте, приведены в табл. 1.

Таблица 1.
Характеристики системы «Мониторн ДГН-2»

Диапазон измерений	0...100 мм
Точность (СКП)	±0,5 мм
Количество датчиков в одной системе	9 шт
Время 1 цикла измерений	4 мин
Температурный диапазон измерений для системы сосудов	-30...+45 °С
Температурный диапазон измерений для регистратора	+5...+30 °С

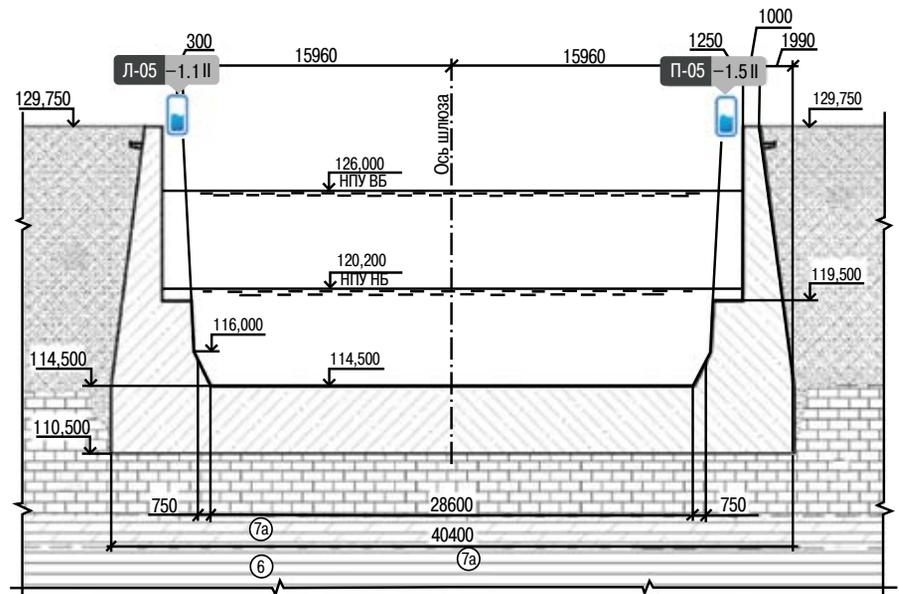


Рис. 2. Поперечное сечение монолитной секции конструкции шлюза



Рис. 3. Датчики гидростатического нивелирования системы «Мониторн ДГН-2», установленной на правой стороне шлюза

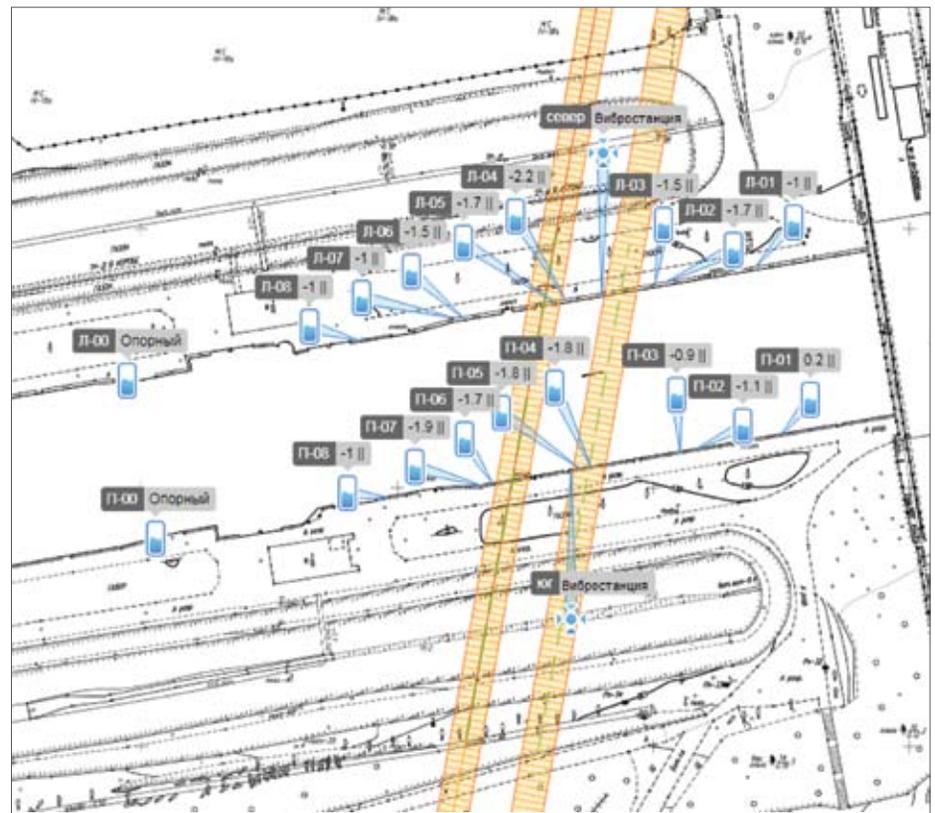


Рис. 4. План расположения датчиков системы «Мониторн ДГН-2» и станций вибромониторинга (северной и южной)

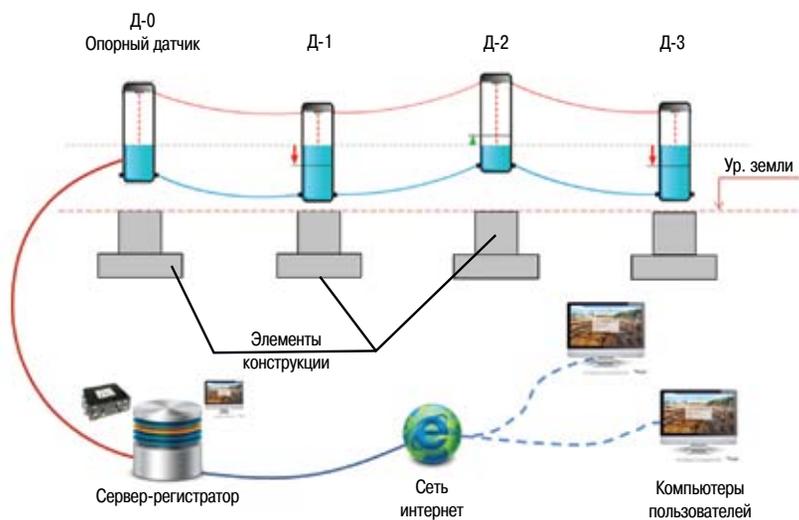


Рис. 5. Принципиальная схема работы системы

Таблица 2.

Результаты мониторинга высотного положения конструкций, расчетные и предельные значения осадок

Датчик	Максимальное измеренное значение осадки, мм		Расчетное значение, мм	Предельное значение (СП 22.13330), мм
	в период 02.12.18 – 26.02.19	в период 26.02.19 – 30.03.19		
Л-01	2,5	2,6	2,6	20,0
Л-02	2,7	2,6	2,6	20,0
Л-03	2,6	2,6	4,9	20,0
Л-04	3,6	3,6	4,9	20,0
Л-05	2,7	2,7	4,9	20,0
Л-06	2,5	2,3	4,9	20,0
Л-07	1,7	1,7	3,2	20,0
Л-08	1,7	1,3	3,2	20,0
П-01	1,3	1,1	2,6	20,0
П-02	2,2	2,0	2,6	20,0
П-03	2,8	2,4	4,9	20,0
П-04	2,6	2,4	4,9	20,0
П-05	2,4	2,6	4,9	20,0
П-06	3,1	3,0	4,9	20,0
П-07	3,0	2,7	3,2	20,0
П-08	2,4	1,7	3,2	20,0

Мониторинг высотного положения конструкций шлюза осуществлялся в автоматизированном режиме. Пример графика вертикальных перемещений по датчику «П-06» (в зоне оси ЛПТ) по состоянию на момент выхода ТПМК за техническую зону шлюза (20.12.2018) при проходке ЛПТ приведен на рис. 6.

На основании расчетов, выполненных в рамках проектной документации, для конструкций сооружений шлюза при проходке двух перегонных тоннелей расчетная зона влияния проходки ТПМК составила 23 м (в каждую сторону от внешних граней стен секций), а максимальные расчетные осадки секций конструкций шлюза составили 2,6–4,9 мм (в зависимости от рассматриваемой секции), что не превышает допустимые значения по СП 22.13330.2016.

Результаты мониторинга вертикальных перемещений (максимальные зафиксированные осадки) секций шлюза в местах установки ДГН с указанием расчетных значений для каждого ДГН представлены в табл. 2.

По данным мониторинга видно, что измеренные значения осадок конструкций шлюза имеют высокую сходимость с результатами расчетов, выполненных на стадии проектирования, и не превышают (с многократным запасом) предельных значений по СП 22.13330.2016.

При сравнении результатов измерений период до конца марта 2019 года и при ведении проходческих работ в технической зоне шлюза с 02.12.2018 по 26.02.2019 следует отметить тенденцию к стабилизации осадок.

В рамках комплексной системы мониторинга, примененной на объекте, кроме контроля за высотными и плановыми смещениями конструкций шлюза, выполнялся мониторинг вибраций конструкций при динамических воздействиях ТПМК (и других источников).

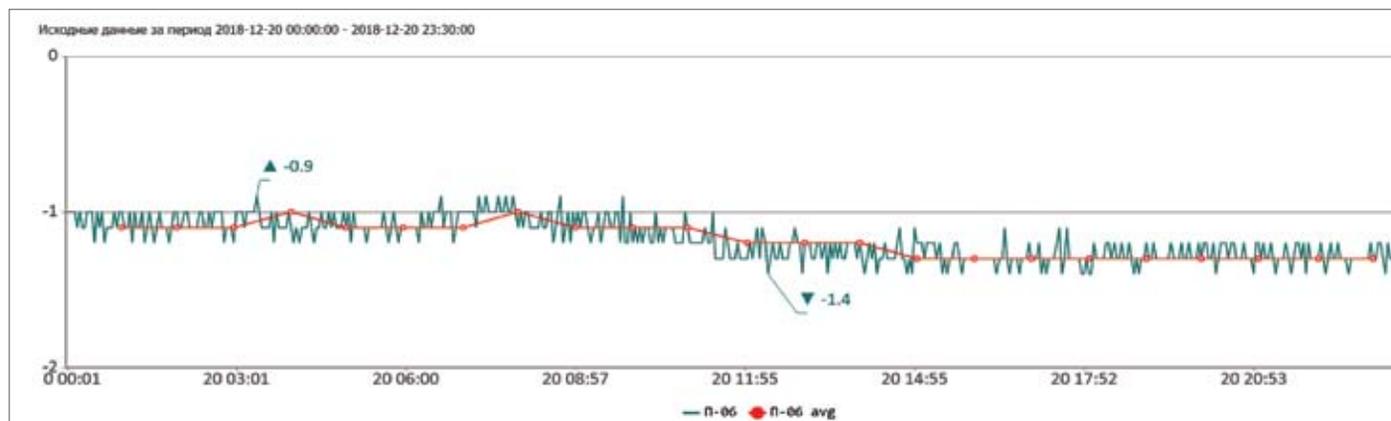


Рис. 6. Пример графика вертикальных перемещений (значения перемещений в мм)



Рис. 7. Станция автоматического мониторинга вибраций SV 258 PRO

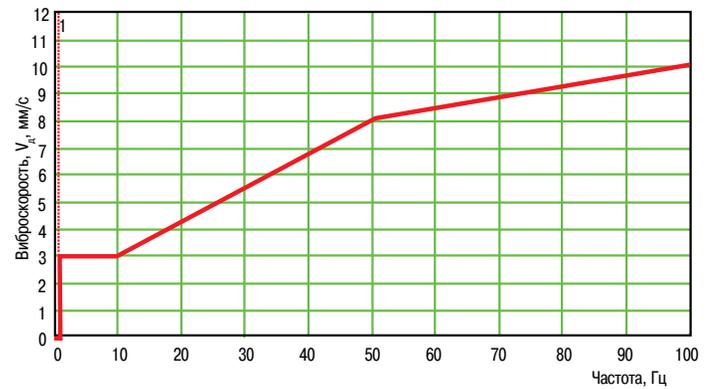


Рис. 8. Предельно допустимые значения виброскорости



Рис. 9. Автоматическая станция вибромониторинга во время работы

Автоматизированный мониторинг вибраций обеспечил возможность постоянного оперативного контроля состояния сооружения в условиях, когда другие, традиционные методы, основанные на результатах обследований, чрезвычайно затруднены в силу особенностей конструкций шлюза.

Для выполнения вибромониторинга использовались автономные автоматические четырехканальные станции мониторинга вибраций SV 258 PRO (Svantek). Основным фактором, повлиявшим на выбор оборудования, стала возможность наблюдения за ходом мониторинга и управления процессом через Интернет. Общий вид станции показан на рис. 7.

В ходе мониторинга вибраций на объекте контролировались виброскорости конструкций шлюза (в контрольных точках). Скорости колебаний регистрировались с помощью трехкомпонентного акселерометра.

Предельно допустимые значения виброскорости были регламентированы программой мониторинга на основе требований ГОСТ Р 52892-2007 (рис. 8), что соответствует предельным значениям, установленным DIN 4150-3:1999.

Две станции вибромониторинга — для северного (левого) берега шлюза и для южного (правого) — в период проходки перегонных тоннелей вели непрерывный мониторинг виброскорости по трем координатным осям. Вид смонтированной станции показан на рис. 9.

Пример хода мониторинга в период с 8:50 до 9:45 08.02.2019 (соответствует проходке ППТ непосредственно под шлюзом по его оси) показан на рис. 10.

Желтым цветом на графиках выделены показания для северной станции, синим — для южной. Графики представлены на сайте в интерактивной форме и позволяют

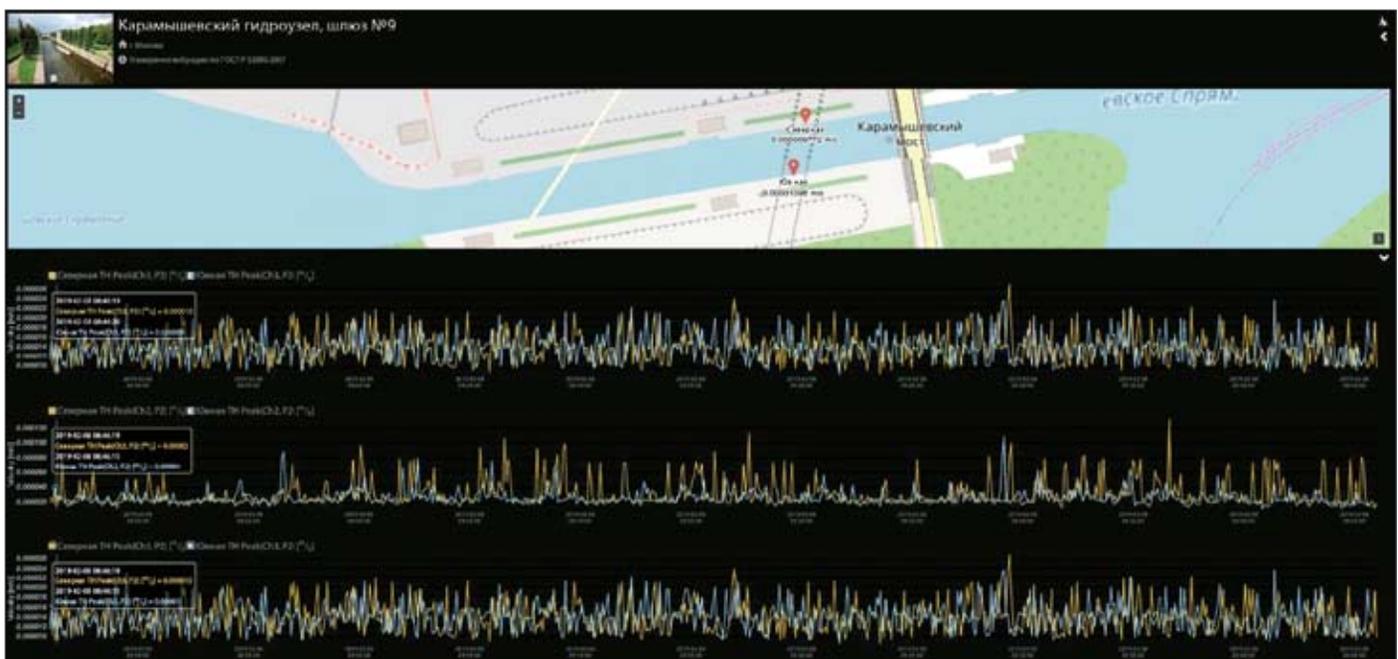


Рис. 10. Ход вибромониторинга в режиме реального времени (08.02.2019)

контролировать изменение виброскорости в точке мониторинга в зависимости от времени. В случае превышения установленных предельных величин автоматически направляются СМС и электронные письма с оповещениями.

За весь период проходки в процессе вибромониторинга зафиксирован только один случай превышения предельных значений виброскорости. Тогда на основании полученных данных проходка была приостановлена, а в режим работы проходческого щита внесены изменения, приведшие к снижению вибраций конструкций шлюза до допустимого уровня. После корректировки проходка была выполнена в штатном режиме.

По результатам комплексного геотехнического мониторинга можно сделать следующие основные выводы: автоматизированный мониторинг высотного и плано-высотного положения конструкций в период выполнения проходческих работ в технической зоне шлюза способствовал обеспечению безопасности ведения строительства и сохранности конструкций шлюза, зданий

и сооружений на поверхности; полученные результаты мониторинга на данном объекте имеют высокую сходимость с результатами расчетов, выполненных на стадии проектирования и не превышают предельных значений по СП 22.13330.2016; при продолжении наблюдений после окончания проходческих работ в технической зоне шлюза отмечена тенденция к стабилизации осадок конструкций; в целом системы автоматизированного мониторинга высотного («Мониторинг ДГН-2») и плано-высотного (роботизированные тахеометры) положения конструкций показали свою эффективность; мониторинг вибраций позволил контролировать динамические воздействия на шлюз при проходке тоннелей метрополитена; определены собственные частоты колебаний шлюза, выявлены малоизученные низкочастотные колебания днища шлюза с частотой менее 1 Гц; отмечена стабильность частот колебаний, жесткость конструкций шлюза не изменилась в ходе проходки тоннелей метрополитена; выявлена разница в колебаниях стен секций шлюза.

В целом вибрации северной стены шлюза (левый берег) превосходили вибрации южной (правый), что указывает на различия в состоянии конструкций; система вибромониторинга показала свою эффективность при выявлении негативных динамических воздействий на конструкции от ТПМК при проходке, возможность долговременной устойчивой работы в условиях низких температур (мониторинг в зимний период).

Объединение трех систем мониторинга в один автоматизированный комплекс «Мониторинг» позволило выполнить проходку перегонных тоннелей Московского метрополитена в штатном режиме при наличии круглосуточного контроля за осадками и скоростями вибраций конструкций шлюза.

На сегодняшний день автоматизированный геотехнический мониторинг объекта продолжается. В соответствии с проектными требованиями, эти работы планируется выполнять в течение года после завершения проходческих работ в технической зоне шлюза, то есть ориентировочно до конца февраля 2020 года. ■

INTERNATIONAL
ASSOCIATION OF
FOUNDATION
CONTRACTORS

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ

Генеральный спонсор конференции

ГЛАВАЛИЙС
Группа компаний

Спонсор конференции

XCMG

6-7 ИЮНЯ / 2019

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ»

Место проведения:
Москва, МВЦ «Крокус Экспо»,
отель «Аквариум», в рамках выставки
«Bauma CTT RUSSIA 2019»

www.fc-union.com, info@fc-union.com
тел.: +7 (495) 66-55-014, моб.: +7 916 36-857-36

Генеральные информационные партнеры

С. В. СЕРГЕЕВ, д. т. н.
И. В. СИНИЦА, к. т. н.
А. В. ЗИНЧЕНКО
(ОАО «ВИОГЕМ»)

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Важным аспектом безопасного ведения подземной разработки месторождений полезных ископаемых является оценка напряженно-деформированного состояния массива пород. К наиболее опасным геодинамическим процессам относятся так называемые горные удары. Для обеспечения безопасности ведения горных работ необходим регулярный мониторинг геомеханических процессов, протекающих в породном массиве. В специализированном институте ОАО «ВИОГЕМ» имеется значительный опыт проведения исследований в данном направлении. В регионе Курской магнитной аномалии работы выполнялись в выработках шахты им. Губкина, в дренажных шахтах Михайловского и Лебединского ГОКов.

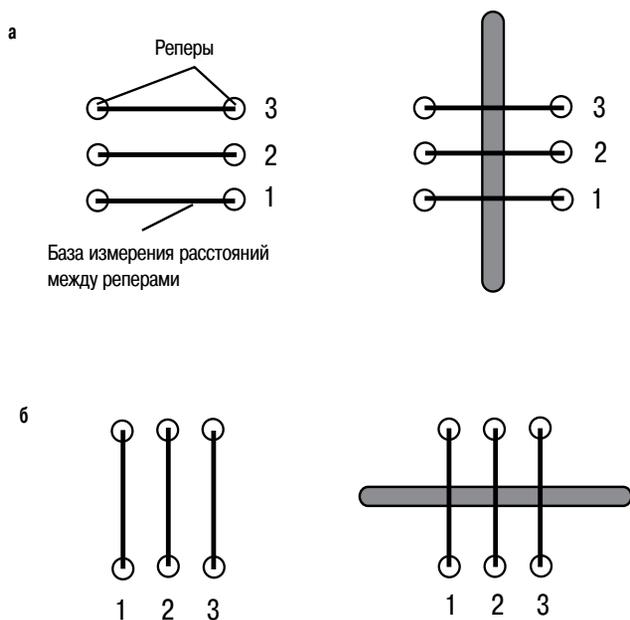


Рис. 1. Схемы расположения маяков при щелевой разгрузке: а – схема разгрузки массива для определения горизонтальных напряжений; б – схема разгрузки массива для определения вертикальных напряжений



Рис. 2. Определение вертикальных напряжений методом щелевой разгрузки

В лаборатории горного давления и сдвижения горных пород ОАО «ВИОГЕМ» для оценки напряжений в породном массиве, который в регионе КМА в основном представлен неокисленными железистыми кварцитами, используются геомеханические методы: щелевой разгрузки и разгрузки на больших базах. Они применяются в крепких, упругих, слаботрешиноватых породах и рудах, когда вблизи контура выработки не образуется зона неупругих деформаций.

Методом щелевой разгрузки определяются напряжения в стенках подготовительных выработок: вертикальные (σ_0), действующие вдоль контура выработки, и горизонтальные (σ_x), действующие вдоль оси выработки. Данный метод основан на измерении деформаций массива, возникающих при создании в нем полости в виде щели продолговатой формы. Измерения абсолютных деформаций производились механическим тензометром конструкции ЦНИИС, с точностью до 0,01 мм. Схемы определения деформаций приведены на рис. 1. Выполнение измерений вертикальных напряжений методом щелевой разгрузки в натуральных условиях показано на рис. 2.

Расчет напряжений σ по измеренным на контуре выработки деформациям выполняется по формуле:

$$\sigma = \frac{\Delta L E \pi}{8R - L\pi(1 - k_1 + \nu k_2)}, \quad (1)$$

где: ΔL — сближение реперов после образования разгрузочной щели на базе измерения деформаций L (расстояние между реперами), см; E — модуль упругости, МПа; ν — коэффициент Пуассона; R — радиус щели, см; k_1, k_2 — коэффициенты концентрации напряжений.

Если измеренные максимальные напряжения составляют больше 80% предела прочности исследуемых пород на сжатие, то массив считается склонным к горным ударам.

При невозможности выполнения щелевой разгрузки из-за слоистости или трещиноватости массива применяется метод разгрузки на больших базах. В таком случае закладка реперов для измерения величины конвергенции осуществлялась в период обуривания забоя выработки. Для этого по линии сопряжения стенки с забоем бурились три шпура диаметром 42 мм глубиной 1 м под углом 45° к

стенке выработки, в них закреплялись круглые металлические анкера соответствующей длины и диаметра (рис. 3).

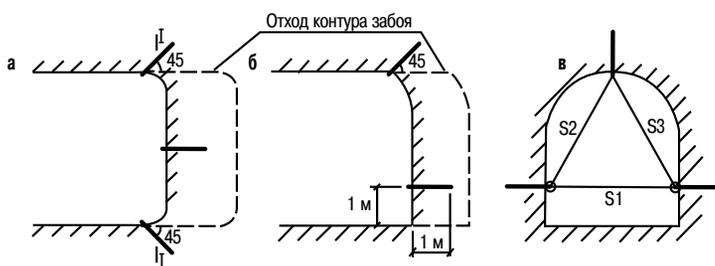


Рис. 3. Схема измерения деформаций на больших базах: а – в плане, б – продольный профиль по I-I, в – поперечный профиль по I-I

Измерение расстояний между реперами производится ленточным экстензометром с точностью 0,1 мм. Первый цикл измерения — $H_1 = (S_1; S_2; S_3)$. Второй производится после взрыва и уборки скопленных горной породы — $H_2 = (S'_1; S'_2; S'_3)$. По разностям величины $H_1 - H_2$ определяют величины конвергенции стенок выработки ($\Delta S_1; \Delta S_2; \Delta S_3$). Измерения выполняются несколько раз в процессе отхода забоя на расстояние двух диаметров выработки от замерной станции. На рис. 4 и 5 показаны моменты измерения смещений по горизонтальным и наклонным базам.



Рис. 4. Измерения смещений по наклонным базам

в сложных горно-геологических условиях. Исследования проводились в стволах, сооружаемых способом замораживания, в массиве соляных пород и в тектонических нарушениях.

Многие повреждения крепи в сложных условиях связаны со спецификой их сооружения. Существуют проблемы, которые не всегда учитываются при проектировании. Поэтому в сложных случаях необходимо научное сопровождение строительства на всех этапах. Одной из проблем является действие на крепь критических нагрузок — тех, при которых напряжения находятся в интервале от расчетных до предельных. На рис. 6 и 7 показан характер разрушения крепи выработок при предельных нагрузках.

При организации натурных наблюдений подземных сооружений необходимо получать информацию о деформациях каждого из слоев крепи с тем, чтобы выяснить механизм их взаимодействия в процессе деформирования. Такие исследования осуществляются на специальных замерных станциях, сооружаемых на тех участках, которые представляют наибольший интерес с точки зрения характера и величины нагружения.

Размещение датчиков крепи производится тремя-четырьмя группами, располагаемыми через равные интервалы по периметру крепи. На рис. 8 представлена одна из них. Видно, что в бетоне деформометры размещаются в трех направлениях — тангенциальном, радиальном, вертикальном, а в тубингах — в вертикальном и горизонтальном. Для измерения собственных деформаций бетона используется усадочный цилиндр. В стволах, сооружаемых с замораживанием, устанавливаются температурные датчики в бетоне и породе.



Рис. 5. Измерения смещений по горизонтальным базам

Расчеты по измеряемым деформациям выполнялись по следующим формулам.

Для максимальных напряжений:

$$\sigma_{\max} = E \cdot \left[\frac{(\epsilon_{S_1}^0 + \epsilon_{S_{21}}^0 + \epsilon_{S_3}^0)}{3(1-\mu)} + \frac{1}{1+\mu} \sqrt{\left(\epsilon_{S_3}^0 - \frac{\epsilon_{S_1}^0 + \epsilon_{S_{21}}^0 + \epsilon_{S_3}^0}{3} \right)^2 + \left(\frac{\epsilon_{S_1}^0 - \epsilon_{S_2}^0}{\sqrt{3}} \right)^2} \right], \quad (2)$$

для минимальных напряжений:

$$\sigma_{\min} = E \cdot \left[\frac{(\epsilon_{S_1}^0 + \epsilon_{S_{21}}^0 + \epsilon_{S_3}^0)}{3(1-\mu)} - \frac{1}{1+\mu} \sqrt{\left(\epsilon_{S_3}^0 - \frac{\epsilon_{S_1}^0 + \epsilon_{S_{21}}^0 + \epsilon_{S_3}^0}{3} \right)^2 + \left(\frac{\epsilon_{S_1}^0 - \epsilon_{S_2}^0}{\sqrt{3}} \right)^2} \right], \quad (3)$$

где: $\epsilon_{S_1}^0, \epsilon_{S_{21}}^0, \epsilon_{S_3}^0$ — относительные деформации разгрузки массива по профилям $S_1'; S_2'; S_3'$.

В течение более чем 40 лет лаборатория занимается диагностикой и мониторингом состояния крепи стволов и горизонтальных выработок



Рис. 6. Характер разрушения тубингов



Рис. 7. Характер разрушения железобетонной крепи горизонтальных выработок, примыкающих к сопряжению



Рис. 8. Размещение деформометров в комбинированной крепи вертикального ствола



Рис. 9. Размещение клеммного щитка и выводного кабеля в кассоне тубинга

Вывод информации производится многожильным кабелем через отверстие в тампонажной пробке (рис. 9), а далее через коммутатор передается на диспетчерский пункт на поверхности.

В качестве примера на рис. 10 приведены графики напряжений в спинках тубингов на одной из замерных станций.

Размещение деформометров в горизонтальных выработках производится перед установкой крепи (рис. 11).

В общей сложности установлено более двухсот замерных станций на различных глубинах и типах пород. По результатам натурных наблюдений принимались решения по корректировке технологии проходки и параметров крепи. ■

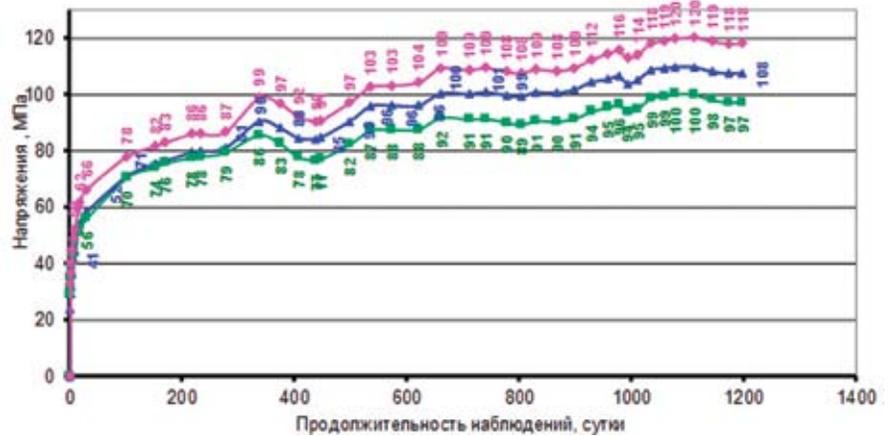


Рис. 10. Тангенциальные напряжения на внешних ребрах тубингов



Рис. 11. Установка приборов в торкрет-бетонной крепи выработок



Берег острова Сахалин в створе тоннельного перехода

Э. Б. РУБИНЧИК,
главный конструктор
ООО «Бустрен РМ»,
Заслуженный строитель РФ

Сахалинская область, как и весь Дальний Восток, очень богата природными ресурсами и, вместе с тем, мало освоена, поскольку слабо развиты транспортные связи с остальной Россией. Не подлежит сомнению, что реализация комплексного проекта строительства железной дороги, соединяющей Сахалин и материк, с мостовым или тоннельным переходом через пролив Невельского окажет огромное влияние на развитие экономики не только региона, но и всего Дальневосточного федерального округа. Линия Селихино — Ныш позволит обеспечить третий железнодорожный выход России к Тихому океану через незамерзающие порты острова Сахалин — Холмск, Невельск и Корсаков, что даст дополнительные возможности для организации транзитного сообщения со странами Азиатско-Тихоокеанского региона.

ПРОЕКТ ТОННельНОГО ПЕРЕХОДА НА САХАЛИН

Расчеты показали, что при перевозке грузов с использованием новой железнодорожной линии, соединяющей остров с материком, транспортная составляющая в цене товаров может сократиться в среднем более чем в три раза. А это означает, что будут созданы благоприятные условия для более активного социально-экономического развития геостратегически важного для страны региона. Наличие постоянной и надежной транспортной связи между материком и островом окажет положительное влияние на развитие промышленных предприятий угольной, нефтеперерабатывающей, строительной промышленности Сахалинской области, а также экономики северо-восточных районов Хабаровского края.

Основная задача в связи с этим — построить переход через пролив Невельского и, по возможности, сократить протяженность подходов к самой переправе, чтобы удешевить проект.

Предыстория: проекты и варианты

Данным вопросом начал заниматься еще в 50-е годы прошлого века московский институт «Метрогипротранс», который

разработал проект тоннеля, соединяющего мыс Погиби с поселком Лазаревское в северо-западной части Сахалина на побережье пролива Невельского у самой узкой его части.

В то время не было таких технических возможностей, как сейчас, зато были очень мощные кадры — советская система высшего образования готовила крупных специалистов в области горных работ. Они начали строительство, и за год, несмотря на все сложности, частично построили стволы и тоннель. Но в 1953 году указом Н. С. Хрущева работы были прекращены. Решение вопроса приостановилось, но проектные проработки продолжались.

Этой проблемой занимались институты «Ленметрогипротранс», «Гипротрансмост». Было множество проектов, которые предлагали соединить материк с Сахалином разными способами — посредством мостов, тоннелей или того и другого вместе, но все они имели общий недостаток — не решали проблему комплексно.

В 2013 году московский институт «Гипростроймост» на научно-практической конференции «Создание прямого железнодорожного сообщения Япония — Россия — Евросоюз» представил доклад под названием «Технико-экономическое обо-



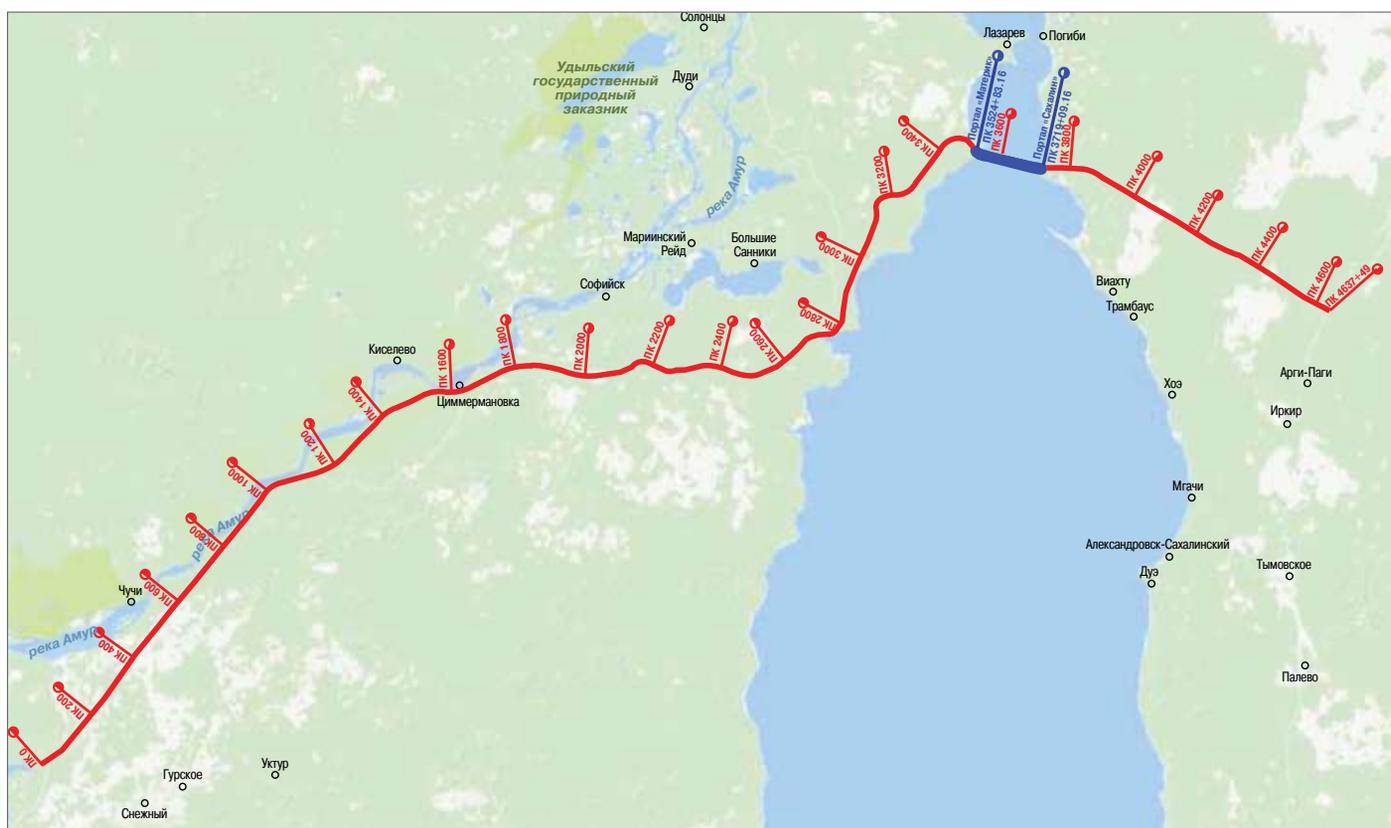
Берег материка в зоне перехода

снование инженерно-технической возможности создания транспортного перехода через пролив Невельского». Рассматривался участок железнодорожной трассы Селихино — Ныш. При разработке технико-экономического обоснования были использованы все ранее наработанные материалы различных институтов и организаций. Повторно данный доклад с небольшими корректировками был заслушан на заседании секции «Интегральная инфраструктура»

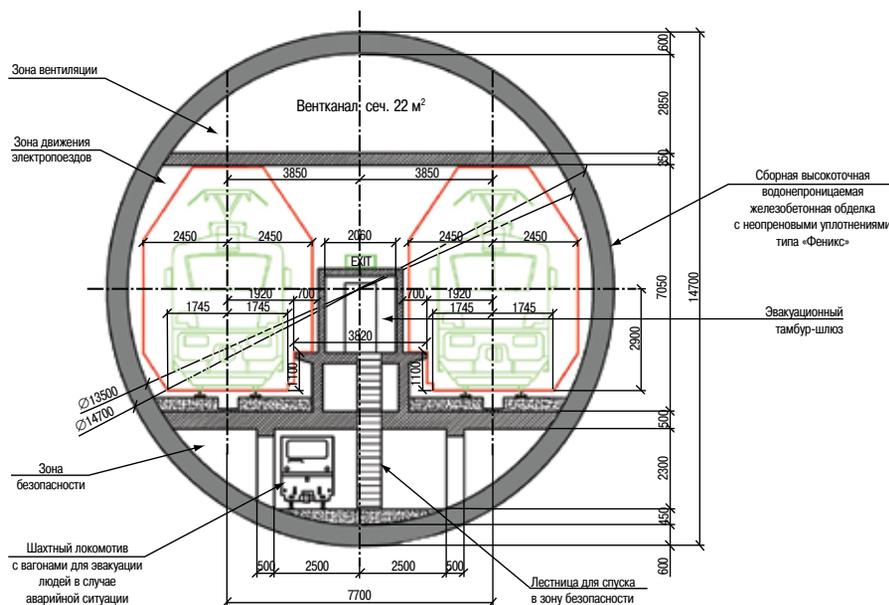
Научно-технического совета ОАО «Российские железные дороги» по теме «Об инфраструктурном проекте постоянного перехода через пролив Невельского». Приоритетным вариантом был назван створ «Средний» с вариантом мостового перехода длиной 5,95 км, с подходными дамбами длиной 1 км с материковой стороны и 2,1 км со стороны Сахалина.

Все предложенные варианты устройства железнодорожного сообщения между

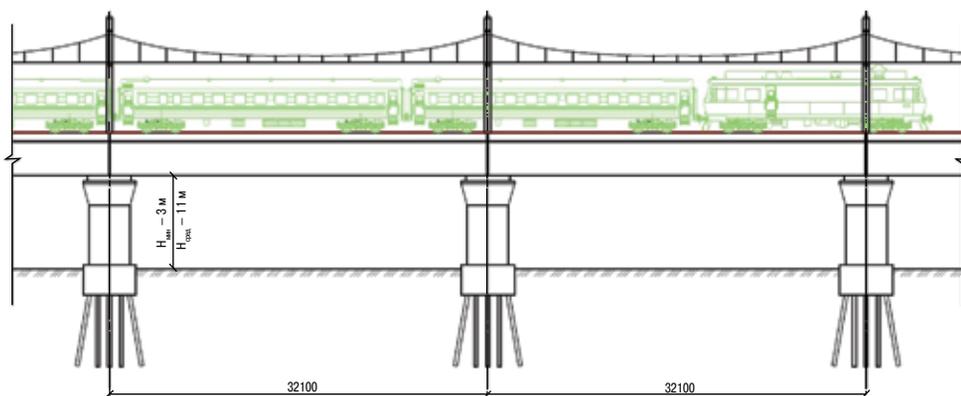
материком и островом, однако, имеют ряд существенных недостатков. Во-первых, такого рода масштабный проект должен учитывать ближайшую перспективу, связанную с активным развитием региона и возможного совместного проекта с Японией по соединению островов Сахалин и Хоккайдо. Для обеспечения транспортной связи, соответствующей вызовам времени, необходимо строительство скоростной железной дороги. Но пока предложена



План трассы



Сечение тоннеля подводной части (подвижной состав, габариты, технологические зоны)



Конструкция двухпутной электрифицированной железной дороги на железобетонной эстакаде (продольный разрез)

однопутная линия IV категории на тепловозной тяге. Кстати, тоннель предусматривается на электровозной тяге, но при этом предлагаемые варианты также однопутные, имеют неоптимальную конструкцию, для их реализации потребуются большое количество тоннелепроходческих комплексов.

Во-вторых, все проекты предусматривают строительство железнодорожной линии с многочисленными искусственными сооружениями по труднопроходимым местам, практически не имеющим подъездных дорог. Только объем земляных работ по самому минимальному предложению составляет 66,7 млн м³. Железная дорога на всем своем протяжении пересекает лесные массивы и многочисленные водные преграды, где как в процессе строительства, так и в ходе эксплуатации будет нанесен серьезный урон фауне и экологии этого уникального региона.

В-третьих, обделка тоннелей во всех вариантах предполагается из чугунных тубингов с

последующим внутренним усилением. Это не соответствует требованиям, предъявляемым современными тоннелепроходческими комплексами (ТПМК). Они предполагают высокоточную водонепроницаемую обделку с неопреновыми уплотнением швов. Получаемая конструкция сеймоустойчива и обеспечивает выполнение требований СП «Строительство в сейсмических районах».

Относительно текущей транспортной ситуации на острове также следует отметить, что состояние имеющихся дорог там очень плохое, они преимущественно грунтовые, а переправы через водные преграды — деревянные, которые не выдержат современных нагрузок. Для того чтобы всерьез говорить о сооружении предполагаемого грандиозного объекта, необходимо расширение, укрепление дорожной сети, устройство надежных мостов, то есть значительная предварительная подготовка к строительству.

Мост или тоннель?

Но что все же предпочтительнее — тоннель или мост? По нашему мнению, основанному на изучении ситуации, мостовой переход через пролив Невельского значительно более уязвим в существующих сейсмических и природно-климатических условиях по сравнению с тоннельным переходом — стратегическим сооружением, абсолютно надежным в условиях повышенной сейсмичности. В проливе в зимний период — с начала декабря по конец марта — стоит лед толщиной до 2 м, а протяженность ледяных полей доходит до 25 км. Любой мост там должен быть защищен от их передвижения, что потребует содержания ледокольного флота, а значит, дополнительных расходов. Кроме того, нередки ветры со скоростью до 46 м в секунду. Это означает, что все объекты на поверхности земли систематически будут подвергаться значительному негативному природному воздействию. Кроме того, на острове Сахалин повышенная сейсмическая активность, которая может достигать 7,5 баллов. Чтобы мост был надежным сооружением и выдерживал такую высокую сейсмичку, он должен иметь очень мощные конструкции, строительство которых предполагает высокие затраты.

Тоннель же с современной высокоточной водонепроницаемой железобетонной обделкой будет гораздо более надежен. Находясь под землей, он не будет подвергаться атмосферному воздействию, процесс его строительства не зависит от времени года, а современные механизированные машины позволяют работать быстро. Они способны проходить в соответствующих гидрогеологических условиях — скальный берег материка и осадочные породы острова Сахалин — по 250-300 м в месяц.

Дополнительное содержание ледокольного флота, естественно, не потребуется. Проходка тоннеля современными ТПМК в целом является более безопасной и менее трудоемкой работой, чем выполнение железнодорожных подходов.

На основании анализа мы пришли к выводу, что строительство тоннеля предпочтительнее сооружения моста с точки зрения как природных условий, так и стоимости.

Снизить затраты и сохранить природу

Для того, чтобы уменьшить затраты на этот капиталоемкий объект, по сравнению с имеющимся проектом, нами было предложено перенести створ с мыса Погиби на мыс Екатерины — мыс Лах. При этом длина про-

ходки увеличивается на 5 км — до 19,5 км. Но проходческому щиту нет никакой сложности пройти лишние несколько километров — он полностью механизирован, ручная работа исключена. Зато при этом варианте протяженность сухопутных подходов уменьшается на 141 км: если по проекту, который был ранее предложен, дорога имела протяженность 585 км, то в нашем случае — 444 км. А строить ее весьма дорого. Так, из расчета однопутного движения, расходы на строительство подходов к тоннелю составят 540 млрд рублей (из расчета 1 км — примерно 1 млрд). А если рассчитывать на двухпутную дорогу, то эту цифру нужно умножить, как минимум, на два.

Стоимость строительства тоннеля составляет 2,5 млрд рублей за километр, то есть его удлинение на 5 км будет означать лишь незначительное удорожание, по сравнению с получаемой экономией на уменьшении протяженности подходов. В результате мы снижаем стоимость всего проекта.

При этом сами подходы к тоннелю мы предлагаем выполнять по технологии, которая используется в Китае. Когда необходимо сохранить существующую инфраструктуру и/или минимизировать ущерб экологии, там строятся эстакады. Такое решение позволит заодно сократить длину подходов, и содержать их будет проще, чем стандартные автомобильные дороги в природных условиях этого региона. По эстакадам в ходе строительства транспортного перехода на острове Сахалин будут подвозиться и необходимые строительные материалы. По ним же будут ездить и пассажирские поезда, а в тех местах, где необходимо построить станцию, эстакаду нужно просто расширить, не опуская ее на поверхность земли. Высота опор от земли составит в среднем 11 м. Они строятся на грунте с опережением, а оставшееся внизу пространство можно использовать, как угодно.

Работа по сооружению эстакад ведется двумя механизированными комплексами навстречу друг другу. Технология такова, что вся подача материалов, пролетных строений длиной 32 м, рассчитанных под двухпутную скоростную железную дорогу, производится по построенному участку эстакады. Временные дороги не требуются. Монтаж производится специальными консольно-шлюзовыми кранами, а перемещение пролетных строений осуществляется с помощью специального транспорта грузоподъемностью 900 т. Следует отметить, что в России такая технология до сих пор не применялась.

Железнодорожные электрифицированные линии, расположенные на эстакадах, надежно защищены от разливов рек и возможных наводнений, максимально сохраняют окру-



Консольно-шлюзовой кран SLI90032



План трассы (схема) участков железнодорожной магистрали I и II этапа строительства

жающую природу, не препятствуют перемещению диких животных, сокращают до минимума вырубку леса, необходимую разработку и перемещение земляных и горных масс, максимально сохраняют почвенный слой и сложившиеся ландшафты.

При производстве работ не требуется реконструкции существующих и строительства новых временных автодорог, восстановления искусственных сооружений. За

счет оптимальной трассировки сокращается общая длина. Параметры трассы позволяют осуществлять эксплуатацию дороги на более высоких скоростях.

При необходимости железнодорожную эстакаду можно продлить до северной оконечности острова Сахалин, устройством ответвления, а рядом, при необходимости, разместить две автодорожные эстакады вдоль всей трассы.

Параметры и перспективы тоннеля

Тоннель 14,7/13,5 м, безусловно, необходимо выполнять двухпутным, в котором два состава разделяются между собой платформой шириной 3,8 м. В предлагаемом нами проекте решены все вопросы безопасности: эффективная вентиляция и возможность эвакуации всех пассажиров в случае возникновения чрезвычайной ситуации. Обделка сооружения обеспечивает необходимую герметизацию от проникновения воды и рассчитана на имеющийся уровень сейсмической опасности. Все требования к тоннелям, строящимся в сейсмоопасных районах, здесь полностью выполняются.

Перед порталом сооружается базовая площадка, которая на период строительства используется для размещения технологических обустройств, обеспечивающих проходку тоннеля механизированным тоннелепроходческим комплексом. Там же строятся газотурбинная электростанция, полностью обеспечивающая энергией все работы, и завод железобетонных изделий, выпускающий высокоточную водонепроницаемую обделку, а также комплекс необходимых зданий для размещения персонала. Базовая площадка соединяется дорогой с берегом пролива,

где устраиваются причальные сооружения для водного транспорта, задействованного в строительстве. Все объекты выполняются в сейсмостойких конструкциях и, в дальнейшем, смогут обеспечить жильем не менее 4 тыс. человек, занятых в эксплуатации линии.

Нами предложен также вариант транспортировки автомобилей по тоннелю на железнодорожных платформах от материка на остров Сахалин. Перевозка осуществляется четырьмя специальными составами, каждый из которых состоит из 20 платформ и двух электровозов (в голове и хвосте каждого состава). Автотранспорт по специальной эстакаде въезжает на платформы, закрепляется на них, пассажиры размещаются в двух пассажирских вагонах, расположенных также по одному в голове и хвосте состава. Один поезд может перевезти до 50 различных автомобилей. При этом они транспортируются с выключенными двигателями, чтобы предотвратить загазовывание тоннеля, а время перемещения состава по нему не превышает 20 минут (со скоростью 60 км/ч).

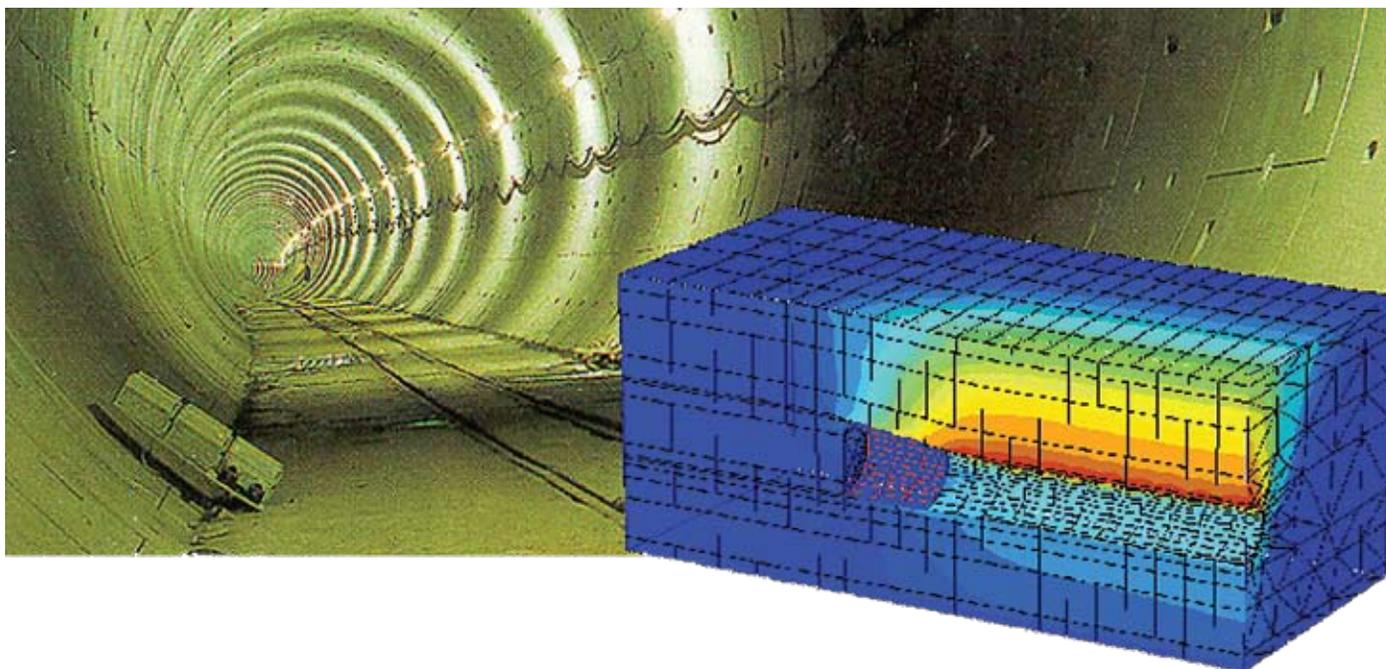
В заключение следует отметить, что строительство трассы Селихино — Ныш с тоннелем под проливом Невельского и подходами можно рассматривать только как первую очередь реализации более глобального проекта освоения всего региона. Этот объект

не будет иметь экономической смысл, если далее не соединить современными транспортными артериями незамерзающие порты южной части Сахалина. Следует также учесть возможную перспективу сооружения тоннеля длиной 46 км от мыса Крильон до японского острова Хоккайдо. Тогда все преимущества планируемой магистрали будут использованы полностью.

В Японии идея создания такого транспортного маршрута вызывает широкий интерес. Поводом для оптимизма при этом является сооружение там в конце 1980-х годов тоннеля Сэйкан, соединившего острова Хонсю и Хоккайдо (общая протяженность — около 54 км, длина подводной части — 23,3 км). Реализация проекта откроет новый канал технологического и финансового взаимодействия с Японией, сформирует предпосылки для создания инвестиционной платформы сотрудничества, а также будет способствовать повышению роли России в Азиатско-Тихоокеанском регионе. С учетом предварительных проработок имеются основания полагать, что идея может получить поддержку нескольких крупных японских банков.

Технический уровень предложенного проекта получил высокую оценку ведущих специалистов отрасли. ■





В. А. ГАРБЕР, д. т. н.;
 Н. Н. СИМОНОВ, к. т. н.;
 А. А. КАШКО, к. ф.-м. н.;
 Д. В. ПАНФИЛОВ, к. т. н.
 (Филиал АО «ЦНИИС»
 НИЦ «Тоннели и метрополитены»)

На сегодняшний день информационное моделирование применяется преимущественно в промышленном и гражданском строительстве. Организация жизненного цикла проектов транспортного строительства имеет схожие признаки и допускает теоретическую возможность для внедрения и сопровождения BIM-технологий применительно к таким сооружениям, как тоннели. В статье представлены основные положения разработки системы тоннельного информационного моделирования (Tunnel Information Modeling — TIM), в которую BIM-технология должна войти как составная часть.

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТОННЕЛЕСТРОЕНИИ

Концепция BIM (Building Information Modeling) в США и Европе развивается с 1970 года. В нашей стране есть свой конструктив — концепция цифровых моделей объекта (ЦМО) и технологических линий автоматизированного проектирования, создание которой датируется 1977 годом.

В декабре 2014 года Правительством РФ был утвержден план поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства, формируются соответствующие национальные стандарты (нормативная база). Сначала использование концепции BIM носило рекомендательный характер, однако с 1 января 2019 года в силу вступило законодательное предписание.

У информационного моделирования много преимуществ: от ускорения проектных работ и строительства до экономии средств. Прежде всего, в формате 3D создается удобная визуализация проекта, который можно рассмотреть со всех сторон. При этом вносимые в него правки не будут вызывать удорожания проектных работ и увеличения сроков их выполнения, поскольку BIM позволяет автоматически отследить цепочку изменений во всех разделах и опе-

ративно внести их. Еще одно преимущество технологии — высокое качество проектной документации, получаемое за счет автоматических проверок и устранения незначительных нестыковок.

Зарубежный опыт и российская ситуация

Строительная отрасль массово переходит на цифровые технологии в глобальном масштабе. Так, Великобритания уже с 1 апреля 2016 года перешла на стандарты BIM. К государственным тендерам допускаются только подрядчики, внедрившие соответствующие технологии. Во многом это стало возможно благодаря тому, что все игроки рынка — не только регуляторы, но и строительно-подрядные организации — активно участвовали в процессе разработки стандартов и критериев BIM. Предпосылкой послужила возможность сэкономить до 20% необязательных затрат на каждом проекте и способствовать дальнейшим инновациям.

Великобритания — не единственная страна, которая взяла курс на обязательность использования BIM. Аналогичные решения приняты в Испании. Там все проекты в гос-

секторе должны реализовываться с использованием BIM с 2018 года. Многие страны и муниципалитеты на сегодняшний день также решили, не «изобретая велосипед», двигаться по британскому пути. Например, Франция, Германия, Дубай (ОАЭ).

BIM применяется в Великобритании, в частности, в рамках проектирования транспортных объектов. Так, недавно с использованием BIM была построена объездная дорога в Рочестере. В результате удалось существенно снизить риски и повысить эффективность работ. Для моделирования использовались фотограмметрические технологии и лазерное сканирование. Они позволяют, в том числе, оптимизировать конструкцию моста или верить модели тоннелей.

Здесь следует вспомнить создаваемую в агломерации Лондона систему скоростного железнодорожного сообщения Crossrail, которую сегодня называют крупнейшим проектом транспортного строительства в Европе. В рамках его разработки сначала делались как раз лазерные сканы реальных тоннелей, которые потом перенесли на «цифровые рельсы» с миллиметровой точностью.

В целом же в ходе проектирования Crossrail уже сгенерировано большое количество BIM- и САПР-моделей для 650 тыс. объектов. В единой среде работает около 10 тыс. человек. Заказчик считает, что, несмотря на такое количество задействованного персонала, это хорошая возможность снижения затрат и повышения управляемости в проекте. К единому источнику информации имеют доступ все: от инженеров до юристов, финансистов, подрядчиков и логистов. В результате удалось уже на \$13 млн сократить объемы дополнительных расходов и избежать серьезных ошибок.

Пока в Великобритании реализуют проекты уже национального масштаба, в России нормативные акты использования BIM только прорабатываются.

Стандартная методология проектирования объектов дорожного строительства предписывает начать процесс со сбора данных непосредственно с площадки. Речь идет о геологических изысканиях, лазерном сканировании, аэрофотосъемке и т. д. Это, в частности, позволяет выявить имеющиеся на строительной площадке коммуникации и учесть их в ходе проектирования с упором на действующие регламенты и нормы.

Для создания BIM (ТИМ) нужна база действующих регламентов и норм (сортаменты, типы конструкций и т. п.) на государственном уровне.

Концепция единой рабочей среды позволяет учесть все особенности будущего объекта и даже спрогнозировать возможные последствия недоучета проектных изменений. Аналогично решаются все вопросы, связанные с документооборотом, договорными отношениями и бюджетированием.

Таким образом, BIM — это система, основанная на единой базе данных, с которой одновременно работают различные специалисты и информация из которой отображается с помощью активной 3D-графики.

В основе должна лежать база данных, формируемая по отечественным нормам.

В последующем спроектированная единая модель объекта может быть связана с системой автоматизированного управления компьютеризированной строительной техникой. Это делается для минимизации рисков возникновения ошибок на площадке, сокращения времени простоя оборудования, контроля качества. А добавив возможность работы с мобильных устройств и

передачи данных с удаленных датчиков на стройплощадке в диспетчерский пункт, получаем возможность обмена информацией между всеми этапами строительства и оперативного решения возникающих проблем.

Принципы информационного моделирования транспортных сооружений

Создание информационной модели транспортного сооружения основано на следующих принципах:

1) инфраструктурный принцип, который объединяет этапы пространственного развития территории, учитывая при этом не только ее наземные, но и подземные особенности (грунтовые условия, подземные сооружения, инженерные сети), с решением конкретных прикладных задач для повышения функциональной ценности и потребительских качеств сооружения;

2) принцип замкнутого цикла, который характеризует период существования объекта (рис. 1);

3) экономический принцип, определяющий долгосрочное планирование при оценке затрат, то есть эффективность проекта в долгосрочной перспективе за счет рационального использования отводимых под возводимое сооружение территорий. (См.: Антонюк А. А., Чижов С. В. «Принципы информационного моделирования транспортных сооружений».)

В зависимости от сложности (уникальности) объекта и способов разработки, накопления и обработки данных формируется информационная модель, используемая специалистами на определенных этапах жизненного цикла здания или сооружения.

Особенности BIM-модели строительного объекта:

- модель полностью отображает структуру жизненного цикла для соответствующего здания (сооружения);
- в состав модели включается определенное количество информации, которое определяется действующей нормативной базой по строительству и является обязательной по отношению к рассматриваемому объекту;
- результаты накопления и обработки данных (база данных) на определенном этапе жизненного цикла объекта строительства являются исходной информацией для принятия решений по объекту для последующих этапов, связанных с его эксплуатацией, реконструкцией и утилизацией.

Основной особенностью технологии информационной модели является возмож-

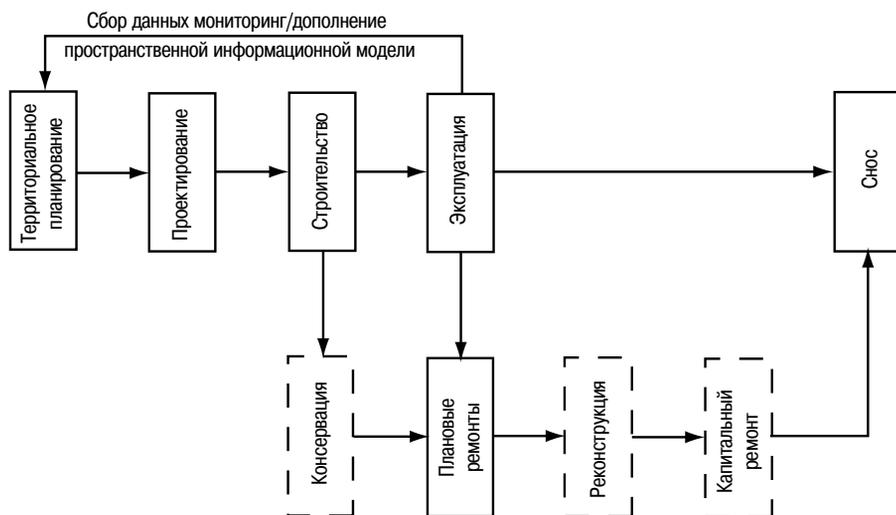


Рис. 1. Жизненный цикл строительного объекта: обязательные и (пунктиром) возможные периоды

ность управлять стоимостью, безопасностью и надежностью сооружения в интерактивном режиме.

Препятствия для BIM в транспортном строительстве

К настоящему времени BIM-технологии не только показали свою состоятельность на практике, но и стали предметом обсуждения на государственном уровне именно в качестве инновационного метода для эволюционного развития строительной отрасли.

Вместе с тем адаптация и широкое внедрение BIM в транспортном строительстве сдерживается рядом факторов.

К числу объективных факторов можно отнести:

- отсутствие современных программных отечественных продуктов, позволяющих интегрировать информационные модели с системами спутникового позиционирования;

- несоответствие нормативной базы для внедрения BIM-технологий в практику изысканий, проектирования и строительства транспортных сооружений;

- отсутствие отечественных баз данных по строительным конструкциям, нормам и правилам, необходимых для внедрения BIM-технологий;

- отсутствие отечественных средств разработки необходимых баз данных;

- существенно меньшее число участников и объем рынка транспортного строительства, по сравнению, например, с промышленным или гражданским строительством;

- инерция со стороны участников строительного процесса в эффективном освоении возможностей организационного, аппаратного и программного обеспечения;

- неготовность государственных регуляторных органов к законодательному (процедурному) сопровождению BIM-технологии.

К числу субъективных факторов можно отнести определенный разрыв в квалификации и качестве информационного взаимодействия между группами специалистов BIM-технологии, которые инициировали процесс ее внедрения и постоянно совершенствуют практические навыки, и участниками строительного процесса, которые только приступают к ее практическому освоению.

Таким образом, сфера транспортного строительства не обеспечена полным, для всех этапов жизненного цикла объекта, технологическим сопровождением в виде современного отраслевого варианта BIM.

TIM и BIM

Tunnel Information Modeling, TIM — это информационная трехмерная (3D) цифровая модель проектирования, строительства и эксплуатации тоннельного объекта. Речь идет о сложно организованной базе данных, информация из которой представляется, анализируется и изменяется с использованием 3D-графики.

Не надо путать TIM с недавно появившимся в России термином «ТИМ» (технология информационного моделирования). Последний в настоящее время используется в программе «Цифровая экономика», которая была разработана Минкомсвязью и в июле 2017 года утверждена Правительством РФ.

Основное отличие TIM от BIM состоит в том, что цифровое моделирование осуществляется не для единичного наземного объекта (здание, сооружение, комплекс), а для протяженного непрерывного тоннельного объекта с изменяющимися вдоль него характеристиками. Фактически речь идет о геотехнической системе «грунтовый массив — тоннельный объект — наземное соору-

жение, находящееся в зоне строительства подземного объекта».

К настоящему моменту времени усилия специалистов, привлекаемых к данному процессу цифровизации, сводятся только к адаптации разработанных универсальных программных комплексов для решения прикладных, специализированных задач транспортного строительства.

В табл. 1 приведен возможный вариант последовательности осуществления инфраструктурного проектирования тоннельного сооружения (www.autodesk.ru).

Состояние разработки TIM-моделей

НИЦ «Тоннели и метрополитены» АО «ЦНИИС», начиная с 1995 года, осуществляет работы по обеспечению эксплуатационной безопасности действующих объектов Московского метрополитена, находящихся в зоне нового строительства. Производятся геотехнические расчеты систем «породный массив — подземное тоннельное сооруже-

Таблица 1.
Вариант инфраструктурного проектирования тоннельного сооружения

Наименование этапа (периода) жизненного цикла	Тип данных	Вид представления
Эскизное проектирование (предпроектное предложение): <ul style="list-style-type: none"> ■ формирование исходной цифровой модели местности, включая существующую инфраструктуру; ■ визуализация концепции (модели) 	Архивная документация; база данных	Графический (2D/3D) / текстовый
Строительные изыскания: <ul style="list-style-type: none"> ■ формирование цифровой модели строительной площадки в рамках локальной геоинформационной системы 	То же + геодезические, геофизические данные	Графический (3D, 2D) / текстовый
Проектирование: <ul style="list-style-type: none"> ■ формирование трехмерной твердотельной модели; ■ формирование грунтового основания; ■ разработка расчетной, конечноэлементной модели; ■ определение параметров напряженно-деформированного состояния; ■ конструирование элементов сооружения; ■ экспертиза проектных решений; ■ визуальное представление конечного результата 	То же + расчетные данные	Графический (3D, 2D) / текстовый
Строительство: <ul style="list-style-type: none"> ■ формирование организационно-технологической последовательности строительных процессов; ■ контроль и управление строительным производством; ■ экспертиза качества выполнения строительных процессов 	То же + проектные данные	Графический (3D/2D) / текстовый
Эксплуатация: <ul style="list-style-type: none"> ■ экспертиза параметров фактического (технического) состояния; ■ показатели надежности и эффективности эксплуатации 	То же	Графический (3D, 2D) / текстовый

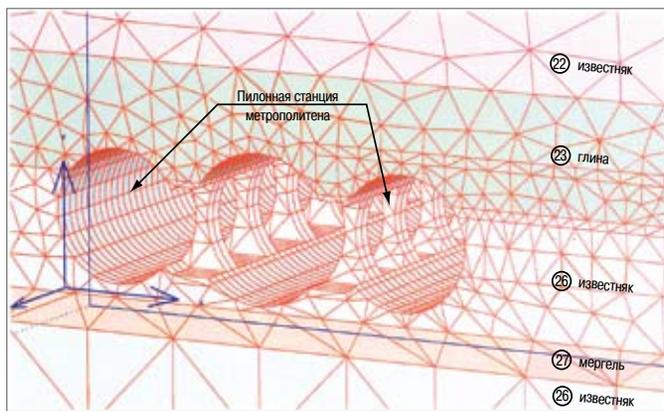


Рис. 2. Математическая модель пилонной станции метрополитена глубокого заложения

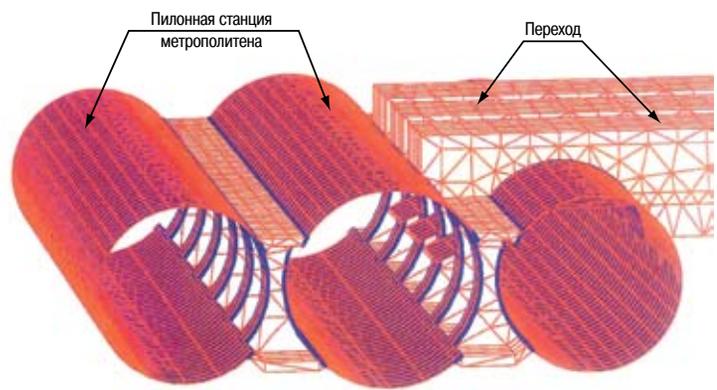


Рис. 3. Математическая модель пилонной станции метрополитена с пешеходным переходом на другую линию

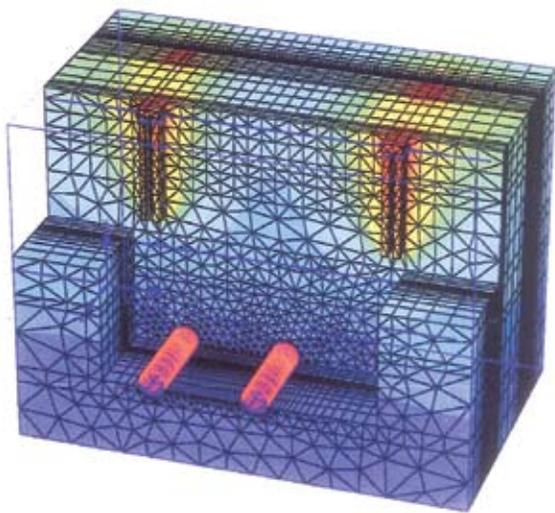


Рис. 4. Математическая модель тоннелей метрополитена в зоне строительства эстакады ТТК в Москве

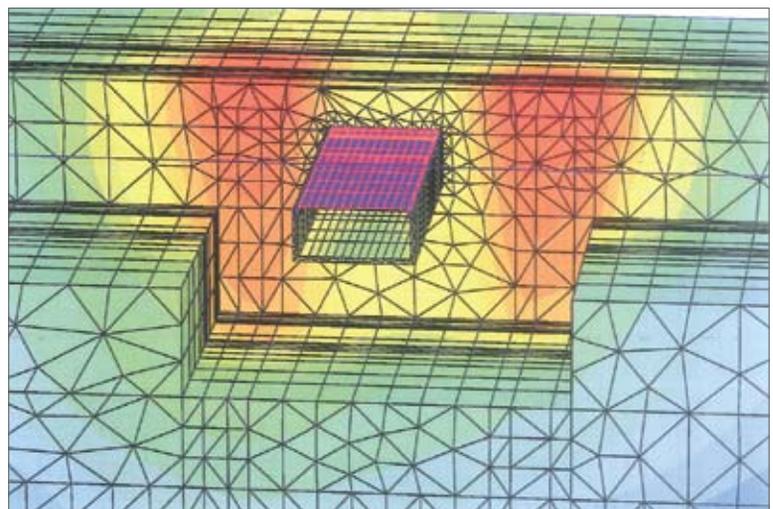


Рис. 5. Математическая модель подземного пешеходного перехода

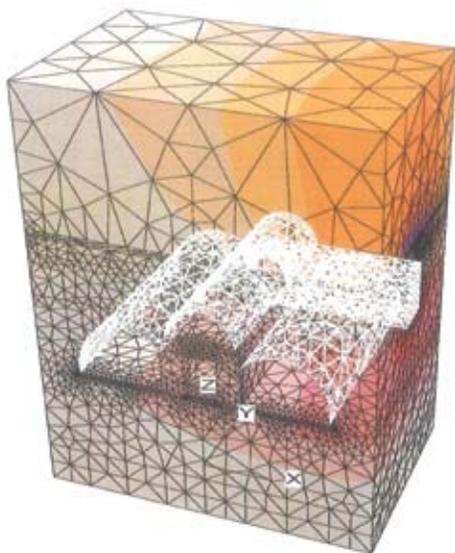


Рис. 7. Фрагмент математической модели двух параллельных тоннелей с камерой водоотливной установки между ними

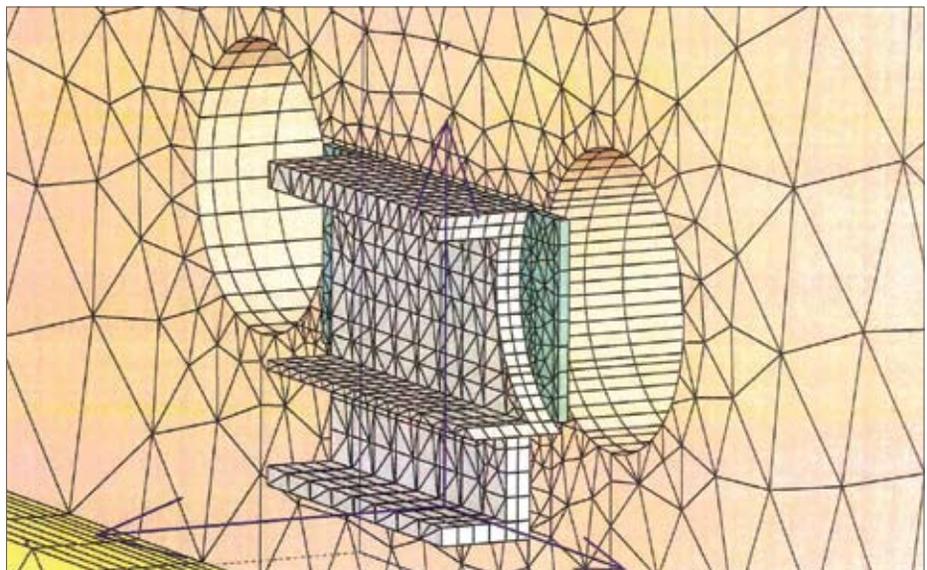


Рис. 8. Математическая модель наклонного (эскалаторного) тоннеля, примыкающего к горизонтальному тоннелю глубокого заложения

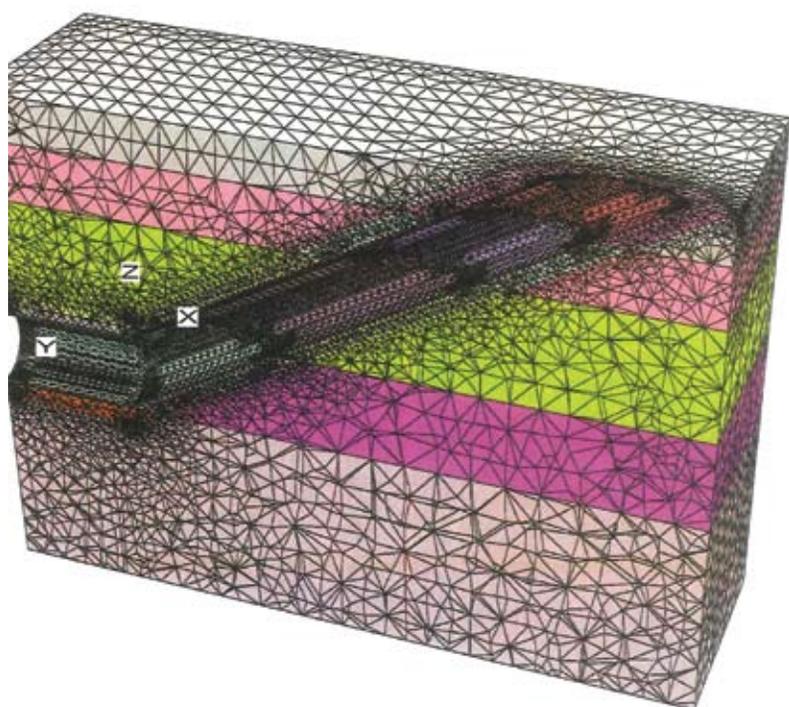


Рис. 6. Математическая модель станции метрополитена глубокого заложения колонного типа с подземным переходом

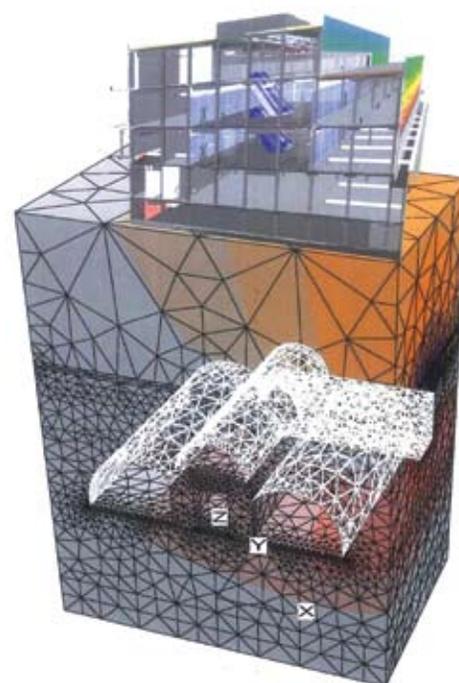


Рис. 9. Гипотетическая TIM-модель системы «породный массив – подземное сооружение – наземный объект»

ние метрополитена — возводимые наземные объекты городской инфраструктуры».

За 23 года было осуществлено цифровое моделирование около 400 объектов. Использовались программные комплексы Plaxis, FLAC3D, Z-Soil.

Большинство геотехнических расчетов осуществлялись в плоской постановке (2D), поскольку в этих случаях для выработки рекомендаций по обеспечению эксплуатационной безопасности сооружений метрополитена достаточно было ориентировочной картины напряженно-деформированного состояния (НДС) тоннельных конструкций.

Однако для отдельных сложных и крупных объектов требовалось более тщательное исследование возникающих напряжений и деформаций в конструкциях тоннелей. Поэтому осуществлялось пространственное (3D) моделирование системы «породный массив — подземное тоннельное сооружение — объект городской инфраструктуры». Указанные модели могут служить отправной точкой для разработки TIM.

На рис. 2–8 приведены примеры пространственного (3D) численного моделирования системы «породный массив — уникальный подземный объект». В геотехнических расчетах наземные объекты задавались в виде силового воздействия на породный массив и подземное соору-

жение (без детализации их конструкции). Это обстоятельство объясняется тем, что задачей проектировщиков являлось обеспечение эксплуатационной безопасности только тоннелей метрополитена.

На рисунках приведены расчетные математические модели сложных взаимосвязанных подземных объектов: станции метрополитена глубокого заложения пилонного и колонного типа, наклонный (эскалаторный) тоннель, проходящий через слои грунтового массива с различными физико-механическими характеристиками и различной степенью обводнения.

Показаны также модели объектов более простой (односвязной) конфигурации: перегонные тоннели метрополитена кругового поперечного очертания и подземный пешеходный переход прямоугольного поперечного очертания.

Как видно из этих рисунков, модель включает в себя пространственные конечные элементы вмещающего породного массива и двух-, трехмерные конечные элементы, моделирующие подземную конструкцию (тоннельная и станционная обделка, стены и т. п.).

В дальнейшем для создания TIM, возможно, потребуются стыковка математического моделирования подземных объектов с BIM-моделью наземных.

Кроме того, будет необходима детализация конструкций подземных

сооружений с указанием всех значимых физико-технических и экономических характеристик каждого элемента.

Также в составе TIM-модели следует отразить реологические свойства грунтового массива, позволяющие учитывать изменение его физико-механических характеристик в зависимости от процесса продвижения забоя (проходки).

Еще одним существенным свойством TIM-модели должна быть возможность учитывать нарушения технологии строительства (например, дефекты (пустоты) контактного слоя «грунт-обделка»).

При разработке системы TIM следует также учесть многолетний экспериментальный опыт по изучению горного давления к. т. н. Б. Н. Виноградова, который доказал, что осадки дневной поверхности над подземными сооружениями продолжают в течение года после окончания строительства. Это вопрос стабилизации напряженно-деформированного состояния (НДС) породного массива.

На рис. 9 приведена возможная TIM-модель системы «породный массив — подземное сооружение — наземный объект».

Следует также отметить важность разработки банка (базы) данных всех существующих транспортных тоннелей, которая станет информационной основой создания TIM. Но это — отдельная большая тема. ■

М. Ш. ХУСНУЛЛИН,
заместитель мэра Москвы
в Правительстве Москвы
по вопросам градостроительной
политики и строительства;
С. Н. ГРОШИКОВ,
генеральный директор
ООО «Бустрен РМ»;
А. Н. ПАНКРАТЕНКО,
д. т. н., заведующий кафедрой
«Строительство подземных
сооружений и горных предприя-
тий» НИТУ «МИСиС»;
А. Э. САНДУКОВСКИЙ,
технический директор
ООО «Бустрен РМ»;
Э. Б. РУБИНЧИК,
главный конструктор
ООО «Бустрен РМ»

В 2018 году был установлен абсолютный рекорд Московского метрополитена по количеству введенных станций (17) и длине новых участков (33 км). Это больше, чем строится сегодня во всей остальной Европе. Одно из основных направлений — строительство Большой кольцевой линии (БКЛ).

30 декабря 2018 года на ней открылась шестая по счету станция — «Савеловская». Полностью БКЛ планируется достроить в 2022 году. Новое кольцо метро будет перевозить 380 млн человек в год. Оно соединит все радиальные ветки на расстоянии до 10 км от существующей сегодня кольцевой. Длина БКЛ составит 70 км, количество новых станций — 31. С нее можно будет сделать 19 пересадок на радиальные линии метро, 4 — на Московское центральное кольцо, 5 — на Московские центральные диаметры и 11 — на радиальные линии железной дороги.



РАЗВИТИЕ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА НА ОСНОВЕ НОВЫХ ПОДХОДОВ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ

Еще одной уникальной особенностью современного метрополитена Москвы является масштабное внедрение новой технологии строительства линейных объектов щитовыми тоннелепроходческими механизированными комплексами (ТПМК) большого диаметра. Ее реализация предусматривает переход от традиционной компоновочной схемы метрополитена с двумя однопутными тоннелями и станциями с центральной платформой к схеме с двухпутными тоннелями и станциями с боковыми платформами. Благодаря этому обеспечивается сокращение общей протяженности подземных сооружений и количества временных стройплощадок на земной поверхности, снижаются строительные и эксплуатационные затраты.

В настоящее время идет проходка десятиметровыми щитовыми ТПМК и строятся станции на Некрасовской (Кожуховской) линии от «Косино» (далее — «Юго-Восточная», «Окская», «Стахановская») до «Нижегородской», протяженность пускового комплек-

са — 8,5 км. В 2019 году также начнется сооружение участка на западной части БКЛ от станции «Мневники» до «Аминьевского шоссе» длиной 7,2 км.

Для внедрения новой технологии авторами разработаны и запатентованы решения, позволяющие усовершенствовать как щитовую проходку, так и сооружение котлованов под станционные комплексы с применением метода «стена в грунте».

Иконографика по сравнению традиционных и новых технологических решений устройства станционных комплексов в открытом котловане, предложенных компанией «Бустрен РМ», представлена на рис. 1.

Новые технологические решения позволяют через 3–6 месяцев после начала строительства перенести все работы в подземное пространство, тем самым минимизируя их негативное влияние на городскую среду.

При проходке двухпутного тоннеля отсутствует необходимость демонтировать щитовой ТПМК перед каждой станцией,

перетаскивать, а потом снова монтировать уже за нею и возобновлять проходку (рис. 2). Значительно облегчается и текущее содержание тоннеля. В случае схода поезда с рельсов есть возможность быстрее и легче добраться до места происшествия на вспомогательных транспортных средствах и устранить неполадки.

Еще одним новшеством является изменение подходов к проектированию объектов метрополитена. С 2019 года власти Москвы будут принимать к рассмотрению проекты, сделанные исключительно при помощи технологии информационного моделирования (BIM).

Сегодня активно развиваются технологии BIM 7D. Они представляет собой базу данных о строительных процессах, управлении, эксплуатации и техническом обслуживании подземного объекта на различных этапах жизненного цикла, отражающую сроки их реализации и стоимость.

Многомерную BIM-модель можно понимать, как своеобразную систему мониторинга, эксплуатации объекта, динамически изменяемый информационный паспорт, в конечном счете — систему управления объектом. Применительно к метростроению такая модель должна включать в себя не только сам объект, но и сопутствующие среды — грунтовый массив, застройку, находящиеся в зоне влияния подземные сооружения и коммуникации.

К основным преимуществам BIM можно отнести: сокращение сроков проектирования; выявление проектных коллизий на раннем этапе проектирования; получение стоимости строительства в текущих ценах на первоначальных стадиях проектирования; создание документации для дальнейшей эксплуатации объекта; повышение безопасности и снижение стоимости эксплуатации объекта; возможность поэтапного моделирования технологии производства работ.

Например, технология сооружения станционного комплекса двухпутного тоннеля включает в себя восемь этапов (рис. 3–8): I — перекладка коммуникаций; II — перенос движения, сооружение стены в грунте и части плиты покрытия; III — перенос движения, сооружение второй стены в грунте и второй части плиты покрытия; IV — полное восстановление территории на поверхности; V — выемка грунта под плитой, устройство плиты вестибюля; VI — выемка грунта до лотка, проход щита; VII — сооружение платформ, архитектура и оборудование; VIII — испытания и ввод в эксплуатацию.

На каждом из рассмотренных этапов может осуществляться геотехнический мониторинг, анализ данных и совершенствование

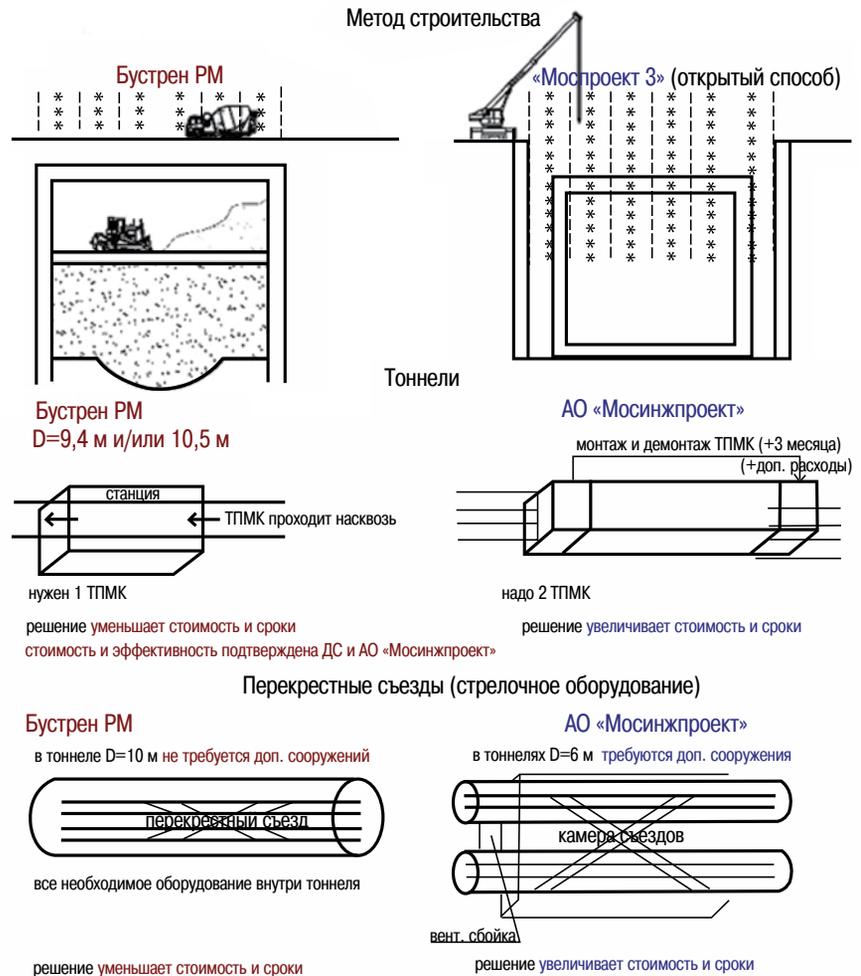


Рис. 1. Сравнение традиционных и новых технологических решений устройства станционных комплексов в открытом котловане



Рис. 2. Щитовая проходка двух однопутных (а) и одного двухпутного (б) тоннелей

многомерных BIM-моделей, что позволяет не допустить развития опасных деформационных процессов при строительстве тоннеля и своевременно реализовать при необходимости эффективные защитные мероприятия.

Для успешного продвижения такого подхода необходимо формирование нового класса специалистов, способных успешно работать в BIM-среде.

Для этих целей в НИТУ «МИСиС» с сентября 2019 года начнет реализовываться программа магистратуры «BIM-технологии в

проектировании и строительстве». Она ориентирована как на практикующих инженеров-проектировщиков, так и на лучших выпускников бакалавриата и специалитета. В структуре магистратуры можно выделить три ключевых блока:

- 1) «BIM-моделирование и информационные технологии»;
 - 2) «Подземное и промышленное строительство»;
 - 3) «Управление проектами».
- Программа будет иметь практико-



Рис. 3. I этап – перекладка коммуникаций



Рис. 4. II этап – перенос движения, сооружение стены в грунте и части плиты покрытия



Рис. 5. III этап – перенос движения, сооружение второй стены в грунте и второй части плиты покрытия



Рис. 6. IV этап – выемка грунта под плитой, устройство плиты вестибюля



Рис. 7. V этап – сооружение платформ, архитектура и оборудование



Рис. 8. VI этап – испытания и ввод в эксплуатацию

ориентированную направленность. Задание на разработку выпускной квалификационной работы выдается в самом начале обучения и направлено на разработку проекта конкретного подземного объекта в BIM-среде. В этих рамках решаются задачи по параметрическому программированию и расчету моделей подземных сооружений; инвариантному проектированию подземных комплексов; оценке напряженно-деформированного

состояния системы «подземное сооружение — грунтовый массив» в условиях плотной городской застройки и другие.

В целом реализация рассмотренных подходов позволит не только сохранить достигнутые темпы метростроения в Москве, но и сделать качественный скачок по основным технико-экономическим показателям. Только благодаря внедрению технологии строительства двухпутных

тоннелей метрополитена и станций нового типа экономический эффект за трехлетний период составит около 80 млрд рублей. Не менее важным является и социальный эффект, заключающийся в качественном совершенствовании транспортной инфраструктуры Москвы и повышении комфортности передвижения миллионов москвичей и гостей столицы. ■

Д. С. КОНЮХОВ,
к. т. н., заместитель начальника
нормативно-технического
управления;
А. Г. ПОЛЯНКИН, к. т. н.,
(АО «Мосинжпроект»)

В 2018 году авторским коллективом АО «Мосинжпроект» было разработано Изменение № 3 к СП 120.13330.2012 «Метрополитены. Актуализированная редакция СНиП 32-02-2003» (Изм. 3 СП 120). В новой редакции свода правил многое поменялось, в том числе, и в части применения технологий информационного моделирования (BIM). При этом работа по внесению изменений была построена таким образом, чтобы все организации, участвующие в проектировании, строительстве и эксплуатации метрополитенов, могли внести свои предложения.



РАЗВИТИЕ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОБЪЕКТОВ МЕТРОПОЛИТЕНА

Перед началом работ в инициативном порядке более чем в 50 организаций были разосланы уведомления с запросом по внесению изменений в действующую редакцию. В результате было получено порядка 600 листов замечаний и предложений. Они были внимательно проанализированы и, по большей части, учтены при подготовке Изменений 3 СП 120. При этом процедура формирования окончательной редакции предполагает проведение двух этапов экспертизы текста первой редакции изменений.

Сначала проводятся общественные слушания. Текст первой редакции размещается на интернет-ресурсах Минстроя РФ (например, сайт gost.ru), и любой гражданин или юридическое лицо РФ имеет право направить обоснованные замечания и предложения. Каждое из них должно учитываться в обязательном порядке. Второй этап — экспертиза Технического комитета №365 Минстроя РФ, в процессе которой текст документа также может претерпеть значительные изменения.

В чем же состоят основные проблемы разработчиков, с которыми пришлось столкнуться? Во-первых, действующие нормы перенасыщены частными проектными решениями и конкретными предельными значениями параметров нормируемых объектов. С одной стороны, это загоняет проектировщиков в рамки, в которых они не могут оптималь-

но подходить к выбору решений. С другой стороны, иногда им это удобно, потому что позволяет не брать на себя ответственность при прохождении экспертизы. В любом случае, однако, общее качество принимаемых решений такой подход к делу резко снижает.

Следующая проблема — крайне малое количество научно-исследовательских работ, которые предшествуют внесению изменений, и связанная с этим сложность в формировании и обосновании новых требований по направлениям, очевидно нуждающимся в развитии. Например, технологии информационного моделирования.

Третий блок проблем связан с невозможностью получения разработчиком текстов утвержденных специальных технических условий (СТУ) в Минстрое России. Вместе с тем, одна из целей внесения изменений в СП — уменьшение количества последующих СТУ, снижение необходимости в их разработке. Ведь этот процесс всегда требует затрат и времени, а сроки сдачи объектов в итоге откладываются.

В чем же состоит Изменение №3?

Во-первых, это обеспечение корреляции СП 120 с действующими нормативными документами в строительстве, в том числе со Сводом правил по инженерным изысканиям, учет современных требований к инженерным изысканиям, проектированию

и строительству, в том числе двухпутных тоннелей метрополитена. Ранее таких норм не существовало, и это был серьезный пробел. Практика строительства двухпутных тоннелей на сегодняшний день уже весьма значительна. Проектирование первой подобной линии началось восемь лет назад, но все эти годы данная технология, однако, не была отражена в нормативно-технических документах федерального значения. Вместе с тем на сегодняшний день уже эксплуатируются двухпутные тоннели метрополитена в Санкт-Петербурге, ведется строительство аналогичных объектов в Москве. Все это требовало урегулирования, так как отсутствие нормативов представляет собой большой барьер при разработке и согласовании документации на подобные проекты из-за отсутствия единого понимания как терминологии, так и требований к данному типу сооружений. Имевшийся вакуум мы, по возможности, постарались заполнить.

Во-вторых, в Изменениях 3 СП 120 прописано исключение из нормативов частных проектных решений и конкретных значений нормируемых параметров, которых в настоящее время остается довольно большое количество. Несмотря на то, что в РФ в общем случае принят предписывающий метод нормирования, политика в этой области предполагает отказ от навязывания проектировщику определенных решений. Любой вид обоснований проектных предложений, кроме расчетного, несет в себе риск принятия неоптимальных вариантов как с точки зрения безопасности и эксплуатационной надежности, так и с точки зрения экономики. Назначение нормативов — устанавливать правила расчетов, методики, критерии, которые нужно учитывать, а не их результат. Эта политика приближает нас к реализации параметрического подхода к нормированию,

который широко распространен в развитых странах. Гибкости такого метода можно достигать, в том числе, за счет возможности разработки специальных технических условий (СТУ).

Следующий пункт — повышение энергоэффективности метрополитена. В частности, подразумевается уход от практики использования перегретой воды и энергопотерь на отопление, а также использование геотермальной энергии. Большая работа проведена коллегами из соответствующей секции общего научно-технического совета при Департаменте строительства Москвы, с научными и экспериментальными обоснованиями возможности обеспечения энергоавтономности метрополитена. Благодаря этому мы сейчас имеем возможность более широко внедрять такие подходы в практику проектирования.

Еще один важный пункт изменений — обеспечение преимущественного применения ремонтпригодных систем гидроизоляции: либо с возможностью секционной ликвидации водопровявлений, либо с использованием материалов со сплошной двухсторонней адгезией (что является предельным вариантом, соответствующим логике секционирования, обеспечивающим наибольшую надежность и ремонтпригодность). У обеих этих технологий есть свои плюсы и минусы, но они на порядок лучше, чем все остальные решения.

Аксиомой является то, что гидроизоляция на протяжении эксплуатации линейного объекта обязательно, так или иначе, когда-нибудь будет нарушена просто потому, что нет вечных материалов, все они имеют конечный ресурс. Наша задача — обеспечить то, чтобы можно было дешево и просто выполнить ремонтные работы, быстро найти ту точку, где нарушена сплошность гидроизоляции. К сожалению, сегодня это совсем не просто. До сих пор часто используется

гидроизоляция без сцепления с поверхностью железобетонных конструкций. Поэтому, когда происходит разрыв, вода идет вдоль внутренней конструкции всего линейного сооружения, при этом неизвестно, где именно произошла протечка. В результате на ее ликвидацию тратится намного больше средств, времени и сил, чем было бы необходимо, если бы изначально сделали качественно.

Еще один пункт, вызвавший большие дебаты, — это обеспечение нормативной возможности применения BIM-технологий при проектировании и строительстве метрополитена. Напомним, 11 июня 2016 года был утвержден перечень поручений Президента РФ, обеспечивающих создание правовой базы использования информационного моделирования зданий в строительстве, в первую очередь по государственному заказу. В том же году Минстрой России в рамках «дорожной карты» сформулировал этапы внедрения BIM.

Технология информационного моделирования имеет следующие преимущества:

- повышение степени сохранности данных об объектах строительства в форме, удобной для более глубокого анализа и соответствующей современному уровню технического прогресса; проработанные BIM-модели зданий наполнены информацией о точной геометрии конструкций и всеми необходимыми данными для закупки материалов, изготовления конструкций и производства строительно-монтажных работ;

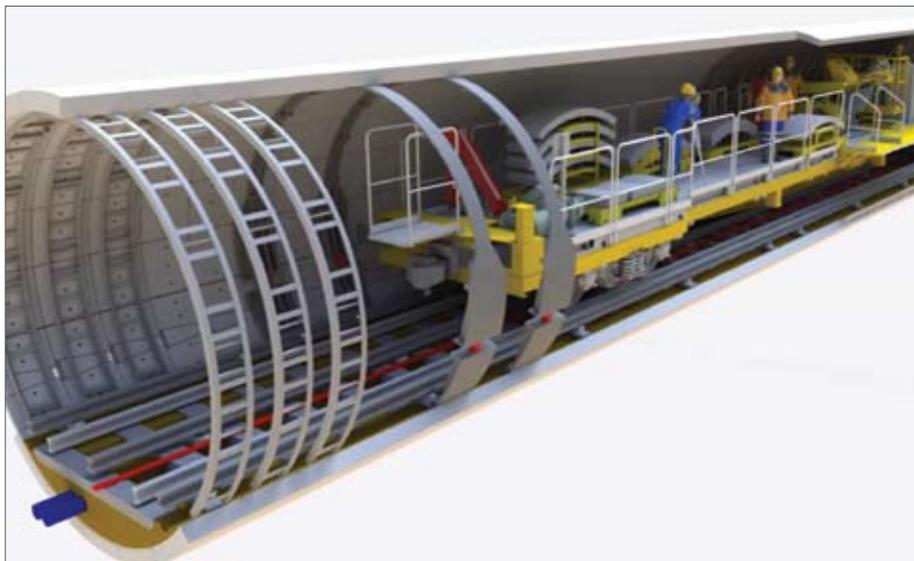
- сокращение времени внесения изменений в проектную и рабочую документацию: изменение какого-либо из параметров модели влечет за собой автоматическое изменение остальных, связанных с ним параметров и объектов, вплоть до чертежей, визуализаций, спецификаций и календарного графика;

- увеличение скорости передачи новых данных о проекте между организациями: изменения в BIM-модели объекта отображаются у всех участников процесса после обновления; при этом фиксируется участник, внесший изменения;

- оптимизация планирования поставок на этапе строительства и эксплуатации.

В октябре 2017 года заместителем мэра Москвы по вопросам градостроительной политики и строительства М. Ш. Хуснуллиным утвержден План внедрения BIM-технологий в деятельность столичного Стройкомплекса. В настоящее время создано 14 соответствующих нормативных документов.

При этом переход на информационное моделирование следует рассматривать лишь как первый шаг на пути к роботизации строительно-монтажных работ. Опыт по-



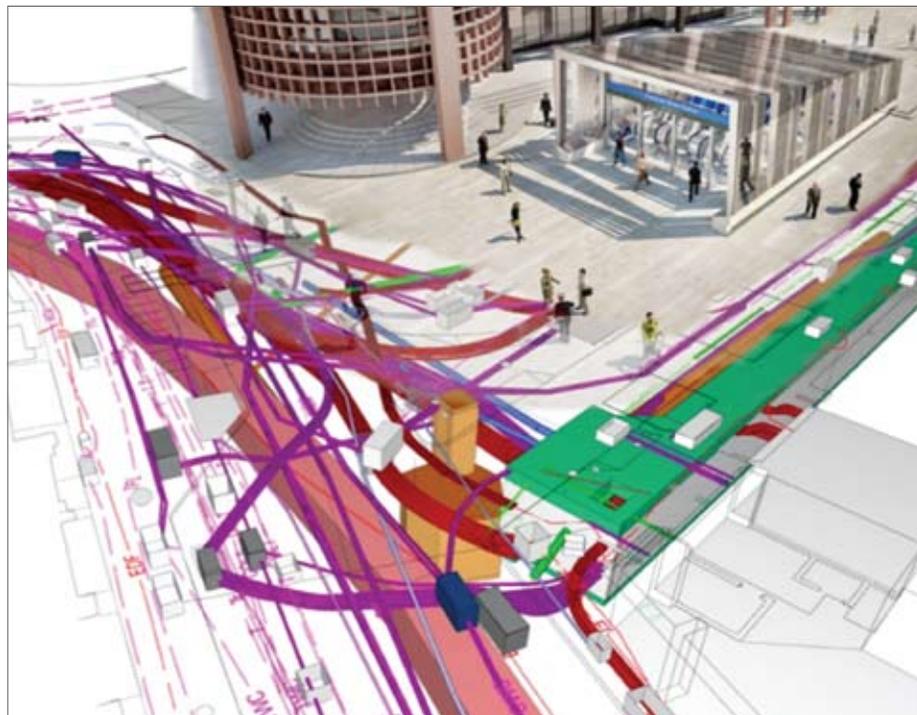
давляющего большинства аварий свидетельствует о том, что их причины часто сопряжены с человеческим фактором. Работы в подземных условиях вообще связаны с повышенным риском для жизни. Поэтому очевидно, что со временем на особо опасных объектах человек работать не будет. Сейчас широко обсуждается беспилотное управление автомобилями. При этом механизация повторяющихся строительных работ — задача, для которой можно намного быстрее получить полностью автоматизированные решения. Подобным путем уже более 50 лет идет отрасль машиностроения. Есть возможность переноса наработанного и апробированного опыта и в метростроение.

Кроме того, когда детализированные информационные модели станут стандартом на рынке, появится возможность на порядки увеличивать скорость как проектирования, так и строительства. Но тогда повысятся требования к квалификации проектировщиков, а также их ответственность.

Сегодня происходит плавная цифровизация проектирования для метростроения. Сложность состоит в необходимости обеспечения единого подхода к разработке BIM-моделей в рамках всего метрополитена. Сейчас есть только частные решения, в рамках отдельных станций. Задача состоит в разработке «BIM-стандарта» для всей сети метрополитена и проверке соответствия всей документации его требованиям.

Еще одна проблема — в необходимости разработки проектными и подрядными организациями внушительной базы типовых элементов (семейств) и настройки существующего программного обеспечения для линейных объектов с целью последующего использования. Имеющееся сейчас ПО для этого необходимо дополнительно адаптировать.

Как видим, на пути освоения технологий информационного моделирования есть целый ряд проблем, помимо того, что они плохо представлены в нормативной среде. Все это потребует от специалистов освоения новых подходов и культуры разработки и оценки соответствия всех решений. Переход на технологии информационного моделирования — трудный процесс, потому что BIM принципиальным образом меняет структуру работы как проектной, так и подрядной организации, требует большей квалификации специалистов, необходимости принятия каждым из них новых правил работы. Это достаточно условно можно сравнить с переходом с ручных чертежей на AutoCAD. Возможно, речь идет даже о более резких, революционных переменнах. Для того чтобы их осуществить в обозримые, достаточно короткие сроки, необходим уже сегодня запуск образовательных программ по



направлению BIM-моделирования в подземном строительстве.

Что же у нас сегодня поменялось в нормативной базе в части BIM-технологий конкретно?

Пункт 4.29 СП «Метрополитены» сформулирован так: «При проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений метрополитенов, при наличии соответствующих требований в техническом задании на проектирование, следует использовать технологию информационного моделирования. Информационная модель сооружения метрополитена должна представлять собой набор сведений о конструкции и оснащении сооружения метрополитена, структурированный в виде трехмерной параметрической модели связанных между собой объектов, и предусматривать возможность включения в общую эксплуатационную информационную модель сети метрополитена».

Так как базы пилотных проектов внедрения на всей сети BIM-технологий еще не наработано, это пока все, что мы сочли возможным включить в новую редакцию СП 120. В дальнейшем нормативную базу будут расширять по факту реализации конкретных проектов, в том числе, и в части новых компетенций специалистов. Возможно, даже понадобится разработка профессионального стандарта на подготовку проектировщиков в области подземного строительства, владеющих соответствующими технологиями. При этом можно сказать, что в СП по строительству коллекторных тоннелей информационному моделированию посвящен уже целый раздел. Он содержит в себе достаточно разверну-

тые требования, что следует в BIM-модели включать, как это должно между собой быть связано — и там уже намного больше частных, конкретизированных моментов.

На этапе сдачи объектов в эксплуатацию мы тоже убрали барьер, который не позволял раньше энтузиастам из подрядных организаций передавать исполнительную документацию в формате BIM-моделей. С утверждением Изменений № 3 СП 120 это станет допустимым, что может способствовать повышению конкурентоспособности подрядчиков.

Соответствующие пункты СП сформулированы следующим образом:

«7.1.4. Для приемки в эксплуатацию объекта строительства в целом генеральный подрядчик представляет приемочной комиссии документацию согласно Приложению И. По завершении работы комиссии документация передается эксплуатационным службам. Допускается передача документации в виде информационной модели объекта строительства».

7.2.1. Приемку выполненных работ заказчик проводит в течение всего периода строительства путем совместного освидетельствования сдаваемых работ в натуре и проверки соответствия этих работ проектной документации или информационной модели».

Таким образом, начало обеспечению законодательной возможности применения BIM в области строительства метрополитенов положено. Теперь встает вопрос о необходимости значительно большего количества примеров разработки и согласования исполнительной и проектной документации в виде информационных моделей. ■



А. М. СЛИЗКИЙ,
инженер группы информационного
моделирования отдела ИТ
ОАО «Минскметропроект»

С 2015 года ОАО «Минскметропроект» встало на путь внедрения технологий информационного моделирования (BIM). Сначала была создана пилотная группа из инженеров всех специальностей, которые по ранее выпущенным чертежам строили модель небольшого сооружения на 3-й линии Минского метрополитена — венткамеру с санузлом. Полученный опыт позволил не только заглянуть за ширму со звучным названием «BIM» но и, хотя бы приблизительно понять, какие затраты и структурные изменения необходимы для внедрения этих технологий.

ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ МИНСКОГО МЕТРО

Начиная с 2015 года, инженеры Минскметропроекта успели запроектировать в полном объеме две станции Минского метрополитена и две венткамеры, представляющие собой отдельно стоящие притоннельные сооружения. Также для Московского метрополитена смоделирована строящаяся станция «Улица Дмитриевского», а в настоящий момент на стадии разработки находится «Давыдково».

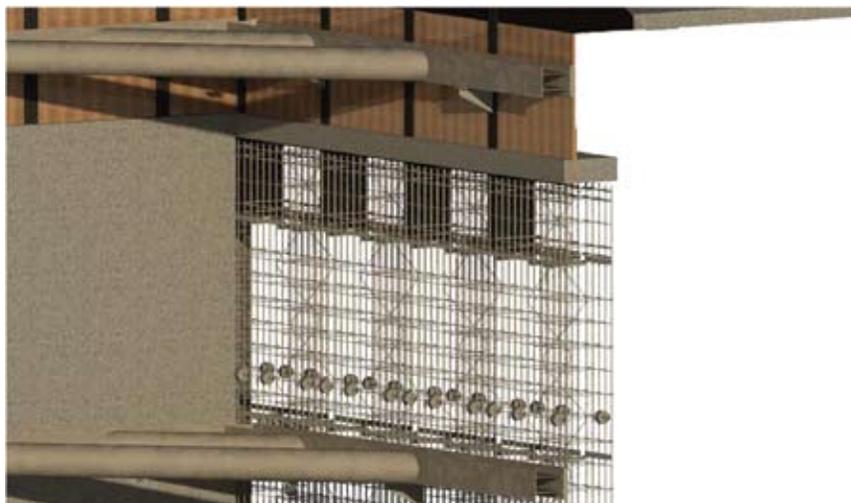
В 2018 году в ОАО «Минскметропроект» путем реорганизации группы АСУП (автоматизированных систем управления предприятием) был создан отдел ИТ, включающий в себя группу информационного моделирования. В ее задачи входит как разработка общей стратегии внедрения BIM, так и поддержка инженеров на местах, создание внутренних нормативов, шаблонов проектов и библиотеки элементов информационной модели.

Несмотря на то что опыт применения BIM-технологий в проектировании включает в себя такие крупные и комплексные объекты, как станции метрополитена, практически любой проект рассматривается в настоящее

время как пилотный. Каждый раз бывают задействованы новые технологии и методики, которые необходимо отработать.

В самом начале работы по внедрению BIM руководством Минскметропроекта было принято решение пойти по пути наиболее широкого использования их преимуществ в абсолютно всех разделах проектов. Но несмотря на это одним из важнейших постулатов остался принцип разумной достаточности. Он характеризует соотношение трудозатрат, необходимых для моделирования того или иного элемента сооружения либо инженерной системы, и информации, которую возможно получить из BIM-модели.

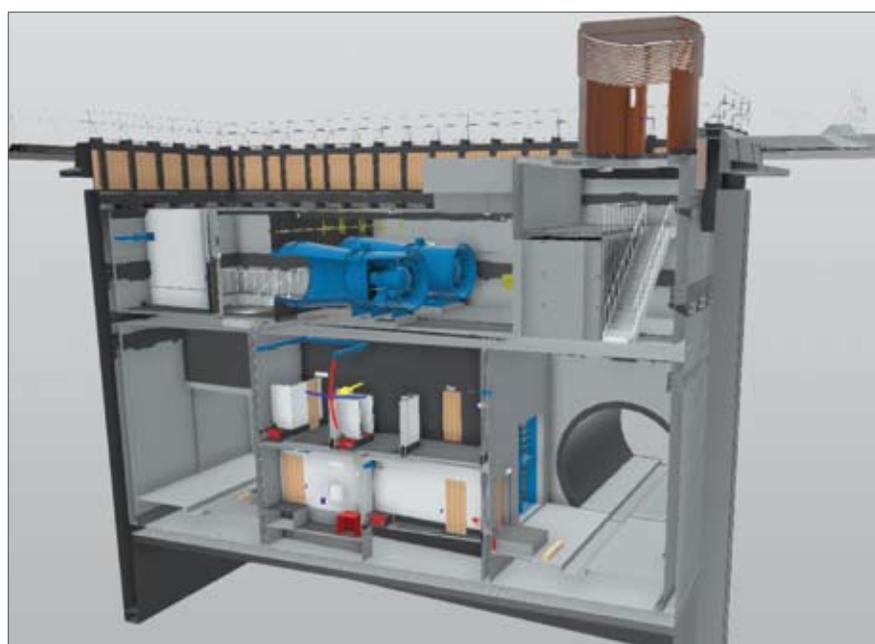
Информационная модель в первую очередь является базой данных с исчерпывающими сведениями о проектируемом объекте, а также площадкой взаимодействия инженеров разных специализаций, позволяющей предотвратить пространственные коллизии между элементами различных конструкций и систем. В том числе, она помогает предусмотреть этапность создания объекта.



Одной из особенностей строительства метрополитена является наличие огромного количества вспомогательных сооружений и процессов, предшествующих возведению постоянных конструкций. Основная масса объектов проектирования Минского метро характеризуется мелким заложением, они сооружаются в открытых котлованах, могут достигать глубины до 30 м и находиться в условиях плотной городской застройки. Конструкция крепления котлована должна обеспечивать не только надежное удержание окружающего грунта и находящихся на нем построек, но также обеспечивать удобство строительства. Например, большое количество распорок, удерживающих борта котлована, доставляет неудобство при монтаже арматурных каркасов либо элементов из сборного железобетона. Возможность оперативно отслеживать положение конструкций относительно друг друга позволяет инженерам различных специальностей выработать оптимальную этапность возведения, а также пространственную компоновку временных элементов крепления котлована.

С самого начала использования технологий информационного моделирования отдел организации строительства (ОС) столкнулся со сложностью, которая заключалась в том, что программные комплексы, предназначенные для проектирования наземных инженерных сооружений, практически не имеют необходимых инструментов и элементов для проектирования временных котлованов метрополитена и фактически не умеют «работать» с грунтом. Встала задача, во-первых, адаптировать имеющиеся стандартные инструменты, а во-вторых — создать собственную библиотеку применяемых узлов и технических решений.

Что же сегодня дает использование технологий информационного моделирования инженеру отдела ОС в ОАО «Минскметропроект»?



Во-первых, возможность координировать свои разработки с инженерами других специальностей, что позволяет исключить пространственные коллизии при монтаже строительных конструкций.

Во-вторых, создан шаблон проекта, который включает в себя набор библиотечных элементов узлов и конструкций, наиболее часто применяемых при сооружении наших котлованов. Единая библиотека позволяет избежать случаев повторного проектирования аналогичных узлов инженерами, работающими в разных группах.

В-третьих, при создании библиотечных элементов был сделан упор на обобщение так называемых «умных» элементов, то есть сложных узлов, включающих в себя отдельные детали, охваченные логической связью и параметрическими зависимостями. Размещая заранее подготовленный элемент строительной конструкции,

состоящий из более мелких деталей, инженер имеет в нем определенный набор наиболее часто применяемых технических решений, а также автоматическое формирование спецификации всех вложенных элементов.

В-четвертых, ввиду отсутствия на данный момент действительно рабочей, удобной в применении программы по расчету сметной стоимости сооружения строительных объектов, нами была подготовлена система получения ведомости объемов работ и материалов в автоматическом режиме.

Все эти решения дали в руки инженеру инструменты, помогающие, с одной стороны, гораздо шире увидеть ситуацию, в которой приходится вести проектирование, с другой — существенно уменьшить объемы такой рутинной работы, как подсчет количества материалов и составление ведомостей для передачи на осмечивание. ■

У служб эксплуатации метрополитенов масса забот. Это и меры по обеспечению безопасности, включая системы пожаротушения, и организация вентиляции и кондиционирования на станциях и в поездах, и контроль графика движения составов, и проблемы энергоснабжения, и задачи гидроизоляции подземных конструкций, и т. д. Мы попытались обобщить накопленный опыт. И, надо отметить, идея журнала «Подземные горизонты» провести заочный круглый стол, посвященный вопросам эксплуатации систем метро, вызвала живейший интерес. В ходе дискуссии о своих подходах к решению актуальных задач рассказали представители руководства шести из семи действующих в России метрополитенов.



Евгений КОЗИН,
первый заместитель начальника
ГУП «Петербургский метрополитен»



Владимир КОКОУЛИН,
начальник технического отдела
МУП «Екатеринбургский метрополитен»

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ МЕТРОПОЛИТЕНОВ

Какое количество пассажиров перевозят поезда метрополитена в сутки? Хватает ли подвижного состава, чтобы полноценно справляться с этой задачей?

Евгений Козин:

— В зимний период входной пассажиропоток в метрополитен за сутки составляет: по рабочим дням — 2,4–2,5 млн; по субботам — 1,4–1,5 млн; по воскресеньям — 1,2–1,3 млн. В летний период пассажиропотоки уменьшаются примерно на 10%.

Графики движения поездов составляются для каждой линии отдельно на рабочие, суботные, воскресные дни, на летний и зимний периоды, с учетом анализа сложившихся пассажиропотоков и технических и технологических возможностей метрополитена, обеспечивающих необходимый уровень безопасности перевозки.

Самыми пассажиронапряженными являются линии 1 и 2. Они перевозят по рабочим дням, соответственно, около 820 тыс. и более 800 тыс. человек в сутки. В утренние часы «пик» на первой линии реализованы минимальные интервалы движения поездов восьмивагонного формирования (1 мин 53 с), на второй — шестивагонного формирования (1 мин 43 с).

На сегодняшний день задействованный подвижной состав справляется с перевозкой пассажиров.

Олег Яушев:

— Ежесуточный пассажиропоток МП «Нижегородское метро» составляет в среднем 115 тыс. пассажиров. Подвижной состав с этой задачей справляется.

Сергей Шамин:

— В среднем Самарский метрополитен перевозит около 40 тыс. человек в сутки. Подвижной состав легко справляется с этой задачей.

Аркадий Чмыхайло:

— Новосибирский метрополитен перевез в 2018 году более 83 млн пассажиров, что на 3,5% больше, чем годом ранее. В марте 2019 года среднесуточный пассажиропоток в рабочие дни достигал 235 тыс. Доля пасса-

жиров, перевезенных метрополитеном, еще более возросла и составила 19% от общего объема городских перевозок. Перегруженности пока не наблюдается.

Владимир Козоулин:

— В 2018 году среднесуточная перевозка поездами Екатеринбургского метрополитена составила 129 тыс. пассажиров. Рекорды были зафиксированы 9 мая, а затем 18 августа: соответственно 189 тыс. и 230 тыс. Благодаря сокращению интервала движения между поездами до 3–4 мин. и выпуску на линию всех имеющихся в эксплуатации составов была задача по перевозке указанного количества пассажиров в праздничные дни выполнена.

Согласны ли вы с тем, что на стратегических объектах, к которым относится и метрополитен, должно использоваться только отечественное оборудование?

Евгений Козин:

— ГУП «Петербургский метрополитен» — это ключевая составляющая транспортной системы города. Деятельность предприятия связана с постоянным совершенствованием и развитием, в частности, по направлению технического перевооружения и модернизации действующей инфраструктуры. Вместе с тем внедрение новых технических и технологических решений в условиях действующего метрополитена при необходимости безусловного обеспечения безопасности пассажирских перевозок требует максимальной ответственности на всех этапах рассмотрения вопросов практического применения инноваций.

С 2015 года ГУП «Петербургский метрополитен» активно включился в программу импортозамещения. Проводится плановая работа по снижению доли запасных частей, комплектующих и оборудования импортного производства. Так, по итогам 2018 года количество продукции российских предприятий, закупленной для наших нужд, составило около 96% (в стоимостном выражении), из них 71,5% поставили петербургские производители. Закупка товаров

импортного производства, в соответствии с «Регламентом взаимодействия подразделений метрополитена при выполнении мероприятий по импортозамещению в ГУП «Петербургский метрополитен», утвержденным приказом от 28.04.2018 №747, согласовывается Техническим советом по импортозамещению ГУП «Петербургский метрополитен» (ТС ИЗ) и утверждается Научно-техническим советом городского Комитета по транспорту.

В 2018 году нами проведено 10 заседаний ТС ИЗ. При подготовке задания на проектирование в обязательном порядке включается требование к проектировщику об использовании в проектно-сметной документации только отечественной продукции, а в случае невозможности этого необходимо предоставлять обоснование применения иностранной продукции.

Существует также «Положение о проведении опытной и подконтрольной эксплуатации в ГУП «Петербургский метрополитен» (введено приказом №2196 от 21.12.2018). В 2018 году у нас проводилась 21 опытная эксплуатация, в том числе на предмет поиска отечественных аналогов взамен зарубежных.

Сергей Шамин:

— На стратегических объектах должно использоваться качественное оборудование. В настоящий момент Самарский метрополитен применяет оборудование, приобретаемое в рамках исполнения Федерального закона от 05.04.2013 №44-ФЗ.

Аркадий Чмыхайло:

— Оборудование иностранного производства может использоваться в том случае, если оно соответствует требованиям технических регламентов, отраженных в законодательстве РФ. Кроме того, должны соблюдаться требования антимонопольного законодательства.

Владимир Кокоулин:

— На стратегических объектах, учитывая напряженную международную обстановку и «санкционное» противодействие Российской Федерации, для обеспечения ремонтпригодности оборудования метрополитенов, необходимо использовать либо отечественное оборудование, либо оборудование, укомплектованное из серийно выпускаемых компонентов, освоенных в производстве на заводах РФ. Но полный переход на отечественную продукцию еще преждевременно, так как на сегодняшний день сложно сказать, что вся вторичная коммутация может быть собрана на элементной базе предприятий России.

Какие требования вы предъявляете к вентиляционному оборудованию для метрополитена? Кто осуществляет его постгарантийное обслуживание? Какое оборудование используется для кондиционирования воздуха на станционных комплексах?

Евгений Козин:

— В ГУП «Петербургский метрополитен» существует два вида вентиляции: тоннельная (более 450 вентагрегатов) и местная (более 3500 вентустановок).

Тоннельная вентиляция предназначена для поддержания требуемых параметров микроклимата (температура, влажность, скорость движения воздуха, концентрация CO, CO₂) в пассажирских зонах, а также для обеспечения дымоудаления на случай чрезвычайных ситуаций и обеспечения циркуляции воздуха на случай гражданской обороны.

Местная вентиляция предназначена для поддержания требуемых параметров микроклимата в пассажирской зоне, а также в служебных, бытовых и производственных помещениях для обеспечения рабочих процессов метрополитена (удаление избытков тепла из машинных залов эскалаторов, неприятных запахов из санитарных узлов, СТП).

Системы вентиляции должны соответствовать требованиям СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

Исключения для местной вентиляции могут быть следующие: забор воздуха из помещений метрополитена и выброс его системой в служебные помещения осуществляется в тех случаях, когда невозможно выполнить забор воздуха с поверхности земли (обеспечение местной вентиляцией служебных подплатформенных помещений); есть требования по установке дополнительных систем очистки удаляемого воздуха; есть требования к дублированию и резервированию систем местной вентиляции.

Существует три режима работы тоннельной вентиляции:

1. Повседневный, задачей которого является поддержание требуемых параметров микроклимата в летнее и зимнее время в соответствии с СП 120.13330.2012 «Метрополитены» и Санитарными правилами эксплуатации метрополитенов СП 2.5.1337-03.

2. Аварийный, в случае которого система тоннельной вентиляции является частью системы противодымной защиты, обеспечивающей незадымляемость путей эвакуации при возникновении пожара и задымления в пассажирских зонах и тоннелях ГУП «Петербургский метрополитен».



Олег ЯУШЕВ,
директор МП «Нижегородское метро»



Аркадий ЧМЫХАЙЛО,
начальник МУП «Новосибирский метрополитен»



Сергей ШАМИН,
директор МП «Самарский метрополитен»



3. На случай ГО: данный режим обеспечивает циркуляцию воздуха в отсеках метрополитена при использовании его в качестве укрытия.

В настоящее время в составе мощной тоннельной вентиляции у нас применяются осевые реверсивные вентиляционные агрегаты с рабочим колесом, расположенным на валу электродвигателя. Основные марки: ВОРМ-16Р, ВОРМ-18Р, ВОРМ-20Р, ВОРМ-24Р АО «Артемовский машиностроительный завод «ВЕНТПРОМ»; FTDA-1600, FTDA-1800, FTDA-2000 ЗАО «Лада-Флект»; ВГПМ-20 Томского электромеханического завода им. В.В. Вахрушева.

Для обеспечения возможности дымоудаления в режиме противодымной защиты вентиляционные агрегаты должны обеспечивать работоспособность при температуре 250 °С (при верхнем расположении воздухозабора 400 °С) в течение 1 часа. Данное требование должно быть подтверждено производителем наличием соответствующего сертификата.

Обслуживание вентиляционных агрегатов на линиях Петербургского метрополитена по программам текущего и капитального ремонта осуществляется сотрудниками электромеханической службы. Для каждого типа вентилятора на основе документации заводов-изготовителей разработаны карты технологического процесса.

Основные параметры микроклимата на станционных комплексах поддерживаются тоннельной вентиляцией, однако ряд технологических помещений с теплоизбытком, такие как аппаратные, машинные залы эскалаторов, СТП, оснащаются резервируемыми системами кондиционирования. Для технологических помещений метрополитена

приоритетным является применение промышленных и полупромышленных систем кондиционирования воздуха с выносными блоками охлаждения. Также, в соответствии с требованиями нормативной документации, подобными системами оснащаются помещения с постоянно присутствующим персоналом, комнаты отдыха машинистов и другие.

Следует отметить, что метрополитеном выработан единый подход к оснащению кондиционированием подплатформенных помещений и обеспечению нормируемых параметров микроклимата в коллекторах станций, а именно три варианта решений:

- вынос наружных блоков кондиционеров из подплатформенных помещений в уровень платформы с открытием предусмотренных проектом вентиляционных отверстий в противопожарных преградах;

- применение принципиально нового оборудования кондиционирования воздуха: тепловых насосов типа воздух — вода (система VRV с водяным охлаждением); системы VRV с водяным охлаждением с возможностью подключения к тепловому насосу для использования выделенного от системы кондиционирования тепла для приготовления горячей воды системы ГВС и отопления; системы VRV с воздушным охлаждением; кондиционеров с водяным и гликолевым охлаждением; системы «чиллер-фанкойл»;

- модернизация системы местной вентиляции коллекторов станций.

Олег Якушев:

— Задачей вентиляции помещений станций и тоннелей метрополитена является поддержка в местах пребывания пассажиров и обслу-

живающего персонала заданных метрологических условий и химического состава воздуха, согласно санитарно-гигиеническим нормам, а также создание необходимых режимов проветривания при нарушении нормальной работы устройств метрополитена и задымлении.

В метрополитене используются системы тоннельной и местной вентиляции с механическим побуждением воздуха. В помещениях станций в холодный и переходные периоды года предусмотрен подогрев приточного воздуха. Для проветривания тоннелей используются осевые вентиляторы марок ВОРМД-24, ВОРМД-24А, ВОРМ-16 и ВО-1800. Режим работы вентиляционных установок осуществляется по графику, согласованному с Роспотребнадзором.

В помещениях рабочего персонала станции, а также в технологических помещениях с избыточным тепловыделением для обеспечения оптимальных условий в теплый период года предусмотрено использование автономных кондиционеров с отдельными блоками и мультizonальных систем кондиционирования.

Холодоснабжение внутренних блоков автономных кондиционеров и мультizonальных систем предусмотрено от наружных компрессорно-конденсаторных установок. Отвод конденсата из систем кондиционирования предусмотрен самотеком в систему водоотвода. В необходимых случаях предусмотрена установка дренажных насосов. Наружные блоки систем кондиционирования размещаются в тоннелях над мостиками, в вентсбойке. В качестве хладоносителя в системах кондиционирования принят экологически безопасный фреон R-410А.

Планово-предупредительный ремонт и обслуживание вентиляционного оборудования проводится силами электромеханической службы метрополитена, согласно утвержденным графикам, согласованным с Роспотребнадзором.

Сергей Шамин:

— Требования к вентиляционному оборудованию установлены СНиП 32-02-2003: преобладание количества приточного воздуха над удаляемым на 15–20%; обеспечение не менее чем трехкратного воздухообмена в час по внутреннему объему пассажирских и других помещений, обслуживаемых тоннельной вентиляцией; подача наружного воздуха не менее 30 м³/ч на одного пассажира; обеспечение предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе тоннелей и пассажирских помещений; годовой тепловой баланс, обеспечивающий допустимые параметры температуры и относительной влажности воздуха при минимальном росте

температуры окружающих грунтов; дымоудаление при пожаре на станции или в тоннеле; влияние негативных факторов, возникающих при прогнозируемых чрезвычайных ситуациях техногенного и другого характера; применение устройств для снижения шума и вибрации, возникающих при работе вентиляционных агрегатов; применение мероприятий по снижению влияния эффекта «дутья», возникающего при движении поездов.

Обслуживание оборудования осуществляется работниками участка вентиляции. Для кондиционирования воздуха на станциях метрополитена (в помещениях с постоянным пребыванием персонала, а также с оборудованием, требующим его охлаждения) используются бытовые сплит-системы.

Аркадий Чмыхайло:

— Требования к вентиляционному оборудованию сформулированы в правилах приемки в эксплуатацию линий метрополитена. Постгарантийное обслуживание у нас осуществляет электромеханическая служба. Эксплуатация устройств вентиляции и кондиционирования также находится в ее ведении (52 вентилятора главного проветривания, 14 тепловых пунктов, более 300 км различных трубопроводов, более 400 установок местной вентиляции).

Владимир Кокоулин:

— Сооружения метрополитена оборудованы системами тоннельной и местной вентиляции с механическим побуждением воздуха. Для пассажирских помещений станций, перегонных и тупиковых тоннелей и тоннелей соединительных веток предусмотрена тоннельная вентиляция, для производственных и бытовых помещений — местная. Системы вентиляции должны обеспечивать нормируемые воздухообмен и скорости движения воздуха, параметры микроклимата (температура, влажность, предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе).

Системы тоннельной вентиляции, в случае необходимости, должны обеспечивать дымоудаление при пожаре, материалы, используемые для изготовления вентилятора — долговечность работы в условиях значительных температур. Техника также должна быть ремонтпригодна в условиях стесненности помещений метрополитена.

Для оборудования систем местной вентиляции применяются общепромышленные центробежные и осевые вентиляторы. В определенных помещениях устанавливаются вентиляторы взрывозащищенного типа. Для соблюдения параметров микроклимата

в вентсистемах предусмотрены калориферы для нагрева воздуха и противопыльные фильтры для очистки воздуха. Расчет технических характеристик и выбор оборудования выполняют специалисты на стадии проектирования. Бесперебойная работа вентиляционных установок обеспечивается качественным и своевременным выполнением технического обслуживания и ремонта специалистами метрополитена.

Новые объекты у нас оборудованы современными системами кондиционирования воздуха. Установлены кондиционеры центральные каркасно-панельные типа КЦКП производства фирмы «ВЕЗА». Их функция: очистка, предварительный нагрев и распределение воздуха по помещениям. Значительное преимущество кондиционеров — малогабаритность, что важно в условиях метрополитена. Используются для вентиляции диспетчерских, кассовых и других служебных помещений.

Расскажите о системе пожаротушения, установленной в метрополитене. Оборудование каких именно производителей используется в ней? Разработка системы велась по индивидуальному заказу с учетом всех ваших требований или же вы адаптировали типовой проект?

Евгений Козин:

— В настоящее время в ГУП «Петербургский метрополитен» смонтировано и эксплуатируются 275 автоматических установок пожаротушения, отвечающих действующим требованиям по пожарной безопасности.

Мы идем в ногу со временем и следим за разработками инновационных решений, постоянно внедряем новые технологии. Ввиду простоты монтажа и обслуживания большинство объектов метрополитена оснащены модульными установками пожаротушения тонкораспыленной водой и установками порошкового пожаротушения. Также часть объектов оснащены установками водяного, газового, пенного и аэрозольного пожаротушения.

Все автоматические установки пожаротушения обслуживаются специализированными организациями с периодичностью, оговоренной регламентной и нормативной документацией, а также требованиями заводов изготовителей.

Оборудование автоматических установок пожаротушения представлено следующими производителями. Аппаратура управления: ЗАО НВП «Болид», АО «Шнейдер Электрик»

Esmi, ЗАО «Секуритон Рус», ООО НПФ «СВИТ» («Форинд»), ЗАО «Аргус Спектр», ООО «СТАЛТ», ООО «СКБ «Тензор». Модули пожаротушения: ООО «НПФ Безопасность», ГК «ИСТА», АО «Артсок, ГК «Этернис», НПК ЗАО «Источник Плюс», ГК «Эпотос», ООО «Инженерно-внедренческий центр «Техномаш», ООО «НПО «Передовые технологии» (Bontel).

Разработка проектов систем пожаротушения ведется индивидуально для каждого объекта, исходя из его технических характеристик, условий окружающей среды и горючих веществ, в соответствии с действующими нормативными законодательными документами. Тип автоматических установок, способ тушения, вид огнетушащего вещества определяются с учетом пожарной опасности, архитектурных особенностей объекта, специфики производственных процессов и условий стесненного пространства. Оснащение системами пожаротушения и их обслуживание осуществляется в рамках федерального закона.

Олег Яушев:

— Сооружения Нижегородского метрополитена, в зависимости от категории по взрывопожарной и пожарной опасности, защищены системами водяного, порошкового, газового автоматического пожаротушения. Это оборудование отечественного производства. Разработка систем велась в соответствии с требованиями свода правил «Метрополитены» (СП 120.13330.2012) по проектам, адаптированным под наши условия эксплуатации.

Сергей Шамин:

— В Самарском метрополитене применяется центральное оборудование для системы пожаротушения С-2000-АСПТ производства ЗАО НВП «Болид». Разработка системы проводилась в соответствии с требованиями СП 120.13330.2012 «Метрополитены».

Аркадий Чмыхайло:

— При установке системы пожаротушения был адаптирован типовой проект. Предприятие использует все возможности для технического и технологического совершенствования. В текущем году продолжались работы по установлению автоматической системы обнаружения и тушения пожаров «Игла» на вагонах метрополитена, выполнены работы по модернизации путем установок системы оповещения и управления эвакуацией на станциях и другие работы.

В 1985 году, одновременно с вводом метрополитена в эксплуатацию, был создан



отдел военизированной пожарной охраны (с 2003 года — отдел ведомственной пожарной охраны). В нем работают офицеры, прослужившие 25 и более лет, имеющие высшее или среднее специальное образование.

Владимир Кокоулин:

— У нас применены автоматические установки пожаротушения (АУПП) с использованием модулей порошкового пожаротушения (МПП). Ими оснащены помещения и оборудование с большой пожарной нагрузкой. К ним относятся кабельные коллекторы и подвалы, кладовые ГСМ, шкафы вводов питания и управления электромеханически-

ми устройствами. Данная система является частью централизованной противопожарной защиты станции в составе системы «Орион-ПРО» (ЗАО НВП «Болид»). Прием и обработку сигналов от извещателей пожарной сигнализации осуществляют приборы приемно-контрольные и управления пожарные «С2000-АСПТ», модули порошкового пожаротушения типа «Тунгус» (ЗАО «Источник Плюс»). В системе пожаротушения применены дымовые пожарные извещатели «ИП212-78» ЗАО «Аргус-Спектр» и извещатели пламени «Пульсар 1-01Н» (ООО «ППП «КБ Прибор»). Проектирование систем пожаротушения вело ОАО «Уралгипротранс».

Во многих метрополитенах мира, в частности, в римском метро, проблема протечек в тоннелях стоит очень остро. Насколько такие проблемы актуальны для вас и как вы их решаете?

Евгений Козин:

— В наших условиях проблема протечек, безусловно, тоже актуальна.

Специалистами, ответственными за содержание сооружений ГУП «Петербургский метрополитен», ведутся постоянные осмотры в соответствии с нормативной документацией. Все обнаруженные водопроявления заносятся в соответствующую книгу учета. Принимаются меры по их ликвидации или временному отводу от элементов верхнего строения пути и оборудования. В зависимости от типа течей и места проявления применяются различные методы по их устранению: обмазочная гидроизоляция, чеканка швов, замена болтовых соединений, нагнетание материала в тело конструкций или в пространство за обделкой, а также полный комплекс подобных работ.

ГУП «Петербургский метрополитен» является самым глубоким в мире по средней глубине залегания станций. Многие перегонные тоннели и наклонные хода пройдены в сложных геологических и гидрогеологических условиях. Многие эскалаторные тоннели сооружены в толще водонасыщенных четвертичных отложений и подстилающих их верхнепротерозойских глин, пересекая несколько водоносных горизонтов. Проходка тоннелей осуществлялась после предварительного замораживания грунтов до уровня залегания водоупорных устойчивых глин.

Поэтому с первых дней эксплуатации метрополитена является актуальным вопрос надежной гидроизоляции. В целях совершенствования системы надзора на сегодняшний день (с 18.03.2019) введен в действие стандарт организации «Руководство по осуществлению геотехнического мониторинга в период эксплуатации подземных сооружений Петербургского метрополитена».

Если говорить о факторах, приводящих к нарушению гидроизоляции, можно отметить следующее. Характерные особенности появления инженерных осложнений в конструкциях метрополитена связаны с преимущественно подземным их расположением. С учетом геологических особенностей Санкт-Петербурга, для протяженных сооружений метрополитена с целью гидроизоляции применяется, как правило, обделка кругового очертания — чугунная

или сборная железобетонная. Монолитная обделка широко распространена для притоннельных объектов и камер съезда станций первого пуска.

До середины 2000-х гг. традиционными технологиями восстановления гидроизоляции являлись: чеканка швов цементными составами (цемент РЦ); нагнетание цементных составов в сопряжение «стена — грунт»; нанесение обмазочных материалов (на основе битумных материалов или на основе смеси цемента с жидким стеклом); наклеивание стекловолоконных тканей, пропитанных мастиками.

Олег Яушев:

— В Нижегородском метрополитене эта проблема также существует. На протяжении ряда лет службой пути и тоннельных сооружений производятся работы по устранению протечек различной интенсивности. Отмечается сезонный характер многих течей. Для решения данных проблем создана специальная бригада в составе службы пути и тоннельных сооружений.

Используются технологии чеканки быстротвердевающими смесями, чеканки свинцом (для чугунной обделки), отводов течей. В последнее время освоено инъецирование полиуретановыми смолами с применением специального оборудования. Также производились работы с привлечением сторонних организаций по ремонту тоннельной обделки по специальным проектам, в которых заложены работы по гидроизоляции. За последние годы наметилась тенденция к уменьшению количества течей в тоннелях Нижегородского метро.

Сергей Шамин:

— Проблема протечек актуальна и для нас. Гидрогеологические условия трассы тоннелей Самарского метрополитена характеризуются наличием нескольких водоносных горизонтов, расположенных как выше, так и ниже трассы.

Основными местами поступления течей являются сопряжения тоннельных обделок различного очертания (круглого и прямоугольного, перегонных тоннелей и вентсбоек, примыкания к камерам металлоконструкций и притоннельным сооружениям). Основными местами проникновения воды на станции являются деформационные швы между строительными конструкциями. При этом сложность устранения течей на путевых стенах заключается еще и в том, что ограничен доступ к внешней обделке станции.

Основными методами борьбы с протечками у нас являются: чеканка швов между



блоками в случаях возникновения течей по швам; перестановка и замена болтовых соединений в чугунных тубингах; ликвидация течей посредством выполнения комплекса инъекционных работ путем закачки под давлением за тоннельную обделку специальных гидроизоляционных составов с высоким коэффициентом расширения в предварительно пробуренные по схеме шпурсы; ликвидация пустот в заобделочном пространстве и в зоне контакта обделки с породой путем нагнетания двухкомпонентных полиакриловых гелей.

В случае отсутствия должного эффекта от применения этих способов используется метод отвода течей от конструкций и оборудования установкой дренажных труб.

Аркадий Чмыхайло:

— Для Новосибирского метрополитена проблема протечек не является острой. А занимается этими вопросами служба пути и тоннельных сооружений, которая начала формироваться еще во время строительства первой очереди метро в 1984 году.

Владимир Кокоулин:

— Наиболее часто встречающейся проблемой при эксплуатации действующих станций и тоннелей Екатеринбургского метрополитена является разгерметизация рабочих швов. Для решения данной задачи у нас применяется технология инъецирования низковязких акрилатных гелей, время полимеризации которых можно устанавливать самостоятельно, в зависимости от характера существующей протечки. При

этом осуществляется точечная подача герметизирующего состава непосредственно в «тело» конструкции. Указанную технологию мы стали использовать с 2012 года, благодаря чему количество течей к 2019 году сократилось на 43%.

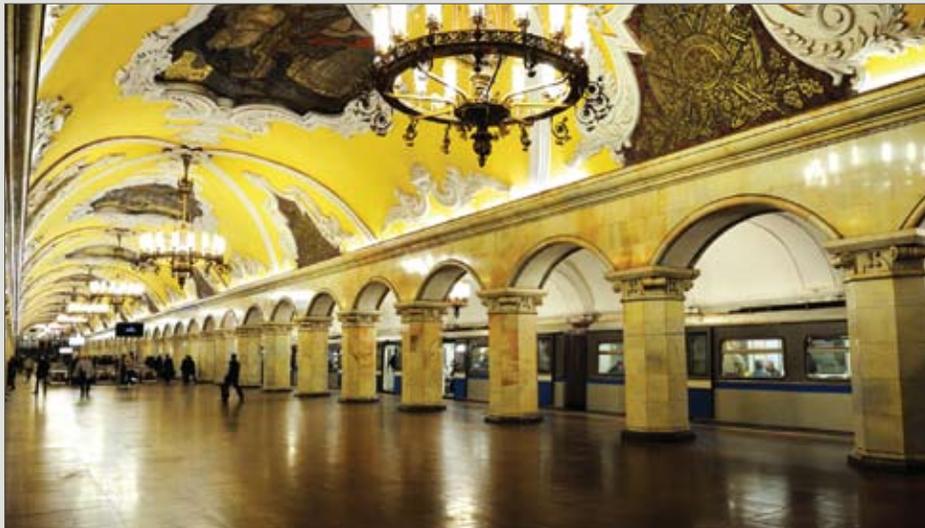
При проектировании и строительстве новых перегонов и станционных комплексов учитываются ли пожелания соответствующих служб метрополитена?

Евгений Козин:

— Основным документом, регламентирующим деятельность ГУП «Петербургский метрополитен» и СПб ГКУ «Дирекция транспортного строительства», является «Регламент взаимодействия между Комитетом по развитию транспортной инфраструктуры и Комитетом по транспорту Санкт Петербурга и подведомственными им предприятиями и учреждениями по вводу в эксплуатацию объектов капитального строительства метрополитена». В соответствии с ним мы в течение одного месяца по запросу СПб ГКУ «Дирекция транспортного строительства» готовим исходные технические требования, которые включают в себя объективные предложения наших подразделений по обеспечению безопасности и эффективности транспортного обслуживания.

В практике метрополитена возникали прецеденты, когда проектная организация по ряду причин не выполняла требования. Главным доводом при этом называлась

Вопросы эксплуатации Московского метрополитена



Пассажиропоток и подвижной состав

В будние дни поезда Московского метрополитена перевозят более 8,5 млн пассажиров. На самых востребованных линиях выдерживается в часы пик минимальный интервал движения поездов. Он составляет 90 секунд. Благодаря этому метрополитен выпускает на линии более 12 тыс. поездов в сутки. Их общая вме-

стимость превышает 15 млн пассажиров в день.

В московском метро проходит масштабная программа по обновлению подвижного состава. Темпы, которые выдерживает предприятие, не имеют мировых аналогов. Сейчас в подвижной парк метрополитена поступают только поезда «Москва» — более комфортные и вместительные, чем их предшественники. Впервые они появились в 2017 году на самой востребованной

линии — Таганско-Краснопресненской, где суточный пассажиропоток достигает 1,2 млн человек. Сейчас поезда «Москва» также ходят по Калужско-Рижской, Филевской, Солнцевской и Большой кольцевой линиям. Всего в этом году в метро поставят 69 таких составов, их общее количество составит 171 шт.

Импортозамещение

Закупка любого оборудования в Московском метрополитене происходит на конкурсной основе. И часто, несмотря на жесткие требования, выигрывают именно российские производители. Яркий тому пример — инновационный поезд «Москва», который является отечественной разработкой.

Системы вентиляции

Благодаря планомерной работе по замене систем вентиляции воздух в Московском метрополитене отвечает всем установленным нормам. Обновлено более 517 агрегатов в 270 шахтах метро, что позволило увеличить на треть приток воздуха в тоннели и на станции, а значит, сделать пребывание пассажиров в метро более комфортным. Замене подлежат агрегаты, которые проработали значительный

невозможность получения положительного заключения ФАУ «Главгосэкспертиза России». Пример — применение фуникулера для перевозки пассажиров из числа мало-мобильной группы населения, на который отсутствуют нормативы в СП 32 105 2004 «Метрополитены». Также возникали вопросы вариантов двухсторонних трактовок проектной организацией нормативных документов.

Необходимо отметить, что метрополитен занимает принципиальную позицию и придерживается следующих критериев: соответствие рабочей документации утвержденному техническому заданию и проектной документации, получившей положительное заключение госэкспертизы; соответствие рабочей документации действующим нормативным и законодательным документам РФ на момент ее разработки; техническая возможность интеграции принятых систем, оборудования с действующими системами ПМП; соответствие проектных решений действующим локальным актам ПМП, регули-

рующим эксплуатационную деятельность метрополитена.

При строительстве используется принцип соответствия утвержденной рабочей документации. Любые изменения вносятся проектным институтом через авторские записи.

Сергей Шамин:

— При проектировании и строительстве заказчик в лице Минстроя Самарской области согласовывает технические задания со специалистами метрополитена.

Аркадий Чмыхайло:

— Соответствующие службы МУП «Новосибирский метрополитен» в обязательном порядке предоставляют необходимую информацию и свои конкретные предложения при строительстве новых перегонов и станций. В частности, с учетом наших рекомендаций МУП «Управление заказчика по строительству подземных транспортных сооружений» выполнило проектно-сметную документацию для новой станции по Ле-

нинской линии — «Спортивная». Она должна быть построена к Чемпионату мира по хоккею среди молодежных команд, который состоится в Новосибирске в 2023 году.

Владимир Кокоулин:

— Проектированием и строительством новых перегонов и станционных комплексов занимаются специализированные проектные учреждения, которые, при соответствующем техзадании, учитывают пожелания технических служб метрополитена.

Вопрос электрообеспечения метрополитена — один из самых важных. Предусмотрена ли возможность подачи электроэнергии в метро при нарушении работы основной и резервной схем?

Евгений Козин:

— Безусловно, от бесперебойности электроснабжения напрямую зависит выполнение графика движения поездов,

срок. Новые вентиляторы отвечают всем современным техническим требованиям. Они надежнее, экономичнее и обладают улучшенными аэродинамическими характеристиками. При этом в большинстве своем это техника отечественного производства.

Системы пожаротушения

Московский метрополитен сегодня состоит из 14 линий, включая Московское центральное кольцо и Московский монорельс, 261 станции и 20 депо с общей протяженностью пути в 440 км. Поэтому применить типовой проект системы пожаротушения для такого сложного и огромного предприятия просто невозможно.

Система пожаротушения в московском метро учитывает особенности каждой конкретной станции. Ведется постоянный мониторинг достижений в сфере пожаротушения, задействованы самые современные технологии. Как только появляются более надежные и качественные решения — их начинают внедрять в столичной подземке.

Сейчас обновляется система автоматической противопожарной защиты на 174 объектах метро, разработана программа по оборудованию релейных сигнализации централизации и блокировки (155 штук),

кроссовых и радиоузлов (197 штук) автоматическими установками пожаротушения. Кроме того, предусматривается вывод сигналов в единый центр удаленного диспетчерского контроля и мониторинга работы систем пожарной автоматики.

Системы контроля

Московский метрополитен создал одну из самых современных систем транспортной безопасности. В результате количество преступлений и правонарушений в метро сократилось в два раза.

С 2017 года в круглосуточном режиме работает пункт управления обеспечения транспортной безопасности (ПУОТБ). Это единый центр, куда стекаются все данные с объектов инфраструктуры метро. Создание такой системы позволяет реагировать на нештатные ситуации в десять раз быстрее, по сравнению с традиционными способами.

Сегодня на всех станциях метро и на МЦК установлены камеры видеонаблюдения. Они дают возможность разглядеть любого входящего и выходящего пассажира. Камеры подключены к системе интеллектуального видеонаблюдения, которая вычисляет нестандартные ситуации в поездах и на станциях. В любое время дежурный оператор обрабатывает



информацию с камер и готов оперативно отреагировать на нештатную ситуацию, связавшись с нужным подразделением метрополитена или сотрудниками правоохранительных органов.

*Пресс-служба
Московского метрополитена*

безопасность перевозки и культура обслуживания пассажиров.

Электроснабжение тяговой сети осуществляется по децентрализованной (распределенной) системе, в которой подвижной состав и потребители инфраструктуры получают питание от совмещенных тягово понизительных подстанций, расположенных под землей вблизи станций метрополитена.

Согласно действующим правилам, электроснабжение тягово-понижительных подстанций осуществляется по кабельным сетям от трех, а при отсутствии технической возможности — от двух независимых источников питания энергосистемы города. В качестве первого выступает непосредственно подстанция городского питающего центра, в качестве второго и третьего — соседние подстанции на линии. При проектировании учитываются различные режимы питания, предусматриваются параллельные питающие линии, резервное оборудование, запасы по мощности.

За состоянием системы электроснабжения круглосуточно следит энергодиспетчер. При пропаже внешнего питания одной из подстан-

ций диспетчер по средствам телеуправления подключение подстанции по резервной схеме. При этом потребители электроэнергии работают в своем обычном режиме. Кратковременный перерыв во внешнем электроснабжении одной подстанции не сказывается на графике движения поездов.

В случае пропажи внешнего электроснабжения всех подстанций какой-либо из линий предусмотрена возможность подачи напряжения по кабельным переключкам с другой линии, что позволяет вывести поезда с пассажирами из тоннеля на станции.

Ответственные системы, такие как аварийное освещение, связь, диспетчерское управление, видеонаблюдение, устройства безопасности и т. д., подготовлены к работе в условиях полного прекращения электропитания со стороны города. Эти потребители подключены к системам гарантированного электропитания, обеспечивающим автономную работу оборудования в течение нормативного времени.

Для отработки действий персонала всех служб в аварийных ситуациях в метрополите-

не ежегодно проводятся учения, имитирующие полную пропажу электроснабжения всей линии со стороны города.

Олег Яушев:

— Для обеспечения надежного электроснабжения подвижного состава и соответствующей стабильности движения, безусловно, необходим резерв.

Каждая тяговая и совмещенная тягово-понижительная подстанция (СТП) должна иметь питание от трех независимых источников энергосистемы. Для наших станций — это городская подстанция плюс две соседних подстанции метрополитена. Таким образом, при пропаже напряжения даже на двух источниках городской сети мы можем перераспределить электроэнергию по цепочке кабельных переключков с других СТП.

Кроме того, при прекращении питания переменным током часть освещения станций, служебных помещений, тоннелей, закрытых наземных участков и помещений основных инженерно-технических установок автоматически переключается на питание от аккумуля-



торных батарей, емкости которых хватает на работу в течение часа.

Сергей Шамин:

— Для обеспечения бесперебойной работы предусмотрено питание от двух, а для особо значимых устройств метрополитена — от трех независимых источников переменного тока.

Аркадий Чмыхайло:

— У нас предусмотрена возможность подачи электроэнергии в метро при нарушении работы основной и резервной схем.

Владимир Кокоулин:

— Схема электроснабжения тяговой подстанции представляет собой взаиморезервируемую надежную систему. Нарушение одновременно основной и резервной схем возможно только при полной потере дееспособности питающих центров районных электрических сетей Екатеринбурга.

Как устроена система видеонаблюдения? Насколько она эффективна? Встроена ли в нее функция распознавания лиц?

Евгений Козин:

— Требования по оснащению метрополитена системой интеллектуального видеонаблюдения (ИСВН) появились с момента издания распоряжения Правительства РФ от 30.07.2010 №1285 «Об утверждении комплексной программы обеспечения безопасности населения на транспорте». У нас на тот момент предусматривалось оснащение 20 вестибюлей элементами ИСВН. На станции «Ладожская» при участии специалистов Центра специальной техники ФСБ России в 2012

году на протяжении двух месяцев по специальной методике проводились сравнительные испытания подобных систем семи различных производителей. В результате сформировались единые требования к системе интеллектуального видеонаблюдения в метро. В 2013 году они были изданы и рекомендованы к исполнению во всех метрополитенах России.

Причем, если вначале ИСВН предусматривала только биометрическую составляющую (то есть выявление лиц, находящихся в соответствующих базах данных), то единые требования определили комплексный подход к видеонаблюдению. С помощью средств видеонаблюдения в автоматизированном режиме происходит отслеживание нештатных ситуаций, то есть обнаружение оставленных предметов, выявление конфликтов, обнаружение случаев прохождения пассажиров в запрещенные зоны, спрыгивания на пути и т. д.

Реализация масштабного проекта началась в 2014 году. На первом этапе системой ИСВН было оснащено 14 станций. В последующие годы эта работа планомерно продолжилась. Развитие проекта ведется и в настоящее время.

Система успешно решает возложенные на нее задачи: видеонаблюдение, хранение архива видеозаписей не менее 30 дней, автоматическое обнаружение оставленных предметов.

Если взглянуть на этот вопрос более широко, то к моменту внедрения ИСВН в Петербургском метрополитене уже был накоплен большой опыт применения видеонаблюдения для обеспечения безопасности перевозок. Для решения этих задач долгое время использовалась аналого-цифровая система.

На сегодняшний день ИСВН оснащены 38 станций, в текущем году запланировано оснащение еще шести. Установлено свыше 5 тыс. видеокамер, более 200 серверов и

сетевых хранилищ. На маленьких станциях насчитывается до 100 видеокамер, на больших пересадочных узлах — 300. Просматриваются практически вся пассажирская зона, периметр станций, весь наклонный ход, входы в служебные помещения. Хочется отметить, что на текущий момент Петербургский метрополитен оснащен не только одной из самых современных, но и наиболее крупной системой видеонаблюдения в Восточной Европе.

Система автоматизированного обнаружения оставленных предметов оснащена оборудованием, включающим в себя по 10 камер на каждой станции. Информация о бесхозном предмете поступает в два адреса: либо напрямую в ситуационный центр метрополитена, либо в пункт управления транспортной безопасности станции.

Сейчас проводится испытание системы по обнаружению пассажиров, движущихся в неправильном направлении, и по автоматизированному обнаружению их большого скопления. В 2018 году мы опробовали те решения, которые имеются на рынке, и пришли к выводу, что они не соответствуют нашим требованиям. Эти программные продукты были отправлены в доработку.

В перспективных планах — системы контроля путевого пространства и междверного пространства в вестибюлях станций.

Кроме того, в настоящее время ведется работа по внедрению подсистемы биометрической видеоидентификации, но необходимо понимать, что в данном случае ключевым пользователем метрополитен являться не будет, основная наша задача — это четкое взаимодействие с причастными силовыми структурами.

Олег Яушев:

— В МП «Нижегородское метро» эксплуатируются две системы видеонаблюдения — «Интеллект» и «Трассир». Они успешно решают ряд задач: помогают контролировать ситуацию на станциях и оперативно узнавать о ЧС; хранить архив видеозаписей; обеспечивать безопасность пассажиров и персонала. Функция распознавания лиц в эти системы не встроена.

Сергей Шамин:

— У нас используется аналоговая система видеонаблюдения без функции распознавания лиц.

Аркадий Чмыхайло:

— В соответствии с требованиями Анти-террористической комиссии и Управления ФСБ по Новосибирской области на всех станциях метрополитена и в инженерном корпусе

действует система видеонаблюдения и передачи видеoinформации в ситуационный центр. Функция распознавания лиц в данный момент отсутствует, рассматриваются различные проекты ее внедрения.

Владимир Кокоулин:

— Система видеонаблюдения основана на программно-аппаратном комплексе «Интеллект», устроенном по принципу модульной архитектуры. За управление различными подсистемами и реализацию сервисных функций отвечают программные модули, которые могут быть установлены на различные серверы, в том числе расположенные на большом удалении друг от друга.

Работа построена на распределенной структуре видеосерверов, информация с которых передается в центр обеспечения безопасности. Эти свойства позволяют создавать на платформе «Интеллекта» дополнительные сложные и эффективные системы. Информация, полученная с камер видеонаблюдения, может быть использована в случае чрезвычайной ситуации и для проведения организационно-розыскных мероприятий.

Какие меры по повышению уровня безопасности были предприняты после теракта в апреле 2017 года в Санкт-Петербурге?

Евгений Козин:

— С момента тех трагических событий, произошли значительные изменения в законодательной базе. Так, принято Постановление Правительства РФ от 05.04.2017 №410 «Об утверждении требований по обеспечению транспортной безопасности, в том числе, требований к антитеррористической защищенности объектов (территорий), учитывающих уровни безопасности для различных категорий метрополитенов».

У нас создано подразделение по обеспечению транспортной безопасности (ПТБ), включающее в себя службу транспортной безопасности (СТБ). В соответствии с решением Антитеррористической комиссии Санкт-Петербурга от 27.04.2017 проведено увеличение численности инспекторского состава СТБ. Сформированы группы быстрого реагирования. Организована работа по проведению профессионального обучения работников из числа сил обеспечения ТБ по соответствующим программам, в том числе, по изучению методов наблюдения, собеседования и выявления лиц, в поведении которых усматриваются признаки подготовки к совершению акта незаконного вмешательства.

Кроме того, внесены изменения в органи-

зационные мероприятия: введен учащенный график осмотра и обходов; произведено обследование всех объектов метрополитена по выявлению наиболее возможных мест размещения взрывных устройств; в целях пресечения административных правонарушений, а также случаев нарушения пассажирами правил пользования метрополитеном, значительно увеличено количество мобильных групп; производится информирование пассажиров посредством звукового оповещения, на сайте метрополитена, стойках передачи тревожной информации о повышении бдительности, в том числе при обнаружении бесхозных предметов; с установленной периодичностью проводятся учебные мероприятия для профильных ответственных служб.

Наряду с этим постоянно продолжается работа по оснащению современными техническими средствами, включая модернизацию пунктов досмотра. Мы также провели дополнительную оценку уязвимости объектов метрополитена, по результатам которой были внесены изменения в планы обеспечения транспортной безопасности.

Олег Яушев:

— МП «Нижегородское метро» предпринимает все возможные меры для обеспечения безопасности пассажиров. В декабре 2017 года у нас было образовано специальное подразделение штатной численностью 468 человек. Его работники проходят обучение по дополнительным профессиональным программам. МП «Нижегородское метро» получено свидетельство об аккредитации данного предприятия в качестве подразделения транспортной безопасности (выдано Росжелдором 10.07.2018).

Представителями органов внутренних дел и ФСБ проводились занятия с работниками сил обеспечения транспортной безопасности метрополитена по теме взрывчатых веществ и взрывных устройств. Осуществлена модернизация системы видеонаблюдения (установлены цифровые видеокамеры взамен ранее использовавшихся аналоговых), которой оснащено 38 вагонов, а срок хранения данных увеличен до 30 дней.

Головные вагоны оборудованы охранной сигнализацией. Имеющиеся инженерно-технические средства досмотра — отечественного производства, оборудование приобреталось по согласованию с надзорным органом в области обеспечения транспортной безопасности ФСБ РФ.

Сергей Шамин:

— В целях обеспечения транспортной безопасности метрополитена проводится досмотр пассажиров на контрольно-пропускных

пунктах (КПП). Они оборудованы стационарными металлодетекторами, взрывозащитными контейнерами, обнаружителями следов паров взрывчатых веществ, аппаратурой радиационного контроля и рентгеновскими установками по досмотру грузов, багажа и пассажиров. Так, например, в 2018 году было выявлено 627 предметов и веществ, запрещенных или ограниченных к перемещению в зоне транспортной безопасности.

Аркадий Чмыхайло:

— В 2018 году этим вопросам уделялось большое внимание. В соответствии с Федеральным законом «О транспортной безопасности» и во исполнение Постановления Правительства РФ №410 проведена дополнительная оценка уязвимости всех 29 объектов нашей транспортной инфраструктуры.

Продолжалась работа по профессиональной подготовке и аттестации сил обеспечения ТБ для последующей аккредитации МУП «Новосибирский метрополитен» в качестве подразделения транспортной безопасности. Начата работа, направленная на аккредитацию нас в качестве аттестующей организации (с целью проведения дальнейшей аттестации работников предприятия на собственной материально-технической базе).

Владимир Кокоулин:

— После теракта в Санкт-Петербурге нами была проведена дополнительная оценка уязвимости объектов метрополитена, разработаны дополнения в планы обеспечения их безопасности.

На всех контрольно-пропускных пунктах установлены сертифицированные видеокамеры с функцией аудиозаписи. На КПП, на границах зоны транспортной безопасности объектов Екатеринбургского метрополитена, с целью определения соответствия постоянного пропуска предъявителя, установлены терминалы, которые идентифицируют личность по уникальным биометрическим особенностям строения подкожных вен ладоней человека. Кроме организации пропускного режима, эти терминалы могут использоваться для управления замками, турникетами, другими исполнительными устройствами.

Кроме того, на контрольно-пропускных пунктах станций Екатеринбургского метрополитена установлены дополнительные ручные и стационарные металлодетекторы. С 2018 года начали обновлять оборудование для досмотра ручной клади и носимых вещей.

Все принимаемые меры, разумеется, направлены на то, чтобы свести угрозы для безопасности пассажиров к минимуму. ■

Объединяя опыт по всему миру



Messe München

НАШИ РЕШЕНИЯ, ВАШ УСПЕХ.

Выставка баума СТТ РОССИЯ,
Москва, 4 - 7 июня 2019

20
лет



**ПОЛУЧИТЕ
БЕСПЛАТНЫЙ БИЛЕТ
ПО ПРОМОКОДУ
R56GT7**

→ bauma-ctt.ru/register



Реклама

Международная выставка
строительной техники и технологий.

www.bauma-ctt.ru

bauma CTT **RUSSIA**
РОССИЯ



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.

Продолжение следует

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ МЕТРОПОЛИТЕНА И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Вопросы классификации

Внутренние размеры путевых и станционных сооружений метрополитенов установлены в соответствии с габаритами приближения строений (ГОСТ 23961-80 для колеи 1520 мм), которые предусматривают верхнее строение пути на шпалах длиной 2,65 м и контактного рельса с нижним токосъемом. При этом учитывается размещение устройств пути, электроснабжения, освещения, СЦБ и связи, автоматического торможения и автоведения поездов и т. д.

Другая классификация выделяет также притоннельные сооружения (ПС) метрополитена. Речь идет о примыкающих к перегонным и станционным тоннелям подземных выработках для технологических нужд. К ПС, в частности, относятся вентиляционные камеры и тоннели, противодутьевые вентиляционные сбойки, камеры водоотливных установок и дренажных перекачек, совмещенные тягово-понижительные

электроподстанции, а также служебные блоки при станциях, в которых располагаются технические, бытовые, складские и административные помещения, необходимые для нормальной эксплуатации метрополитена.

Конструкции несущих обделок ПС унифицированы с конструкциями станционных или перегонных тоннелей. При мелком заложении метрополитена притоннельные сооружения возводятся открытым способом в котлованах с временным креплением, при глубоком — горным способом с монтажом чугунных тубингов.

Вентиляционные камеры и тоннели с осевыми реверсивными вентиляторами размещаются у каждой станции, у оборотных тупиков и на перегонах. При расстоянии между осями станций менее 2 км на перегоне устраивается одна венткамера, более 2 км — три, которые соединяются с вентиляционными киосками, расположен-

ными на поверхности, спецшахтами, а с перегонными тоннелями — вентиляционными сбоями.

Водоотливные установки и дренажные перекачки размещаются в пониженных местах и на затяжных уклонах. Притоннельные сооружения оборудуются насосами с электроприводом и связаны с поверхностью для выброса воды в городской водосток. Каждая камера имеет водосборник с отстойником, разделенным на две части (для периодической очистки).

Есть и другие классификации, предусматривающие разделение объектов метрополитена по назначению, по видам и условиям расположения, по условиям размещения, по способам сооружения, по конструктивным характеристикам.

Виды объектов метрополитена по назначению:

- станционные комплексы: платформенные участки; эскалаторные тоннели; вестибюли;
- тяговые и понижительные подстанции;
- камеры различного назначения: водоотливных установок, вентиляционных блоков служебных помещений;
- междункты;
- перегонные тоннели;
- камеры съездов;
- шахтные стволы;
- эстакады и метромосты;
- кабельные ходки (коллекторы);
- венткиоски на линиях;
- электродепо.

С точки зрения обеспечения эксплуатационной безопасности именно такую классификацию следует признать наиболее правильной.

В данной статье наиболее подробно рассмотрим следующие вспомогательные объекты метрополитена, которые меньше всего освещены в нормативной и технической литературе:

- тяговые и понижительные подстанции (ТПП, СТП);
- камеры различного назначения: водоотливных установок (ВОУ); вентиляционных блоков служебных помещений (ВБСП); съездов.

Указанные объекты, обозначаемые как вспомогательные, играют, однако, незаменимую роль. Без них невозможно обеспечить бесперебойную и безопасную эксплуатацию метрополитена.

Ниже приведено более подробное описание названных «вспомогательных» объектов, которое поможет проектировщикам, строителям и эксплуатирующей организации правильно распределять финансовые и организационные ресурсы.

Тяговые и понижительные подстанции (ТПП; СТП)

Тяговые подстанции

Тяговые подстанции предназначены для преобразования трехфазного переменного тока напряжением 6, 10 или 20 кВ, получаемого от питающих центров, в постоянный (выпрямленный) ток напряжением 825 В для питания электропоездов. Кроме того, часть электрической энергии напряжением 10 кВ передается на понижительные подстанции.

Основным оборудованием тяговой подстанции является силовой преобразовательный агрегат. Он состоит из трансформатора, выпрямительного шкафа с кремниевыми вентилями, высоковольтного выключателя на стороне 10 кВ и быстродействующего автоматического выключателя на стороне 825 В.

Силовые трансформаторы представляют собой трехфазные преобразователи переменного тока, которые понижают напряжение переменного тока с 10 кВ до 670–770 В (и при выпрямленном токе напряжением 825–875 В). Уровень напряжения на токоприемнике электроподвижного состава должен быть не менее 550 и не более 975 В.

Кремниевый выпрямитель преобразует переменный ток в постоянный, пропуская его только в одном направлении. Точнее говоря, в силовую цепь поступает ток постоянный по направлению, но пульсирующий по величине.

Высоковольтный выключатель выполняет коммутационные функции по включению и отключению агрегата к шинам 10 кВ. Быстродействующий автоматический выключатель осуществляет защиту выпрямителя от токов обратного направления и короткого замыкания.

На каждой тяговой подстанции установлено от трех до пяти силовых преобразовательных агрегатов. Каждый из них способен длительно выдерживать нагрузку до 3000 А, а в течение 5–10 с нести двойную нагрузку.

Все тяговые подстанции оборудованы устройствами автоматики и телемеханики и управляются одним лицом — энергодиспетчером с диспетчерского пункта.

Автоматика поддерживает заданный режим работы оборудования, обеспечивает повторное включение фидеров 825 В в случае отключения их быстродействующим автоматом и включает (при необходимости) резервные агрегаты.

Устройства телемеханики позволяют энергодиспетчеру производить необходимые включения и отключения оборудования подстанции и постоянно контролировать их работу.

Понижительные подстанции

Понижительные подстанции размещают либо на пассажирской станции, либо вблизи нее. Они предназначены для понижения напряжения переменного тока 6, 10 или 20 кВ, получаемого по кабелям от одной или двух ближайших тяговых подстанций, и передачи питания соответствующим потребителям электрической энергии.

На понижительной подстанции к шинам 10 кВ через высоковольтные выключатели подсоединяются понижающие трансформаторы, несущие различные нагрузки потребителей. Электропитание эскалаторов, сантехнических устройств и других силовых установок производится от двух трансформаторов ТМ-1 и ТМ-2, которые подключены к разным секциям шин напряжением 10 кВ. В случае отключения одного из них всю нагрузку принимает на себя другой.

Пониженное до 380 В напряжение подается на силовую шит и далее к потребителям.

Питание устройств СЦБ осуществляется трехфазным переменным током от одного из двух самостоятельных трансформаторов АДП-1 или АД-2, подключенных к разным секциям шин 10 кВ и выдающих энергию на шит СЦБ 380 В. Один из них является резервным. Переключение с основного трансформатора на резервный происходит автоматически при срабатывании следящих приборов.

Аналогичным образом к шинам 10 кВ подключены два трансформатора освещения ТО-1 и ТО-2. Для питания цепей освещения в случае исчезновения переменного тока на СТП и основных понижительных подстанциях установлены мощные свинцовые кислотные аккумуляторные батареи напряжением 150 В, рассчитанные на работу в течение не менее часа. Переключение на них происходит автоматически.

Аккумуляторные батареи находятся на постоянном подзаряде, для чего служат специальные устройства.

Трансформаторы освещения вторичными обмотками подключены к рабочим секциям освещения, а аккумуляторная батарея — к аварийной секции, через которые нагрузка равномерно распределяется среди потребителей.

Для распределения нагрузок среди потребителей понижительные подстанции имеют сборные шины; для отключения и включения участков цепи установлены разъединители с рычажным приводом. Для защиты аппаратов от перегрузок и переключений в цепях имеются масляные или воздушные выключатели. Отдельные цепи, идущие к потребителям, защищены плавкими предохранителями и автоматическими выключателями.

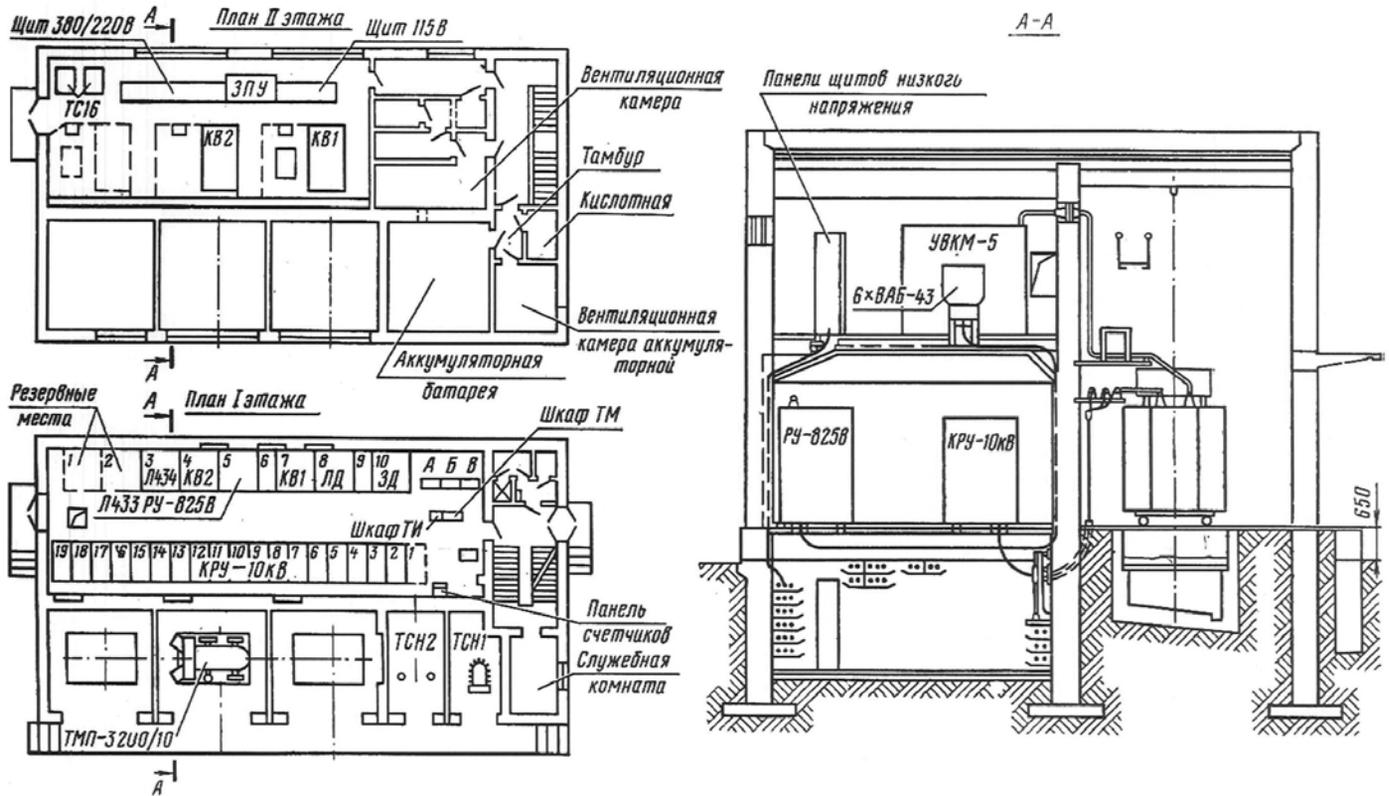


Рис. 1. Размещение электрооборудования на наземной тяговой подстанции

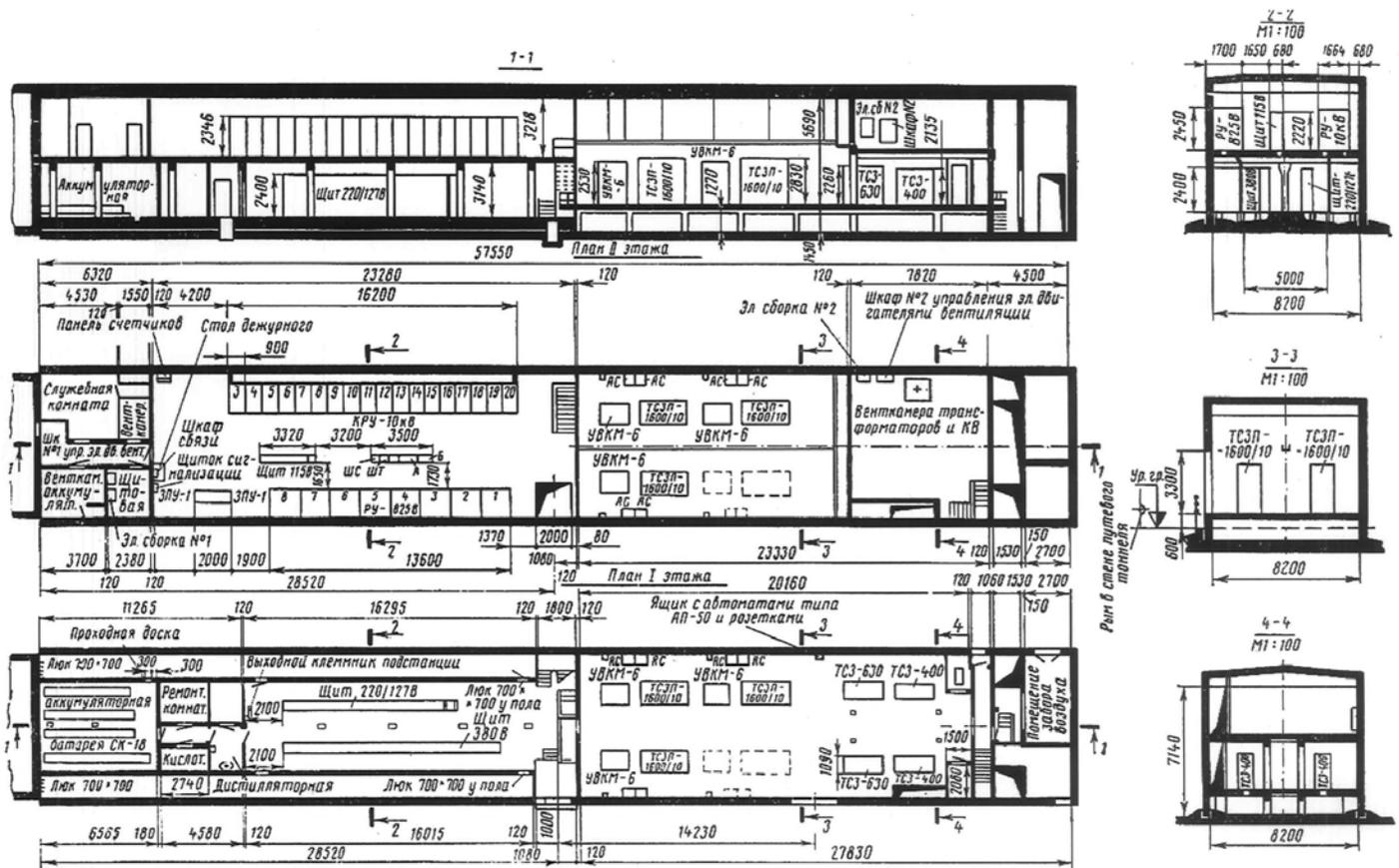


Рис. 2. Размещение электрооборудования на совмещенной тягово-понижительной подстанции мелкого заложения с сухими трансформаторами

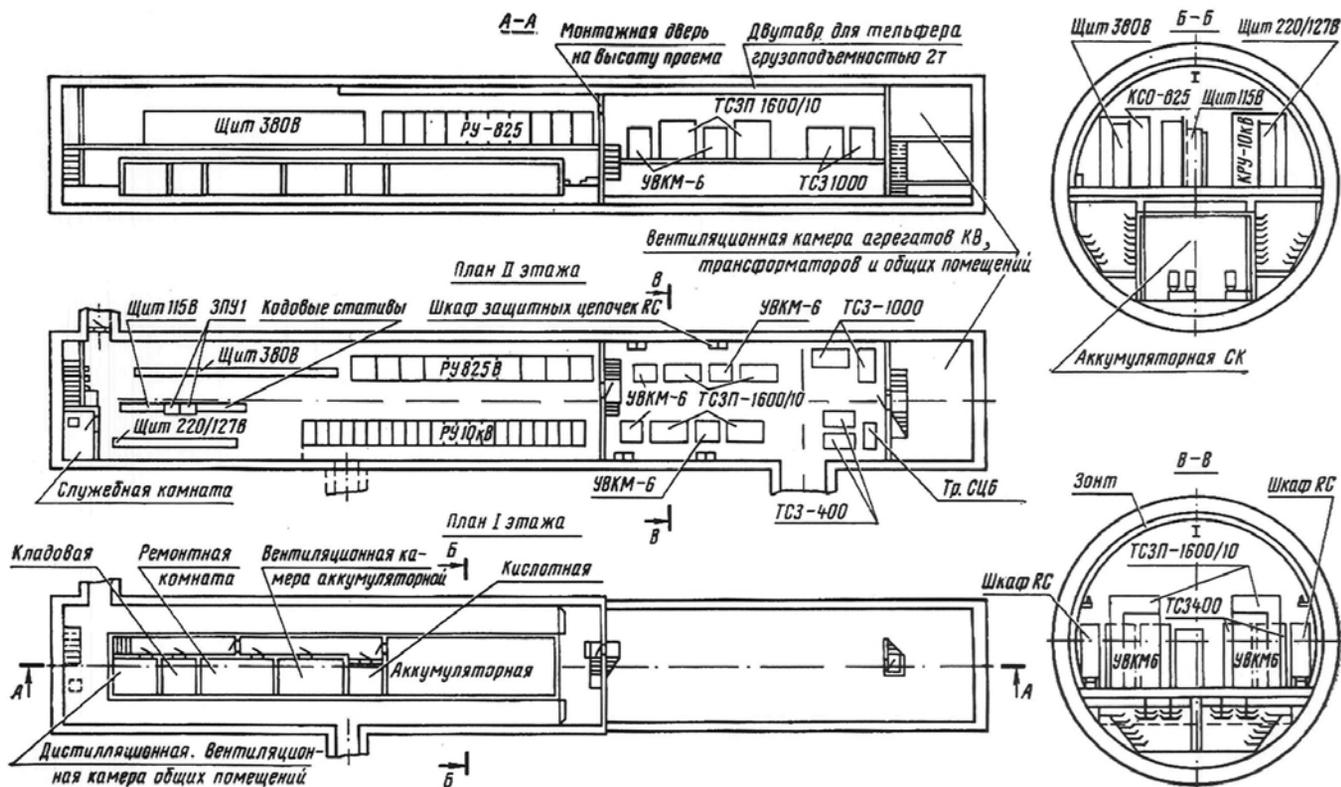


Рис. 3. Размещение электрооборудования на совмещенной тягово-понижительной подстанции глубокого заложения с сухими трансформаторами

На площадке депо имеются самостоятельные понижительные подстанции наземного исполнения. Такая подстанция получает питание по двум кабелям 10 кВ от ближайшей тяговой подстанции и понижает напряжение до 380, 220 и 127 В. Она питает потребителей переменного тока: депо и предприятия метрополитена, расположенных на его площадке (заводы, мастерские, лаборатории и т. п.). Аккумуляторные батареи на таких подстанциях не ставят.

Совмещенные тягово-понижительные подстанции

Совмещенные тягово-понижительные подстанции (СТП) служат для преобразования переменного тока 6, 10 или 20 кВ в постоянный напряжением 825 В, необходимый для движения электропоездов и для понижения напряжения переменного тока до 380, 220 и 127 В, необходимого для питания потребителей электроэнергии.

Тяговая часть СТП выполнена идентично с тяговой подстанцией и также оборудована устройствами автотелеуправления; разница состоит лишь в том, что количество преобразовательных агрегатов на СТП — в пределах от одного до трех, то есть меньше.

В совмещенной тягово-понижительной подстанции основные вводы от питающих центров 10 кВ подходят к шинам 10 кВ СТП,

состоящим из двух секций, соединяемых выключателем, который в нормальном режиме отключен. Питание производится от двух или трех различных источников. Первая секция шин 10 кВ получает его непосредственно от городского питающего центра, вторая — через кабельные перемычки с первой секции одной или двух соседних смежных подстанций.

С силовых преобразовательных агрегатов тяговой части СТП ток поступает на шину +825 В, от которой питающие фидеры идут к контактному рельсу. На подстанции к шине -825 В ток возвращается по ходовым рельсам и подключенным к ним кабельным отсосам.

Понижительная часть аналогична обычной понижительной подстанции.

Тяговые подстанции (как ТП, так и СТП) имеют два режима работы: во время движения поездов и во время ночного «окна», когда оборудование, относящееся к питанию электропоездов, отключают.

Понижительные подстанции в течение суток практически не меняют своего режима, и в работе находится все их оборудование, кроме резервного.

В Московском метрополитене СТП расположены на каждой станции (кроме линий первых четырех очередей) в их торце, в специальных подземных выработках. В настоящее время являются основным типом подстанций при сооружении новых линий метро в РФ.

На рис. 1–3 представлена конструктивная компоновка и расположение оборудования на наземной тяговой подстанции, на совмещенных тягово-понижительных подстанциях мелкого и глубокого заложения.

СТП глубокого заложения обычно располагаются по оси станции со стороны эскалаторного тоннеля между перегонными тоннелями в чугунной обделке наружным диаметром 8,5 или 8,66 м из тубингов конструкции Шахтспецстроя (рис. 4, табл. 1). В отдель-

Таблица 1.
Потребность тубингов конструкции Шахтспецстроя на 1 м длины совмещенной тягово-понижительной подстанции

Марка тубинга	Масса одного тубинга, т	Число тубингов
8,0-60	1,423	8
8,0-30	0,905	6
85-ЛПУ	0,155	4

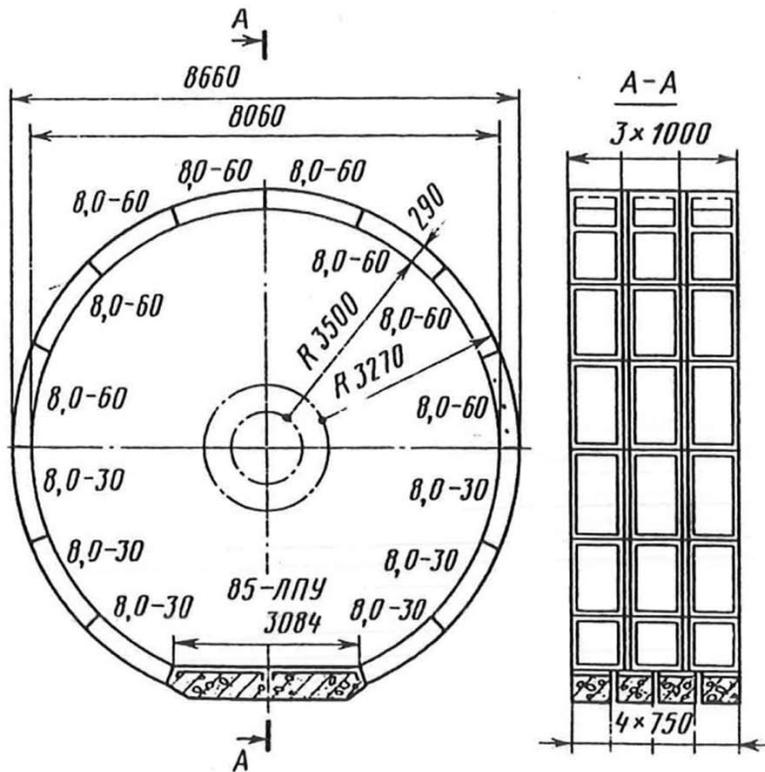


Рис. 4. Обделка СТП из чугунных тьюбиров конструкции Шахтспецстро с плоским лотком

ных случаях, когда междупутье не позволяет установить подстанцию между перегонными тоннелями, ее располагают рядом с одним из них. Длина СТП составляет около 70 м. По внутренней поверхности подстанции устраивают водоотводный зонт из асбоцементных или стеклопластиковых листов.

Внутренние конструкции СТП (перекрытия, стены, перегородки) выполняют из железобетонных элементов заводского изготовления; узлы, сопряжения, опорные конструкции — из монолитного железобетона и бетона класса В15.

Как указывалось выше, прочностные расчеты конструкций СТП осуществляются по таким же методикам и программным комплексам, как и для «основных» сооружений метрополитена.

Совмещенные тягово-понижительные подстанции выполняют важную роль как в работе существующей АСУ метрополитена, так и в разрабатываемой сейчас для мониторинга технического состояния его сооружений.

Эти две автоматизированные системы управления предназначены для гарантированного обеспечения эксплуатационной безопасности. ■



КОМПОЗИТ-ЭКСПО

Двенадцатая международная специализированная выставка

23 - 25 апреля 2019

Москва, ЦВК «Экспоцентр», пав. 1

Основные разделы выставки:

- Сырье для производства композитных материалов, компоненты: смолы, добавки, термопластики, углеродное волокно и т.д.
- Наполнители и модификаторы
- Стеклопластик, углепластик, графитопластик, базальтопластик, базальтовые волокна, древесно-полимерный композит (ДПК), т.д.
- Полуфабрикаты (препреги)
- Промышленные (готовые) изделия из композитных материалов
- Технологии производства композитных материалов со специальными и заданными свойствами
- Оборудование и технологическая оснастка для производства композитных материалов
- Инструмент для обработки композитных материалов
- Измерительное и испытательное оборудование
- Сертификация, технический регламент
- Компьютерное моделирование
- Утилизация

Специальный раздел выставки:
КЛЕИ И ГЕРМЕТИКИ





Параллельно проводится выставка:
ПОЛИУРЕТАНЭКС
11-я международная специализированная выставка
www.polyurethane.ru

Информационная поддержка:



Дирекция:
Выставочная Компания «Мир-Экспо»
115230, Россия, Москва, Хлебозаводский проезд, дом 7, строение 10, офис 507
Тел.: 8 495 988-1620 | E-mail: info@composite-expo.ru | Сайт: www.composite-expo.ru

YouTube [youtube.com/user/compoexporussia](https://www.youtube.com/user/compoexporussia) **Twitter** @compoexporus

Организаторы:





В феврале в Казани состоялась XVIII ежегодная Конференция предприятий-членов Международной ассоциации специалистов горизонтального направленного бурения (МАС ГНБ). Обсуждались итоги минувшего года, проблемы и перспективы развития. В ключевом докладе президент ассоциации Александр Брейдбурд представил результаты аналитического исследования современного российского рынка ГНБ, которое мы и предлагаем вашему вниманию.

Подготовила
Наталья АЛХИМОВА

РЫНОК ГНБ: ОТ КРИЗИСА К ПЕРСПЕКТИВАМ

В исследовании рынка по итогам работы в 2018 году принимали участие предприятия — члены МАС ГНБ и еще ряд профильных компаний из разных регионов. Были охвачены территории практически всех федеральных округов России. Это важное обстоятельство, потому что оно, а также участие в исследовании предприятий из всех основных отраслей — заказчиков работ по ГНБ, дает право утверждать, что полученные результаты с высокой степенью точности можно распространить на отечественный рынок в целом.

Итак, за 25 лет внедрения техники и технологии горизонтального направленного бурения в практику бестраншейного строительства подземных коммуникаций различного назначения в Российской Федерации подотрасль пережила разные этапы, от бурного развития до глубокого, системного, практически трехлетнего кризиса 2015–2018 гг.

По итогам работы в прошлом году можно обоснованно сделать вывод о том, что максимальная концентрация комплексов ГНБ и предприятий, их эксплуатирующих, находится на территориях Уральского, Центрального и Приволжского федеральных округов. Здесь сконцентрировано 77% респондентов исследования. Отрасли, в которых работали предприятия, участвовавшие в исследовании, —

это ЖКХ (24%), связь и коммуникации (7%), электроэнергетика (7%), промышленное и гражданское строительство (7%), нефтегазовое строительство (10%) (рис.1).

45% работ на рынке ГНБ выполняют специализированные компании. «Это интересная цифра, — прокомментировал Александр Брейдбурд. — Подобные исследования мы проводим 16 лет подряд, и, например, в 2008 году таких предприятий было 65%. Последние данные свидетельствуют о том, что многие специализированные компании освоили иные направления работы, перестали быть моноориентированными на ГНБ, диверсифицировались. С одной стороны, это хорошо, с другой — такая цифра (45%) говорит о том, что многие наши прежние заказчики, прежде всего в отраслях газораспределения, электроэнергетики, жилищно-коммунального хозяйства, стали сами эксплуатировать технику ГНБ».

Техническая оснащенность специализированных предприятий

В среднем предприятия, входящие в МАС ГНБ, в 2018 году эксплуатировали 2,6 комплекса горизонтального направленного бурения различного усилия прямой/обратной тяги. Для сравнения: в США аналогичный

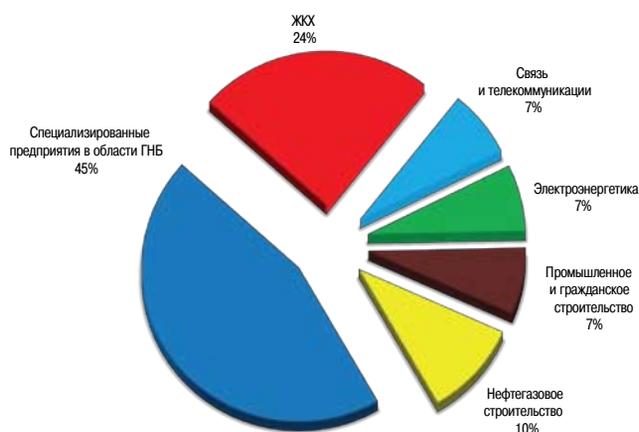


Рис. 1. Распределение предприятий-участников исследования МАС ГНБ по отраслям за 2018 год

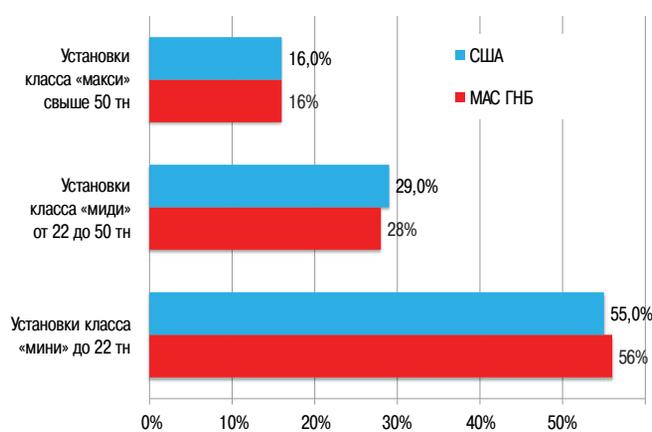


Рис. 2. Распределение буровых комплексов, находящихся в эксплуатации у предприятий – членов МАС ГНБ и предприятий из США по значениям усилия прямой/обратной тяги за 2018 год

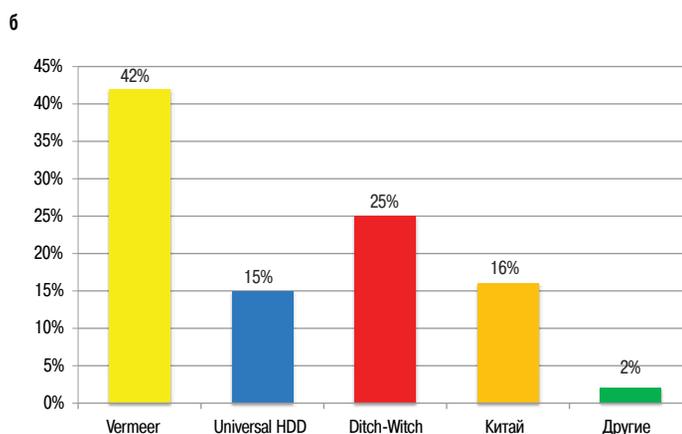
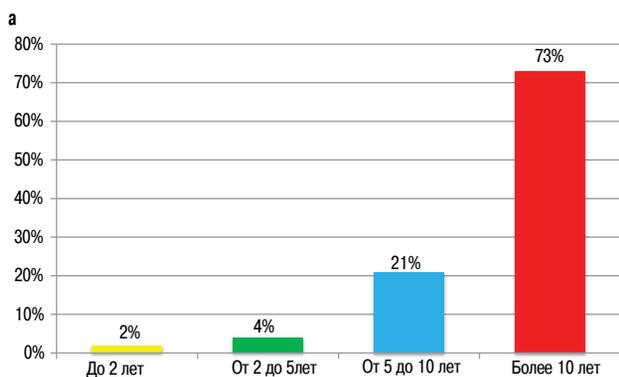


Рис. 3. Распределение эксплуатируемых комплексов ГНБ класса «мини» а – в зависимости от года их выпуска; б – по производителям

показатель сейчас составляет 6,3. Причем только 3% участников исследования использовали в работе 7–10 комплексов ГНБ. В основном подотрасль состоит из небольших компаний, владеющих 1–3 буровыми установками. Такие предприятия не обладают стабильностью, необходимой для уверенной работы на рынке. Они часто ориентированы на одного конкретного заказчика, а в современной экономической ситуации, по мнению Александра Брейдбурда, следует быть полиориентированными. Необходимо расширять, усиливать и модернизировать парк эксплуатируемых буровых комплексов с целью решения как можно более широкого спектра задач бестраншейного строительства.

Для анализа ситуации по комплексам ГНБ специалисты ассоциации много лет подряд рассматривают в качестве основных параметров два — распределение по усилию прямой/обратной тяги и по году выпуска. Результаты сравниваются с американскими, потому что в других странах подобные исследования либо не проводятся, либо не имеют системного характера.

Безусловно, этот рынок в США существенно более емкий, чем у нас. Вместе с тем распределение буровых комплексов, находящихся в эксплуатации у российских предприятий МАС ГНБ и у американских компаний, по значениям усилия прямой/обратной тяги абсолютно идентично (рис. 2). Это — практически единственный удовлетворительный для нас параметр в сравнительном анализе.

Если обратить внимание на буровые комплексы класса «мини» (рис. 3а), то можно видеть, что в этом сегменте техники 73% российских машин старше 10 лет. То есть они уже отслужили свой срок, в течение которого с максимальной вероятностью работают в штатном и безопасном режиме. Кроме того, современный буровой комплекс и десятилетний, в принципе, сравнивать сложно, потому что технический прогресс уже шагнул далеко вперед.

Что же касается распределения техники класса «мини» по ее производителям, то представлена в основном продукция компаний из США, которые исторически формировали данный рынок в России: Vermeer (42%),

Universal HDD (15%), Ditch-Witch (25%) (рис. 3б). Соответственно, почти все имеющееся у нас оборудование, фактически устаревшее, — американского происхождения, и только высокое качество этих машин позволяет отечественным предприятиям хоть как-то функционировать на рынке.

Количество аварий в городах — а машины класса «мини» работают преимущественно там — уже недопустимо большое. Основная причина — отказы изношенной техники. «Надо понимать, что заказчик, который столкнулся с такими инцидентами, в другой раз подумает, стоит ли связываться с горизонтальным направленным бурением — или лучше поискать иные технологии», — сетует президент МАС ГНБ.

В классе «миди» — похожая картина (рис. 4). Старше 10 лет — 63% машин. Такая техника становится просто небезопасной. И чем выше класс усилия прямой/обратной тяги комплекса ГНБ, чем больше длина трубы и ее диаметр, тем выше цена аварии для подрядчика. К тому же на сегодняшний день законодательство построено так, что

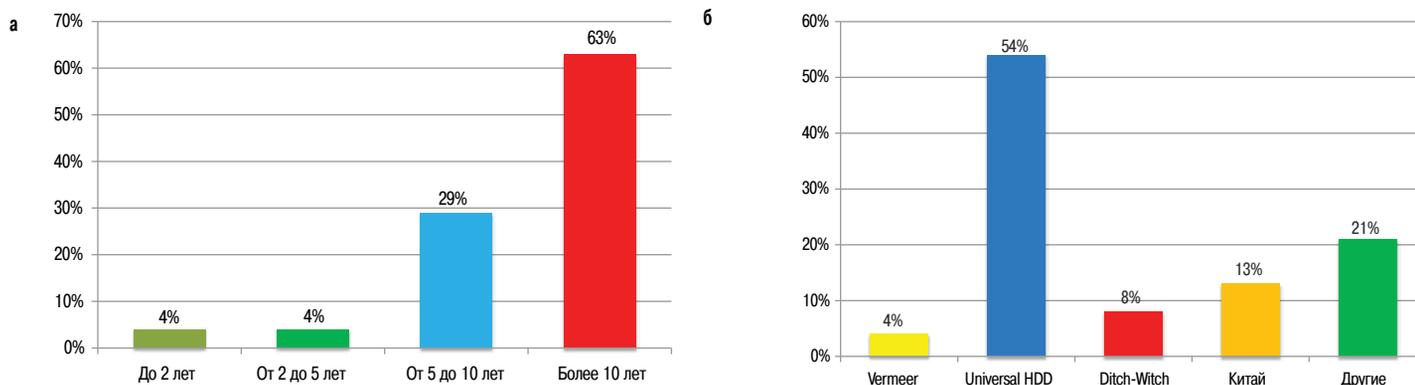


Рис. 4. Распределение эксплуатируемых комплексов ГНБ класса «миди»: а – в зависимости от года их выпуска; б – по производителям

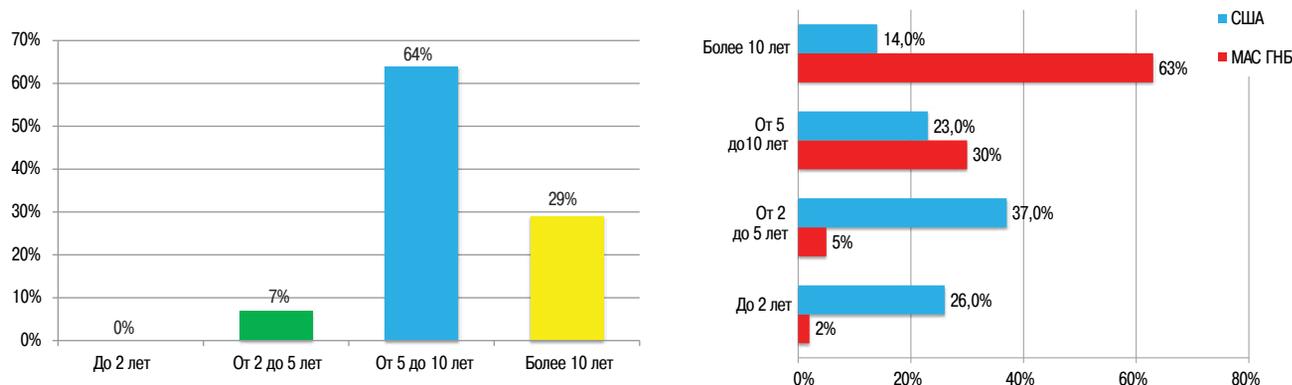


Рис. 5. Распределение эксплуатируемых комплексов ГНБ класса «макси» в зависимости от года их выпуска

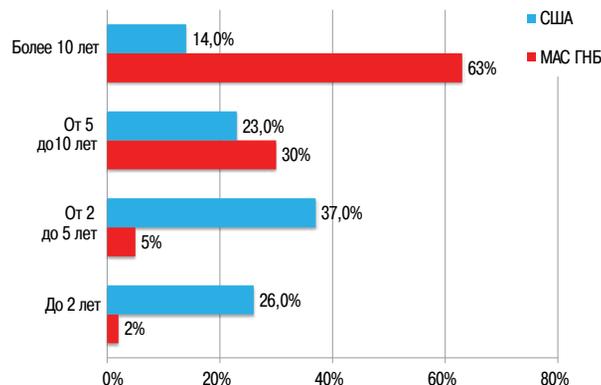


Рис. 6. Распределение буровых комплексов, находящихся в эксплуатации у предприятий-членов МАС ГНБ и предприятий из США, по году их выпуска в 2018 году

основные риски лежат именно на подрядной организации.

По мнению Александра Брейдбурда, необходимо принимать срочные меры, чтобы изменить ситуацию, найти возможность закупать новую технику или, по крайней мере, бывшую в эксплуатации, но не выработавшую ресурс и прошедшую заводскую реновацию, и кредитоваться, использовать лизинговые схемы и т. д. Варианты есть.

Единственный класс техники, где преобладают другие тенденции — «макси», но только из-за того, что он появился у нас позже. Только этот сегмент по году производства установок ГНБ коренным образом отличается — в нем основная доля (64%) принадлежит машинам, выпущенным 5–10 лет назад (рис. 5).

Если обобщить сказанное, то подавляющую долю российского рынка на конец 2018 года занимают комплексы ГНБ старше 10 лет — 63%. Сравним: в США аналогичный сегмент составляет только 14% (рис. 6). Доля же машин в возрасте до 2 лет — 26%, 2–5 лет — 37%, 5–10 лет — 23%, причем новая техника обладает более высокими возможностями. Такая же тенденция, кстати, характерна для азиатского и европейского рынков.

По информации респондентов аналитического исследования, в 2018 году свой парк установок пополнили 9% предприятий-

членов МАС ГНБ. Это, безусловно, позитив, характеризующий некоторый подъем рынка, потому что такой же показатель был в докризисном 2014 году. А в 2015 году он соответствовал 2%, в 2016–2018 гг. — 0%.

6% предприятий — членов МАС ГНБ пополнили свой парк за счет техники, ранее бывшей в эксплуатации. В 2015 году таких было 4%, в 2016-м — 0%, в 2017-м — 2%.

Надежность имеющихся комплексов респонденты оценивают в 4,3 балла по 5-бальной шкале. Для столь возрастной техники это очень даже неплохо. Ремонтпригодность — в 4,4, а вот скорость окупаемости — ниже 4, что совершенно неудовлетворительно. Обусловлено же это, прежде всего, тем, что заказчики все чаще не соблюдают договорные сроки оплаты работ. (Кстати, пунктуальность расчетов руководители компаний ГНБ оценивают в 3,1 балла.) Скорость окупаемости с учетом возраста парка — это фактически «поток денег», которого в данном случае нет. «Во многом именно поэтому наши предприятия и не могут динамично развиваться», — делает вывод Александр Брейдбурд.

Радует, однако, что в конце 2018 года явно был заметен существенный рост количества заказов на бестраншейное строительство подземных коммуникаций по технологии

ГНБ. Кроме того, согласно результатам опроса, приобретать технику в 2019 году намерены 39% участников рынка. Сравним: в 2010-м было 10%, в 2018-м — 11%.

Производственная деятельность в 2018 году

«На чем работаем — такие и результаты имеем», — подчеркивает президент МАС ГНБ. Вот несколько цифр. В 2018 году среднегодовой объем строймонтажа по бестраншейному строительству подземных коммуникаций по технологии горизонтального направленного бурения в среднем составил 49,2 млн рублей на одно предприятие — участника исследования. А вот в 2011 году, например, это было 75 млн рублей. В 2018 году респонденты в среднем проложили 8,5 км подземных коммуникаций различного диаметра в разных грунтах. Сравним: в 2008-м — 15 км, в 2011-м — 20, в 2013-м — 17.

Прошлый год дал отрицательный рекорд за все годы исследований. Кстати, комплексы класса «мини», при том, что на рынке преобладают именно такие установки, построили всего 36% общей протяженности установленных трубопроводов по технологии ГНБ.

Комплексами класса «макси» выполнено лишь 4% таких работ. «Хотя в этом сегменте

есть и деньги, и — теоретически — объемы, — отмечает Александр Брейдбурд. — Только буровых комплексов не хватает, и на сегодняшний день строить практически некому. Следовательно, для предприятий ГНБ это вектор будущего развития».

По итогам работы в 2018 году средняя длина переходов, построенных российскими предприятиями, составляет 108 м. В США эта цифра — 298 м.

Еще один вопрос в том, в каких грунтах приходится работать буровым установкам. Согласно исследованию, в 2018 году наблюдался традиционный расклад: 43% — суглинок, 19% — глина, 22% — песок, а скальные породы — всего 6%. Скал в России, однако, много, но для таких условий нужен специальный буровой инструмент и специально обученный персонал. Этим обладает ограниченное число компаний.

«Мы продолжаем жаловаться на низкие цены, на демпинг, на то, что нам негде работать, — говорит президент МАС ГНБ. — При этом существует огромный спектр инструментария для расширения имеющихся воз-

можностей, который мы не используем, потому что, опять же, «нет денег». Надо искать решения, как вырваться из замкнутого круга. Необходимо осваивать сложное бурение, сложные грунты и работу в экстремальных природно-климатических условиях, а для этого нужна соответствующая техника. Тогда только можно будет изменить ситуацию».

В настоящее время, в частности, профессионалы считают, что необходимо менять стандарты и создавать соответствующую требованиям времени нормативную документацию, чтобы проектировщики имели возможность использовать новые технологии и материалы.

Основные сегменты производства работ с использованием техники ГНБ уже названы выше. Теперь сравним ситуацию с американской. Гражданское строительство и ЖКХ как сферы применения ГНБ дают относительно умеренные деньги, но именно в этих отраслях российские компании работают очень активно. А вот в области транспорта нефти и газа с американскими коллегами разница в 10% не в нашу пользу. «В деньги это даже не хочу переводить, потому что с

учетом суммарного объема получатся более чем внушительные цифры, — подчеркивает Александр Брейдбурд. — В чем же причина? Для того чтобы работать с федеральными трубопроводными монополиями, с ВИНКАми, независимыми производителями нефти и газа, нужно иметь квалифицированный, хорошо подготовленный персонал на всех уровнях технологического процесса, современное буровое оборудование и вспомогательное оборудование, соответствовать высоким требованиям отраслевых и нормативных стандартов таких заказчиков. Все это, несомненно, требует от подрядчиков ГНБ существенных финансовых, интеллектуальных и временных затрат. Поэтому каждый из нас должен решить: либо я это делаю, либо рынок ГНБ уйдет вперед без моей компании».

В целом же, по словам Александра Брейдбурда, неутешительные результаты работы в 2018 году — это явно последствия прошлых кризисных лет. Тем не менее впервые с 2015 года сегодня можно говорить о позитивной среднесрочной перспективе. ■



ООО «ГЛОБАЛ ТРЕЙД»

КОМПЛЕКСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ В ОБЛАСТИ ГНБ ОБОРУДОВАНИЕМ И МАТЕРИАЛАМИ ПОД КЛЮЧ

УСТАНОВКИ ГНБ

В наличии.
Импорт США, КНР



ЛОКАЦИИ DIGITRAK (DCI)

Продажа, аренда, ремонт
Гарантия DCI



БУРОВОЙ ИНСТРУМЕНТ

Насосно-смесительные узлы
Продажа, аренда, производство, ремонт



Тел.: +7(499) 348-14-84,
+7(928) 279-66-45

DCI DIGITAL CONTROL
ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИЛЕР DIGITRAK

sales@gtmachine.ru
www.gtmachine.ru



Спецпредложение для читателей журнала

«АЛЬБРЕХТА»: ИННОВАЦИОННЫЕ БЕНТОПОРОШКИ ДЛЯ ГНБ

ООО «Альбрехта», крупный российский поставщик оборудования и материалов для выполнения работ по технологии горизонтально-направленного бурения, вывело на рынок высококачественный бентопорошок под собственным брендом. Новый продукт обладает способностью к образованию нанозоля с высокой вязкостью и структурной прочностью.



**140006, Московская область
г. Люберцы,
ул. Южная, д. 33
Тел.: +7 (495) 739-93-08,
+7 (495) 782-62-94
<http://albrehta.net>**

Бентопорошки под маркой «Альбрехта» характеризуются оптимальной кристаллографической структурой. Уникальное сочетание высокой концентрации монтмориллонитовой минеральной основы и точечных методов поверхностной активации, позволяющих реализовать коллоидно-химический потенциал сырья, обеспечивает следующие преимущества:

- структурно-механические и реологические свойства суспензий превосходят аналогичные показатели большинства глинопорошков для ГНБ;
- повышенный выход глинистого раствора обеспечивает достижение оптимальных технологических характеристик системы при минимальном удельном расходе продукта;
- беспрецедентная скорость диспергирования обеспечивает быстрый набор вязкостных и структурных характеристик суспензии, что существенно снижает время приготовления технологических жидкостей.

Для оптимизации бентопорошка используется полимерная присадка, существенно улучшающая реологические и структурные свойства глинистой суспензии. Полученный наноразмерный бентонитовый гидрозоль характеризуется повышенными вязкостными характеристиками, а также формирует на стенках скважины плотную низкопроницаемую фильтрационную корку, обеспечивающую устойчивость горизонтального ствола.

Полимеризованные бентопорошки классифицируются на низковязкую («Альбрехта-LV», далее LV) и средневязкую («Альбрехта-MV», далее MV) марки. Использование таких бентонитов призвано минимизировать полимерные обработки бурового раствора для достижения максимального экономического эффекта при проводке стволов большого диаметра в сложных геологических условиях.

Бентопорошок MV образует в водной среде нанозоли, характеризующиеся беспрецедентными характеристиками, включая высокую устойчивость в различных агрессивных средах и низкий показатель фильтрации, и является эффективным технологическим решением для оптимизации реологических и фильтрационных свойств бентонитовых суспензий, приготовленных на технической воде с разной степенью минерализации и жесткости. MV обеспечивает достижение необходимых вязкостных, фильтрационных и структурных характеристик буровых раство-

ров при пониженном содержании бентонита. Это позволяет получать экономический эффект при строительстве горизонтальных стволов в результате снижения удельного расхода полимерных загустителей и понизителей фильтрации. MV образует высоковязкие устойчивые суспензии с ярко выраженными псевдопластическими свойствами и пониженной концентрацией твердой фазы, обеспечивая устойчивость стенок горизонтального ствола, «армируя» его прочной и эластичной фильтрационной коркой.

Бентонит LV имеет максимальную скорость гидратации при затворении в водной фазе и образует высокодисперсную суспензию, обладающую псевдопластическими характеристиками, что обеспечивает оптимальный вынос глинисто-песчаного шлама при минимальных потерях давления в кольцевом пространстве. Формируется прочный, умеренно тиксотропный гель, препятствующий осаждению частиц шлама при остановках циркуляции любой продолжительности, что предотвращает прихват бурового инструмента и позволяет минимизировать страгивающее давление бурового насоса при возобновлении циркуляции. Оптимальное сочетание динамического напряжения сдвига (YP) и пластической вязкости (PV) LV обеспечивает успешное бурение горизонтальных стволов любой протяженности и диаметра. При этом коэффициент транспорта частиц выбуренной породы составляет 90–95%. Суспензия отличается повышенными противосальниковыми свойствами, обеспечивая минимум адгезионного налипания глинистого шлама на поверхности бурового инструмента и пластиковых труб. Бентопорошок LV обладает высокими ингибирующими характеристиками, препятствующими набуханию и диспергированию выбуренного шлама, что обеспечивает сохранению оптимальных транспортных характеристик суспензии на всем протяжении горизонтального ствола и дополнительно понижает гидравлические сопротивления при его промывке.

Полимеризованные бентопорошки «Альбрехта» к тому же являются экологически безопасными продуктами, которые не содержат соединений тяжелых металлов, поливалентных катионов и синтетических соединений. Для модификации используются только биоразлагаемые полимерные реагенты природного происхождения. ■

BENTOLUX HORIZONT

PR

PREMIUM ▶▶▶

БЕНТОНИТОВЫЙ
структурообразователь
бурового раствора
для производства работ
методом ГНБ и микротоннелирования



HORIZONT
ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ГНБ



Наши дилеры:
ЦФО, СЗФО – ООО «Профи» +7 (812) 334-81-12
ЮФО – ИП Титкова О.В. +7 (918) 324-33-00

Полный список дилеров компании «Баулукс» на сайте:

www.bentolux.ru

- ▶ Не прихотлив к воде затворения.
- ▶ Не требует дополнительных обработок кальцинированной содой.
- ▶ Обладает отличной удерживающей способностью, что в свою очередь исключает вероятность оседания шлама в стволе скважины.
- ▶ Подходит для всех грунтов.



ООО «Баулукс»

г. Альметьевск, ул. Промзона, 9
+7 (8553) 37-12-30
info@baulux-group.ru

г. Казань, ул. Тулпар, 7
+7 (843) 222-02-11
kazan@baulux.org

* цена указана с учетом НДС

В связи с возросшим на рынке ГНБ спросом на универсальные комплексные продукты, способные решать одновременно несколько задач, компания «Баулюкс» разработала новую марку глинопорошка класса «Премиум» — *Bentolux Horizont PR*. В составе бентонитового структурообразователя бурового раствора использованы материалы, обладающие высокой устойчивостью к минеральной агрессии. Продукт неприхотлив к воде затворения и не требует дополнительной обработки кальцинированной содой в случае применения жесткой воды. Это позволяет производить бурение скважин протяженностью до 600 м без ограничения их диаметра и без использования полимерных добавок, что существенно уменьшает стоимость бурового раствора при производстве работ.



www.bentolux.ru



На семинаре МАС ГНБ. «Крутые Бурилы»



VENTOLUX HORIZONT PR. КОМПЛЕКСНО. НАДЕЖНО. ЭКОНОМНО

Разработка новой марки глинопорошка началась в марте 2017 года и закончилась только в июле 2018 года. Столь длительный срок объясняется сложностью поставленной задачи: с одной стороны, новый бентонит должен был обладать высокими реологическими параметрами, с другой — иметь оптимальную цену для потребителя. Компания «Баулюкс» с этой задачей справилась успешно. Проведенные комплексные опытно-промышленные испытания *Horizont PR* на трех объектах в разных регионах России, завершённые в июле 2018 года, показали высокие характеристики бурового раствора с различной водой затворения и подтвердили результаты лабораторных испытаний.

Современный потребитель ожидает от производителей продукции для ГНБ не только ее эффективных качественных характеристик, но бесперебойности и оперативности в поставках, особенно в высокий сезон, когда объемы строительных работ возрастают многократно. Такой уровень сервиса могут обеспечить только те компании, которые обладают:

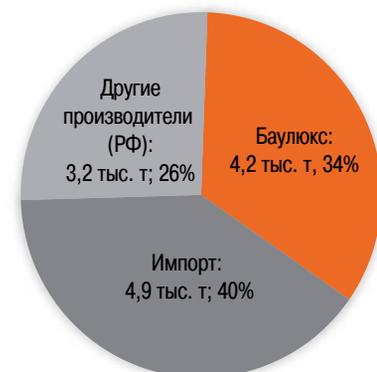
- собственной сырьевой базой глинистого сырья;
- современной технологической линией, обеспечивающей высокую производительность по выпуску готовой качественной продукции;
- квалифицированной инженерно-технологической поддержкой клиентов по вопросам применения бентонитов и

вспомогательных химических реагентов в составе бурового раствора;

- развитой региональной сетью дилеров, позволяющей иметь широкую номенклатуру продукции на складе в регионах и оперативно обеспечивать потребность клиентов, в том числе осуществляя доставку на объекты строительства;

- достаточными финансовыми ресурсами для обеспечения производства необходимого количества продукции в указанные заказчиком сроки.

Комплексное использование всех ключевых ресурсов позволило компании «Баулюкс» при стабильном и высоком качестве продукции за короткий период стать



Объемы продаж на рынке бентонитов 2018 года по производителям



лидерами рынка бентонитов для ГНБ и занять доминирующее положение в сегменте гражданского строительства (более 30% сегмента рынка).

Важным фактором освоения рынка материалов для ГНБ стало включение продукции Bentolux Horizont в проекты строительства крупных инфраструктурных объектов, заказчиками которых выступают ПАО «Газпром» и ПАО «НК «Роснефть». При этом происходит постепенное вытеснение импортной продукции.

Высокое качество глинопорошков и химических реагентов, выпускаемых под маркой Bentolux Horizont, гарантированность и оперативность поставок в любых требуемых заказчиком объемах стали основой длительного плодотворного сотрудничества с таким лидером российского ГНБ, как компания «СП ВИС-МОС». Одним из последних объектов, где были успешно применены бентонитовые материалы и реагенты производства компании «Баулюкс», стал переход через р. Вымь в составе крупного проекта — газопровода «Ухта — Торжок».

Что касается доказательств качества и эффективности продукции компании, то они, в частности, были получены в феврале 2019 года в рамках ежегодного семинара МАС ГНБ по буровым растворам в присутствии экспертов клуба «Крутые Бурилы», представителей производителей и поставщиков профильных материалов. Было проведено открытое сравнительное тестирование популярных на российском рынке ГНБ одно-мешковых бентонито-полимерных смесей. Рассматривались параметры продуктов трех марок: Albretta MV (ООО «Альбрехта»), Horizont PR (ООО «Баулюкс») и Tunnel Gel + (ООО «ГНБ-Трейд»).

Результаты лабораторных испытаний подтвердили высокие реологические характеристики бурового раствора на основе бентонита марки Bentolux Horizont PR (табл. 1).

Таблица 1.
Сравнение образцов продукции на водопроводной воде

	Образец №1 Бентонит Horizont PR (ООО «Баулюкс»)		Образец №2 Бентонит Albretta MV (ООО «Альбрехта»)		Образец №3 Бентонит Tunnel Gel + (ООО «ГНБ-Трейд»)	
Кальц. сода	нет		нет		нет	
Концентрация	25 г/л	25 г/л	25 г/л	25 г/л	25 г/л	25 г/л
Миксер (кол-во оборотов/мин)	3000	12000	3000	12000	3000	12000
Время перемешивания (мин)	20	10	20	10	20	10
Результаты						
Условная вязкость, с	64	72	77	86	46	45
600	45	45	49	52	41	42
300	31	30	36	40	30	31
200	24	24	31	33	24	26
100	17	17	24	27	18	20
6	5	5	11	14	8	9
3	4	4	10	14	8	9
СНС 10 с, фунт/100 фут ₂	4	5	12	15	8	9
СНС 10 мин, фунт/100 фут ²	14	23	26	26	11	14
PV	14	15	13	12	11	11
УР, фунт/100 фут ²	17	15	23	28	19	20

Таблица 2.
Сравнение параметров бурового раствора на основе бентонитов линейки Bentolux Horizont на артезианской воде

Параметры	Bentolux Horizont MX	Bentolux Horizont UN	Bentolux Horizont PR
Условная вязкость по Маршу, сек.	39	45	56
Угол закручивания пружины вискозиметра при 600 об/мин	24	30	37
Пластическая вязкость, сП	8	10	12
Динамическое напряжение сдвига, фунт/100 фут ²	8	10	13
СНС10 /30 мин фунт/100 фут ²	2/6	2/5	3/9
Статическая фильтрация бурового раствора, мл/30 мин	19	16	15

Уточним, что в линейке глинопорошков компании «Баулюкс» есть бентонит как эконом-класса — Bentolux Horizont MX, так и универсальный — Bentolux Horizont UN, который можно применять на любых объектах ГНБ. Новая марка Bentolux Horizont PR органично вписалась в эту линейку продукции, дополнив премиальный сегмент.

В табл. 2 приведены параметры бурового раствора на основе Bentolux Horizont PR в сравнении с другими марками бентонитов линейки Bentolux Horizont (концентрация глинопорошка в буровом растворе, 25 кг/м³; затворение на артезианской воде жесткостью 450 ppm).

Таким образом, бентонитовый структурообразователь Bentolux Horizont PR можно назвать идеальным для потребителей,

ориентированных на применение «брендовых» зарубежных марок бентонитов, но стремящихся получить стабильно высокое качество по более доступной цене. Продукт уже имеется в номенклатуре выпускаемой продукции, и в настоящее время его можно заказать у дилеров компании «Баулюкс» по специальным расценкам.

Специалисты группы технического продвижения компании «Баулюкс» готовы также оказать своим клиентам всестороннюю поддержку в применении продукции линейки Bentolux Horizont с учетом грунтовых условий конкретного проекта и, при необходимости, осуществить консультации на объекте при реализации проектов любой сложности. ■

Д. А. ШАТАЛОВ,
к. т. н., главный специалист;
Д. Р. ВАФИН,
главный специалист;
А. П. ШАМАНИН,
заместитель директора
(Центр нормирования
строительства скважин,
геофизических работ и ремонта
технологического оборудования
АО «Газпром промгаз»)

В статье рассмотрены проблемы применения метода наклонно-направленного бурения при строительстве подводных переходов трубопроводов, возможности технологии и оборудования. Проанализированы причины осложнений и аварийных ситуаций, способных привести к срыву сроков реализации проекта и влекущих за собой финансовые потери. В частности, отмечается, что наиболее технически сложными являются случаи обрушения стенок скважины, сопровождающиеся прихватом бурового инструмента или его сломом, с дальнейшим отсутствием возможности протаскивания дюкера.

ГРАНИЦЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПЕРЕХОДОВ ТРУБОПРОВОДОВ



Введение

Строительство переходов трубопроводов через естественные и искусственные препятствия методом наклонно-направленного бурения (ННБ) получило широкое распространение в мировой практике. Однако в ряде случаев применение технологии бывает связано с серьезными проблемами. Так, опыт строительства подводных переходов трубопроводов (ППТ) показывает, что нередко возникают различные инциденты, которые могут привести к остановке работ, вплоть до полной утраты трубопровода в процессе протаскивания.

Основными технологическими осложнениями являются слом бурового инструмента, отклонение от проектной оси скважины, обрушение ствола скважины, затяжки инструмента, отсутствие возможности протаскивания трубопровода. Недоста-

точный объем и недостоверные результаты инженерно-геологических изысканий ведут к появлению дополнительных объемов работ, необходимых для завершения строительства подводного перехода. Например, невыделение крупных включений (галька, валуны) в составе грунтов, отсутствие данных по характеру залегания пластов и пропластков, интервалов залегания щебенистых или нецементированных породах могут усложнить процесс протаскивания трубопровода, нарушить его изоляцию и т. п.

Наиболее технически сложными являются случаи обрушения стенок скважины, сопровождающиеся прихватом бурового инструмента или его сломом (а иногда и невозможностью протаскивания дюкера), вызывающие необходимость проведения аварийных работ. Подобные осложнения зачастую являются следствием ошибок вы-

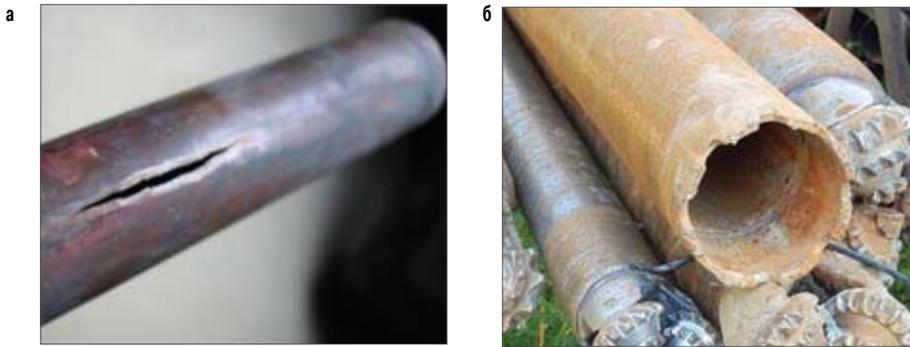


Рис. 1. Разрушение металла по телу трубы (а) и слом буровой трубы (б)

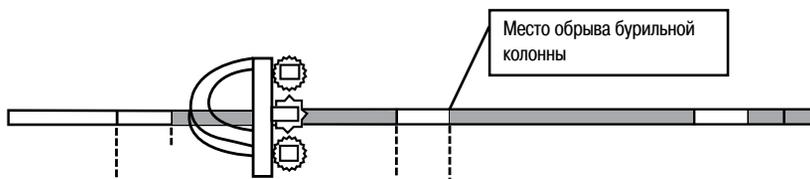


Рис. 2. Схематичное представление обрыва буровой колонны

бора и реализации технологии, конструкции применяемого оборудования, отсутствия контроля выполнения проектных решений и квалифицированного сопровождения строительства ППТ.

Для снижения количества аварийных ситуаций необходимо определять и анализировать ошибки технологических подходов, допущенных при проектировании и строительстве ППТ.

Буровые трубы

Аварийные инциденты, связанные со сломом буровых труб (см. рис. 1), обусловлены ошибками как в проектировании, так и в строительстве.

Слом бурового инструмента (колонны) как правило, происходит вследствие усталостного разрушения металла, причиной которого являются высокие нагрузки, возникающие при заклинивании расширителя в процессе разбуривания грунтов с повышенной прочностью и пластичностью, а также грунтов с долей гравийно-галечникового наполнителя более 40%.

Выполненные расчеты (А.Н. Сапсай) показывают, что имеющийся запас прочности трубы буровой колонны от многоциклового усталости является достаточным для ее тела и резьбовых соединений. При этом на расстоянии 20–25 м, начиная от расширителя, требуется упрочнение тела труб (рис. 2). Ресурс буровых труб, установленных в данном интервале, составляет величину

в пределах 520 ч при скорости вращения 32 об/мин, и 300 при 56 об/мин.

В случае малоциклового усталости в буровой колонне возникают напряжения изгиба, которые проявляют свою значимость, когда колонна в скважине принимает сложную форму, а крутящий момент превышает критическое значение. Это может привести к разрушению металла по телу трубы.

Продольная сила и крутящий момент по мере увеличения длины буровой колонны убывают. Степень их снижения зависит

от способа расширения пилотной скважины: «на себя» или «от себя». Поэтому применение технологии расширения «от себя» ограничивается длиной скважины в 300–400 м.

Наибольший изгибающий момент в буровой колонне присутствует в сечении на расстоянии 10–11 м от расширителя. В процессе бурения/расширения реализуются технологические режимы, при которых в опасном сечении возникают большие напряжения изгиба и реализуется малоцикловое усталостное разрушение.

При значениях крутящего момента более 40 кНм происходит потеря устойчивости буровой колонны от кручения. В связи с этим в процессе расширения скважины необходимо реализовывать технологические режимы, при которых величина крутящего момента не будет превышать критического значения.

Для снижения вероятности возникновения нештатных ситуаций по причине слома бурового инструмента необходимо контроль отработки буровых труб. Повышение их работоспособности обеспечивается за счет соблюдения технологических параметров процесса расширения пилотной скважины и эффективности работы породоразрушающего инструмента.

Породоразрушающий инструмент

Для оценки возможности правомерного подбора вооружения породоразрушающего

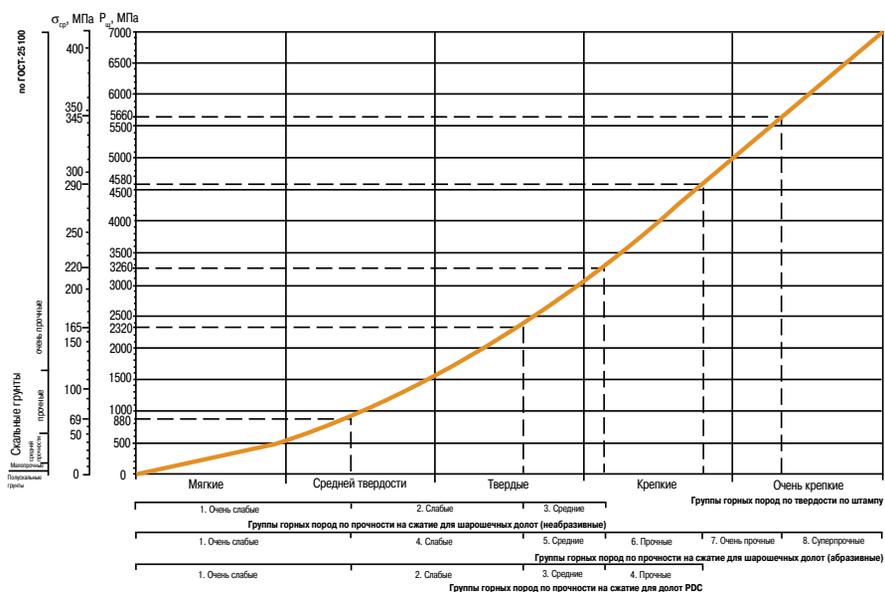


Рис. 3. Сопоставление физико-механических свойств грунтов и их категорий прочности для выбора типа вооружения породоразрушающего инструмента

инструмента проведен сопоставительный анализ прочностных свойств грунтов и категорий прочности пород. Методика представлена в публикациях «Строительство переходов магистральных трубопроводов через естественные и искусственные препятствия» (З.З. Шарафутдинов и др.), «Геомеханическое моделирование условий строительства подводных переходов магистральных нефтепроводов» (Д.Р. Вафин, А.И. Комаров, Д.А. Шаталов, З.З. Шарафутдинов). Результаты сопоставления приведены на рис. 3.

Анализ полученных данных показал, что для всех основных типов грунтов, проходимых при строительстве скважины, достаточно применения вооружения, соответствующего типу М (мягкий). То есть существующие виды породоразрушающих элементов, используемых в расширителях, работоспособны для большинства условий строительства. Однако практика показывает, что эффективность работы расширителей — механическая скорость бурения — в значительной степени варьируется в зависимости от прочности, пластичности грунтов и наличия абразивного, высокопрочного наполнителя.

Значительное возрастание крутящего момента происходит при низкой эффективности работы разрушающих элементов расширителей, то есть при несоответствии типа разрушающих элементов прочностным параметрам грунта. Из этого следует вывод о том, что подбор вооружения и конструктивных характеристик имеет ряд особенностей в части конструкции и размера применяемого инструмента.

Основным критерием эффективного разрушения грунта являются количество разрушающих элементов, их расстановка по площади инструмента и скорость его вращения, что отражается на времени контакта разрушающего элемента с забоем скважины (см. рис. 4).

Увеличение времени контакта разрушающего элемента с горной породой приводит к возрастанию динамических нагрузок на породоразрушающий инструмент, в результате чего происходит интенсивный износ и разрушение рабочих элементов расширителя, усталостное разрушение бурильных труб.

Оптимальная величина количества разрушающих элементов может варьироваться в зависимости от диаметра расширителя. Данное положение основывается на продолжительности времени активного контакта разрушающего элемента с горной породой. В практической деятельности данное обстоятельство находит отражение в увеличении размера шарошек или их количества. Так, например, при увеличении диаметра расширителя требуется увеличивать и количество разрушающих элементов. Нарушение данных условий приводит к снижению скорости бурения и необходимости повышения нагрузок на инструмент для возможности расширения.

Оптимизация конструкции известных и разработка новых расширителей послужит резервом повышения работоспособности бурильных труб и скорости строительства перехода в целом.

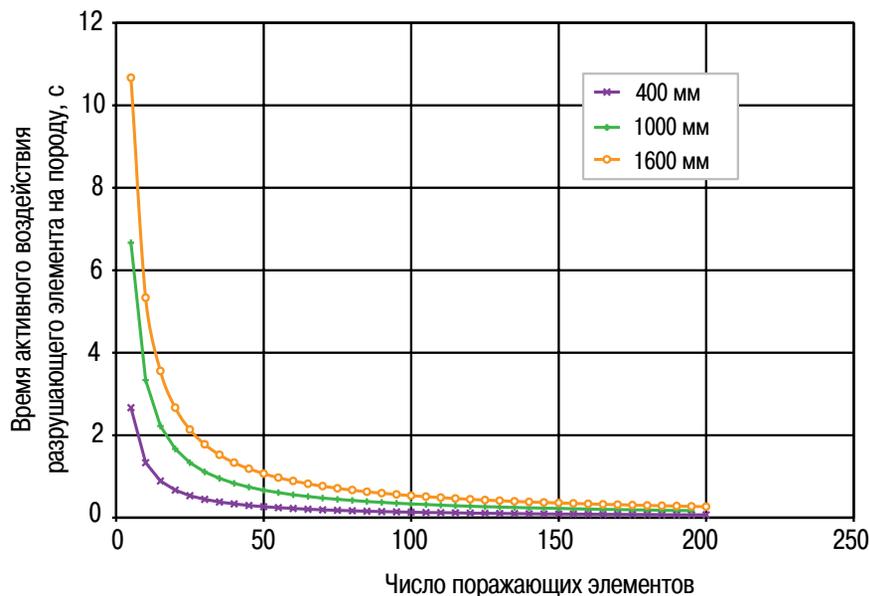


Рис. 4. Влияние диаметра расширителя на время активного воздействия разрушающего элемента на породу

Профиль скважины перехода трубопровода

При бурении пилотной скважины возможны отклонения фактической траектории от проектной по азимуту и по глубине либо отклонения от проектной точки выхода инструмента. Изменение профиля скважины влияет на стоимость перехода, расход бурового раствора, износ оборудования, процесс протаскивания трубопровода.

Причинами отклонений от проектного положения являются несоответствие компоновки низа бурильной колонны геологическим условиям (наличие крупнообломочных включений и валунов, карстовых полостей и пропластков твердых пород), погрешности пилотирования, обусловленные точностью слежения и управления траекторией скважины.

При бурении пород различной прочности на изменение траектории ствола скважины влияют такие факторы, как неоптимально реализуемые параметры бурения (скорость подачи инструмента и вращения), нерациональное размещение и количество разрушающих элементов на расширителе, отсутствие центраторов бурильного инструмента.

Работа разрушающих элементов расширителя на забое скважины при их недостаточном количестве сопровождается значительными динамическими колебаниями. Это приводит как к дополнительному усилению воздействий на резьбовые соединения бурильных труб, и на сам инструмент. Для снижения дополнительных нагрузок следует выбирать конструкцию расширителя, местоположение и углы установки породоразрушающих элементов согласно особенностям геологического строения разреза по траектории скважины. При этом необходимо использовать результаты изысканий по изучению физико-механических свойств грунтов проходимых пород.

Изменение траектории ствола скважины также связано с несовершенством конструкции применяемых расширителей и компоновок бурильного инструмента.

Протаскивания трубопровода

Возникновение осложнений в процессе протаскивания трубопровода в построенную скважину (рис. 5) заключается в изменении тяговых нагрузок. Общее тяговое усилие определяется как сумма составляющих усилий при протаскивании участков трубопровода на спусковой дорожке и в скважине, а также усилий, затрачиваемых на перемещение

расширителя (калибра) и буровой колонны. Усилия для преодоления сил сопротивления движению трубопровода в скважине зависят от параметров бурового раствора и взвеси бурового шлама (плотности, вязкости), характеристики грунта (коэффициента трения), величины плавучести трубопровода, общей конфигурации скважины (радиусов кривизны).

Снижение тяговых усилий при протаскивании обеспечивается за счет применения роликовых опор на береговом участке и балластировки трубопровода в скважине до минимальной положительной или отрицательной плавучести. Характер действия нагрузок зависит от темпа заливки воды и точки ее подачи в трубопровод.

При недостаточно распределенной нагрузке (положительной или отрицательной плавучести), необходимой для изгиба трубопровода, возможно возникновение распорных усилий на криволинейных участках траектории скважины. Значительные усилия распора вызывают контактные нагрузки, способные привести к разрушению стенок скважины и обвалу грунта, а при наличии обломков твердой породы привести к повреждению изоляционного покрытия. Накопление крупноразмерных частиц грунта, щебня, гальки создает участки, на которых жесткость трубопровода не позволяет преодолевать препятствия, сформированные в процессе расширения пилотного ствола скважины.

В целом увеличение нагрузки в процессе протаскивания трубопровода связано с действием следующих факторов:

- отклонение фактического ствола расширенной скважины от проектного положения и смещение оси трубопровода относительно оси скважины на участке ее выхода;

- преодоление лобового сопротивления массива обрушенного грунта перед оголовком трубопровода, воспринимаемого как активное давление грунта; при значительных объемах обрушения будут образоваться грунтовые пробки, в которых трубопровод продавливается с выносом части взвешенного грунта в кольцевое пространство между трубой и стенками скважины;

- накопление крупноразмерных фракций грунта на нижней образующей скважины, не выносимых буровым раствором, с формированием барьера в виде дюны; барьер способен изменять направление движения трубопровода по стволу скважины, создавая условия для возрастания нагрузок при протаскивании, либо упираться ее в верхний свод скважины с ограничением возможности протаскивания трубопровода.

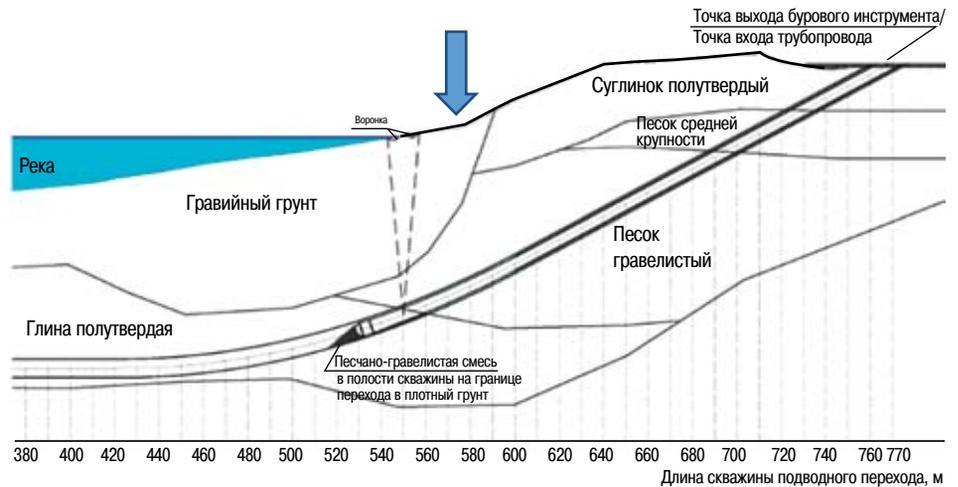


Рис. 5. Обвал скважины при протаскивании дюкера



Рис. 6. Структура геомеханической и гидродинамической моделей

Геомеханическая и гидродинамическая модели скважины

Появление осложнений при строительстве ППТ методом ННБ во многом обусловлено тем, что при выборе технологических решений не учитываются как действующие силы в грунтах, так и взаимное влияние вскрываемого грунта, породоразрушающего инструмента и применяемого бурового раствора. Поэтому стандартные технические подходы, использующие результаты инженерных изысканий, не позволяют в полной мере произвести оценку условий выполнения работ.

Исключение неопределенностей видится в применении геомеханической и гидродинамической моделей скважины ППТ (см. рис. 6).

Результаты моделирования позволяют принять обоснованные инженерно-технические решения, а именно — выделить зоны осложнений по стволу скважины,

скорректировать ее профиль, выбрать тип породоразрушающего инструмента и параметры бурового раствора, сформировать программу промывки скважины.

Заключение

Для предупреждения рассмотренных осложнений и аварийных инцидентов необходимо реализовывать мероприятия по контролю состояния буровых труб, подходов к выбору технологии расширения пилотного ствола скважины, а также требования к конструкциям расширителей и компоновкам бурового инструмента.

Для принятия обоснованных инженерно-технических решений по проектированию и строительству ППТ методом ННБ при этом дополнительно можно рекомендовать создание геомеханической и гидродинамических моделей скважины перехода трубопровода. ■

А. Л. НАГОВИЦЫН,
генеральный директор
ООО «Наговицын Инжиниринг»

Установки для проходки инженерных скважин различного назначения сегодня стали обыденностью для строительного комплекса. Они применяются как для небольших проколов для нужд частных хозяйств, так и для выполнения мегапроектов по прокладке подводных магистральных газопроводов. При всем многообразии типов, брендов и конструктивных особенностей этих машин в каждой из них, как гарант точного выполнения требований проекта, используется локационная система.

ЛОКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ГНБ: КРИТЕРИИ ВЫБОРА



Рис. 1. Образцы локационных систем

Так уж повелось, что производством основной номенклатуры буровых установок для горизонтально-направленного и наклонно-направленного бурения (ГНБ/ННБ) в мире занимается всего несколько компаний — слишком уж это сложное и ответственное дело. По тем же причинам основную массу локационных систем для таких машин производит также немного фирм (рис. 1.).

В первую очередь это американские компании Digital Control, Inc. (торговая марка DigiTrak) и Charles Machine Works, Inc. (торговая марка DitchWitch/SubSite). В России они занимают более 50% рынка локационных систем. Также — и с большим пиететом — надо отметить, что 35% на нем принадлежит отечественному предприятию «СЕНСЕ» (Ульяновск; серия локационных систем SNS). Небольшую, но заметную долю рынка занимает фирма Radiodetection (Великобритания; основные типы локационных систем — RD-385L, DrillTrack, iTrack). Пока еще относительно слабо представлена, но показывает большой потенциал роста китайская компания Golden Land (локационные системы от GL-300 до Commander 3). Появились и первые образцы техники производства американского «ответвления» этой фирмы — Underground Magnetics (MAG-3, MAG-6 и MAG-8).

При большом многообразии представленных компаниями-изготовителями марок локационных систем, все они сделаны и работают на общих принципах. В их устройстве применяется анализ напряженности магнитного поля зонда — для решения навигационных задач, изменение параметров магнитного поля зонда (модуляция) — для передачи на локационный приемник пространственного положения и состояния зонда. Сравнить же локационные системы для их осознанного применения имеет смысл по нескольким критериям: функциональность и возможности; удобство эксплуатации; цена комплекта, как нового, так и б/у; доступность сервисного обслуживания.

Функциональность

Судя по практике, каждое из предлагаемых на этом рынке технических решений имеет свои достоинства и недостатки. На рис. 2 приведен ряд локационных систем, возможности которых возрастают согласно номеру позиции. Локатор RD-385L (1) относится к самому первому поколению, имеет грубые точностные характеристики по отображению наклона (tilt) и вращения (roll). Тем не менее он позволяет работать на двух сильно разнесенных частотах

(8 и 33 кГц), что ценно при больших активных помехах. К сожалению, навигационные возможности RD-385L при этом ограничены.

Локаторы серии MARK (2, 3) относятся к следующему поколению и, несмотря на относительно слабый уровень автоматизации, позволяют выполнять высокоточное позиционирование буровой головки с зондом, используя патентованный дифференциальный метод измерения магнитного поля от зонда. Недостатком является необходимость поворота локатора для проведения измерений в двух плоскостях (дополнительные затраты времени). К достоинствам можно отнести использование отдельных частот для навигации и передачи цифровых данных о наклоне/повороте зонда, а также наличие низкой частоты для навигации под ж/б плитами (MARK-V).

Два представителя семейства DigiTrak относятся уже к «продвинутому» поколению. Это локаторы SE и Eclipse (4, 5). Первый выполнен на более современной элементной базе, чем второй, но, к сожалению, производитель искусственно загрузил его точностные характеристики, сделав его фактически тупиковым вариантом. В комплект может входить только два вида зондов: стандартный ST и миниатюрный SES (который автор статьи, кстати, ни разу не встречал на рынке). Локатор Eclipse

— более точный при отображении наклона/поворота и имеет дополнительную низкую рабочую частоту для работы под железобетонными плитами.

К следующему уровню функциональности с определенной оговоркой можно отнести локаторы, указанные под номерами 6-8. SubSite 750/752 Tracker (6) обладает дополнительной функцией трассоискателя, в том числе кабелей под напряжением. GL-600 (7) — одна из удачных разработок Golden Land, в которой реализован анализатор спектра активных помех. К сожалению, это не привело к появлению мультисигментного локатора (задумка реализована в локаторах GL-750 и MAG-8). Тем не менее, использованный принцип передачи цифровых данных с помощью фазовой манипуляции (ФМ, легко выделяется на фоне активных помех) позволил резко увеличить рабочие глубины бурения.

Отдельно можно отметить линейку локаторов серии F семейства DigiTrak. До недавнего времени они были лидерами по функциональности. Обилие типов зондов, с которыми локаторы F2 или F5 (8) могут работать, позволяет гибко реагировать на наличие и уровень активных или пассивных помех, выбирать зонд или режим его работы в соответствии с предельной рабочей глубиной или длиной прокола. Эти локационные системы имеют хорошо продуманный, интуитивно понятный интерфейс. Работать с ними комфортно.

На вершине «пирамиды» стоят локационные системы, обладающими зачатками адаптивных комплексов (с пока еще ручным выбором режимов работы зонда). Это новая линейка локаторов SNS (9) и, пока непревзойденная по многим параметрам, линейка локаторов Falcon компании Digital Control, Inc. В них, в частности в F2 Falcon (10), реализовано несколько полезных функций, позволяющих работать в условиях сильных активных помех. Некоторые из них представляются избыточными, но при этом не создают дополнительных проблем при эксплуатации.



Рис. 2. Локационные системы по мере возрастания возможностей



Рис. 3. Локационные системы по удобству эксплуатации

Удобство применения

При всей важности функциональных свойств локаторов, они должны отвечать также критериям удобства эксплуатации. Под этим понимается отсутствие сложного интерфейса, наличие продуманной, эргономичной картинки, простой навигации по пунктам меню, длительность работы от одного заряда аккумуляторов или комплекта батарей, достаточно широкий температурный диапазон эксплуатации.

На рис. 3 приведена «пирамида» удобства эксплуатации локационных систем (на

основе практического опыта автора статьи). Нелегко было разобраться и освоить особенности меню и работу локаторов RD-385L (1), Spot-D-Tek IV (2), SNS-200Pro (3). В частности, требуются дополнительные усилия и затраты времени. Много недосказанностей и в документации.

Для линейки MARK — MARK-III (5) и MARK-V (4) — характерны относительно слабая информативность дисплеев и необходимость определенных действий для получения дополнительной информации.

Локатор SE (6), как уже упоминалось, обладает «усеченными» точностными характеристиками, что, естественно, вызывает некоторые трудности при выполнении ответственных проколов.

Удивление возникло при знакомстве с практикой операторов, использующих локаторы SubSite 750/752 Tracker (7). Их движения напоминали работу дворника с метлой. Однако такой способ, недоступный для других локаторов, оказывается, экономит много времени.

Комфортно работать с локаторами старшей линейки DigiTrak (8-11). По удобству работы Eclipse (8), F2 и F2 Falcon примерно одинаковы. Локатор F5 (11) выделяется цветным дисплеем, который позволяет при настройке и в работе проще выделять нужную информацию.

Цена

Стоимость техники на рынке, безусловно, колеблется в зависимости от состояния и сезона. Системы RD-385L, SNS-200Pro и Spot-D-Тес имеют разброс цен в пределах 100–150 тыс. рублей. MARK-III и SubSite 750/752 Tracker предлагаются от 100 до 220 тыс. За MARK-V уже просят до 250 тыс., а SE оценивается до 350 тыс. рублей. Разброс цен на локациях F2 и Eclipse самый большой — 420–670 тыс. Систему F5 предлагают за 850–900 тыс. Лидирует же локация F2 Falcon, которая у дилеров стоит до 1,6 млн рублей.

Какую систему покупать — конечно же, решает потребитель. Но если для конкрет-

ного вида работ достаточна небольшая прокольная установка стоимостью полмиллиона, странно было бы покупать локацию за миллион. Для малых машин оптимальными по цене и возможностям видятся MARK (III, V), SubSite750/752 Tracker и локация производства компании Radiodetection. Для средних (из б/у) — SE, Eclipse, F2, F5. Если компания нацелена на развитие, то, на взгляд автора статьи, можно рекомендовать что-нибудь из новой линейки SNS или линейки Falcon. Следует отметить, что последняя интересна также тем, что в ней фирма вернулась к своим истокам — применила протокол передачи данных от зонда к локатору с использованием частотной манипуляции (почти как в системах MARK), которая более помехозащищена, чем в сериях SE, F или в Eclipse.

Сервис

И напоследок — о наболевшем. Заказчики повсеместно жалуются на низкий уро-

вень «фирменного» сервиса. Это связано и с отказами рассматривать гарантийные случаи, и с отсутствием поддержки снятых с производства локационных систем. Но на российском рынке сегодня существуют предприятия, которые, исходя из потребностей заказчиков и собственных возможностей, частично решают эту проблему, организовывая производство зондов различных типов для замены «фирменных», а также проводят ремонт элементов локационных систем.

Вывод

В целом же, подводя итог всему сказанному выше, приходим к простой истине: выбор локационной системы будет оптимальным лишь тогда, когда он позволит решать задачи по приемлемой цене и выполнять проекты с минимальными издержками. При этом следует исходить из своих возможностей и ближайшей намеченной перспективы. ■



**КОМПАНИЯ «ГЛОБАЛ ТРЕЙД» – ОФИЦИАЛЬНЫЙ
ДИЛЕР DIGITAL CONTROL INC. В РОССИИ**

Обновите свою локацию до технологии DIGITRAK FALCON!!!





- ЗОНД ПОДДЕРЖИВАЕТ ТЫСЯЧИ ЧАСТОТ
- РАБОТА НА ГЛУБИНЕ ДО 38,1 м
- ОФИЦИАЛЬНЫЙ СЕРВИС В РОССИИ. ГАРАНТИЯ ДО 5 ЛЕТ* НА ЗОНДЫ

Стандартная гарантия на зонды Falcon 15" и 19" при регистрации: 3 года/ 500 часов.
Расширенная гарантия: 5 лет/ 750 часов работы, в зависимости от того, что наступит раньше.

Тел.: +7(499) 348-14-84,
+7(928) 279-66-45

sales@gtmachine.ru
www.gtmachine.ru

Спецпредложение на обновление локационных систем для читателей журнала



MiningWorld
Russia

MiningWorld

23-я Международная выставка
машин и оборудования
для добычи, обогащения
и транспортировки
полезных ископаемых

23–25 апреля 2019
Москва, Крокус Экспо

Подробнее о выставке
miningworld.ru



Пройдет совместно
с выставками



MIOGE
Moscow



АНАЛИТИКА
ЭКСПО



Организатор
Группа компаний ITE
+7 (499) 750 08 28

12+

С НАМИ СТРОИТЬ ЛЕГКО!



**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО
подземных частей технически сложных
и уникальных объектов:**

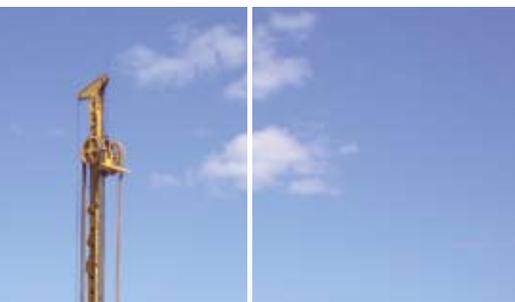
подземные автостоянки;
транспортные развязки;
гидротехнические сооружения

ОГРАЖДЕНИЕ КОТЛОВАНОВ

ЗАКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ

УСИЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ

**ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ
на памятниках истории и архитектуры**



г. Пермь, ул. Кронштадтская, 35 тел./факс: (342) 236 90-70

ИЖЕВСК : (3412) 56-62-11 МОСКВА : (495) 643-78-54

КРАСНОДАР : (861) 240-90-82 САНКТ-ПЕТЕРБУРГ : (812) 923-48-15

КРАСНОЯРСК : (391) 208-17-15 ТЮМЕНЬ : (3452) 74-49-75

КАЗАНЬ : (843) 296-66-61 УФА : (917) 378-07-48

РОСТОВ-НА-ДОНУ : (863) 311-36-36 ЧЕЛЯБИНСК : (351) 223-24-53



ОАО «НЬЮ ГРАУНД»

www.new-ground.ru

info@new-ground.ru

