

MASSENZA

БИТУМ - ПБВ - РГ



KORRUS-TEX
ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

KORRUS.RU
YOUTUBE.COM/KORRUSTEK
MASSENZA.RU

8-495-156-01-11

ОТДЕЛ СБЫТА ГК KORRUS-TEX

МЕТРОПОЛИТЕНЫ

Современные решения
в проектировании
метрополитена
в Санкт-Петербурге



Стр. 7

ЮБИЛЕЙ

Владимир МАСЛАК
о новациях проектирования
в канун 75-летия
Ленметрогипротранса



Стр. 10

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

Подземные хранилища
отработанного ядерного
топлива



Стр. 74

СТРОИТЕЛЬНЫЙ ПРАКТИКУМ

«ЩЕБЕНОЧНЫЕ СВАИ»
как экономичная альтернатива
свайному фундаменту



Стр. 24



PROpolymer

Прогрессивные полимеры



РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ПОЛИМЕРНЫХ МОДИФИКАТОРОВ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

PROpolymer MA123 — ПОЛИМЕРНЫЙ МОДИФИКАТОР
ДЛЯ ГОРЯЧИХ АСФАЛЬТО-БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

PROpolymer MA-CK — УНИВЕРСАЛЬНАЯ КОМПЛЕКСНАЯ
ДОБАВКА ДЛЯ ЩМА

УЛ. ПРАВДЫ, 9, ГАТЧИНА, ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ., 188304

тел: +7(812)407-26-96

e-mail: sales@ruschemicals.com
WWW.RUSCHEMICALS.COM

RUS Chemicals
Group

НАША МИССИЯ - В ИНТЕРЕСАХ РОССИИ!
БЕЗОПАСНОСТЬ. ЭКОНОМИЯ. ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ.



Журнал «ПОДЗЕМНЫЕ ГОРИЗОНТЫ»

Официальный информационный партнер:

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

№27 август/2021

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 «Техинформ»

Генеральный директор Регина Фомина

РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор:

Регина Фомина (info@techinform-press.ru)

Выпускающий редактор:

Сергей Зубарев (redactor@techinform-press.ru)

Дизайнер, бильд-редактор

Лидия Шундалова (art@techinform-press.ru)

Руководитель отдела подписки

Полина Богданова (post@techinform-press.ru)

Ответственный секретарь

Ирина Вишневецкая

Корректор:

Инна Спиридонова

ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

В.Н. Александров, Почетный гражданин Санкт-Петербурга

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Тел.: (812) 905-94-36, +7-931-256-95-77, +7-921-973-76-44

office@techinform-press.ru

www.techinform-press.ru

Установочный тираж 8 тыс. экз. Цена свободная.

Заказ №

Отпечатано в типографии «Эталон», 198097, г. Санкт-Петербург,

ул. Трефолева, д. 2 литера БН

www.etalon.press

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

+7 (931)-256-95-77 и на сайте www.techinform-press.ru



ИЛО 22

СТАЛЬНАЯ НЕСЪЕМНАЯ ОПАЛУБКА PROSTER®21

ПРОСТАЯ.
ДЛЯ СЛОЖНОГО

Экономия
на логистике
и складах

Свобода
формообразования

Скорость монтажа

Рост прочности
до 30 %

Трещиностойкость
выше почти в 2 раза

Данные о прочности
подтверждены
испытаниями в ЦНИИСК
им. В. А. Кучеренко

тел. +7 (495) 409-36-34
e-mail: mail@proster21.ru
www.proster21.ru

119334, Москва
5-й Донской проезд, д. 15
строение 2, этаж 2, офис 207



СОДЕРЖАНИЕ

МЕТРОПОЛИТЕНЫ

- 4 Л. Дубровская. Скоростное мобильное метро: новое слово транспортных технологий
- 7 Д. А. Бойцов. Современные решения в проектировании метрополитена в Санкт-Петербурге

ЮБИЛЕЙ

- 10 Владимир Маслак о новациях проектирования в канун 75-летия Ленметрогипротранса

ИССЛЕДОВАНИЯ

- 15 В. А. Гарбер. О нормировании временных крепей тоннелей и метрополитенов

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

- 15 Подземные хранилища отработавшего ядерного топлива

СТРОИТЕЛЬНЫЙ ПРАКТИКУМ

- 24 «Вертикаль»: рекорд бурения по горизонтали
- 26 М. О. Лебедев, К. А. Дрохин. Применение скважинной сейсмической томографии для оценки эффективности закрепления грунта
- 32 С. С. Зуев. Опыт применения струйной цементации для устройства противодиффузионных завес в скальных грунтах
- 38 «Щебеночные сваи» как экономичная альтернатива свайному фундаменту



СТР. 4-6



СТР. 7-9



СТР. 10-14



СТР. 15-19



СТР. 20-22



СТР. 24-5



СТР. 32-36



СТР. 38-39

ИЛ 22

СКОРОСТНОЕ МОБИЛЬНОЕ МЕТРО: НОВОЕ СЛОВО ТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Лариса ДУБРОВСКАЯ
(undergroundexpert.info)

НА СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ В РОССИЙСКИХ РЕГИОНАХ КРУПНЫЕ ПРОЕКТЫ ПО РАЗВИТИЮ ПОДЗЕМНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ФАКТИЧЕСКИ НЕ РЕАЛИЗУЮТСЯ. КОНЕЧНО, ЕСТЬ ИСКЛЮЧЕНИЕ: СТОЛИЦА. ТЕМПЫ РАЗВИТИЯ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА ВПЕЧАТЛЯЮТ, ПРЕВЫШАЯ АНАЛОГИЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ В КРУПНЕЙШИХ МЕГАПОЛИСАХ МИРА. ОДНАКО В РЕГИОНАЛЬНЫХ ЦЕНТРАХ СТРОИТЕЛЬСТВО «ПОДЗЕМОК» ВЕДЕТСЯ ИЛИ ОЧЕНЬ НИЗКИМИ ТЕМПАМИ, ИЛИ ВООБЩЕ ЗАМОРОЖЕНО.

МЕТРО В РЕГИОНАХ РОССИИ: БЫТЬ ИЛИ НЕ БЫТЬ?

Города-миллионники простаивают в пробках, у жителей нарастает транспортная усталость, рост числа автотранспорта, как личного, так и общественного, негативно сказывается на экологическом благополучии и здоровье людей.

Необходимость развития современной транспортной инфраструктуры и, прежде всего, систем внеуличного городского транспорта, признают и специалисты в области градостроительства, и представители государственной власти всех уровней. А вот вопрос, нужно ли метро, и если да, то какое именно, вызывает бурные дискуссии. Традиционный подземный метрополитен — хотя дорогой и трудоемкий, зато комфортный для пассажиров, не нарушает архитектурный облик исторических районов и не зависит от влияния внешних факторов, в том числе — погодных. Легкий надземный — менее трудоемкий и более дешевый, располагается на эстакадах, что осложняет его сооружение в исторических районах и делает уязвимым для внешних воздействий. Климатический фактор имеет большое значение: сложно представить метро на эстакадах в северных регионах, где низкие температуры и осадки в виде снега делают эксплуатацию надземных метросистем небезопасной. Возможно,

именно поэтому предложения петербургского бизнесмена Рината Бичурина по строительству частного надземного метрополитена дружно проигнорировали власти городов, куда он обращался. Нечто среднее между метро и трамваем представляет собой Волгоградский метротрам, но из-за небольшой протяженности и низких скоростей он не слишком эффективен и не отвечает требованиям, предъявляемым к современной транспортной инфраструктуре.



Станция скоростного мобильного метрополитена (СММ).
Источник: ООО «ТОМАК, ЛТД»

Строительство традиционного подземного метрополитена в российских городах-миллионниках буксует по нескольким причинам:

- стоимость реализации проекта превышает возможности регионального бюджета;
- сроки строительства не поддаются прогнозу в силу несовершенства законодательной базы и отсутствия системы перспективного планирования;
- убыточная эксплуатация, которая требует дотаций из бюджета и делает невозможным привлечение частных инвестиций.

Возможность разорвать замкнутый круг и предложить эффективное решение для организации современной транспортной инфраструктуры следует искать в сфере новых технологий — например, это скоростной мобильный метрополитен (СММ).

ТЕХНОЛОГИЯ «СКОРОСТНОЙ МОБИЛЬНЫЙ МЕТРОПОЛИТЕН»

Скоростной мобильный метрополитен — это облегченный метрополитен. Ему не нужны самые дорогостоящие и долго возводимые конструкции традиционного метро — подземные станции, эскалаторные хозяйства и т. д., поскольку станции располагаются на поверхности земли и соединяются между собой тоннелями мелкого заложения.

Скоростной мобильный метрополитен — это новая транспортная технология. Ее главное отличие от традиционной «подземки» в том, что вагоны движутся как по горизонтальным, так и по наклонным рельсовым путям.

Эскалаторы СММ не нужны: их роль выполняют сами вагоны, что позволяет новому транспорту стать более скоростным, экономичным и гораздо более удобным для пассажира, чем традиционный метрополитен.

Для получения высококачественной транспортной услуги пассажир входит в вестибюль наземной станции, похожий на супермаркет, и садится в пришедший из подземного тоннеля на станцию скоростной метropоезд.

По наклонному тоннелю состав спускается в подземный тоннель мелкого заложения. По нему метropоезд проезжает 1000–1500 м и затем по такому же наклонному тоннелю поднимается на поверхность земли — и доставляет пассажиров прямо в вестибюль следующей наземной станции, платформа которой совмещена с уровнем уличного тротуара.

Поезда СММ способны двигаться со скоростью 50 км/ч.

Удобство посадки и высадки особенно важно при транспортировке детских колясок, кресел, колясок и

чемоданов на колесиках. Соответственно, особое значение новый транспорт приобретет также для инвалидов-колясочников, лиц с физическими недостатками и пожилых людей.

Услугу такого высокого качества не может предоставить ни один из существующих сегодня в мире видов городского общественного транспорта. Можно уверенно сказать, что СММ превосходит их по удобству, безопасности, скорости и комфорту.



Станция скоростного мобильного метрополитена (СММ).
Источник: ООО «ТОМАК, ЛТД»

ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА СММ

По расчетам специалистов компании ООО «ТОМАК, ЛТД», СММ можно построить вдвое быстрее, чем традиционный подземный метрополитен, и в 1,5 раза дешевле эксплуатировать. Отсюда самоокупаемость и возможность сооружения в кредит даже в условиях кризиса.

Важно, что СММ занимает гораздо меньше городской территории, чем легкое метро, поскольку основное движение метropоездов происходит в подземных тоннелях.

Метрополитен с данными характеристиками может быть построен на коммерческой основе в любом крупном городе России (в Перми, Ростове-на-Дону, Воронеже, Краснодаре, Махачкале, Владивостоке и др.), в котором имеется хотя бы одно направление с пассажиропотоком 80 тыс. пассажиров в сутки (5 тыс. пассажиров в час) и более. При этом он будет самоокупаемым, более удобным и привлекательным для пассажиров, чем подземный и надземный метрополитены. Поэтому и среднесуточное заполнение его вагонов будет гораздо выше, чем у традиционного метрополитена. Отсюда и самоокупаемость, и интерес для инвесторов.

метрополитены

Согласно проведенным ранее расчетам, стоимость строительства 1 км линии мобильного метрополитена в жилой район Новокосино (Москва) составила бы 300 млн рублей за 1 км (в ценах 2001 года). Это на 40% дешевле, чем прокладка линии легкого метро.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СКОРОСТНОГО МОБИЛЬНОГО МЕТРОПОЛИТЕНА:

- СРОК СТРОИТЕЛЬСТВА — ВДВОЕ МЕНЬШЕ, ЧЕМ У ТРАДИЦИОННОГО МЕТРО;
- СТОИМОСТЬ — В 1,5 РАЗА НИЖЕ;
- СКОРОСТЬ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ПАССАЖИРА ПО ГОРОДУ — 50 КМ/Ч (ВДВОЕ ВЫШЕ, ЧЕМ В ТРАДИЦИОННОМ МЕТРО ИЛИ НА ЧАСТНОМ АВТОМОБИЛЕ);
- ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ТАКАЯ ЖЕ, КАК У ТРАДИЦИОННОГО МЕТРО;
- РАСХОД ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ — ВДВОЕ МЕНЬШЕ;
- НОРМАТИВНАЯ БАЗА ТРАДИЦИОННОГО МЕТРО ПРИМЕНИМА К СКОРОСТНОМУ МОБИЛЬНОМУ МЕТРО.

ДРУГИЕ ПЛЮСЫ В СРАВНЕНИИ

Энергоэффективность

Траектории, по которым тоннели мобильного метрополитена соединяют наземные станции, представляют собой «комфортные» кривые. Они не пассивны, как в традиционном метро, а непрерывно «работают», помогая вагонам развивать скорость в начале движения и плавно снижать ее на подъемах перед станциями. Это способствует сокращению расхода электроэнергии на тягу поездов до 40% и окупает стоимость сооружения тоннелей и их содержание. Кроме того, повышается общая скорость передвижения пассажиров по городу: тоннели заменяют собой медленно движущиеся эскалаторы.

Подвижной состав

Поезда, использующиеся в традиционном метрополитене, при некоторой модернизации подойдут (ходят) и для системы скоростного мобильного метро. При этом подвижной состав для наземного метро существенно отличается от того, что эксплуатируется в тоннелях, так

как требует специального утепления и оборудования для интенсивного отопления вагонов в зимнее время. Это снижает комфорт и удобство для пассажиров, поскольку размеры внутривагонного пространства уменьшаются.

Скорость движения

Наземный метрополитен отличается от традиционного более низкой скоростью движения (25–30 км/ч) и меньшей пропускной способностью, которая требуется при пассажиропотоках до 20 тыс. пассажиров в час. Для



сравнения: пропускная способность традиционного метрополитена — 45 тыс. пассажиров в час, скорость сообщения метропоездов (с учетом стоянки на станциях 25 сек.) — порядка 41–47 км/ч, что идентично характеристикам метропоездов скоростного мобильного метро.

Однако скорость поездки на СММ (из расчета «от двери до двери») почти в два раза выше, чем при поездках на традиционном метро, в котором (особенно в часы «пик») пассажиры много времени затрачивают на подход к метропоездам и выход на поверхность земли после завершения поездки.

Станции

При больших интервалах движения 10–15 минут и низких температурах пассажиры на остановках легкого наземного (легкого) метро будут испытывать дискомфорт, поскольку его станции открытые и не отапливаются. Следует особо отметить, что на поверхности размещаются только вестибюли станций СММ, которые устроены и утеплены так же, как наземные вестибюли традиционного метро, что весьма важно для пассажиров в городах с низкими температурами и обильными снегопадами зимой.

В целом: мобильный метрополитен позволяет качественно улучшить технологии скоростного перемещения пассажиров в мегаполисе. ■

метрополитены

СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕТРОПОЛИТЕНА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Д. А. БОЙЦОВ,

канд. архитектуры,

начальник архитектурно-строительного отдела ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»

ОПЫТ РАЗВИТИЯ МЕГАПОЛИСОВ, В ТОМ ЧИСЛЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА, СВИДЕТЕЛЬСТВУЕТ О НЕОБХОДИМОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОММУНИКАЦИОННЫХ ПРОСТРАНСТВ И ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ БОЛЬШЕЙ СТЕПЕНИ КОМФОРТА И БЕЗОПАСНОСТИ. СОВРЕМЕННЫЕ СТАНЦИИ МЕТРОПОЛИТЕНА, ПРОЕКТИРУЕМЫЕ ИНСТИТУТОМ «ЛЕНМЕТРОГИПРОТРАНС», ФОРМИРУЮТСЯ В СООТВЕТСТВИИ С ДАННЫМИ ПРИНЦИПАМИ.

Вопросы безопасности эксплуатации и комфорта для пассажиров являются для нас первостепенными и определяют ряд приоритетных направлений по объемно-планировочным решениям, по обеспечению доступности маломобильных групп населения и по вопросам безопасности пассажиров и персонала метро.

ДОСТУПНОСТЬ ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП

Одно из ключевых требований к современному метрополитену — доступность для всех категорий пассажиров. Технические решения и организационные мероприятия, обеспечивающие максимально удобный и комфортный доступ маломобильных групп населения (МГН) на новых станциях и на строящихся в настоящее время объектах, предусматривают возможность самостоятельного доступа МГН и при помощи сопровождающих сотрудников специализированных служб метрополитена.

Наиболее комфортным техническим решением для доступа МГН на станции глубокого заложения являются фуникулер в наклонном ходе и лифт с уровня поверхности до уровня станционной платформы. Фуникулер предполагает устройство кабины для МГН, передвигающейся вместо одной из лент эскалаторов. В проектной документации решение было опробовано при проектировании первой версии наклонного хода вестибюля №2 «Проспекта Славы», а также на ряде концепций по перспективным станциям (рис. 1). Лифт с уровня поверх-

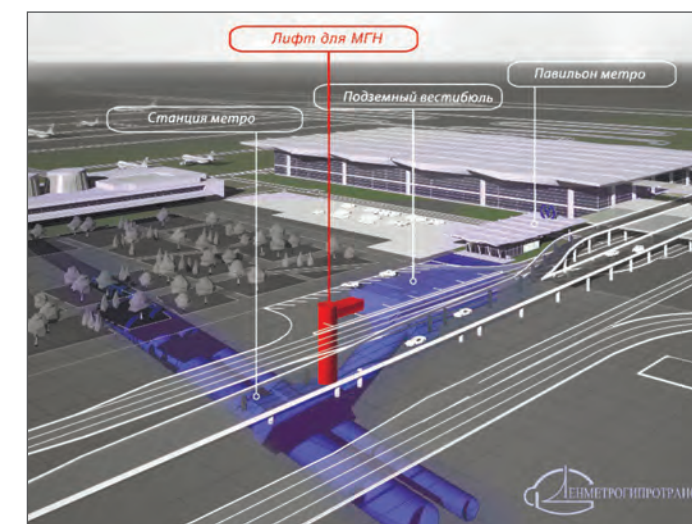


Рис. 1. Концепция станции «Пулково» с лифтовым стволом, поднимающимся с уровня поперечной камеры пилонной станции метрополитена

ности до уровня станционной платформы предполагает сооружение шахты, примыкающей к станции глубокого заложения. Возможны различные варианты: к поперечной камере станции, к натяжной камере или переходу между станциями.

Оба решения, лифты и фуникулеры, для станций глубокого заложения являются дорогими при строительстве и обслуживании, но максимально удобными и безопасными при эксплуатации. Существенно менее затратным способом доставки пассажиров МГН с уровня земли до

уровня платформ является применение дополнительных площадок и платформ, устанавливаемых на ступени эскалатора. К таким устройствам относится ТЭМИ, уже применяемое в Петербурге (кресло для маломобильного пассажира, фиксируемое на ступенях эскалатора, на которое пересаживается пассажир в сопровождении сотрудника метрополитена на всем пути следования вдоль наклонного эскалаторного спуска, включая посадку и высадку, в то время как его инвалидное кресло перевозит второй сопровождающий сотрудник метрополитена), а также различные гусеничные платформы.

Недостатками данных решений, связанных с применением специальных кресел и платформ, является привлечение специализированных сопровождающих, исключая возможность самостоятельного движения пассажира, а также затруднения и помехи для остальных пассажиров при интеграции данного процесса в общий пассажиропоток. Поэтому, несмотря на дороговизну и технические сложности, вариант с лифтовыми спусками с уровня земли на платформу является приоритетным и основным для станций Петербургского метрополитена, как для новых, так и для существующих, подлежащих реконструкции и модернизации с целью приспособления под современные нормы и требования (рис. 2).

АВТОМАТИЧЕСКИЕ РАЗДВИЖНЫЕ ДВЕРИ

Организация комфортного прибывания человека в условиях подземного пространства является важнейшим фактором для полноценного функционирования объекта транспортной инфраструктуры.

Одно из приоритетных направлений формирования комфортной среды в метрополитене — создание безопасной зоны на платформах за счет установки автома-

тических раздвижных дверей. В 1960-70-е гг. в Ленинграде такое решение уже применялось. «Парк Победы» (1961 год) и «Петроградская» были первыми станциями, на которых транспортную зону отделили от пассажирской платформы автоматическими раздвижными дверьми. Тогда, в эпоху глобальной стандартизации и унификации всех проектов, во времена радикальных решений по удешевлению работ и материалов, данное техническое новшество было в первую очередь связано с попыткой сэкономить на строительстве, уменьшить строительный объем станции, убрав боковые посадочные платформы и оставив только центральную платформу.

По прошествии десятилетий, однако, идеология обособления транспортной и пассажирской зоны зарекомендовала себя как самая безопасная, исключая падения пассажиров на пути. Также преимущество станций закрытого типа было отмечено благодаря конструктивной защите пассажирской зоны от шума и ветровых нагрузок от прибывающих поездов. В итоге данная идеология распространилась по миру, и в настоящее время автоматические раздвижные двери, устанавливаемые по краю платформы, являются отработанным распространенным решением для множества зарубежных метрополитенов. К сожалению, у нас в стране это было незаслуженно забыто почти на полвека.

В 2013 году ОАО «Ленметрогипротранс» вернулось к разработке станций закрытого типа. Основанием для этого стало проектирование двух станционных комплексов, задачей которых являлась бы, помимо штатного обслуживания пассажиров, работа в пиковые нагрузки при проведении массовых мероприятий на стадионе Крестовского острова. При обслуживании стадиона требовались новые технические решения, позволяющие максимально быстро и безопасно передвигаться на путях от пристанционной территории до посадки в поезд метро.



Рис. 2. Станция «Зенит». Павильоны лифтов, идущих от уровня платформы до уровня земли



Рис. 3. Станция «Зенит». Платформенные двери

Результатом данных проектных работ стало открытие двух станций Невско-Василеостровской линии, «Беговая» и «Новокрестовская» («Зенит») в 2018 году (рис. 3, 4).

В настоящее время решения, связанные с интеграцией системы автоматических раздвижных дверей на станциях, активно внедряются в новые проекты (рис. 5, 6).



Рис. 4. Станция «Беговая». Платформенные двери



Рис. 5. Станция «Арсенальная». Концепция с платформенными дверьми

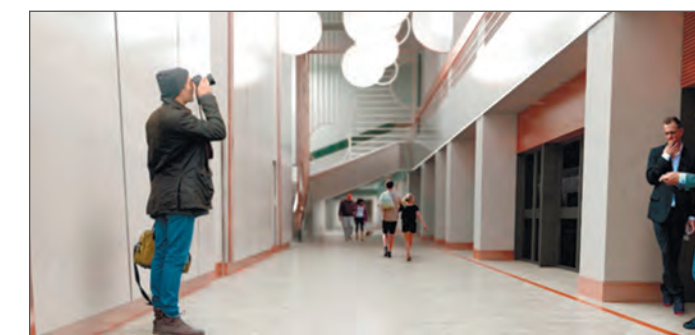


Рис. 6. Станция Кольцевой линии метро. Концепция с платформенными дверьми



ВЛАДИМИР МАСЛАК

О НОВАЦИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В КАНУН 75-ЛЕТИЯ ЛЕНМЕТРОГИПРОТРАНСА

Беседовал Сергей ЗУБАРЕВ

«ПРОЕКТИРОВЩИК — ЭТО, ПРЕЖДЕ ВСЕГО, АВТОР», — ГОВОРИТ ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР ОАО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ, ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ «ЛЕНМЕТРОГИПРОТРАНС» ВЛАДИМИР МАСЛАК. ГЛАВНОЕ ДОСТИЖЕНИЕ ЛЕНМЕТРОГИПРОТРАНСА — «АВТОРСТВО» ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА. СКОРО ЭТА ПРОЕКТНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ, ЗАНИМАЮЩАЯ ЛИДИРУЮЩИЕ ПОЗИЦИИ В ОБЛАСТИ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА, ОТМЕТИТ 75-ЛЕТИЕ.

— Владимир Александрович, с какими общими итогами институт вступил в юбилейный год и какими событиями он для вас уже ознаменовался?

— Да, 3 декабря мы отпразднуем юбилей института. Ленметрогипротранс за 75 лет прошел достойный, хороший трудовой путь. Прежде всего, по нашим авторским проектам полностью построен метрополитен в Санкт-Петербурге. Львиная доля проектов подземки в Казани тоже принадлежит нам. Достаточно большие объемы работ выполнены и в Самаре. Проектировали также для Омска, Красноярска, Челябинска, Новосибирска. Как известно, сейчас активно работаем на Москву. Это то, что касается метрополитена.

Насчет других направлений нашей работы, в первую очередь, следует напомнить: в 1987 году вышло постановление Министерства путей сообщения о том, что Ленметрогипротранс является головным проектным институтом по проектированию железнодорожных тоннелей. Почему было принято такое решение? Потому что институт, помимо метростроения, серьезно занимался этой темой, начиная еще с 50-х годов. В частности, все тоннели БАМа запроектированы Ленметрогипротрансом. Было даже специально создано дочернее предприятие под названием «Бамтоннельпроект». В результате у Ленметрогипротранса за 75 лет накопился достаточно большой опыт работы не только по метрополитену, но и по другим транспортным тоннелям.

В прошлом году закончили очень тяжелый объект, так называемый 4-й тоннель на входе в Сочи. 12 лет занимались этим проектом, но сроки зависели не от нас, а от заказчика. Это тоже один из крупных тоннельных объектов.

Недавно завершилось строительство Второго Байкальского тоннеля, протяженностью почти 7 км. Это тоже наше авторство. Сейчас обсуждаются варианты строительства второй ветки Северомуйского тоннеля — самого сложного железнодорожного тоннеля в мире, имеющего протяженность более 15 км. Мы представили свои предложения, они заинтересовали заказчика и центр экспертизы РЖД. То есть у нас и на сегодняшний день достаточно серьезные перспективы по железнодорожной тематике.

— Что сейчас представляет собой коллектив института (научные кадры, наставники и молодежь)?

— На сегодняшний день институт, несмотря на сложные времена, только вырос в количественном составе. Примерно десять лет назад у нас было 250-270 человек, сейчас — около 400. Это связано с увеличением объемов проектирования метро — но не в Санкт-Петербурге, а в Москве.

Средний возраст в коллективе — 42 года. 350 наших сотрудников — люди с высшим образованием. У нас трудится около 20 кандидатов наук. Есть два доктора наук, хотя и занятых не на постоянной основе.

Есть у нас, как говорится, и семейный подряд — сначала в институте работали родители, а затем пришли к нам и их дети.

У нас есть опытные наставники, которые обучают молодежь, есть и молодежь, которая хочет обучаться. Мы очень трепетно подходим к выбору новых сотрудников, ведем постоянную работу с профильными вузами Петербурга. Регулярно берем студентов на практику, а тех, кто проявляет способности и серьезный интерес к нашей работе, приглашаем в коллектив.

Мы постоянно находимся в движении. На сегодняшний день коллектив института, я считаю, имеет очень большие перспективы в части как традиционного проектирования, так и освоения и развития новых технологий.

— Какие социальные программы реализуются на вашем предприятии?

— Мы — одна из немногих организаций, которая каждый год заключает коллективный договор между администрацией и коллективом в лице профсоюза. Документально оговариваются все социальные льготы, условия оплаты, надбавок, премий. При этом мы достаточно много денег направляем на различные спортивные мероприятия и программы, чтобы молодежь больше занималась спортом и меньше болела. Более того, по предложению профсоюза оплачиваем для детей наших сотрудников поездки в оздоровительные лагеря, частично или полностью. Кроме того, когда наш работник уходит на заслуженный отдых, мы ему дополнительно даем свою, институтскую пенсию. Практиковались и другие пенсионные «бонусы».

Таким образом, социальный пакет у нас достаточно большой. Я бы сказал, даже больше в некотором смысле, чем в государственных предприятиях.

Причем в этом плане мы не стоим на месте. Если появляются новые разумные предложения, всегда их рассматриваем. Дополнения к социальной программе, если это возможно, только приветствуются.

— Ленметрогипротранс сегодня работает в основном на московское метростроение, но, насколько известно, есть инновационные решения, которые сначала были опробованы в Санкт-Петербурге. Пожалуйста, напомните о них. И насколько они оказались востребованы в Москве?

— Можно уже сказать, что Москва нас полюбила. Метростроением столицы Ленметрогипротранс начал заниматься в конце 2013 года. Мы, я считаю, достойно показали свое лицо, свои деловые качества, профессиональные возможности и навыки. Нам продолжают предлагать там работу, и мы от нее не отказываемся.



Второй Байкальский тоннель

Столица развивается высокими темпами, идет активное движение вперед — а значит, есть и возможность предложить что-то новое. И мы реализуем в Москве целый ряд новых идей.

Конечно, все надо доказывать, объяснять. Хотя там имеются достаточно большие сложности с точки зрения различных согласований, да и сам метрополитен больше, чем в Петербурге, что тоже усложняет работу, но все равно мы находим решения для того, чтобы внедрять нашу идеологию проектирования. И в основном все новые наработки Ленметрогипротранса Москва принимает.

Я бы, в первую очередь, коснулся двух позиций. Начали мы работать в Москве на Калининско-Солнцевской линии и сразу же предложили новую конструкцию станции. Предполагалось уменьшение физических объемов сооружения до минимума, потому что было требование Марата Хуснуллина, на тот момент вице-мэра Москвы, выйти на стоимость строительства метрополитена в столице с 7,0 на 4,5 млрд рублей за километр. Это очень низкая цифра. Благодаря нашим предложениям получилось 5,2 млрд. Это, опять же, очень достойная цифра, но наши предложения оказались достаточно сложными для строителей.

«Сжатые» габариты станции по такому принципу умещались в ограждающей конструкции типа «стена в грунте». Эта технология к тому моменту в Москве была освоена плохо. Наши питерские коллеги-строители имели тогда более богатый опыт. И вот эта минимизированная габаритность с применением стены в грунте создала нам в Москве лишние проблемы. У строителей было много брака, а нам пришлось несколько раз переделывать проектное решение, предлагать другие варианты. Но для метростроения это дало толчок к развитию ограждающих конструкций типа «стена в грунте». В Мо-



Владимир МАРКОВ,
заместитель генерального
директора
ОАО «НИПИИ
«Ленметрогипротранс»
по проектированию
метрополитенов:

— Стратегические наши планы ориентированы на то, чтобы работать на метростроение Петербурга. Тогда все остальные объекты были бы для нас второстепенными. Но пока метро в городе почти не строится, мы ищем любые другие проекты в России, которые относятся к нашей тематике.

Кстати, для Петербурга у Ленметрогипротранса есть много наработок, связанных не только с метрополитеном. В частности, по строительству подземных паркингов и гаражей. Однако пока вопрос упирается в высокую стоимость реализации таких проектов. Нужны инвесторы.

Из других направлений на первом месте остается проектирование железнодорожных тоннелей, но занимаемся и автодорожными сооружениями. Масштабный проект готовится в Сочи — в перспективе планируется обход побережья со строительством более 40 тоннелей.. Сейчас также рассматривается несколько вариантов сооружения уникального Второго Северомуйского тоннеля, необходимого для развития БАМа.

Что же касается метростроения, в Москве мы не стали бы брать столько заказов, если бы были полностью обеспечены фронтом работ в Петербурге. Причем если там мы — одни из нескольких участников программы, то здесь — все-таки единственные. И, конечно же, только Ленметрогипротранс обладает опытом проектирования метро в петербургских условиях.

А насчет принципиальных технологических новшеств хотелось бы отметить следующие моменты. Мы разработали методологию проектирования двухпутных тоннелей. Это новое решение, которого не было в России вообще. Мы его внедрили, прописали нормы и т. д. Теперь это совершенно рядовое явление. Дальше мы для московского метро начали проектировать станции модульного исполнения. Что это означает? Станция не проектируется как единый комплекс, а как бы собирается из готовых модулей. Это очень упрощает работу. Даже если в метро каждый год что-то меняется — появляются новые нормы, оборудование, — все равно это существенно проще, чем традиционная схема проектирования.

Новая «глобальная» технологическая перспектива — разрабатываемый переход на 13-метровый щит для проходки тоннелей. Это должно позволить в принципе уйти от ручного труда в метростроении.

скве такую технологию стали применять уже значительно успешнее и чаще.

А второе важное ноу-хау — это 10-метровый щит для проходки двухпутных тоннелей и, соответственно, строительства станций с боковыми платформами. Москва — город большой и древний, имеет очень много особо охраняемых культурных и природных зон. А чтобы под ними пройти, не нанеся им ущерба, нужна специфическая идеология проектирования. Наша новая идеология — строить тоннели без промежуточных вентиляционных и прочих сооружений. Это устроило московского заказчика, потому что наше решение позволяет пройти перегон до 3 км, не затрагивая поверхность.

Уже есть несколько проходок, в частности, под Москвой-рекой. Под Коломенским сейчас пройден особо охраняемый участок, где нельзя было выйти на поверхность. Причем речь идет не только об охранных зонах, а также об ускорении, упрощении строительства. Нами предложена новая система вентиляции и дымоудаления, которая, собственно, и позволяет обойтись без промежуточных тоннельных сооружений. Все это обеспечивается на станциях. Технология на сегодняшний день востребована. Теперь уже четыре щита диаметром 10 м работают в столичном метростроении. Включая и петербургский, которым в свое время у нас был пройден первый в стране двухпутный тоннель.

Впрочем, у нас есть и другие предложения, которые пока не приняты. Например, мы предлагаем Москве перейти на новую элементную базу по автоматизации управления движением. В Петербурге система работает уже на цифровых технологиях, что дает достаточно большой эффект. В Москве процесс обсуждения подобного перехода пока идет сложно, возникает много разных коллизий. Но, я думаю, что это вопрос скорого будущего.

Еще есть одна новая идеология — мы начали проектировать станции мелкого заложения блоками, что, опять же, ускоряет и упрощает строительство. Основной блок — сама станция, а также есть блок вентиляционный, блок эскалаторный, блок выхода пешеходов с вестибюлем. Но это, однако, уже не петербургская наша идея, а московская. Мы впервые применили такое решение именно в Москве на Кожуховской линии.

— Значит, при работе на столичных объектах вы приобрели для себя что-то новое... А в чем вообще заключается специфика работы для столичной подземки?

— Действительно, мы много чего нового приобрели для себя в Москве, особенно в части организации работы. Столица работает не по классической схеме. Москва одновременно и параллельно осваивает площадки, строит, разрабатывает и рабочую, и проектную документацию.

Это позволяет существенно ускорить строительство метро. Но, чтобы работать по такой схеме, нужно иметь заказчика, который берет на себя полную ответственность за смелые решения, преодолевать нормативные барьеры. И всем этим в одном лице руководит Мосинжпроект.

Однако при таком подходе нередко возникает сумбур, который, в свою очередь, может привести к серьезным ошибкам. Но надо находить возможность как-то их минимизировать, чем мы, в том числе, и занимаемся уже фактически семь лет.

Мы, благодаря нашему богатому опыту в строительстве, знаем, как грамотно организовать работу при такой интенсивной деятельности, в то время, как некоторые подрядчики и проектировщики — а заказы по проектированию Мосинжпроект размещает, естественно, не только у нас — просто не понимают этой ситуации.

— Назовите ваши основные московские объекты...

— Именно по нашим проектам пущены пять станций на Калининско-Солнцевской линии, четыре — на Кожуховской, которые как раз построены по новой идеологии двухпутного тоннеля. Сейчас заканчиваем еще четыре станции на Большой кольцевой, восточный участок. В перспективе у нас еще ряд объектов по Бирюлевской и Рублево-Архангельской линиям. В общей сложности наберется еще до восьми станций. Это то, что на сегодняшний день планируется по Москве.

— А что сейчас представляется вам наиболее актуальным в работе на развитие петербургской подземки?

— Что тут скрывать, с Санкт-Петербургом проблемы имеются. Повторюсь, здесь такой деятельности, как в Москве, к сожалению, не наблюдается. Конкретно мы сейчас фактически находимся в ожидании изменений. Надеемся, что скоро сформируется новая структура, подобная Мосинжпроекту: и заказчик, и генпроектировщик, и генподрядчик в одном лице. Возможно, тогда снова начнется активное проектирование и строительство. Но для того, чтобы такая структура заработала, нужно отдельное Постановление Правительства Российской Федерации. Насколько нам известно, принятие такого документа ждет своего часа. На сегодняшний день фактически петербургский КРТИ не проводит никаких курсов, также находясь в ожидании.

Думаю, что для решения комплексных задач в ускоренном темпе создание подобной структуры — это неплохо. А чтобы она сразу же заработала, институт, начиная с прошлого года, активно занимался разработкой программы развития метрополитена в два этапа: до 2030 и до 2045 года. На основании наших разработок и готовится упомянутое постановление Правительства.



Калининско-Солнцевская линия. Станция Боровское шоссе



Станция Рассказовка

Что касается работ, связанных с первоочередным проектированием и строительством, то эту часть не надо обсуждать долго, там уже указаны основные направления деятельности. Она уже согласована с основными участками процесса. Поэтому в соответствии с этой программой уже в четвертом квартале текущего года, надеемся, начнется какое-то развитие по строительству и по проектированию метрополитена в Санкт-Петербурге по конкретным направлениям.

Если взять проектирование, то в первую очередь запланированы четыре станции начатой строительством Красносельско-Калининской линии, от «Путиловской» до «Обводного канала». Затем — «Кудрово» и депо в сторону Мурманского шоссе. Наконец, есть три станции, которые уже три года «лежат на полке» в КРТИ — «Яхтенная», «Зоопарк» и «Шуваловский проспект». Это первоочередные задачи.

Понимая, что программа достаточно большая, а ситуация в петербургском метростроении сложная, мы ищем

на сегодняшний день технологии, которые позволят ускорить процесс строительства при минимуме человеческих ресурсов. Но что здесь может быть новым? Это как раз 10-метровые щиты, которые сейчас используются в Москве. Мы также готовы дать предложение на новый щит диаметром 13,8 м для двухпутных перегонных тоннелей — на основе способа, разработанного в Барселоне.

Какие преимущества это дает? В целом мы пытаемся организовать 100%-ю механизацию строительства. Если полностью уйти от ручного труда, то мы получим уход от человеческого фактора, улучшение качества работ и ускорение их выполнения, уменьшение сроков пуска объекта в эксплуатацию.

Я не говорю, что это обойдется дешевле — нет, скорее даже в чем-то будет дороже, но нам не видится другого способа преодолеть отставание и выйти на возможность реализации программы развития метрополитена в Санкт-Петербурге, которая предусматривает 60 млрд рублей в год. Для нашего города это большие объемы капвложений, но надо и быть готовыми их освоить. Если программа начнет реально работать, мы с вами уже через пять лет увидим ощутимый прирост метрополитена.

Чтобы реализовывать намеченную программу, еще раз подчеркну, необходимы новые технологии. Именно поэтому мы пытаемся продвигать в Санкт-Петербурге нашу идеологию строительства двухпутных тоннелей и станций мелкого заложения, сейчас востребованную в Москве. Все это надо просчитывать заранее, в том числе и закупку нового оборудования. Старые технологии сооружения станций глубокого заложения — это очень долго и дорого.

Сейчас необходимо понять, на какой основе будет развиваться Петербургский метрополитен, какими темпами, кто будет строить и т. д. Ленметрогипротранс в решении сегодняшней непростой задачи видит свою роль ключевой в том смысле, что мы являемся авторами проектов — и, следовательно, генераторами идей, которые должны двигать развитие отечественного метрополитена.

— А есть ли новые достижения в технологиях непосредственно проектирования (BIM и т. п.)?

— Когда я пришел в институт около 12 лет назад, одним из основных вопросов было внедрение технологии объемного проектирования, то есть в формате 3D. Мы активно развивали данное направление. Теперь внедряем уже более современные решения — BIM-проектирование. Соответственно, речь идет не только об объемной модели объекта, но и о расчете всех эта-



Кожуховская линия. Юго-восточная станция

пов его создания и последующей эксплуатации, включая материальные и ресурсные затраты.

3D-проектирование мы внедрили уже достаточно давно, причем сами разрабатывали программу. У нас достаточно богатый опыт, мы многое умеем, у нас обученные профессионалы, имеется вся необходимая техническая база. То есть 3D-проектирование мы можем вести в полном объеме. Это позволяет увеличить скорость выполнения работ и повысить качество проектной документации. Мы уже практически готовы к тому, чтобы, согласно приказу Минстроя России, с будущего года для прохождения экспертизы выполнять все проекты в трехмерном изображении. Часть кадров будет готовиться в процессе этого перехода.

Естественно, у нас запущен и внутренний электронный документооборот. Это тоже новые цифровые технологии. Взаимоотношения между отделами осуществляются в электронном виде. Это позволяет организовать хорошую коммуникацию с нашими удаленными подразделениями — и, прежде всего, достаточно успешно работать в Москве. Цифровизация, безусловно, является для Ленметрогипротранса одной из основ для сохранения и укрепления передовых позиций в проектировании и метрополитена, и других транспортных тоннелей.

— Ваши пожелания коллегам ко Дню строителя...

— Я поздравляю российских строителей с профессиональным праздником и желаю всем чувствовать себя уверенно на рынке, новых больших заказов, интересных объектов, благополучия в компаниях и согласия в семьях.

О НОРМИРОВАНИИ ВРЕМЕННЫХ КРЕПЕЙ ТОННЕЛЕЙ И МЕТРОПОЛИТЕНОВ

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

(Продолжение. Начало в «ПГ» №24, 26)

ВРЕМЕННОЕ КРЕПЛЕНИЕ ЯВЛЯЕТСЯ ОБЯЗАТЕЛЬНОЙ КОМПОНЕНТОЙ ПРИ ПРОХОДКЕ ТОННЕЛЕЙ И МЕТРОПОЛИТЕНОВ ЗАКРЫТЫМ СПОСОБОМ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ УСТОЙЧИВОСТЬ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ДО ВОЗВЕДЕНИЯ ПОСТОЯННОЙ ОБДЕЛКИ. ПРИ ЭТОМ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ПРОДОЛЖАЮТ ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ ВЫПУЩЕННЫЕ В 1990 ГОДУ ВСН 126-90 СУЩЕСТВЕННО УСТАРЕЛИ, ПОСКОЛЬКУ ПОЯВИЛИСЬ БОЛЕЕ СОВЕРШЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, КОНСТРУКЦИИ И ОБОРУДОВАНИЕ.

РАСЧЕТ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТРОЙСТВУ АРОЧНОЙ И АРОЧНО-БЕТОННОЙ КРЕПИ

Параметры конструкции арочной крепи следует определять из условий прочности и устойчивости при действии расчетных нагрузок от давления горных пород (первая группа предельных состояний).

Величину и характер распределения нагрузок на арку следует принимать по результатам измерений в условиях строящегося тоннеля или в аналогичных условиях. При отсутствии указанных данных нагрузки определяют в зависимости от возможности образования свода обрушения или отдельных вывалов, если исключена возможность давления полного столба налегающих пород.

Для скальных грунтов (коэффициент крепости в куске $f \geq 4$) нормативные нагрузки следует принимать в зависимости от трещиноватости грунтов.

Для нескальных и сильнотрещиноватых, и раздробленных скальных грунтов интенсивности нормативных вертикальной и горизонтальной равномерно распределенных нагрузок (соответственно q_n и P_n) следует определять по формулам:

$$q_n = \frac{\gamma}{2f} \left[8 - 2H \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi_n}{2} \right) \right]$$

$$P_n = \left(q + \frac{\gamma H}{2} \right) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_n}{2} \right),$$

где: $\varphi_n = \operatorname{arctg} f$ — кажущийся угол внутреннего трения в грунте.

Расчетные нагрузки следует определять путем умножения величины нормативной нагрузки на коэффициент возможной перегрузки, принимаемый по табл. 12.

Статический расчет арок производят по схеме воздействия указанных нагрузок на криволинейный стержень в винклеровской среде, обладающей упругим отпором одностороннего действия.

Коэффициент упругого отпора грунта K при расчете арок рекомендуется принимать постоянный по всему контуру выработки, за исключением пят арок. Его величину определяют по данным испытаний (штамповых или прессиометрических) или по аналогии. При этом следует учитывать наличие забутки между аркой и поверхностью выработки с помощью соотношения

$$K = \varepsilon K_0,$$

Таблица 12.
Определение нагрузок при устройстве арочной и арочно-бетонной крепи

Нагрузка от давления	Возможные вывалы в грунтах		Образование свода разрушения	Полный столб налегающих грунтов
	размокаемые и выветриваемые	неразмокаемые и невыветриваемые		
Вертикальная	1,3	1,0	1,3	1,0
Горизонтальная	1,3	1,0	1,5	1,1

где: K_0 — известный коэффициент отпора для данных условий; ε — коэффициент, учитывающий толщину забутовки r_n , определяемый в соответствии с рис. 3.

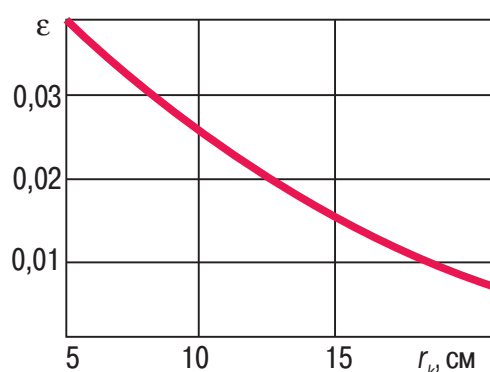


Рис. 3. Зависимость коэффициента от толщины забутовки r_n

Максимальная вертикальная нагрузка, которую способна нести арка q_{max} , определяется $max q = min q_1$ ($i = 1, 2, 3, \dots, n$). Шаг арок a определяют из соотношения

$$a = \frac{q_{min}}{q_p}$$

где: q_p — расчетная нагрузка для данных условий нагружения.

При проектировании арочно-анкерной крепи (рис. 4) длину анкеров следует выбирать ориентировочно по указанным выше рекомендациям таким образом, чтобы она превосходила глубину зоны возможного обрушения.

Упругие опоры в расчетной схеме, моделирующие контакт с грунтом, следует совмещать с местами установки анкеров, причем жесткость опоры в направлении от выработки определяют согласно соответствующему разделу настоящих рекомендаций, а внутрь выработки по формуле

$$c = \frac{E_a F_a}{l_c}$$

где: E_a — модуль упругости материала анкера; F_a — площадь сечения анкерного стержня; l_c — свободная (до замка) длина анкера.

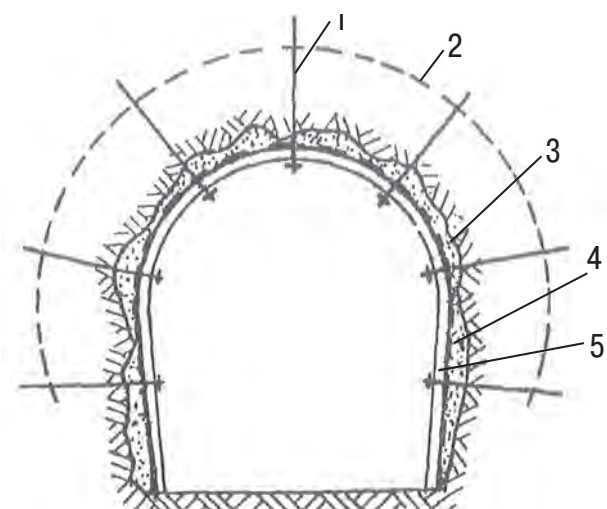


Рис. 4. Схема арочно-анкерной крепи: 1 — анкер; 2 — граница зоны возможного обрушения; 3 — забивка; 4 — забутовка; 5 — арка

Прогноз напряженно-деформированного состояния арочно-бетонной крепи и массива в зоне выработки осуществляют на основе расчетов, выполняемых на стадии проектирования.

В процессе строительства необходимо проводить контроль расчетных характеристик массива и обделки, принятых при проектировании. В качестве основного метода контроля соответствия расчетных данных фактическим рекомендуется использовать измерения общих смещений (конвергенции) выработки, подкрепленной арочно-бетонной крепью. В качестве дополнительного метода контроля наряду с другими геофизическими методами может быть применен метод ультразвукового каротажа скважин и прозвучивания образцов грунта и бетона.

В процессе возведения арочно-бетонной крепи в бетон наружного слоя до начала его схватывания закладывают специальные детали (марки). По изменениям их положения в дальнейшем вычисляют деформации арочно-бетонной крепи и возникающие в ней напряжения.

Оценку напряженно-деформированного состояния арочно-бетонной крепи необходимо производить перед бетонированием внутреннего слоя постоянной обделки.

Оценку производят, прежде всего, путем визуального осмотра участка, подлежащего бетонированию внутреннего слоя, на котором выявляют участки бетона, находящегося в предельном состоянии (наличие продольных или поперечных трещин от растяжения и выколов от сжатия), а также пластические деформации в металлических арках.

В общем случае оценку напряженного состояния производят по результатам измерения общих смещений арочно-бетонной крепи на основе сравнения фактических деформаций с предельно допустимыми.

При наличии признаков перехода арочно-бетонной крепи в предельное состояние (трещины, выколы в бетоне) рекомендуется организовать непрерывный контроль за ростом величины горного давления с целью определения необходимости усиления крепи. Демонтаж арок на таких участках запрещается.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ ВРЕМЕННОЙ КРЕПИ

Технология установки анкерной крепи

Анкеры следует устанавливать сразу вслед за продвижением забоя. В слаботрециноватых породах допускается отставание постановки подхватов или сетки (должно быть отражено в паспорте крепления), но не более чем на 20 м от лба забоя. В этом случае для навешивания подхватов или сетки на стальной анкер устанавливают вторую опорную шайбу и гайку.

Перед установкой крепи следует произвести тщательную оборку кровли и подтянуть гайки на двух последних рядах анкеров.

Бурение шпуров под анкеры следует производить по размеченной сетке, строго соответствующей паспорту крепления, бурильными машинами с манипуляторами на самоходных шасси или на буровых рамах.

Допускается бурение анкерных шпуров телескопически или ручными перфораторами с пневмоподатчиками.

Бурение с промывкой водой разрешается при последующей тщательной продувке шпура сжатым воздухом; в нестойких по отношению к воде грунтах бурение следует производить только всухую при обеспечении пылеулавливания (отсосе пыли).

Отклонения диаметра и длины шпуров от указанных в паспорте крепления не должны превышать соответственно 1 мм и 5 см.

Перед установкой необходимо осмотреть детали анкера. Смазка элементов замка должна быть удалена за исключением стержней корневых анкеров, где она

предусмотрена как защита от коррозии. Запрещается устанавливать анкеры с плохо нарезанной или поврежденной резьбой, гнутым стержнем и прочими механическими дефектами.

При установке клинового анкера стержень со вставленным в прорезь на 20–30 мм клином вводят в шпур. Для создания предварительной расклинки следует доводить анкер до конца резким движением до упора в дно шпура, после чего анкер следует забивать пневматическим ударным инструментом со специальной насадкой до прекращения заглубления анкерного стержня.

Забивка кувалдой допускается как исключение при установке отдельных анкеров или их малочисленных партий.

После забивки на наружный конец анкера следует установить опорную шайбу, гайку.

В клинощелевых и распорных анкерах сразу после установки следует произвести натяжение стержня для предотвращения расслоений и частичной релаксации напряжений в горном массиве.

Величина натяжения менее 40 кН (4 тс) при установке анкеров не допускается.

Гайки анкеров должны быть затянуты до отказа ключом длиной 0,7 м, либо пневматическим или электрическим сбалчивателем с крутящим моментом 350 кН/см.

В набивных железобетонных анкерах нагнетание раствора в шпур следует производить растворонагнетателями.

Заполнение шпуров раствором производится через шланг с соплом в два приема; первая доза нагнетается при сопле, недоведенном на 20–30 см до дна шпура, вторая при сопле, выдвинутом к устью на 20–30 см.

Анкерный стержень следует устанавливать в шпур сразу после извлечения сопла и закреплять в устье шпура деревянным клином.

Зазор между стенками шпура и шлангом при нагнетании раствора и между стержнем и стенками шпура при установке следует перекрывать в устье резиновым или сальниковым уплотнением, препятствующим утечке раствора из шпура до твердения.

Навешивать сетку или подхват разрешается после достижения раствором 20%, а производить взрывные работы — при 60% проектной прочности. Сроки достижения этой прочности должны быть оговорены в паспорте крепления подземной выработки.

При анкерном креплении с жестким подхватом вначале следует установить анкеры в средней трети свода и к ним подвешивать подхват. Шпуры для остальных анкеров пробуривают через отверстия в подхвате.

Если анкер установлен не перпендикулярно подхвату, вместо обычных опорных шайб следует устанавливать специальные: сферические, клиновые или из неравнобоких уголков.

Установку омоноличиваемых преднапрягаемых анкеров производят после устройства оголовка в такой последовательности:

- очистка скважины сжатым воздухом;
- промер глубины скважины;
- сборка анкера;
- установка анкера в сборе в скважину на заданную глубину;
- нагнетание раствора в корневой замок до истечения его из воздухоотводной трубки;
- глушение нагнетательной и воздухоотводной трубок;
- натяжение (после набора песчано-цементным камнем 100% прочности) анкерного стержня с фиксацией его в оголовке.

В анкерах с песчано-цементной изоляцией напрягаемого участка стержня нагнетание раствора в незаполненную часть скважины осуществляется после напряжения стержня.

При возможности утечки или вымывания раствора из скважины установку анкеров с нагнетаемым корневым замком следует производить только после цементации, глинизации или силикатизации закрепляемой области породного массива. Натяжение анкерных стержней следует производить гайкой при помощи динамометрического ключа или гидравлическими домкратами с цанговым или резьбовым захватом. Рекомендуется применять домкраты с цанговым захватом и полым штоком.

Домкраты и маслостанции должны быть укомплектованы тарированными манометрами.

Операции по установке анкеров с закрепляющим составом в ампул-патронах и жестким стержнем осуществляются в такой последовательности:

- заполнение шпура требуемым количеством ампул-патронов;
 - заглубление стержня с разрушением оболочек ампул и капсул до упора в дно, вращение стержня до начала схватывания полимерного состава;
 - натяжение и фиксация стержня после отверждения омоноличивающего состава (в анкерах замкового типа).
- При использовании анкеров с канатной тягой операции по установке выполняются в такой последовательности:
- заглубление при помощи трубчатого упора анкера в сборе, включая требуемое количество ампул-патронов и уплотнительную диафрагму, до упора анкера в дно шпура;
 - досылка замковой части анкера трубчатым упором до отказа и вращение анкерного стержня до начала схватывания закрепляющего раствора; извлечение трубчатого упора из шпура;
 - натяжение стержня после схватывания (отверждения) до достижения расчетной нагрузки и фиксация наружного конца в оголовке.

Установку анкеров с жестким анкерным стержнем с размещением закрепляющего раствора в ампул-патронах рекомендуется осуществлять анкероустановочными модулями, смонтированными на манипуляторах буровых установок и позволяющими с одной позиции выполнить механизированно весь комплекс операций — бурение шпура, подачу в шпур ампул-патронов и установку анкерного стержня.

Операции по установке цельноомоноличиваемых стержневых анкеров типа «Перфо» следует производить в такой последовательности:

- приготовление песчано-цементного раствора; формовка и заполнение раствором перфоцилиндров;
- заглубление перфоцилиндров в шпур с последующим внедрением арматурного стержня на заданную глубину, фиксация стержня деревянным клином в устье шпура.

Формовку и заполнение раствором перфоцилиндров производят в шаблоне на верстаке вблизи места установки анкеров партиями не более 8–10 шт. Готовые перфоцилиндры скрепляют проволокой или хомутами через 0,3–0,5 м.

Забивку в шпур анкерного стержня следует производить пневматическим инструментом (отбойным или чеканочным молотком, перфоратором с насадкой).

При установке преднапряженных анкеров типа «Перфо» с плунжером на замковом конце анкерного стержня последовательность операций должна быть такой:

- приготовление песчано-цементного раствора;
- заполнение раствором и формовка перфоцилиндров в количестве не более 3 шт. при ранее уложенном в перфоцилиндр анкерном стержне;
- установка анкера в сборе в скважину до упора в дно;
- внедрение плунжера в перфоцилиндр с вытеснением раствора в зазор между перфоцилиндром и стенками скважины;
- натяжение анкерного стержня после набора песчано-цементным раствором проектной прочности с фиксацией наружного конца в оголовке.

Внедрение плунжера в перфоцилиндр может производиться следующим способом: надвигкой вглубь скважины перфоцилиндра трубчатым упором (например, буровым снарядом, подаваемым буровым станком) при зафиксированном в устье скважины рабочем стержне.

Технология установки анкеров на платорастворах (СПА)

Перед установкой крепи следует произвести тщательную оборку кровли и подтянуть гайки на двух последних рядах анкеров.

Шпуры для установки анкеров рекомендуется бурить бурильными молотками с пневмоподдержкой или теле-

скопными перфораторами по сетке, строго соответствующей паспорту креплений.

Бурение с промывкой водой разрешается при последующей тщательной продувке шпура сжатым воздухом.

Диаметры и длины шпуров должны точно соответствовать значениям, указанным в паспорте креплений.

Перед установкой СПА необходимо осмотреть детали анкера. Запрещается устанавливать анкеры с плохо нарезанной или поврежденной резьбой, а также поврежденные или дефектные ампулы с закрепляющим раствором.

Анкеры устанавливают вслед за продвижением забоя через время, обуславливаемое технологией работ и устойчивостью грунтов. Работы по установке анкеров начинают со сводовой части выработки в вывалоопасных местах.

Установка СПА производится в следующем порядке:

- в пробуренную скважину с помощью специального деревянного забойника вставляется расчетное количество ампул с закрепляющим составом, которые досылаются в скважину армирующим стержнем;
- с помощью сверлильной машины, укрепленной на пневмоподдержке, гайковерта или бурильной машины, обеспечивающей вращательное движение частотой вращения не менее 300 об./мин, стержень приводится в поступательно-вращательное движение (например, РД-100, установленный на буровой раме «Фурукава»), во время которого внешняя и внутренняя оболочки ампул разрываются, раствор растекается вдоль стержня до уплотнительной манжеты и перемешивается;
- через 10–20 мин после окончания перемешивания раствора на выступающий конец стержня надевается опорная плитка (шайба), навинчивается и затягивается натяжная гайка; после окончания перемешивания раствора и до момента натяжения анкера стержень рекомендуется поддерживать в шпуре с помощью деревянного клина, вводимого в устье шпура.

Вращение стержня осуществляется в течение 1 мин с частотой вращения не менее 300 об./мин.

Вращение армирующего стержня указанным выше оборудованием производится с помощью специальных переходников-насадок.

Предварительные испытания СПА следует производить не менее чем на 5 анкерах, устанавливаемых в сводовой и боковой частях выработки.

Прочность закрепления анкеров рекомендуется определять гидродомкратом, питающимся от насосных станций, путем испытания на вытягивание стержня.

Перед началом испытаний необходимо выровнять поверхность выработки вокруг анкеров и удалить выступы, мешающие опиранию домкратов. На анкер одевают шайбу, навинчивают гидравлический домкрат и включают

насосную станцию. При этом нагрузка на анкер фиксируется по показаниям манометра.

Установку анкеров разрешается производить только под наблюдением лица технического надзора. Перед производством работ технадзор обязан проверить соответствие диаметра и глубины забуренных шпуров и размеров деталей анкеров с паспортными данными крепления.

При отклонении этих размеров от паспортных должны быть забурены новые шпуры, а анкеры заменены.

В случае превышения фактической длины шпура над расчетной с целью экономии закрепляющего состава допускается вставлять в шпур деревянные пробки. Для точного соблюдения заданных паспортном крепления взаимного расположения и длины шпуров под анкеры следует буровые штанги снабжать хорошо видимыми маркировочными отметками или иметь набор штанг необходимой длины. Для точной разметки шпуров под анкеры рекомендуется пользоваться шаблоном.

Через 20–30 мин (в зависимости от применяемого закрепляющего раствора) после установки СПА необходимо произвести натяжение армирующего стержня. Гайки анкеров должны быть затянуты до отказа ключом с длиной рукоятки 0,7 м, либо пневматическим или электрическим сбалчивателями с крутящим моментом 35 кг-см.

Натяжение менее 4 тс при установке анкеров не допускается. С целью исключения случаев неправильной установки анкеров (преждевременного схватывания состава) вращение стержня не прекращать до момента упора его в дно шпура.

В случае неудовлетворительной установки анкера (слабое закрепление, недоведение стержня до дна шпура) необходимо извлечь неправильно установленный анкер и взамен его в этот шпур поставить другой. Если это невозможно, то рядом следует пробурить новый шпур и в него установить другой анкер.

Установку очередного ряда анкеров можно производить только после проверки натяжения в трех-четырех предыдущих рядах анкеров. Обнаруженные ослабления ликвидируются подтягиванием гаек.

Для предотвращения вытекания раствора (до его затвердевания) из шпура на расчетном расстоянии от концов стержней следует располагать уплотнительные кольца (манжеты) специальной конструкции. Изготавливаемые из полиэтилена или резины. Внутреннее отверстие манжет рекомендуется делать на 2–3 мм меньше диаметра стержня для повышения надежности их установки. Внешний диаметр выполняется на 2–3 мм больше диаметра шпура для предотвращения выпадения армирующего стержня до затвердевания раствора.

(Окончание следует)

ПОДЗЕМНЫЕ ХРАНИЛИЩА ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Анастасия ТЕЛЕЖКИНА
(undergroundexpert.info)

В МИРЕ ПОРЯДКА 17% ПРОИЗВОДИМОЙ ЭНЕРГИИ ПРИХОДИТСЯ ИМЕННО НА АТОМ-НЫЕ (ЯДЕРНЫЕ) СТАНЦИИ. РАБОТАЮТ 440 АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ, КОТОРЫЕ РАСПОЛОЖЕНЫ В 31 СТРАНЕ МИРА И ПРОИЗВОДЯТ ОКОЛО 370 ГВт ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ. КАК БЫ ПАРАДОКСАЛЬНО ЭТО НИ ЗВУЧАЛО, АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА НА СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ СЧИТАЕТСЯ САМОЙ ЭКОЛОГИЧНОЙ ИЗ-ЗА ОТСУТСТВИЯ ВЫБРОСОВ АЭРОЗОЛЕЙ И ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРУ.

В то же время многие эксперты говорят об опасности эксплуатации АЭС, связанной не только с последствиями аварий (на Три-Майл-Айленд, Чернобыльской АЭС, Фукусиме-1), но и, прежде всего, с проблемой утилизации отходов. Тем не менее, специалисты в области атомной энергетики нашли эффективный способ утилизации отработавшего ядерного топлива — строительство подземных хранилищ.

ЗАХОРОНЕНИЕ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

В отработавшем ядерном топливе остается около 95% от его первоначальной энергии — другими словами, используется только 5% его энергии. Поэтому отработавшее ядерное топливо имеет значительную радиоактивность за счет содержания большого количества продуктов деления и имеет свойство саморазогреваться на воздухе до больших температур. После уменьшения остаточного энерговыделения топлива (как правило, в течение 2-5 лет его выдерживают в бассейне выдержки или на периферии активной зоны реактора) его отправляют на хранение, захоронение или переработку.

Разработка технологий захоронения ядерных отходов является самым серьезным препятствием для развития атомной энергетики в мире. Специалисты из разных стран изучают различные варианты для захоронения: захоронение в недрах; на морском дне и под ним; выброс ракетами за пределы атмосферы.

Перспективным признано захоронение отходов в недрах, концепция которого базируется на сочетании природных защитных барьеров с искусственными, уменьшающими возможность миграции радионуклидов в биосферу.



Атомная электростанция Гёсген Атомная электростанция Гёсген/ Kernkraftwerk Gösgen Атомная электростанция Гёсген, Швейцария. Автор фото: Patrick Federi/Unsplash

ПОДЗЕМНЫЕ ХРАНИЛИЩА США

В США после проведения исследований в 70-х гг. Комиссия по атомной энергетике пришла к выводу о целесообразности использования соляных формаций. Так было принято решение создать центральное хранилище на площади 400 га Канзасского ядерного парка.



АЭС Три-Майл-Айленд. 28 марта 1979 года на втором энергоблоке станции произошла авария, по причине своевременно не обнаруженной утечки теплоносителя первого контура реакторной установки и потери охлаждения ядерного топлива. Источник фото: britannica.com/event/Three-Mile-Island-accident

В 1999 году в 42 км от города Карлсбад (штат Нью-Мексико, в районе, известном как юго-восточный ядерный коридор Нью-Мексико) было построено третье в мире лицензированное хранилище, имеющее разрешение на хранение ядерных отходов на срок порядка 10 тыс. лет — Waste Isolation Pilot Plant (WIPP). Первая партия радиоактивных отходов сюда пришла из знаменитой Лос-Аламосской национальной лаборатории, которая была основана в 1942 году для осуществления программы исследований по созданию ядерного оружия — «Проект Манхэттен». Сегодня хранилище WIPP принимает трансурановые отходы от девяти военных объектов США.

Захоронение отходов производится в солевых образованиях Делаверского бассейна на глубине около 660 м. Стоимость проекта с учетом 25-35 лет эксплуатации оценивалась в 19 млрд долларов США.

ШВЕДСКИЙ ОПЫТ ЗАХОРОНЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ОТХОДОВ

В 80-х гг. Швеция провела референдум после аварии на АЭС «Три-Майл-Айленд» в Пенсильвании (США), согласно которому страна должна постепенно отказываться от атомной энергетики. Было прекращено строительство новых станций, в 2005 году остановили оба реактора АЭС «Барсебек», позднее был введен налог в размере 33% от себестоимости производимой АЭС электроэнергии, сделав отрасль «нерентабельной» для шведской экономики. Тем не менее, в стране активно ведутся разработки по

строительству хранилищ для захоронения отходов. В районе города Оскарсхамн построено подземное хранилище для хранения 12 тыс. т ядерных отходов девяти АЭС. Оно расположено в скальных породах на глубине 25-30 м.

Недалеко от атомной станции в городе Форсмарк в скальных породах было построено подземное централизованное хранилище радиоактивных отходов SFR. Общий объем хранилища составляет порядка 90 тыс. м³, оно состоит из двух камер в форме цилиндра диаметром 25 м и высотой 50 м, соединяющиеся между собой транспортным тоннелем. В общей сложности, срок хранения отходов в нем составляет 500 лет.



Подземное централизованное хранилище радиоактивных отходов SFR в Швеции. Источник: skb.com

ХРАНИЛИЩА В ГЕРМАНИИ

В Германии были проведены исследования более 200 соляных пластов, согласно которым в стране выбрали наиболее подходящий для строительства подземных хранилищ район — Нижняя Саксония. Там в 1986 году была построена разведочная шахта на территории «Горлебен». До 1999 года здесь проводилось детальное геологическое исследование пластов каменной соли, и первые результаты показали их непригодность по причине нестабильности верхних скальных пород и невыгодного хода грунтовых вод. Тем не менее, специалисты пришли к выводу, что по сравнению с аналогичными соляными полостями «Горлебен» является наиболее подходящим местом для захоронения радиоактивных отходов.

Несмотря на огромное число протестов со стороны противников ядерной энергетики в Германии, сегодня территория «Горлебен» действует, как зона для временного складирования, переработки и окончательного хранения отработавшего топлива и витрифицированных высокорadioактивных отходов с немецких атомных

зарубежный опыт

станций после переработки. Также действуют площадки по захоронению радиоактивных отходов с незначительным остаточным тепловыделением (площадки «Конрад», «Ассе» и «Морслебен»).

30 июня 2011 года был принят закон, согласно которому Федеральное правительство Германии решило оставить 9 энергоблоков восьми атомных электростанций и постепенно до 2022 года полностью отказаться от производства ядерной энергии.

ХРАНИЛИЩЕ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА ONKALO В ФИНЛЯНДИИ

С 1990 года в Финляндии реализуется уникальный проект строительства постоянного хранилища ядерных отходов – Onkalo. В основе используется метод утилизации KBS-3. Отработавшее ядерное топливо помещают в медные контейнеры-канистры, которые, в свою очередь, помещаются в вертикальные скважины (в бентонитовую глину), образующие систему тоннелей на глубине 500 м в скальном основании. Эти три защитных барьера (канистра, буфер и скальные породы) необходимы для изоляции радионуклидов в топливе от окружающей среды.

До 1994 года Финляндия вывозила ядерные отходы в Россию на предприятие по производству компонентов ядерного оружия, изотопов, хранению и регенерации отработавшего ядерного топлива «Маяк». Но в финское законодательство были внесены поправки, согласно которым все ядерные отходы, произведенные в Финляндии,

должны утилизироваться только на территории страны.

Сегодня в Финляндии работает две АЭС (Lovisa, Olkiluoto), подписан контракт с российской госкорпорацией «Росатом» по строительству третьей атомной электростанции на мысе Ханхикиви в общине (муниципалитете) Пюхяйоки, примерно в 100 км к югу от Оулу. Построить объект планируется к 2024 году.

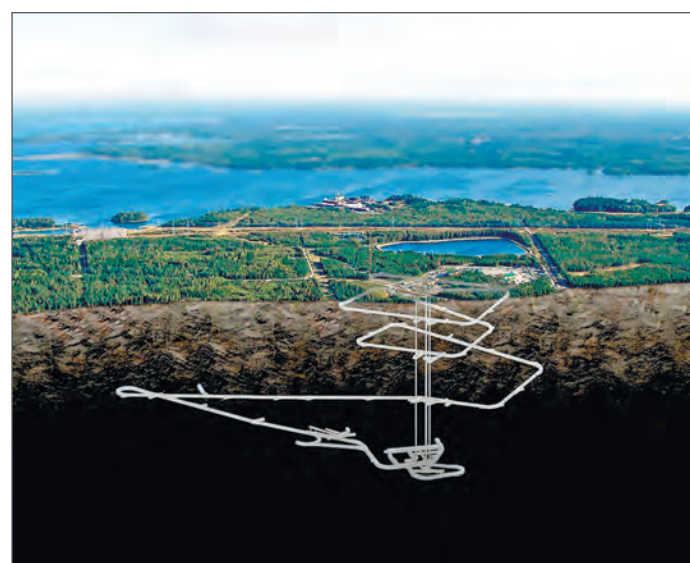
Всего финские АЭС в год вырабатывают порядка 70 т ядерных отходов. Со-гласно законодательству Финляндии, ответственными за утилизацию ядерных отходов считаются компании, эксплуатирующие АЭС: Teollisuuden Voima и Fortum. При их участии в 1995 году было создано совместное предприятие Posiva Oy, которое должно заниматься решением проблемы утилизации ядерных отходов. В мае 2001 года компания Posiva Oy провела исследование, согласно которому выбрали место для размещения хранилища (могильника) для ядерных отходов на территории коммуны Эурайоки, и представила предложение в правительство страны. Проект назвали Onkalo, в переводе с финского языка – «пещера», «полость».

Проект подземного хранилища Onkalo предусматривает размещение исследовательской лаборатории, строительство тоннелей для транспортировки ядерных отходов и помещения для окончательного захоронения.

В цехе капсулирования отработавшее ядерное топливо должно упаковываться в двухслойные контейнеры/капсулы наружным диаметром 1 м и длиной 3,6, 4,8, 5,2 м (в зависимости от того, с какого энергоблока поступили отходы). Внутренний контейнер будет состоять из чугуна с шаровидным графитом, выдерживающим большие механические нагрузки, наружная оболочка контейнера будет состоять из меди, устойчивой к коррозии. Контейнеры транспортируются по тоннелям к помещениям для окончательного хранения отходов в скальных ячейках, после чего ячейки заполняются бентонитовой глиной для защиты упаковок от повреждения в результате возможных перемещений скальных пород и от воздействия грунтовых вод.

Сами ячейки проектируются таким образом, чтобы в процессе их окончательного захоронения обеспечивалась возможность изменения конструкции в связи с вероятными отклонениями в структуре скального массива. После последней инкапсуляции и захоронения вход в хранилище с отходами будет забетонирован и засыпан грунтом.

Планируемое время функционирования хранилища – 100 тыс. лет. Ориентировочная стоимость всего проекта составляет около €818 млн, что включает в себя строительство, инкапсуляции и эксплуатационные расходы. ■



ONKALO. Источник: posiva.fi

БИТУМЫ + ПБВ

В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

2021

9 – 10 сентября
Нижний Новгород • РОССИЯ



СРЕДИ ПОДТВЕРЖДЁННЫХ ДОКЛАДЧИКОВ



Альберт ТРАКСЛЕР
Генеральный директор

Пёрнер Груп Раша



Михаил СЛАВУЦКИЙ
Заведующий лабораторией

РОСДОРНИИ



Сергей ПОПОВ
Начальник отдела

ЛЛК-Интернешнл



Роман ЖИТОВ
Технический директор

Байкальский битумный терминал



Александр ДИЛЬБАЗИ
Коммерческий Директор

ДонТерминал



Радик САИТОВ
Коммерческий директор

ОМТ-Консалт

В рамках конференции состоится очный технический визит на производство ПБВ, в цех затаривания дорожного битума, НИЦ битумных материалов и логистический центр ООО «ЛЛК-Интернешнл».



Количество мест ограничено!

УСПЕЙТЕ ЗАРЕГИСТРИРОВАТЬСЯ

За дополнительной информацией и по вопросам участия пожалуйста обращайтесь к организаторам – 3K EVENTS:

Денис ЗАИКИН
директор по продажам

+7 495 150 55 63 доб. 10
d.zaikin@3k.events

bitumen.3k.events



| BUSINESS PLATFORM EVENTS |

«ВЕРТИКАЛЬ»:

РЕКОРД БУРЕНИЯ ПО ГОРИЗОНТАЛИ

ПЕРМЬ СЛАВИТСЯ СИЛЬНОЙ ШКОЛОЙ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА, В ТОМ ЧИСЛЕ, БЛАГОДАРЯ ООО «ВЕРТИКАЛЬ». КОМПАНИЯ, РАБОТАЮЩАЯ НА СТРОИТЕЛЬНОМ РЫНКЕ ПОЧТИ 30 ЛЕТ, ДАВНО УЖЕ ОСВОИЛА ТЕХНОЛОГИЮ ГНБ. ИМЕННО С ЭТОЙ СФЕРОЙ СВЯЗАНО НЕДАВНЕЕ ДОСТИЖЕНИЕ «ВЕРТИКАЛИ», ПОПАВШЕЕ В КНИГУ РЕКОРДОВ РОССИИ.

ООО «Вертикаль» начало свою деятельность в 1992 году как подрядчик по строительству наружных и внутренних сетей водопровода, канализации, теплоснабжения, газоснабжения и гидротехнических сооружений. В настоящее время это крупная организация, имеющая большой опыт в строительстве любых объектов инженерной инфраструктуры, в том числе и газопроводов из полиэтиленовых труб с давлением до 1,2 МПа.

«Конкретно на рынке ГНБ мы работаем 13 лет, — уточняет технический директор ООО «Вертикаль» Валерий Ташкинов. — Сейчас у нас пять установок мощностью от 4 до 100 т. А недавнее наше достижение связано с тем, что в 2019 году мы выиграли муниципальный контракт по укладке трубы методом ГНБ под прудом в городе Лысьве (Пермский край). Сложность здесь заключалась не только в большой протяженности микротоннеля. По шаблону использовать метод не получалось. Нам пришлось заняться собственными технологическими разработками, связанными с тем, что грунты на данном участке разнородны. Начиная с суглинистых, затем — галечниковые и, наконец, скальные при пересечении железной дороги. Другая особенность — то, что у пруда, при его глубине от 4 до 11 м, есть как бы второе дно, а там — так называемые топляки. Раньше здесь проходила река. Эти факторы усложнили строительство».

В 2019 ГОДУ МЫ ВЫИГРАЛИ МУНИЦИПАЛЬНЫЙ КОНТРАКТ ПО УКЛАДКЕ ТРУБЫ МЕТОДОМ ГНБ ПОД ПРУДОМ В ГОРОДЕ ЛЫСЬВЕ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ). СЛОЖНОСТЬ ЗДЕСЬ ЗАКЛЮЧАЛАСЬ НЕ ТОЛЬКО В БОЛЬШОЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ МИКРОТОННЕЛЯ. ПО ШАБЛОНУ ИСПОЛЬЗОВАТЬ МЕТОД НЕ ПОЛУЧАЛОСЬ. НАМ ПРИШЛОСЬ ЗАНЯТЬСЯ СОБСТВЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ РАЗРАБОТКАМИ.

Валерий ТАШКИНОВ,
технический директор ООО «Вертикаль»



При пилотном бурении сначала несколько раз не удавалось пройти «второе дно»: упирались в топляки и никак не могли применить нужную буровую головку. Когда же строители все-таки решили эту задачу и дошли до скалы, обнаружилась еще одна проблема. В имеющихся условиях не удавалось произвести бурение на подъем.

«Тогда мы испытали новый метод, — рассказывает Валерий Ташкинов. — Поставили две установки с разных концов пруда. С одной стороны прошли скальной



буровой головкой, а с другой — гравийной, и в середине пруда на глубине 18 м они встретились. То есть с обоих концов было пробурено почти по 400 м. В течение двух недель мы постепенно прошли пилотное бурение. Началось расширение микротоннеля».

Однако, как отмечает технический директор, особенность этого проекта заключалась еще и в том, что была предусмотрена труба SDR 11 диаметром 315 мм, которая при тяговом усилии свыше 25 т разрывается. Соответственно, следовало создать такие условия, чтобы при протаскивании такие нагрузки не создавались. Усилия самой плети, которую сварили целиком почти на 800 м, уже превышали 20 т. Чтобы снизить нагрузку сверху, строители перегораживали восемь улиц и устраивали объезды. Операция осуществлялась одновременно, без перерыва.

На этом сложности, однако, не кончились. Надо было под железной дорогой уложить полиэтиленовый футляр диаметром 600 мм. Конец его, согласно проекту, располагался на глубине 4,5 м в пруду. Строители придумали уникальное приспособление, как разбуривать



скалу, чтобы в итоге протаскать этот футляр, не повредив.

«В целом процесс у нас длился четыре месяца, — уточняет Валерий Ташкинов. — Работали в две смены. В итоге все у нас получилось. Успешно провели испытания. По точности стыковки, как говорят бурильщики, «попали в спичечный коробок». С полиэтиленом при таком диаметре и длине перехода до нас никто в стране подобную работу не выполнял. И мы зарегистрировали наше достижение, получили сертификат. Вот что занесено в Книгу рекордов России: «Наибольшая длина подземного перехода под водоемом с протяжкой трубы диаметром более 300 мм (метод производства — горизонтальное направленное бурение) в России. Результат: 774 м».

ВЕРТИКАЛЬ
www.vertical-perm.ru

ПРИМЕНЕНИЕ СКВАЖИННОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТА

М. О. ЛЕБЕДЕВ, К. А. ДОРОХИН
(ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»)

НЕОБХОДИМОСТЬЮ РАЗВИТИЯ МЕГАПОЛИСОВ ЯВЛЯЕТСЯ ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ УСТРОЙСТВА ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ, ПОДЗЕМНЫХ ПАРКИНГОВ, ТОРГОВЫХ ЗОН И Т.Д. ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПОДОБНЫХ ПРОЕКТОВ СУЩЕСТВЕННО ВОЗРАСТАЕТ РИСК ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ И ПОВРЕЖДЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ЗАСТРОЙКИ В ЗОНАХ ВЛИЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ.

Возможность снижения риска возникновения аварий при строительстве подземных сооружений в городской черте возникает только при условии выявления неблагоприятных факторов, оказывающих негативное влияние на существующую застройку или возводимый объект, и разработке мероприятий, снижающих это негативное влияние.

Применение геофизических методов для комплексной оценки фактического состояния вмещающего грунтового массива существенно увеличивает оперативность и объективность геотехнического мониторинга. При этом применение сейсмоакустической томографии значительно повышает разрешающую способность исследований. Существующие методики, например, межскважинное сейсмоакустическое просвечивание, позволяют исследовать практически любые глубины с высокой разрешающей способностью даже в стесненных городских условиях.

В статье изложен опыт применения сейсмоакустической томографии для оценки качества мероприятий и оценки эффективности инъекционных закреплений грунтового массива.

ВВЕДЕНИЕ

При строительстве сложных подземных сооружений, таких как станции метрополитена, с большим количеством этапов горной проходки и сложностью механизации горнопроходческих работ, возникают просадки земной поверхности. Здания, попадающие в зону влияния строительства, испытывают деформации, которые могут привести к их разрушению. На протяжении мно-

гих лет это является актуальной проблемой для Санкт-Петербурга и других мегаполисов [1, 2].

Даже при значительной глубине заложения станций метрополитена (60–80 м) происходят осадки поверхности земли на большой площади, составляющей несколько гектаров городской территории. Существующие технологии строительства станционных узлов и наклонных эскалаторных тоннелей приводят к деформациям вышележащей толщи грунта и расположенных на ней зданий и сооружений. В свою очередь, это может привести к нарушению прочности конструкций и к полному выводу сооружений из эксплуатации [3]. При этом отсутствует возможность оградить существующие здания от источника развития деформаций ограждающими конструкциями или пересадить здания на сваи с передачей нагрузки на грунты ниже строящегося подземного сооружения. Другие известные способы усиления конструкций зданий и грунтов оснований также не исключают деформаций [4, 5, 6, 9].

Для решения проблемы снижения деформации земной поверхности применяются мероприятия по инъекционному нагнетанию в основания зданий (превентивное закрепление грунтов и компенсационные нагнетания при неравномерных осадках), попадающих в область влияния строительства подземных сооружений.

Методики инъекционных мероприятий имеют богатый мировой опыт [13–16], в том числе в России [5, 10–11]. Для контроля их реализации чаще всего применяют геодезический мониторинг и датчики гидростатического нивелирования [13]. Однако в этом случае компенсационные мероприятия начинаются только после того, как будут зафиксированы деформации. В данном случае может быть упущено время.

В таких условиях основной задачей является своевременное проведение мероприятий по заполнению образуемых разуплотнений до того, как произойдет осадка здания. И принятие рациональных решений по месту закрепления и объемам и составу инъекционных растворов.

Немаловажным фактором для управления осадкой зданий является определение качества инъектирования. Поскольку инъекционные растворы идут по пути наименьшего сопротивления, недостаточно рассчитывать только на теоретически правильную организацию работ. Инъекционное закрепление грунтов при большом количестве достоинств имеет и недостатки. Главным из них является невозможность прогнозирования получаемых объемов, прочности и водонепроницаемости закрепленного грунта после инъекции раствора.

Известны случаи, когда после мероприятий по инъекционному закреплению выкапывались контрольные шурфы и обнаруживалось, что состояние и структура закрепленного грунта не соответствует проекту: не обеспечена сплошность закрепленного грунта (зоны закрепления являются отдельными монолитами различных размеров и объемов преимущественно в местах расположения скважин) [17–20]. По этой причине необходимы наблюдения, позволяющие контролировать качество заполнения инъекционными растворами. Такой контроль может быть выполнен с помощью сейсмоакустической томографии в варианте межскважинного просвечивания.

Преимущество применения сейсмических методов для решения данных задач объясняется, прежде всего, экономической эффективностью, мобильностью, скоростью выполнения, а главное, наличием высоких корреляционных связей между скоростью распространения сейсмических волн и физико-механическими свойствами исследуемых грунтов. Метод межскважинной томографии, во-первых, снимает ограничения по глубине наблюдений, в отличие от поверхностных методов, что позволяет проводить исследования на большие глубины даже в стесненных городских условиях, во-вторых, существенно повышается разрешающая способность наблюдений.

Главной физической предпосылкой использования сейсмических методов для контроля качества инъекционных мероприятий является заметная разница в значениях скоростей распространения сейсмических колебаний в рыхлых слабых грунтах и в прочных сцементированных породах. Закрепленный грунт по строению похож на осадочные сцементированные породы. Скорость сейсмических волн в закрепленных грунтах всегда выше, чем в незакрепленных. От факторов, влияющих на изменение скоростей распространения продольных волн, зависят и физико-механические свойства закрепленного грунта.

Оценку качества закрепления грунтов, в первом приближении, можно сделать по изменению скорости сейсмических волн. Например, при максимальном насыщении песка цементным раствором скорость распространения продольных волн (V_p) в нем может достигнуть 3 км/с, а области, в которые по каким-либо причинам смесь не попала или ее объем оказался недостаточным, будут выделяться пониженным приростом скорости, а иногда и вообще отсутствием изменений скоростных характеристик.

ОПИСАНИЕ МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЙ

Суть метода межскважинного сейсмического просвечивания (МСП) заключается в возбуждении упругой волны в одной скважине, регистрации в другой и дальнейшем анализе ее характеристик.

Скважинные наблюдения, по отношению к поверхностным, обладают рядом преимуществ:

- приближение источников и приемников к объекту исследования;
- отсутствие необходимости регистрации волн через неоднородный поглощающий поверхностный слой.

При этом в отличие от скважинного каротажа область исследования около-скважинного пространства в методе межскважинного просвечивания значительно больше и может достигать нескольких десятков метров.

Существуют три основные методики проведения межскважинного сейсмоакустического просвечивания:

- однолучевое параллельное просвечивание на продольных волнах;
- многолучевое параллельное просвечивание;
- многолучевое томографическое просвечивание.

Зависимость разрешающей способности метода сейсмической томографии от выбора системы наблюдений была подробно рассмотрена в работах [21–24], в которых было показано, что наиболее практичной оказалась система многоазимутального покрытия сейсмическими лучами межскважинного пространства, которая реализуется при томографическом просвечивании.

Томографическое просвечивание подразумевает «плотное» и многоазимутальное покрытие исследуемой среды сейсмическими лучами (рис. 1). При выполнении данного вида работ в водонаполненных скважинах используют излучатели сейсмических волн типа sparker и многоканальные сейсмические косы желательнее с гидрофонными (объемными) датчиками приема (рис. 3 б). Использование одноканальной приемной установки также возможно, но малоцелесообразно в виду значительного роста времени выполнения работ.

В настоящее время уже существуют аппаратные и программные возможности производства сейсмической

томографии как на продольных (P), так и на поперечных (S) волнах [25–33]. Однако на практике чаще всего реализуют наблюдения с возбуждением и регистрацией только продольных волн (P). Это связано с относительно простой аппаратурно-методической реализацией наблюдений, высокой скоростью производства работ и достаточно быстрой обработкой получаемых данных.

При этом стандартным подходом при обработке получаемых материалов является томографическая инверсия времен прихода первых вступлений, которая позволяет восстановить распределение скорости (V) упругой волны и, при многоазимутальном покрытии исследуемой среды, параметр (V_x/V_y) в межскважинном пространстве.

Физический предел разрешающей способности метода лучевой сейсмической томографии соизмерим с размером первой зоны Френеля h :

$$h = \frac{1}{2} \sqrt{\lambda \cdot l},$$

где: λ — длина волны; l — длина луча.

Использование размеров зоны Френеля для оценки разрешающей способности лучевой сейсмической томографии справедливо при наличии локальных и периодических аномалий скорости. Обнаружение локальных аномалий (одиночных неоднородностей) эффективно при условии, что их размер больше или равен диаметру зоны Френеля, а также при изучении субгоризонтальных структур слоистого разреза [22–24]. Изучение структуры

аномалий скорости на качественном уровне возможно и при размере неоднородностей меньше зоны Френеля, но это становится возможным только при условии идеального лучевого и углового покрытия, когда обеспечивается наличие плотной системы лучей, что достигается исследованиями в режиме томографии.

Технологический процесс обработки и интерпретации материалов скважинных исследований состоит из двух основных этапов:

- 1) предварительная обработка, в которую входит процесс выделения вступлений продольных волн (рис. 2а);
- 2) томографическая обработка (рис. 2б); при этом основой для обработки являются сейсмограммы сейсмических записей, полученные от каждого дискретного положения источника возбуждения при межскважинном просвечивании.

В конечном итоге обработка материалов скважинной сейсмической томографии сводится к получению кинематических разрезов (рис. 2б), характеризующих особенности структуры изучаемой среды. При этом области, в которых характеристики среды по каким-либо причинам не соответствуют проектным, достаточно успешно выделяются.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО КОНТРОЛЮ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВОГО МАССИВА МЕТОДОМ МЕЖСКВАЖИННОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ

В качестве примера в статье приведены результаты наблюдений методом межскважинной сейсмической томографии для оценки качества инъекционного закрепления грунтового массива на опытном участке.

В состав экспериментальных работ были включены следующие мероприятия и способы контроля:

- бурение и подготовка инъекционных скважин на опытном участке (рис. 3а), через которые в грунтовой массив будет производиться нагнетание инъекционного раствора; при этом некоторые скважины (№1,3,7,10) будут использоваться для оценки изменений скоростных характеристик грунтового массива в результате инъекционных мероприятий методом межскважинной сейсмической томографии;
- оценка фактического состояния грунтового массива до производства инъекционного закрепления методом межскважинной сейсмической томографии;
- производство инъекционного закрепления подготовленным раствором в грунтовой массив;
- проведение контрольных наблюдений методом межскважинной сейсмической томографии для оценки эффективности проведенных мероприятий.

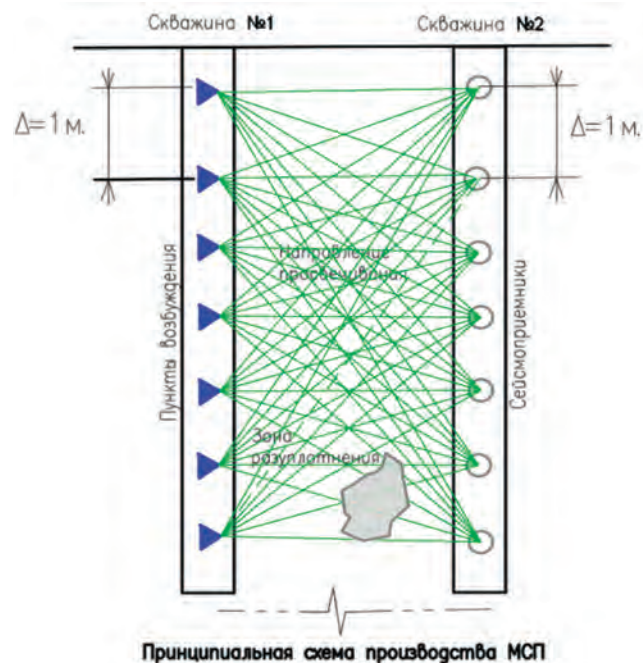


Рис. 1. Принципиальная схема межскважинного сейсмоакустического просвечивания

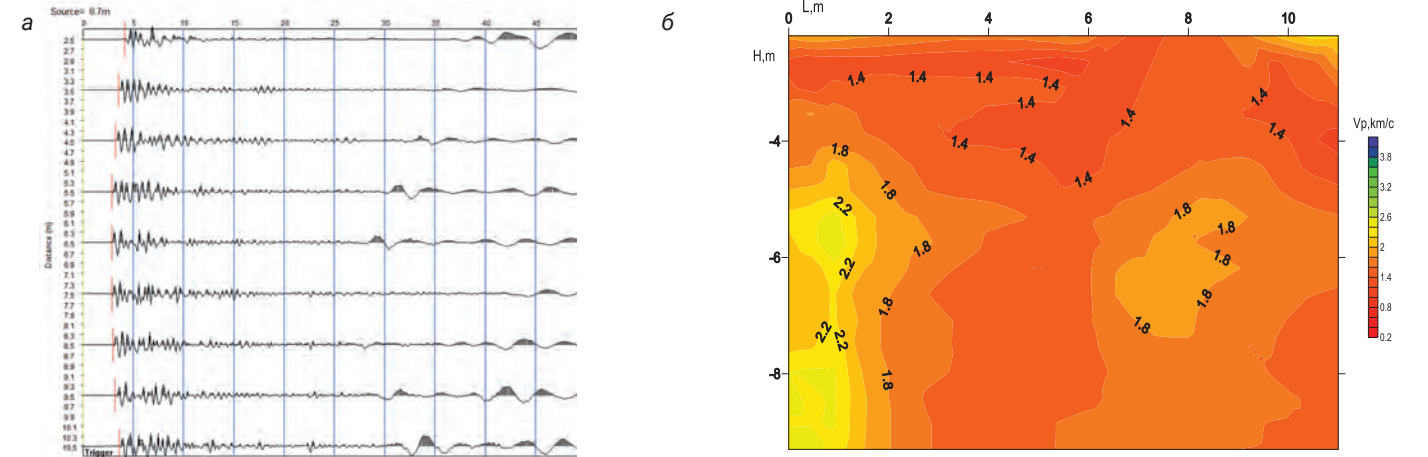


Рис. 2. Пример. Технологический процесс обработки: а — выделение вступлений P-волн; б — результат томографической обработки

Конструкция манжетных колонн в скважинах позволяет их многократное использование, как для повторных инъекционных работ, так и скважинных геофизических исследований (рис. 3б).

Процесс нагнетания инъекционного раствора в грунт на опытном участке производился поочередно в каждой скважине, от №7 к №3 (рис. 3а), снизу вверх по оси скважины с шагом 0,3 м. Подготовленная инъекционная смесь имела следующий состав (на 1 м³ раствора): цемент — 1200 кг; вода — 560 л; жидкое стекло — 9,6 кг; суперпластификатор «С-3» — 2 кг.

Регламент мероприятий по закреплению грунтового массива предусматривал, что инъектирование производится во всех скважинах в объеме 110 л на каждом интервале перфорации обсадной колонны (т. е. через 0,3 м по оси скважины). Считалось, что этого будет достаточно, чтобы обеспечить увеличение прочностных характеристик грунта и сплошность создаваемого массива. При проведении эксперимента регламент был существенно нарушен:

- в скв. №7 в интервале глубин 9,3–9 м объем закаченного инъекционного раствора составил 2200 л, что сильно превысило проектный объем;

- в интервале глубин 8,7–6 м (скв. №7) было закачено по 220 л в каждый горизонт;
- лишь в интервале глубин 6–2,7 м (скв. №7) были произведены нагнетания в соответствии с регламентным объемом (110 л) в каждый горизонт инъектирования.

В последующих скважинах (№6–3) инъектирование было выполнено в интервалах глубин 9,3–4,5 м со средним расходом инъектируемого раствора 220 л на каждом интервале перфорации (с шагом ~0,3 м).

Оценка эффективности инъекционных мероприятий проводилась по следующей схеме (рис. 3а):

- в скв. №7 опускалась приемная коса с гидрофонными датчиками, расположенными с шагом 1 м, а в скважинах №1, 3 и 10 поочередно с шагом 1 м перемещался скважинный излучатель и возбуждал сейсмические колебания (рис. 3б).

На рис. 4а представлен результат межскважинного сейсмоакустического просвечивания, полученный до закрепления грунтового массива. Наблюдаемый разрез хорошо коррелируется с данными инженерно-геологических изысканий (рис. 4б). В верхней части разреза залегают насыпные техногенные слабодислоцированные



Рис. 3. Описание скважинных исследований: а — схема производства измерений; б — скважинное оборудование

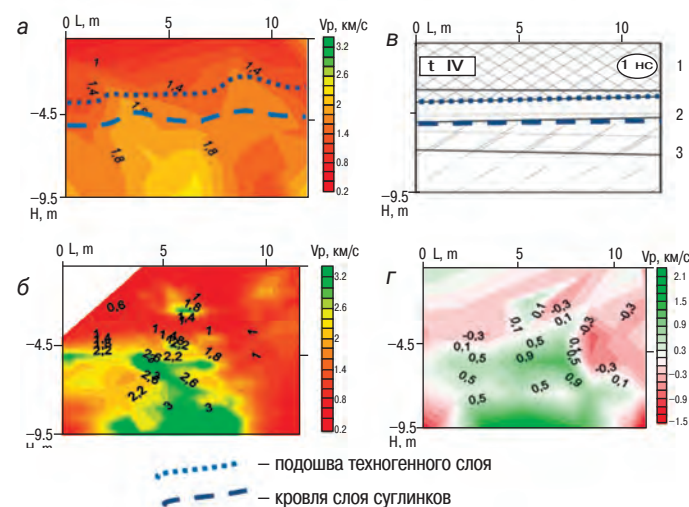


Рис. 4. Результаты сейсмической томографии: а – до стабилизации породы; б – после стабилизации породы; в – геологический разрез; г – разностный скоростной разрез; 1) насыпные техногенные слабодислоцированные грунты; 2) слой водонасыщенных песков; 3) слой суглинков

грунты (1), под ними – слой водонасыщенных песков (2), которые подстилают слой суглинков (3).

На рис. 4в представлен результат межскважинного сейсмоакустического просвечивания, полученный через 22 дня после закрепления. На рис. 4г представлен разностный скоростной разрез, который характеризует изменения скоростных характеристик грунтов спустя 22 дня после проведения закрепления.

Анализ полученных результатов показал:

- в нижней части разреза закрепление грунтов оказалось успешным, о чем свидетельствует повышение скоростей продольных волн (V_p) в среднем на 0,7 км/с;

- сплошность в зоне закрепления в интервале 4,5-9,5 м выдержана за исключением нескольких аномальных областей на глубине 6,8 м (рис. 4г).

- в верхней части разреза скорости, наоборот, снизились в среднем на 0,2 км/с, что указывает на ослабление верхней части грунтового массива, которое с большей степенью вероятности, стало следствием нарушения регламента ведения инъекционных работ.

А именно:

- непроектный, сверхнормативный объем, закаченный в нижний горизонт (9,3-9,0м) грунтового массива повлек за собой поднятие (пучение) верхней части разреза;

- нарушение регламента нагнетаний в верхней части грунтового массива не позволило обеспечить закрепление приповерхностного слоя;

- после завершения прокачки инъектируемый раствор субгоризонтально распределился в грунтовом массиве,

при этом вертикальная составляющая заполненного объема нагнетания уменьшилась, что привело к незначительному оседанию грунтового массива; процесс поднятия и оседания незакрепленного приповерхностного слоя привел к его разуплотнению со снижением прочности и, как результат, к снижению скоростных характеристик.

На основании полученных данных:

- выданы рекомендации к дополнительной прокачке областей с нарушенной сплошностью в скв. №4, 5, 6 (интервал глубин 6,5-7 м);

- предложен более эффективный регламент нагнетания, при котором закрепление грунтового массива будет осуществляться без потери прочности верхней части разреза, а именно: производится превентивное закрепление приповерхностной части грунтового массива, тем самым обеспечив своего рода экран, который будет препятствовать как выходу инъекционного раствора, так и пучению ослабленной приповерхностной части массива; объем инъектирования не должен превышать проектные (рассчитанные) нормы.

ВЫВОДЫ

С помощью метода межскважинной сейсмической томографии эффективно оценивается эффективность инъекционных работ, выделяются участки, в которых укрепление грунтов оказалось недостаточным, и где необходимо дополнительное закрепление.

Параметры, полученные методом межскважинной сейсмической томографии, необходимы для уточнения технологических параметров инъекционных нагнетаний, в том числе: объемы инъекционного раствора; состав раствора; необходимости превентивного гидрологического экранирования и т. д.

Преимущества метода межскважинной сейсмической томографии для решения задачи по оценке эффективности инъекционных мероприятий:

- высокая разрешающая способность исследований;
- возможность наблюдений практически на любые глубины даже в стесненных городских условиях (определяется глубиной скважин);
- возможность исследований в массиве прямо под основаниями зданий.

Применение геофизического контроля (в виде межскважинной сейсмической томографии) позволяет увеличить оперативность геотехнического мониторинга при строительстве подземных сооружений, в том числе при контроле инъекционных мероприятий для сохранения зданий, находящихся в области влияния строительных работ. ■

Литература

1. Улицкий В. М.; Шашкин А. Г.; Шашкин К. Г. Геотехническое сопровождение развития городов. Практическое пособие по проектированию зданий и подземных сооружений в условиях плотной застройки. Изд. «Группа компаний «Геореконструкция», 2010.
2. Петрухин В.П. Геотехнические проблемы строительства в Москве – крупнейшем мегаполисе России. Геотехнические проблемы мегаполисов. Изд. «Группа компаний Геореконструкция», 2010.
3. Bezrodny K.; Lebedev M.; Larionov R.; Preservation of urban historic centers. In proceedings of the 15th World Conference of Associated Research Centers for the Urban Underground Space (ACUUS 2016). Procedia Engineering, November 2016, pp.96-103.
4. Мангушев Р.А.; Осокин А.И.; Геотехника Санкт-Петербурга. Изд. «Москва», 2010.
5. Ильичев В.А.; Никифорова Н.С.; Готман Ю.А.; Тупиков М.М.; Трофимов Е.Ю.; Анализ применения активных и пассивных методов защиты существующей застройки при подземном строительстве. Журнал «Жилищное строительство», №12(6), Санкт-Петербург, 2003, с. 25-28.
6. Безродный К.П.; Салан А.И.; Маслак В.А.; Лебедев М.О.; Старков А.Ю. Морозов А.В. Реализация безосадочных технологий при строительстве петербургского метрополитена. Транспорт Российской Федерации, №12(3), Москва, 2010, с. 38-41.
7. Маслак В.А.; Безродный К.П.; Лебедев М.О.; Марков В.А.; Захаров Г.Р.; Ледаев А.П.; Старков А.Ю. Малоосадочные технологии при строительстве метро в историческом центре Санкт-Петербурга. Метро и тоннели № 12(6), 2013, с. 28-32.
8. Маслак В.А.; Безродный К.П.; Лебедев М.О.; Гендлер С.Г. Новые технико-технологические решения для строительства тоннелей метрополитена в условиях мегаполиса. Горный журнал, 12(5), Москва, 2014, с. 57-60.
9. Безродный К.П.; Лебедев М.О.; Марков В.А.; Старков А.Ю.; Геотехническое обеспечение при строительстве двухпутного перегонного тоннеля с помощью ТПКМ. Метро и тоннели. 12(5), Москва, 2015 с. 16-19.
10. Безродный К.П.; Мацегора А.Г.; Лебедев М.О. Технология строительства станций метрополитена в условиях плотной городской застройки. Труды международной конференции по геотехнике «Развитие городов и геотехническое строительство». Санкт-Петербург, 2008, с. 555-561.
11. Безродный К.П.; Мацегора А.Г.; Маслак В.А.; Осокин А.И.; Болтинцев В.Б.; Ильяхин В.Н. Контроль инъекционного укрепления в грунтовых условиях Санкт-Петербурга. Жилищное строительство. 12(2), Санкт-Петербург, 2009, с.4-9.
12. Лисин В.П. Возможности обследования и мониторинга состояния грунтовых оснований портовых терминалов малоглубинными геофизическими методами. Инженерные изыскания 10-11/2015, Геомаркетинг, 2015, с.86-95.
13. Зерцалов М.Г.; Симутин А.Н.; Александров А.В. Технология компенсационного нагнетания для защиты зданий и сооружений. МГСУ// Вестник №6, 2015, с. 32-40.
14. Meyr R.; Khayt D. Tekhnologiya kompensiruyushchego inetsirovaniya rastvorov v grunt. Digest of Foreign Information. № 2, 1995, pp. 43–52.
15. Schweiger H.F.; Falk E. Reduction of Settlements by Compensation Grouting, Numerical Studies and Experience From Lisbon Underground. Tunnels and Metropolises. Balkema, Rotterdam, 1998, pp. 1047–1052.
16. Jean-Louis Valet. Kompensacionoe nagnetanie: tekhnologiya v real'nom vremeni. Metro i tonneli no.4, 2002, pp. 16–19.
17. Ибрагимов М.Н.; Семкин В.В.; Шапошников А.В. Некоторые проблемы закрепления грунтов растворами из микроцементов. Строительные науки №4. 2016, с. 114-120.
18. Королев В. М.; Смирнов О. Е.; Аргал Э. С.; Ашихмен В. А. Опыт закрепления грунтов с помощью микроцемента. Основания, фундаменты и механика грунтов № 4. 2006, с.10–14.
19. Ибрагимов М. Н. Вопросы проектирования и производства работ уплотнения грунтов инъекцией растворов по гидроразрывной технологии. Основания, фундаменты и механика грунтов № 2, 2015, с.22–27.
20. Вознесенская Е.С.; Ермолаев В.А.; Осокин А.И.; Татаринцов С.Н. Упрочнение оснований зданий и сооружений методом гидроразрыва с использованием манжетной технологии. Основания, фундаменты и механика грунтов № 6, 2014, с.19–24
21. Огильви А. А. Основы инженерной геофизики. Изд. Недра, 1990.
22. Болгаров А. Г.; Рослов Ю. В. Межскважинная сейсмическая томография для решения инженерно-геологических задач. Технологии сейсморазведки № 1, 2009, с. 105-111.
23. Шишкина М. А.; Фокин И. В.; Тихоцкий С. А. Разрешающая способность межскважинной лучевой сейсмической томографии: расстановка, скоростная модель, конечная частота сигнала. Информационный портал института ИФЗ РАН. URL: <http://www.ifz.ru/lab-202/inverse-problems/tomo-resolution/>.
24. Шишкина М. А.; Фокин И. В.; Тихоцкий С. А. К вопросу о разрешающей способности межскважинной лучевой томографии. Технологии сейсморазведки № 1, 2015, с. 5-21.
25. Dorokhin K. A.; Boyko O. V. Seismoacoustic monitoring to assess the quality of the execution of protective structures and compensatory strengthening of the soil rock / 14th conference and exhibition on engineering and mining geophysics. Almaty, 2018, pp. 56-70.
26. Архипов А. Г. Сейсмоакустическая диагностика состояния массивов естественных и искусственных грунтов. Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в России, Изд-во НМСУ «Горный», 2015, - с. 162-166.
27. Dobróka M.; Szegedi H. On the Generalization of Seismic Tomography Algorithms, American Journal of Computational Mathematics Vol. 4. No. 1, 2014, pp. 37-46.
28. Kubota K.; Kiho K.; Mizohata S.; Murakami F. Development of directional drilling system and measurement method in the borehole application of seismic tomography between surface and the borehole/10th Asian Regional Conference of IAEG.2015 URL: http://www.jseg.or.jp/2015ARC/data/TP4/TP4-P05_1_080009_1510841.pdf.
29. Li Y.; Hewett B. Borehole seismic quantitative diagnosis of a seismic velocity model for 3D seismic imaging of subsurface structures. EAGE, Geophysical Prospecting Vol. 62, 2014, pp. 719-739.
30. Julius K. von Ketelhodt1, Thomas Fechner, Musa S.D. Manzi and Raymond J. Durrheim Joint inversion of cross-borehole P-waves, horizontally and vertically polarized S-waves: tomographic data for hydro-geophysical site characterization. Near Surface Geophysics №16, 2018, pp. 529–542.
31. Angioni T.; Rechten R.D.; Cardimona S.J.; Luna R. Crosshole seismic tomography and borehole logging for engineering site characterization in Sikeston, MO, USA. Tectonophysics №368, 2003, pp.119–137.
32. Carrion P.; Costa J.; Pinheiro J.E.; Schoenberg M. Crossborehole tomography in anisotropic media. Geophysics 57, 1992, pp.1194–1198.
33. Dietrich P.; and Troncke J. Integrated analysis and interpretation of cross-hole P- and S-wave tomograms: a case study. NearSurface Geophysics №7, 2009, pp. 101–109.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЗАВЕС В СКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ

С. С. ЗУЕВ,
зам. генерального директора АО «Нью Граунд»

В СТАТЬЕ ОПИСЫВАЕТСЯ ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УСТРОЙСТВА ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЗАВЕС В ТРЕЩИНОВАТЫХ ГРУНТАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ JET-GROUTING. ПРОВЕДЕННЫЕ РАБОТЫ ПОКАЗАЛИ, ЧТО СТРУЙНАЯ ЦЕМЕНТАЦИЯ ИМЕЕТ ОПРЕДЕЛЕННЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ПЕРЕД ТРАДИЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ ЗАПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ В ТРЕЩИНОВАТЫХ И РАЗРУШЕННЫХ ДО РУХЛЯКОВ СКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ В ЗОНЕ НАПОРНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД.

ВВЕДЕНИЕ

Время и сложившиеся обстоятельства диктуют необходимость перехода от горизонтального к вертикальному зонированию городского пространства, с целью обеспечить формирование комфортной жилой и производственной среды на основе глубинно-пространственной организации всей системы объектов [1-3].

К факторам, удорожающим использование подземного пространства, относятся: геологические и гидрогеологические условия, усложнение инженерно-конструктивных решений подземных сооружений, стесненность при производстве работ в сложившейся городской застройке (СП 473.1325800.2019 «Здания, сооружения и комплексы подземные. Правила градостроительного проектирования»).

Конструкция ограждения котлована при строительстве открытым способом должна обеспечивать устойчивость стен котлована в процессе и после полной разработки грунта и водонепроницаемость в условиях высокого уровня подземных вод. При размещении подземного сооружения ниже уровня подземных вод и невозможности заглубления ограждения котлована в водоупор (несовершенное ограждение котлована) широкое применение находит устройство вертикальных и горизонтальных противofильтративных завес вокруг подземной части здания (СП 250.1325800.2016 «Здания и сооружения. Защита от подземных вод»). Для устройства подобных конструкций наиболее эффективны технологии струйной цементации

Jet-grouting и возведения подземных сооружений «стена в грунте» [4-8].

Как правило, устройство подземных частей происходит в рыхлых дисперсных грунтах четвертичного возраста, но с увеличением глубины котлованов все чаще приходится сталкиваться при производстве работ со скальными и сцементированными полускальными грунтами: известняками, песчаниками, аргиллитами и алевролитами. В верхней зоне они залегают в виде отдельных рудяков и сильно трещиноватых слоев. В этом случае они имеют малую прочность и высокий коэффициент фильтрации подземных вод, достигающий 2-10 м/сут, причем горизонты трещинных вод в большинстве случаев являются напорными.

Одной из основных задач в такой ситуации является устройство горизонтального противofильтративного экрана в основании котлована, обеспечивающего восприятие напора подземных вод и ликвидацию притоков воды.

Как правило, для снижения фильтрации подземных вод по трещинам использовалась цементация методом заполнения под малым давлением (5-20 атмосфер) [9-12]. Но начиная с глубин 10-12 м от поверхности грунта этот метод является недостаточно эффективным, высокие скорости движения напорных вод приводят к вымыванию смеси. Применение струйной цементации с давлением 350-400 атмосфер позволяет отжать воду из трещин, заполнить их скрепляющей смесью и «замонолитить» трещиноватый массив грунта.

Специалисты-геотехники настороженно относились к использованию струйной цементации в скальных грунтах, но успешный опыт применения технологии при строительстве подземных сооружений показал ее эффективность.

УСТРОЙСТВО ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОЙ ЗАВЕСЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СТАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА «ТЕРЕХОВО» В МОСКВЕ

Целью работы являлось закрепление струйной цементацией слоя известняков в основании котлована с целью ограничения фильтрации подземной воды и восприятия гидростатического давления, исключения прорыва потока подземных вод при разработке котлована.

Закрепляемый грунт находится в интервале глубин 28–38 м от поверхности и представлен известняками, разрушенными до глыб, щебня дресвы и муки с глинистым заполнителем и известняками, микрозернистыми, сильно трещиноватыми, малопрочными и средней прочности (рис. 1).

Проектный диаметр зоны цементации составлял 2000 мм, скважины размещались по треугольной сетке 1700 x 2000 мм, междусековое расстояние составило также 2000 мм (рис. 2).

Одним из важных моментов выполнения работ было точное достижение зоны цементации рабочим буровым органом (рис. 3). При допустимом отклонении 10 мм на 1 пог. м бурения такая точность была обеспечена и контролировалась во время опытно-исследовательских работ и производственного процесса.

При опытных работах подбирался состав скрепляющей смеси и технологические параметры процесса. Механизм действия водоцементной струи на такие слои грунта представляется следующим образом. Под действием высокого давления водоцементная смесь (ВЦС) вырывается из сопла, при этом «струя» представляет собой «цепочку капелек» водоцементной смеси. Разрыв струи и образование «капелек» происходит за счет высокого давления в сопле, трения ВЦС о стенки сопла и движения по полуокружности потока воздуха в затрубном пространстве. Реактивный поток ВЦС за счет вращения и подъема колонны воздействует на грунт в различных точках по образующей скважины. Характерным физическим процессом, определяющим зону разрушения грунта, является соударение «капли» ВЦС с массивом грунта и формирование напряженного состояния в грунте. При превышении динамическим напряжением от удара «капли» предела прочности грунта на сжатие происходит его разрушение с отделением от массива.

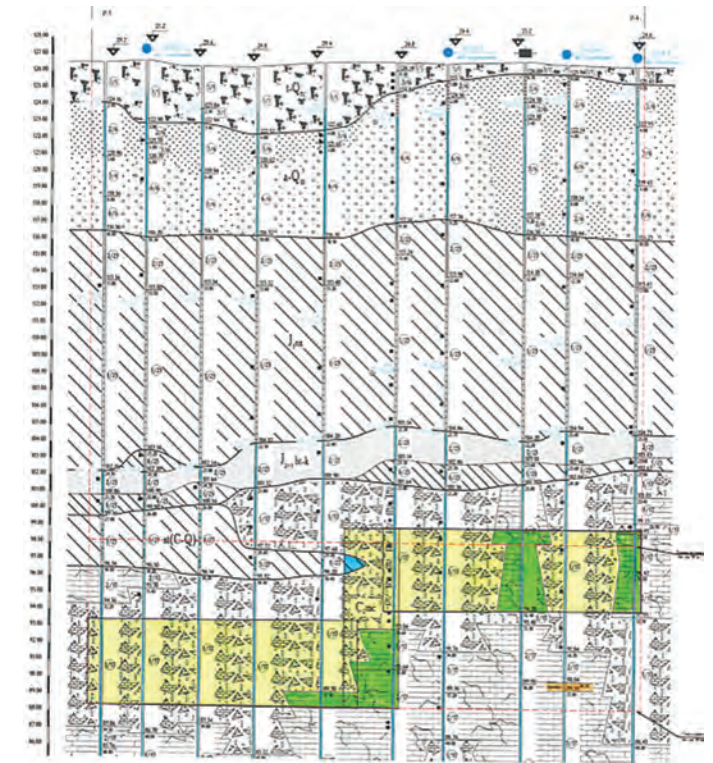


Рис. 1. Инженерно-геологический разрез площадки строительства

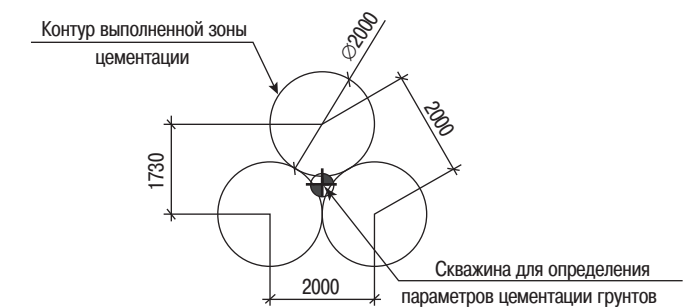


Рис. 2. Схема зоны цементации

В дисперсных грунтах происходит замещение части минеральных частиц цементным раствором, в трещиноватых полускальных грунтах — добавление цементных связей в массив грунта без подъема минеральных частиц [13].

В ходе опытных работ для формирования зоны закрепления проектного диаметра в условиях напорных вод были использованы добавки: снижающие скорость фильтрации воды — бентонит; ускорители твердения бетона — силикат натрия («жидкое стекло») и хлористый кальций. Бентонит — это высокодисперсный слоистый алюмосиликат, который используется как гелеобразователь, снижающий скорости фильтрации за счет формирования тонкого водонепроницаемого слоя.

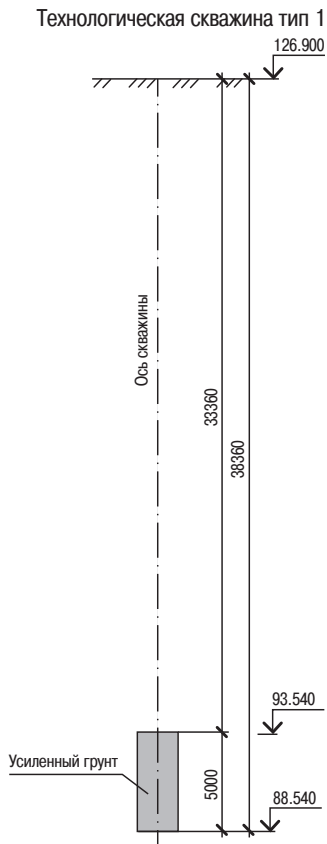


Рис. 3. Схема технологической скважины

При добавлении силиката натрия к воде, идущей на затворение цемента, его сроки схватывания сильно сокращаются. Обусловлено это тем, что в результате химической реакции между щелочным силикатом (жидкое стекло) и составными частями цементного клинкера (гидроалюминат кальция) образуются коллоидные гидросиликат кальция и алюминат натрия. Именно образующийся в составе грунтобетона алюминат натрия является очень сильным ускорителем его схватывания. Кроме того, проходит еще одна реакция — между жидким стеклом и известью, находящейся в цементе, с образованием силиката кальция. Отлагаясь в порах твердеющего камня, силикат кальция придает ему повышенную плотность и водонепроницаемость. Вся совокупность свойств — ускорение схватывания грунтобетона от образования алюмината натрия и пониженная проницаемость порового пространства за

счет колюматизирующего действия силиката кальция — обусловила применение жидкого стекла в качестве добавки для производства работ в зоне с высокими напорами подземной воды [14].

Процессы твердения грунтобетона в раннем возрасте протекают интенсивней и с большей полнотой, когда его температура повышается. Добавка хлористого кальция 1% от массы цемента по влиянию на его схватывание равносильна повышению температуры на 15–20°C. Таким образом, хлористый кальций может быть применен как в работах при нормальных температурах (от +10°C до 25°C) для ускорения процессов схватывания и твердения, так и при пониженных температурах (ниже +10°C). И хотя в обоих случаях он дает значительную интенсификацию процессов схватывания и твердения при пониженных положительных температурах (характерных для грунта), его сравнительная эффективность значительно выше.

Свойства всех добавок реализуются в ходе формирования и начального периода кристаллизации грунтоцементного композита происходит по законам твердения цементного вяжущего [15].

В ходе опытных работ был подобран следующий состав скрепляющей водоцементной смеси: водоцементное отношение — В/Ц = 0,8; цемент марки М500 — с расходом 1200 кг/м (764 кг/м³); хлористый кальций (CaCl₂) — до 5% от массы сухого цемента.

Цементирование выполнялось по двухкомпонентной технологии Jet-2 с подачей воздуха под давлением до 0,8 МПа, скоростью вращения 11 оборотов в минуту и скоростью подъема 1 м за 400 секунд.

Контроль качества и достаточность законченных работ по цементации устанавливается путем гидравлического опробования контрольных скважин до и после струйной цементации грунтов [16,17]. Количество контрольных участков составило: 18 шт. до производства работ и 30 шт. после их проведения.

Гидравлическое опробование выполнялось методом нагнетания воды в скважину под давлением 1,0 МПа. Конструкция и общий вид опытной скважины представлены на рис. 4.

Нагнетание воды под давлением должно поддерживаться неизменным в течение 10–15 мин после его стабилизации; за это время следует произвести 2-3 измерения расхода воды.

По результатам гидравлического опробования должно быть определено удельное водопоглощение грунтов (q):

$$q = \frac{Q}{H \cdot l} \left[\frac{\text{л}}{\text{мин} \cdot \text{м}^2} \right]; \text{ или } \mu = \frac{Q}{P \cdot l} [\text{люжон}]$$

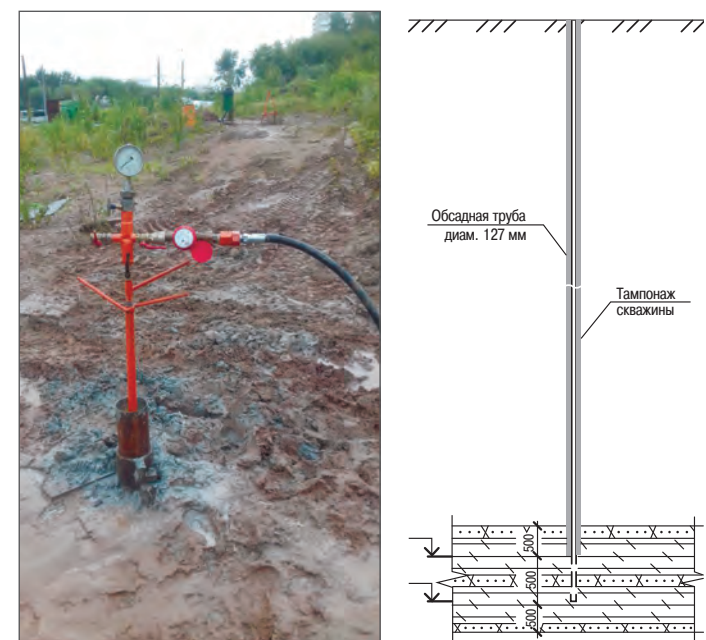


Рис. 4. Конструкция и общий вид опытной нагнетательной скважины

где: Q — расход поглощаемой воды (л/мин); H — напор воды в зоне (м); P — давление воды в зоне (МПа); l — длина опробуемой зоны (м).

Грунты исследуемой зоны в исходном состоянии имели удельное водопоглощение в интервале 10–25 люжон, достигая в отдельных точках значения 90 люжон, что в целом превышало требуемое предельное в 5 люжон, обеспечивающее защиту от прорыва подземных вод в котлован.

После проведения цементации значение удельного водопоглощения снизилось до величины 0,9-3,5 люжона.

По результатам опытных работ была разработана схема закрепления грунтов по всему пятну котлована (рис. 5) размерами 81х42 м и выполнены работы по закреплению грунта.

Гидравлическое опробование в 30 точках грунтов закрепленной зоны по описанной методике показало, что удельное водопоглощение находится в диапазоне значений 0,5-4,2 люжона и нигде не превышает предельно допустимого значения в 5 люжон.

После закрепления струйной цементацией грунты представляют собой сплошной экран горизонтальной противодиффузионной завесы и воспринимают по своей нижней плоскости гидростатическое давление воды. В этом случае мы рассматриваем его как прямоугольную пластину, закрепленную по четырем сторонам (границы ограждения котлована), толщиной в зону закрепления, выполненную из грунтоцементного композита. Пластина рассчитывается на прорыв, отрыв от незакрепленного слоя грунта и изгиб.

Для выполнения этих расчетов требуется определение механических свойств грунтоцементного композита [18].

Для этого из закрепленной зоны были выбурены керны и проведены лабораторные исследования прочности на сжатие и растяжение (рис. 6). При цементации происходит только заполнение трещин и пор грунтов закрепляемой зоны, а характеристики вмещающего грунта не меняют своих физико-механических свойств. Поэтому прочностные характеристики закрепленного грунта приняты по наименьшим значениям: прочность на сжатие: $R_c = 2,5 \text{ МПа} = 2500 \text{ кПа}$; прочность на растяжение: $R_p = R_c \cdot 0,1 = 2,5 \cdot 0,1 = 0,25 \text{ МПа} = 250 \text{ кПа}$.

Для определения напряжений в конструкции ПФЗ произведен расчет в объемной постановке в программном комплексе Plaxis 3D [19]. В качестве нагружающих факторов учтены объемный вес грунтов и гидростатическое давление воды. Получены следующие результаты: максимальная величина вертикальных перемещений конструкции ПФЗ составляет 30 мм; максимальное значение сжимающих напряжений в конструкции ПФЗ — 560 КПа; максимальное значение растягивающих напряжений — 40 КПа. Поскольку действующие в конструкции сжимающие и растягивающие напряжения не превышают прочности на сжатие и растяжение грунтоцементного композита (материала конструкции), прочность на сжатие и растяжение обеспечена.

Эффективность устройства противодиффузионной завесы (цементация трещиноватой зоны известняков) определяется временем инфильтрации воды сквозь нее [20]. При напорном градиенте 15 и коэффициенте фильтрации закрепленной зоны $1 \times 10^{-6} \text{ м/сут}$ (п. 6.4.6 СП 291.1325800.2017 «Конструкции грунтоцементные армированные. Правила проектирования»), скорость фильтрации со-

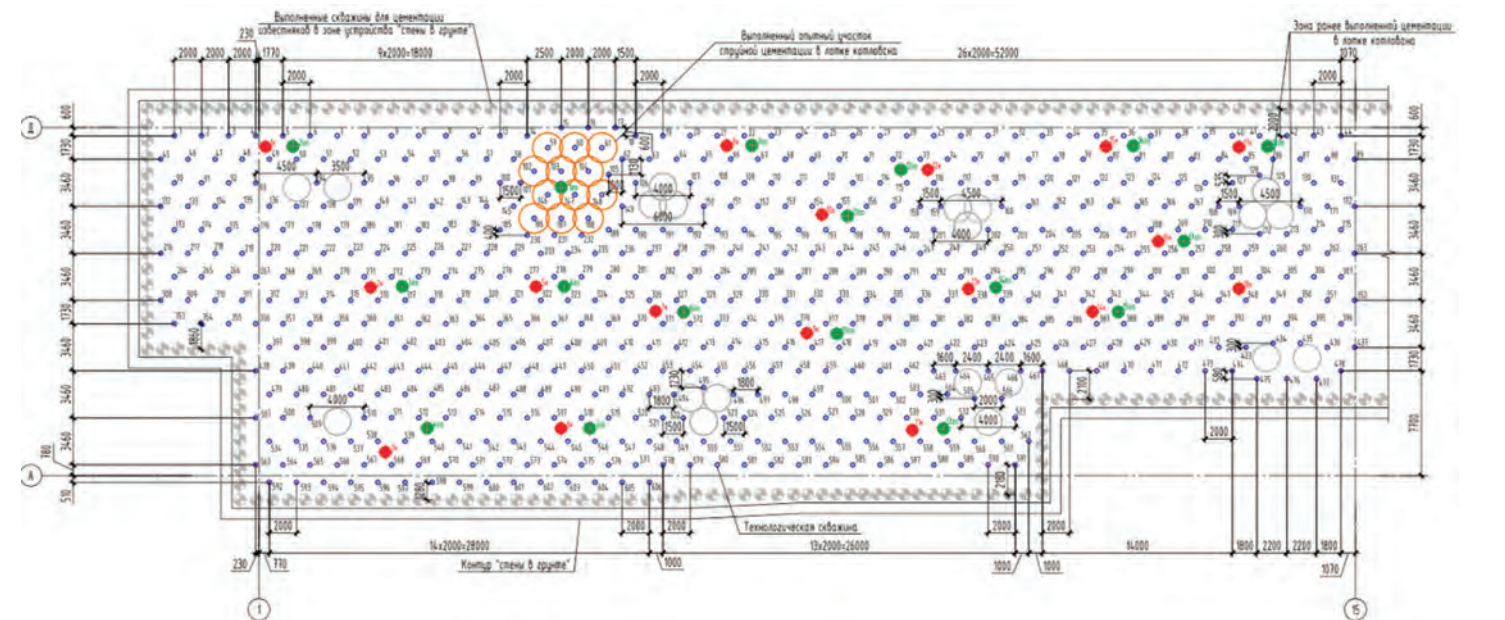


Рис. 5. Схема цементации площадки



без организации мероприятий, связанных с поступлением в него подземных вод, и обеспечить требуемую эксплуатационную надежность подземного сооружения.

Выводы

1. Опыт проведенных работ показал, что струйная цементация имеет определенные преимущества перед традиционными методами заполнительной цементации в трещиноватых и разрушенных до рухляков скальных грунтах в зоне напорных подземных вод.
2. Получаемый в результате такого применения грунтоцементный композит обладает достаточно высокими прочностными и низкими фильтрационными характеристиками, позволяющими использовать его в конструкции горизонтальной противодиффузионной завесы.
3. Рецептуры скрепляющего раствора и технологические параметры процесса струйной цементации должны определяться в ходе опытно-конструкторских работ до накопления статистического материала, позволяющего выявить устойчивые закономерности и разработать рекомендации по применению данной технологии. ■

ставляет $1,5 \times 10^{-5}$ м/сут. При толщине завесы 5,0 м, время фильтрации составит около 300 тыс. суток, или 900 лет, что превышает нормативный срок эксплуатации такого сооружения. Условие защиты подземной части сооружения от проникновения подземных вод выполнено.

Описанные работы были успешно проведены при устройстве станционного комплекса «Терехово» на западном участке Третьего пересадочного контура ст. «Нижние Мневники» — ст. «Можайская» Московского метрополитена, что позволило вести работы в котловане

Литература

1. Зерцалов М.Г., Конюхов Д.С., Меркин В.Е. Использование подземного пространства. М.: Издательство АСВ, 2015. — 416 с.
2. Конюхов Д.С. Основные принципы комплексного освоения подземного пространства при реновации жилой застройки Москвы // Метро и тоннели. 2019. №2. — С.38-40.
3. Merkin V., Konyukhov D. Development of Moscow underground space plans, results, perspectives// Procedia Engineering. 2016. Vol. 165, pp.663-672.
4. Makovetskiy O., Zuev S. Practice device artificial improvement basis of soil technologies jet grouting // Procedia Engineering. 2016. Vol. 165, pp.504-509.
5. Зуев С.С., Маковецкий О.А. Опыт использования метода «up-down» при строительстве подземной и наземной части здания // Жилищное строительство. 2019. № 9. — С. 24-30. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2019-9-00-00>
6. Henn, Raymond W. Practical guide to grouting of underground structures. American Society of Civil Engineers, 1996. 200 p.
7. Karol, Reuben H. Chemical grouting and soil stabilization / Reuben H. Karol. - American Society of Civil Engineers, 2003. 536 p.
8. Moseley, M.P. Ground improvement. London. 2004. 440 p.
9. Хмяляйнен В.А., Майоров А.Е. Новые способы цементационного упрочнения горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. №10. — С.212-217.
10. Хмяляйнен В.А., Майоров А.Е. Особенности течения цементационных растворов при упрочнении трещиноватых горных пород. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. №10. — С.199-205.
11. Шубин А.А. Моделирование процесса ликвидации подземных пустот в условиях техногенной активизации // Записки Горного института. 2013. Т.204. — С.101-104
12. Должиков П.Н. Ликвидация водопритоков в условиях развития карста / П.Н. Должиков, А.А. Шубин // Научно-технические проблемы разработки угольных месторождений, шахтного и подземного строительства: Сб. науч. тр. / Шахтинский ин-т ЮРГТУ (НПИ). Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2005. — С.180-185.
13. Воронкевич С.Д. Основы технической мелиорации грунтов. М.: Науч. мир, 2005. — 498 с.
14. Ружинский С.И. Ускорители схватывания и твердения в технологии бетонов // Популярное бетоноведенье. 2005. №1. — С.2-76.
15. Нургулиев Е.И., Майоров А.Е. Реологические характеристики специализированных цементных смесей для комплексной изоляции горных выработок // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2018. №4. — С.56-64.
16. Гринбаум И.И. О методике и особенностях расходомерических исследований фильтрационных свойств трещиноватых пород в условиях высоконапорных сооружений. ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 1970. Вып. 48. — С. 125-134.
17. Ильина О.В. Фильтрационная устойчивость заполнителя трещин в скальных породах, определяемая в полевых условиях и в лаборатории. ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 1970. Вып. 48. — С. 149-156.
18. Максимова, И.Н. Структура и конструкционная прочность цементных композитов: монография / И. Н. Максимова, Н. И. Макридин, В. Т. Ерофеев, Ю. П. Скачков. М.: Издательство АСВ, 2017. — 400 с.
19. Bull, John W. Linear and nonlinear numerical analysis of foundations. New York, 2009. 465p.
20. Адамович А.Н. Закрепление грунтов и противодиффузионные завесы. М.: Энергия, 1980. — 320 с.

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





«ЩЕБЕНОЧНЫЕ СВАИ»

КАК ЭКОНОМИЧНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА СВАЙНОМУ ФУНДАМЕНТУ

Илья БЕЗРУЧКО

При проектировании жилого комплекса «Белый остров» в Санкт-Петербурге перед инженерами возникла проблема. В целом геология строительной площадки позволяла построить дома на фундаментах мелкого заложения. Однако данное решение невозможно было реализовать в полном объеме из-за наличия участков слабых грунтов. Чтобы избежать неравномерных осадков, большую часть здания требовалось разместить на свайном основании. Инженеры «ГЕОИЗОЛ Проект» предложили альтернативу — модифицировать слабые участки грунта по технологии «щебеночных свай», что позволило реализовать исходные проектные решения и достичь экономии порядка 40% по сравнению с устройством свайного фундамента.

ОСОБЕННОСТИ КОЛОНН ИЗ ЩЕБНЯ

Технология глубинного виброуплотнения с устройством столбов из инертных материалов, так называемых «щебеночных свай» — эффективный способ укрепления слабых грунтов. Он нашел применение на ряде объектов

промышленно-гражданского и инфраструктурного строительства, среди которых автомагистраль М-11 «Нева» и ЦКАД, Крымский мост, московский ЖК «Люберцы Парк», завод Estel в Колпине (Санкт-Петербург) и другие.

В результате глубинного виброуплотнения увеличивается несущая способность грунтового массива, сокращается время консолидации и устраняются просадочные свойства грунтов. «Щебеночные сваи» работают как дренажи, через которые отжимается вода из окружающего грунта, за счет чего стабилизация основания происходит уже во время производства работ.

При устройстве «щебеночных свай» применяется виброфлот, который за счет горизонтальных колебаний и подачи под высоким давлением воздуха (сухой метод) погружается в грунт, образуя скважину. Через подводящую трубу (метод нижней подачи), которая является частью конструкции виброфлота, на дно скважины подается грунтовый наполнитель: щебень, песок, бетонный рецикл и т.п. По мере подачи материала виброфлот его утрамбовывает, наращивая сваю до поверхности земли.

При улучшении характеристик грунта выполняется поле «щебеночных свай», устроенных с расчетным

шагом. На каждую «щебеночную сваю» бортовая система виброфлота в автоматическом режиме формирует паспорт, в котором отражаются характеристики как готовой «щебеночной сваи», так и технологических процессов при ее устройстве. Эти данные позволяют определить длину сваи, ее геометрию и степень уплотнения.

Контроль качества выполненных работ также предусматривает штамповые испытания тела сваи и испытания грунтов в межсвайном пространстве статическим зондированием. Это позволяет определить деформационные свойства грунта после его модификации и выдать заключение о несущей способности основания.

ДИСКРЕТНОЕ УСИЛЕНИЕ

ЖК «Белый остров» — многоквартирный жилой дом, состоящий из 12 секций (10–12 этажей каждая) и двухуровневого паркинга на 435 машиномест. Большая площадь застройки, которая превышает 79 тыс. кв. метров, определила неоднородность геологических условий.

Грунты в зоне строительства жилого комплекса представлены плотными песками, при которых возможно устройство фундаментов мелкого заложения. Однако применение такого технического решения существенно ограничивало наличие локальных участков выхода слабых грунтов, преимущественно слабых суглинков.

«Грунтовые условия диктовали проектировщику применение фундаментов глубокого заложения. Рассматривалось применение буронабивных свай, потому как использование забивных свай на этом участке неприемлемо, а по причине наличия плотных песков не подходил метод вдавливания. Из-за риска неравномерных осадков свайный фундамент необходимо было предусмотреть практически под каждым зданием комплекса, — рассказывает главный конструктор «ГЕОИЗОЛ Проект» Иван Богданов. — Мы предложили альтернативу — усилить слабые участки «щебеночными сваями», чтобы достичь требуемой деформативности грунтов на всей площади строительства».

Устройство «щебеночных свай» велось с дневной поверхности, до разработки котлована. Их длина варьировалась от 3 до 8 метров. Одновременно строители погружали шпунт, который играл роль ограждающей конструкции котлована, после чего приступили к разработке грунта и возведению конструкции подземного паркинга.

«Помимо выявленных участков, требующих усиления, уже в процессе производства работ на месте демонтированного здания обнаружилась зона с разуплотненным грунтом. Ее модифицировали по той же технологии. Согласно расчетам, здесь потребовалось увеличить длину



«щебеночных свай» до 13,5 метров», — добавляет Иван Богданов.

Всего в проекте усиления грунтов основания заложено устройство 1606 «щебеночных свай» диаметром 800 мм длиной от 3 до 8 метров, устраиваемых под фундаментной плитой жилого комплекса.

Локальные усиления «щебеночными сваями» позволили достичь необходимой деформативности массива грунта на территории всей строительной площадки.

Согласно геотехническому моделированию, устройство «щебеночных свай» снизило расчетную осадку с 25 см (без усиления) до 14 см. Фактические деформации, выявленные в результате геодезического мониторинга, оставались в пределах 5 см.

Техническое решение, предложенное инженерами «ГЕОИЗОЛ Проект», позволило сократить затраты при устройстве основания ЖК «Белый остров». Модификация грунта оказалась ориентировочно на 30–40% экономичнее по сравнению с устройством свайного основания. ■