

Дорога открыта...

Самая современная техника для строительства тоннелей

Мобильность – это ключ к будущему. Строительство тоннелей закрытым способом открывает большие возможности и освобождает дороги от транспортных перегрузок. Фирма «Херренкнехт АГ» располагает для этого самой современной и самой мощной техникой. Наши щиты с гидropriгрузом, щиты для работы в скальных породах, модульные проходческие комбайны с открытым забоем, микротоннелепроходческие установки и установки горизонтального направленного бурения обеспечивают нашим клиентам по всему миру настоящий прорыв в будущее в строительной области. Наша техника работает в любых геологических условиях и на всех континентах мира.

Но уникальными в своем роде нас делает не только широкий диапазон нашей продукции и наше ноу-хау в механизированной проходке тоннелей. Как лидеры в этой технологии мы устанавливаем ориентиры, когда речь идет об экономичности, безопасности и защите окружающей среды.

Свет в будущее в конце каждого нового тоннеля !



ТПМК для Лефортовского тоннеля \varnothing 14,2 м



Щит с гидropriгрузом, Мадрид, Испания, \varnothing 9,33 м



ТПМК для скальных пород, Готтард, Швейцария \varnothing 8,83 м



HERRENKNECHT AG
D-77963 SCHWANAU

TEL (+49) 78 24/ 3 02-0
FAX (+49) 78 24/ 34 03

[HTTP://WWW.HERRENKNECHT.DE](http://www.herrenknecht.de)

ЗАО «ХЕРРЕНКНЕХТ ТОННЕЛЬСЕРВИС»

107497, Москва, Россия,
ул. Бирюсинка, д. 4

телефон: (+7) 095 462 38 78
факс: (+7) 095 462 57 44

Учредители журнала

Тоннельная ассоциация России
Московский метрополитен
Московский метрострой
Мосинжстрой

Редакционный совет

Председатель совета
В. А. Брежнев

Заместители председателя:
Д. В. Гаев, С. И. Свирский

Члены совета:
В. П. Абрамчук, В. Н. Александров,
В. М. Абрамсон, В. А. Бессолов,
П. Г. Василевский, С. М. Воскресенский,
В. А. Гарюгин, Б. А. Картозия,
Ю. Е. Крук, В. Г. Лернер, С. Ф. Панкина,
В. А. Плохих, Ю. П. Рахманинов,
Н. Н. Смирнов, Г. Я. Штерн

Редакционная коллегия:

О. Т. Арефьев, Н. С. Булычев,
Д. М. Голицынский, С. Г. Гринько,
Е. А. Демешко, А. И. Долгов,
Е. Г. Дубченко, О. В. Егоров,
С. Г. Елгаев, А. В. Ершов,
В. Н. Жданов, В. Н. Жуков,
А. М. Жуков, Н. Н. Кулагин,
В. В. Котов, В. Е. Меркин,
Ю. А. Кошелев, К. П. Никифоров,
А. Ю. Педчик, П. В. Пуголовков,
В. П. Самойлов, А. А. Севастьянов,
Л. К. Тимофеев, Б. И. Федунец,
Ю. А. Филонов, Ш. К. Эфендиев

Главный редактор

С. Н. Власов

Тоннельная ассоциация России

тел.: (095) 208-8032, 208-8172
факс: (095) 207-3276
e-mail: rus_tunnel@mtu-net.ru

Издатель

ООО «ТА Инжиниринг»
Лицензия ИД № 04404
тел.: (095) 929-6482, 929-6574
факс: (095) 929-6548
Отдел рекламы: (095) 929-6673
103051, Москва,
Цветной бульвар, 17, оф. 217
e-mail: tunnels@metrostroy.ru

Генеральный директор
О. С. Власов

Редактор

Г. М. Сандул

Компьютерный дизайн и верстка:

М. Б. Брилинг, А. В. Попов

Фотографы:

А. В. Попов, М. Б. Брилинг

Журнал зарегистрирован
Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов
журнала только с письменного
разрешения издательства
© ООО «ТА Инжиниринг», 2005

Панорама 2

Реконструкция Манежа

**Проектирование подземной части Манежа
в процессе его воссоздания** 8

А. Н. Левченко, В. А. Ильичев, В. П. Петрухин,
Б. Ф. Кисин, В. В. Семкин, А. В. Шапошников

Серебряноборские тоннели

**Итоги первого этапа проходки
тоннелей в Серебряном Бору** 12

М. Ю. Арбузов, С. В. Мазенин, С. Н. Власов,
Г. М. Синицкий, Б. И. Яцков

Технологии

Сооружение защитного экрана на станции «Маяковская» 16

Н. А. Сорокин, В. В. Максимов, К. Я. Носов

**Специальные способы работ при сооружении транспортно-
дренажной штольни на Северомуйском ж/д тоннеле** 20

А. И. Салан, К. П. Безродный, А. Г. Мацегора

Предприятия отрасли

Вентиляторы для метро 22

О. В. Горшков, В. И. Кутаев

Новые материалы

**Новые материалы для возведения обделок
и гидроизоляции тоннелей** 24

А. Ф. Федотов, И. П. Сторожук

**Исследование коррозионной стойкости огнезащитной
штукатурки «Монолит»** 26

Ю. В. Кривцов, О. Б. Ламкин

Новые проекты

Солнцевская линия легкого метрополитена 28

С. Ю. Лубоцкий, В. Р. Власюк

Геомеханика

**Прогнозирование деформаций грунтового
массива, зданий и сооружений при проходке
Серебряноборских тоннелей** 34

В. В. Чеботаев, В. Б. Никоноров, Е. В. Щекудов

Численное моделирование в подземном строительстве 36

С. А. Юфин, Томас Циммерманн

Промышленная безопасность

**Проектно-организационная система для оценки
промышленной безопасности при строительстве** 39

С. Н. Власов, Г. Г. Баландюк

Микроклимат метрополитенов

**Необходимость корректировки аэроионного фона
в производственных помещениях метрополитена** 42

А. П. Ледяев, К. К. Ким, Г. Л. Спичкин, Е. К. Чистов

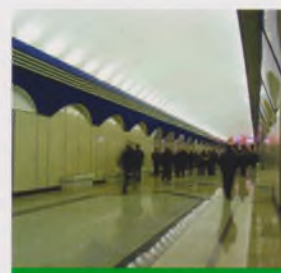


ФОТО НА ОБЛОЖКЕ:

Ст. «Комендантский
проспект» Санкт-
Петербургского
метрополитена
(читайте на с. 2)

НОВАЯ СТАНЦИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

2 апреля 2005 г. в Санкт-Петербурге был сдан в эксплуатацию новый участок линии метрополитена от ст. «Старая деревня» до ст. «Комендантский проспект» Приморского радиуса будущей Приморско-Фрунзенской линии.

Новый участок подземной трассы сооружен по проекту НИПИИ ОАО «Ленметрогипротранс» (директор института Н. И. Кулагин, главный инженер проекта Л. А. Меерович, руководитель авторской группы архитекторов А. С. Константинов).

Общая протяженность пускового комплекса составляет 4,87 км в однопутном исчислении, в т. ч. перегонные тоннели – 3,09 км, тупики за станцией и камеры съездов – 1,5 км.

Камеры съездов выполнены из сборной железобетонной отделки диаметром 6,0; 7,9; 8,5; 9,8 м.

Перегонные тоннели глубокого заложения пройдены в кембрийских глинах с помощью проходческого комплекса КТ-1-5,6 в сборной железобетонной обделке.

Станция «Комендантский проспект» – колонного типа. Колонно-прогонный комплекс изготовлен из высокопрочной низколегированной стали.

Средний свод диаметром 9,8 м, обратный – 13,1 м; боковые станционные тоннели диаметром 8,5 м.

Длина станции – 176,74 м (+СТП – 70 м), ширина – 22 м, длина платформы – 160 м, ширина – 13,5 м.

В отделке станции впервые использованы новые материалы – зонты из металлокерамических панелей REYNOBOND 916 в центральном зале. Облицовка стен и колонн, включая натяжную и поперечную камеру, выполнены из металлокерамических панелей ALLIANCE CERAMICSTEEL 18123G, путевые стены – из металлокерамических сэндвич-панелей ALLIANCE CERAMICSTEEL 15283G, зонты боковых станционных тоннелей облицованы композитным материалом из нержавеющей стали ALPO-LIC/ft SCM.

Подземный вестибюль возведен методом «стена в грунте». Он включает в себя подземный пешеходный переход с четырьмя лестничными спусками и с отделениями для спуска инвалидов.

Облицовка стен и колонн пешеходного перехода производи-

лась металлокерамическими панелями ALLIANCE CERAMICSTEEL.

Наклонный ход – 139 колец (105 м) диаметром 10,5 м – сооружен из чугунных тубингов. В качестве зонтов в наклонном ходе и веерном участке использованы металлокерамические панели REYNOBOND 916.

Строительство пускового комплекса «Комендантский проспект» длилось более десяти лет. Из-за недостаточного финансирования возведение «Комендантского проспекта» было прекращено в 1992 г. В то время были пройдены лишь переходные тоннели. Только спустя десять лет началась проходка СТП (станционно-трансформаторная подстанция) и среднего зала станции. Работы выполнялись одновременно с проходкой тоннелей на «Размые». В 2002 г. начали строительство вестибюля «Комендантского проспекта».

За весь период работ по строительству сданного в эксплуатацию пускового комплекса:

- разработано грунта 234640 м³,
- уложено бетона в конструкции 24378 м³,
- смонтировано сборных железобетонных конструкций 2088 м³,
- уложено гранита 5267 м²,
- смонтировано облицовочных панелей из композитного материала REYBOND 6649 м²,
- смонтировано металлокерамических панелей 2744 м²,
- выполнено штукатурных и малярных работ 13216 м²,
- уложено асфальтобетона 13814 м² или 4429 т,
- уложено искусственной плитки 6838 м²,
- смонтировано бетонного бортового камня 2050 пог. м,
- смонтировано наружных и внутренних сетей канализации, водопровода и водоотлива 14380 пог. м,
- смонтировано электрокабельной продукции 137500 пог. м.

Протяженность построенных тоннелей, подземных и линейных сооружений составляет 5865 пог. м, в том числе:

- перегонных тоннелей 4900 пог. м (включая камеры съез-



В оформлении станции использованы мозаичные панно, посвященные истории русской авиации

дов и тупиковые тоннели за станцией «Комендантский проспект»),
 • подходов тоннелей 220 пог. м,
 • притоннельных выработок 332 пог. м,
 • станционных тоннелей 423 пог. м,
 • стволов 135 пог. м,
 • наклонный ход 105 пог. м.

На сданном участке смонтировано ходовых рельсов 4860 пог. м (250 т), контактных рельсов 4780 пог. м (254 т).

На строительстве пускового участка трудились практически все метростроевские строи-

тельно-монтажные организации; обеспечивали пусковой комплекс промышленные и автотранспортные предприятия Санкт-Петербурга.

Управление производственно-технологической комплектации – филиал ОАО «Метрострой» – активно принимало участие и в обеспечении всем необходимым для сооружения станции «Комендантский проспект». Металлопрокат, различные изделия из металла, кабельно-проводниковая продукция, материалы верхнего строения



пути, оборудование и отделочно-облицовочные материалы поставлялись не только из различных регионов России, стран СНГ, но и из Украины, Дании, Германии и т. д.

Завод железобетонных конструкций и деталей изготовил почти всю обделку для станции «Комендантский проспект» и притоннельных выработок, а также эскалаторные плиты ЭП-4 для наклонного хода.

Литейно-механическим заводом были отгружены десятки тысяч единиц изделий верхнего строения пути, большой объем поручней для лестничных спусков и ограждений пандуса для инвалидов – более 500 м, а также ограждений в зоне наклонного хода, в кассовом зале и в зоне тамбуров. На заводе были изготовлены в срочном порядке обрамления медальонов, расположенных на стенах среднего зала станции.

ЗАО «Метробетон» для новой станции изготовило платформенные стенки, железобетонные прогоны для перекрытия (по 12 т каждый), плиты перекрытий П1-МС длиной 12,4 м и высотой 1,4 м, колонны размером 60 × 60 см. Всего железобетонных конструкций для «Комендантского проспекта» было поставлено в объеме 398 м³. Кроме того, было завезено 8600 м³ товарного бетона.

Укладка постоянного пути осуществлялась в очень сжатые сроки, в стесненных условиях тоннеля, где практически не применимы никакие средства механизации.

Но, не смотря на большие объемы работ и сжатые сроки строительства, метростроевцы Санкт-Петербурга успешно справились с поставленной задачей, сдав новый участок в срок.



9,5-МЕТРОВЫЙ ТПКМ ФИРМЫ «ЛОВАТ» ОТПРАВЛЯЕТСЯ НА СТРОИТЕЛЬСТВО КРОЛЬСКОГО ТОННЕЛЯ

ТПМК фирмы «Ловат» RME375SE был успешно протестирован и принят компанией ОАО «Бамтоннельстрой» в апреле 2005 г. на заводе фирмы «Ловат» в Торонто. ТПКМ по имени «Марфа» стал пятой машиной производства фирмы «Ловат», приобретенной Бамтоннельстроем. Ловат сконструировал и произвел этот 9,5-метровый комплекс для твердых пород с опережением срока на 3 месяца. График производства ТПКМ был значительно ускорен в связи с необходимостью монтажа машины до похолоданий, которые могут наступить уже в сентябре.

Этот 250-тонный одноцилиндровой ТПКМ для твердых пород модель Lovat RME375SE серии 21400 может работать в двух режимах: для твердых пород, а также в режиме грунтопригруза при наличии воды. ТПКМ пройдет 2250 м Крольского тоннеля; на пути у машины сланец, гранит и известняк.

На приемке ТПКМ со стороны ОАО «Бамтоннельстрой» при-



сутствовали генеральный директор компании «Бамтоннельстрой» А. П. Голышев, главный механик А. Г. Титов и другие сотрудники этой компании. Были приглашены представители Корпорации по развитию экспорта Канады (Export Development Canada) и Королевского Банка

Канады (Royal Bank of Canada), благодаря которым проект осуществился, а также компания Hatch Mott MacDonald.

В данный момент ТПКМ находится на пути в порт Санкт-Петербурга. Начало проходки запланировано на 30 сентября 2005 г.



НОВЫЙ АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ ПОД НЕВОЙ

Платный автомобильный тоннель будет построен под Невой в Санкт-Петербурге к 2008 году.

Губернатор Валентина Матвиенко дала указание до 1 августа 2005 г. провести тендер на разработку проекта строительства данного тоннеля. Будет разработан бизнес-план и возможные схемы привлечения инвестиций.

Тоннель будет построен в створе Пискаревского проспекта и Орловской улицы и соединит Центральный и Красногвардейский районы города. Ориентировочно, его длина составит 1,6 км. Движение предполагается 4-полосное – по две полосы в каждом направлении. Пропускная способность тоннеля составит от 40 до 60 тыс. автомобилей в сутки.

По предварительным расчетам, рабочее движение будет открыто к концу 2007 г., полностью тоннель должен войти в строй к концу 2008 г.



ТОННЕЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ РОССИИ ОТМЕТИЛА 15-лЕТИЕ

6 апреля 2005 г. в Москве состоялось расширенное заседание правления Тоннельной ассоциации России, посвященное 15-летию ее создания.

В заседании, прошедшем под председательством В. А. Брежнева, председателя правления Тоннельной ассоциации России, приняли участие представители крупнейших тоннельных организаций России и зарубежья, а также председатель Подкомитета по инвестиционной политике и развитию транспортной инфраструктуры Совета Федерации С. Н. Попельныхов; член правления ТАР, первый заместитель руководителя Департамента градостроительной политики, развития и реконструкции г. Москвы А. Н. Левченко; начальник Управления строительства Федерального агентства по строительству Р. А. Макасов; вице-президент Международного союза научных и инженерных обществ С. М. Ситцев; вице-президент Международной Тоннельной ассоциации Харальд Вагнер; экс-президент МТА Альфред Хаак; заместитель главы администрации г. Дубна С. А. Бабаев.

Председатель правления ТАР, президент Корпорации «Трансстрой» Владимир Аркадьевич Брежнев напомнил, что 15 лет назад инициаторами создания ассоциации выступили крупнейшие проектные и строительные организации в сфере подземных сооружений страны. Он также отметил, что сегодня Тоннельная ассоциация России включает в себя свыше 80 организаций из 38 городов России, в том числе Москвы и Санкт-Петербурга, а также Франции, Германии, Австрии, Канады, Армении, Украины, Белоруссии, Казахстана, Грузии и Азербайджана. Кроме того, в состав ассоциации входят около 450 индивидуальных членов – крупнейших экспертов в области подземных сооружений.

В настоящее время Тоннельная ассоциация объединила в своих рядах проектировщиков и транспортных строителей и коммунальных тоннелей, тоннелей метрополитенов, гидротехнических тоннелей и подземных объектов городской инфраструктуры.

Говоря о перспективах деятельности, В. А. Брежнев под-



Выступает вице-президент МТА
Х. Вагнер



Президиум торжественного заседания



В. И. Зазуля (Киевметрострой) поздравляет ТА России
со знаменательной датой



В. Н. Александров (Метрострой СПб) вручает памятный подарок

черкнул, что главной задачей ассоциации является содействие научно-техническому прогрессу, повышению эффективности и качества строительства и эксплуатации подземных сооружений различного назначения.

В адрес правления Тоннельной ассоциации России поступили поздравления в связи с 15-летием от председателя Совета Федерации РФ Сергея Миронова и мэра Москвы Юрия Лужкова. В тексте приветствия С. Миронова, в частности, отмечается, что за прошедший период коллективы более 80 строительных, промышленных, проектных и научных предприятий создали мощное и влиятельное общественное объединение, активно способствующее научно-техническому прогрессу в области сооружения транспортных и гидротехнических тоннелей, метрополитенов, подземных коммуникаций, паркингов и других объектов. В последнее время во многих городах страны значительно возрастают объемы работ, связанные с освоением подземного пространства, и большая заслуга

Тоннельной ассоциации России заключается в решении сложнейших научных и инженерных задач подземного строительства.

В приветствии Ю. Лужкова говорится, что сегодня Тоннельная ассоциация, объединяющая на общественных началах инженеров и ученых, работающих в транспортном, гидротехническом и коммунальном тоннелестроении, стала важным инструментом в решении насущных задач подземного строительства. Члены Тоннельной ассоциации активно участвуют в экспертизе важнейших проектов, разработке рекомендаций для строительства подземных сооружений. Большая работа проводится по изучению и распространению передового отечественного и зарубежного опыта, информационному и научно-техническому сопровождению подземного строительства. Это во многом способствовало успешной реализации таких сложных проектов, как сооружение тоннеля под каналом имени Москвы, Лефортовского и других тоннелей третьего транспортного кольца,

а в настоящее время и серии Серебряноборских тоннелей».

С докладом «15 лет Тоннельной ассоциации – расширение форм уставной деятельности» выступил заместитель председателя правления С. Н. Власов.

Он, в частности, отметил, что в условиях, когда прежние структуры управления менялись, роль ассоциации как центра по научно-техническому общению, обмену мнениями, получению возможной информации была, безусловно, необходимой. Она должна была взять на себя задачу сбора, осмысления и распространения научно-технической информации, разработку различных отраслевых нормативов и методических рекомендаций в области тоннельных сооружений. Необходимо было всемерно сохранить научно-технические и творческие связи между всеми организациями и специалистами разных ведомств, которые работают в области исследований, проектирования, строительства и эксплуатации тоннелей раз-



А. Н. Левченко вручает грамоту Департамента строительства А. Г. Исаеву (Метрогипротранс)



Диплом почетного члена ТА России вручается П. Г. Василевскому (Бамтоннельстрой)



Х. Вагнер вручает медаль Мюллера за внедрение НАТМ технологии В. П. Абрамчуку (ФГУПС-30) (фото слева) и С. В. Бочарову (ТО-6 Мосметрострой)



личного назначения, и поэтому создание ассоциации было всеми поддержано.

В соответствии с Уставом основу составили региональные отделения в субъектах Федерации и регионах, региональные представительства – отделения на предприятиях и в организациях и члены Тоннельной ассоциации – физические лица.

Увеличивающиеся объемы работ по тоннельному и подземному строительству и необходимость объединяющего органа в области подземных работ, подтвердили правильность решения об организации Тоннельной ассоциации в 1990 г.

Тоннельная ассоциация объединяет организации с большим научно-техническим потенциалом, которым по силам самые сложные задачи в области строительства подземных сооружений. Задачей правления является использование этого потенциала с максимальной пользой для всех членов ассоциации во благо общего дела.

Выступающие подчеркивали значительную и плодотворную роль ТАР в консолидации усилий отечественных специалистов в развитии тоннеле- и метростроения, вышедшего в последнее время на самые передовые мировые позиции в этой области. Возрос авторитет ТАР и отечественных тоннелестроителей в Международной Тоннельной ассоциации.

Крупнейшим тоннелестроителем России были вручены награды государственных и общественных организаций за выдающиеся заслуги в развитии этой отрасли строительства.

За многолетнюю плодотворную работу в тоннельном и подземном строительстве, за организацию и активную работу в Тоннельной ассоциации 15 че-

ловек получили звание почетных членов ТА России, два члена ТАР были награждены знаком почетный транспортный строитель и еще три – почетной грамотой транспортного строителя.

В рамках расширенного заседания правления Тоннельной ассоциации в российской столице состоялся Международный симпозиум «Российское и мировое тоннелестроение – взгляд в будущее», во время которого специалисты из различных стран рассмотрели нынешнее состояние и перспективы мирового тоннелестроения, новые технологии в этой сфере, поделились опытом.

Участники симпозиума обменялись также информацией о проектах крупнейших тоннелей в России и за рубежом, обсудили возможности участия российских тоннельщиков в строительстве крупных тоннелей за пределами России.

Программой симпозиума была предусмотрена техническая экскурсия на Серебряноборские тоннели, которая состоялась 7 апре-



В. М. Ситцев вручает грамоту Союза НИО профессору Л. В. Маковскому (МАДИ) (фото слева), профессору М. Г. Зерцалову (МГСУ)




ля. В ней приняли участие 77 специалистов из 14 городов России, дальнего и ближнего зарубежья. Необходимые пояснения непосредственно на объекте были даны специалистами из ОАО «Мосметрострой», ООО «Тоннель-2001», ОАО «Метрогипротранс» и Тоннельной ассоциации России.

Во время экскурсии ее участники ознакомились с объектами инфраструктуры, участками открытого способа работ в точках «Д» и «С», левым транспортным тоннелем, сбойками № 5 и 4,

а также музеем строительства тоннелей в точке «С».

Вся информация была воспринята с большим интересом и благодарностью всеми участниками этой экскурсии.

11 апреля коллектив Тоннельной ассоциации России за большой вклад в строительство подземных сооружений и инженерных коммуникаций награжден почетной грамотой правительства Москвы. Соответствующее Распоряжение подписал мэр столицы Ю. М. Лужков. 

Памятное фото участников симпозиума во время посещения строительства Серебряноборских тоннелей



КИТАЙСКО-РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СИМПОЗИУМ

И. С. Бубман, заведующий тоннельным сектором Тоннельной ассоциации России, к. т. н.

В период 11–14 мая 2005 г. в КНР (г. Пекин) прошел Китайско-российский симпозиум (КРС) с тематикой: научно-технический фронт и научно-техническое сотрудничество между Китаем и Россией.

Симпозиум был организован:

- со стороны КНР – Академией инженерных наук Китая, Государственным бюро по делам иностранных специалистов;

- со стороны РФ – Российской академией наук, Российским союзом научных и инженерных общественных организаций, Российской академией архитектуры и строительных наук, Российской инженерной академией, Академией инженерных наук РФ.

КРС был прекрасно организован и проведен Государственным бюро Китая по делам иностранных специалистов.

Все участники были размещены в 5-звездочном отеле «Дююйтай» в центре Пекина, где проходили все заседания семинара: пленарное (11 мая) и секционные (12 мая).

В работе семинара приняли участие всего 114 участников, из которых 67 человек составляли делегацию специалистов Китая и 47 человек – от России.

На пленарном заседании были заслушаны восемь докладов, пять из которых были представлены китайскими учеными и специалистами и три – российскими участниками. Все доклады были посвящены основополагающим проблемам современной науки и практики в таких областях, как космонавтика, энергетика, информатика, горные работы, нефтедобыча и нефтепереработка, ядерный топливный цикл и др.

От российских участников выступили три действующих члена РАН:

- академик Ю. В. Пуляев: «Акустозлектроника: история, современное состояние и новые идеи для новой эры»;

- академик С. М. Алдошин: «От фундаментальных исследований к прикладным разработкам и их коммерческой реализации»;

- академик М. И. Солонин: «Состояние и перспективы развития ядерного топливного цикла мировой и российской атомной энергетики».

На следующий день состоялись заседания по секциям. Всего в составе семинара были созданы и успешно функционировали четыре секции: информатика; новые материалы; энергетика; технологии, применяемые в подземном строительстве.

Остановимся подробнее на работе секции «Технологии, применяемые в подземном строительстве», которая представляет для нас, тоннельщиков, наибольший профессиональный интерес. В ее работе от Тоннельной ассоциации России принимали участие пять специалистов, в том числе четыре человека с Дальнего Востока (трое – от Дальневосточной горно-строительной компании) и один человек, автор статьи, от Исполнительной дирекции ТАР, который выступил с докладом «Опыт проектирования и строительства в Москве крупнейшего магистрального Лефортовского автодорожного тоннеля», а также с видеофильмом и комментарием к нему.

Указанный доклад, фильм и комментарий, как и ряд других докладов, вызвали ряд вопросов и оживленную дискуссию. Небольшой состав представителей ТА России объясняется тем, что в эти же дни, с 7 по 12 мая



2005 г., в Стамбуле (Турция), проходил Международный тоннельный конгресс «Использование подземного пространства: анализ прошлого опыта для работы в будущем» и 31-я Генеральная ассамблея МТА, где от ТАР присутствовала делегация российских специалистов в составе 25 человек.

По материалам шести докладов китайских специалистов (заметим, что все они являются академиками – действительными членами Академии инженерных наук Китая) можно кратко, учитывая рамки настоящей статьи, охарактеризовать современное состояние и перспективы разви-

тия подземных работ в Китае, которые, по нашему мнению, представляют интерес для широкой инженерной общественности – читателей нашего журнала.

Во-первых, следует отметить, что подземные работы ведутся современными организационно-техническими методами и средствами при их высоконаучном обосновании и эффективном финансовом обеспечении.

Во-вторых, все подземные работы ведутся в интересах различных областей и отраслей строительного производства:

- транспортное строительство (железнодорожные и автодорожные тоннели);

Таблица

Развитие подземных работ в Китае

Наименование	Количество			Примечание
	Выполнено до 2000 г.	Выполняется 2000–2020 гг.	Всего	
1. Электростанции				
Установленная мощность, млн кВт	400	2650	3050	Построена ГАЭС Сунхуа №=2400MW
Гидротехнические тоннели, км	2270	27000	29270	Построен Lmax=73 км
2. Железнодорожная сеть, км	60000	100000	160000	
Железнодорожные тоннели, км	3700	20000	23700	Построен тоннель Чаолин, L=20100 м
3. Угольные шахты				
Добыча угля, млрд т	1,65	2,9	4,55	
Проходка выработок, тыс. км	200	300	500	
4. Рудники				На глубине >1 км
Добыча руды, млн т/год	400	540	940	
5. Автомобильная сеть				
Автодороги, млн км	1,88	3,12	5,0	
Автодорожные тоннели, км	835	2000	2835	
6. Тоннели метрополитена, км	1200	3600	4800	Строится и эксплуатируется в 8 городах, строится в 16 городах

- гидротехническое строительство (гидроэлектростанции, гидроаккумулирующие станции, переброска воды из бассейна одних рек в бассейн других);

- шахтная и горнорудная промышленность;
- метростроение;
- хранение и переработка отработавшего ядерного топлива;
- оборона и оборонные задачи.

В третьих, это поистине огромные значения объемов выполненных, выполняемых и предстоящих работ, которые, безусловно, впечатляют любого специалиста-тоннельщика (смотри табл.).

Подробное содержание всех докладов специалистов-тоннельщиков, как с китайской, так и с российской стороны, отражено в изданном «Сборнике докладов Китайско-российского научно-технического симпозиума» (Китай. Пекин, 2005. 05. 11–12. 421 с.).

Организаторы симпозиума с китайской стороны предусмотрели и провели все заседания с качественным переводом, причем на пленарном заседании был синхронный китайско-русский и русско-китайский перевод, на секционных заседаниях – последовательный перевод на тех же языках.

Помимо деловой части программа семинара включала и культурную составляющую, правда, весьма сжатую из-за недостатка времени: в день приезда, 10 мая, была организована автобусно-пешеходная экскурсия по Пекину (площадь Тянь Ан-мин, Большой театр) и 13 мая – поездка на Великую Китайскую стену, которая расположена в 75 км от Пекина (ее начальный северный участок).

Это оборонительное сооружение, построенное за 2500 лет до н. э. для защиты от набегов кочевников-монголов, имело длину порядка 6 тыс. км и проходило по северной границе Китая. Сооружение каменное, с башнями на вершинах гор и соединяющей их стеной с бойницами. Ширина стены позволяла проезжать боевым колесницам и вооруженной коннице.

В настоящее время отреставрирован участок длиной в несколько километров, который успешно демонстрируется туристам.

В заключение от имени специалистов Тоннельной ассоциации России хочу искренне поблагодарить организаторов как с китайской, так и с российской стороны за успешное проведение совместного Китайско-российского научно-технического симпозиума. **МТТ**

МОСКВА НАЧНЁТ СТРОИТЕЛЬСТВО МЕТРОКОЛЬЦА

Столичные власти планируют реализацию одного из самых дорогих и грандиозных проектов дорожного строительства в истории Москвы – Большого метрокольца.

Уже в 2006 г. под Коломенским начнут рыть огромный двухрукавный тоннель, который объединит автомобильную дорогу 4-го транспортного кольца и железнодорожные пути новой ветки метро.

Новая ветка пройдет от станции метро «Каширская» до ст. «Печатники», соединив три радиальные линии: Серпуховско-Тимирязевскую, Замоскворецкую и Люблинскую, став первым участком будущего Большого метрокольца.

Идея строительства в метро еще одного кольца обсуждается давно. Еще в 1969 г. появилась новая самая маленькая ветка, соединившая станции «Каховская» (серая ветка) и «Каширская» (зеленая ветка). Сейчас к проекту решено вернуться. Новый участок пройдет под музеем-заповедником «Коломенское» и соединит станции метро «Каширская» и «Печатники» (светло-зеленая ветка).

Предполагается, что строительство Большого метрокольца должно пойти с юга столицы на северо-восток против часовой стрелки. Новый тоннель начнется на ул. Академика Миллионщикова,

пройдет под музеем-заповедником и закончится на другом берегу Москвы-реки у Шоссейной улицы. По пути тоннеля предусмотрено строительство еще одной станции метро «Нагатинский затон».

Сейчас проектировщики решают вопрос длины будущего тоннеля. Одни предлагают построить его с выходом в Нагатино. В этом случае через Москву-реку автомобили и поезда метро будут перебираться по специальному мосту, возведенному вдалеке от Коломенского. Другие считают, что тоннель нужно делать глубокого заложения и тянуть под рекой вплоть до Шоссейной улицы. В этом случае его длина составит 4 км – аналогов такому сооружению в России пока нет.

Строительство всего Большого кольца метрополитена планируется закончить к 2035 г.

Уже через несколько лет в Москве начнет работать Малое кольцо железной дороги. А потом в планах руководства города стоит продление линии метро в Международный деловой центр «Москва-Сити» до пересадочного узла со станцией «Полежаевская». Она же по идее проектировщиков захватит район Ходынского поля, а также будет иметь пересадки на станциях «Аэропорт» и «Савеловская». Напомним, что, по словам начальника столичного метрополитена

Д. В. Гаева, Московский метрополитен определил три основных направления развития в строительстве новых линий до 2007 г.

К приоритетному направлению отнесено строительство линии метрополитена «Строгино» – «Парк Победы», через «Кунцевскую» и «Крылатское». Предполагается, что данная линия, строительство которой планируется завершить до конца 2007 г., позволит разгрузить Таганско-Краснопресненскую линию.

Вторым приоритетным направлением является строительство линии метрополитена от «Чкаловской» через «Сретенский бульвар», «Трубную площадь» до «Марьиной Рощи». В 2007 г. планируется открыть станцию «Трубная», которая будет соединена с переходом на Серпуховскую линию, затем и станцию «Сретенский бульвар» с возможной пересадкой на Калужско-Рижскую и Сокольническую линии.

Третьим проектом станет продолжение Бутовской линии легкого метро до станции «Битцевский парк».

Кроме того, в августе 2005 г. будет открыт второй выход станции Московского метро «Маяковская». Причем через некоторое время старый выход станции будет закрыт на реконструкцию, которую планируется завершить в течение двух лет. **МТТ**

«CSM BESSAC» СОЗДАЛА ТПК С ГРУНТОПРИГРУЗОМ

Известная как разработчик технологии кессонной проходки с использованием щитов со стреловым рабочим органом, фирма «CSM Bessac» является основным игроком рынка строительства городских тоннелей водоснабжения, канализации и связи в Европе. Этот бренд хорошо известен и в России, так, щит диаметром 4 м успешно работает на объектах ОАО «СУПР» в Москве.

Теперь же CSM Bessac может позиционировать себя как предприятие, выпускающее щиты и грунтотпригрузом забоя. Так, для строительства канализационного коллектора VL10 в пригороде Парижа фирма сконструировала и изготовила свой первый ТПК с грунтовым пригрузом забоя. Менее девяти месяцев потребовалось для завершения последнего низового участка канализационного коллектора VL10, который будет направлять сточные воды к Валентонским очистным со-

оружиям, расположенным южнее Парижа. За девять месяцев был пройден коллектор длиной 1830 м и внутренним диаметром 4 м, расположенный глубине 30 м при напоре грунтовых вод 25 м. Сбойка осуществлена 27 января 2005 г.

Основным подрядчиком совместного предприятия, выполнившего строительство объекта, является фирма «CSM Bessac», которая осуществила также изготовление и поставку тоннелепроходческого комплекса, элементов технологической части, подвижного состава для вывозки породы и вспомогательных устройств.

Сегодня компания предлагает своим клиентам широкий спектр



«ноу-хау» по ТПК всех типов для их использования в самых стесненных условиях. Благодаря своему двойному статусу изготовителя оборудования и подрядчика, компания имеет хорошие возможности создания тоннелепроходческого оборудования, наилучшим образом учитывающего требования рынка строительства городских тоннелей диаметром до 6 м. **МТТ**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ МАНЕЖА В ПРОЦЕССЕ ЕГО ВОССОЗДАНИЯ

А. Н. Левченко, первый заместитель руководителя Департамента градостроительной политики, развития и реконструкции г. Москвы

В. А. Ильичев, В. П. Петрухин, Б. Ф. Кисин, В. В. Семкин, А. В. Шапошников, НИИОСП им. Н. М. Герсеевича



Воссоздание уникального памятника архитектуры – здания ЦВЗ «Манеж» после пожара 2004 г. было осуществлено по инициативе мэра Москвы Ю. М. Лужкова в кратчайшие сроки (за один год) в условиях плотной городской застройки исторического центра Москвы, густой сети подземных инженерных и транспортных коммуникаций (метрополитен).

Проект реставрации разрабатывался Управлением «Моспроект-2» (мастерская 14) на основании архитектурной концепции, одобренной Общественным советом при мэре Москвы 19 марта 2004 г. Генеральная подрядная организация – АОТ ППР-1 (генеральный директор А. И. Долгов).

Название проекта четко отражает две основные идеи принятой концепции:

I – воссоздание исторического облика памятника архитектуры, которое заключалось в восстановлении:

- утраченных при пожаре исторических ферм Бетанкура по ранее выполненным обмерам из клеёной древесины, включая кованые металлические детали по сохранившимся образцам;

- исторического облика кровли;

- восстановлении и реставрации фасадов и интерьеров с сохранением функционального назначения Центрального выставочного зала;

II – реставрация здания ЦВЗ «Манеж» с учетом современных требований к выставочным залам и сложившихся условий исторического центра Москвы за счет освоения подземного пространства с устройством двух новых подземных уровней и двух антресольных этажей.

Геотехнический раздел проекта освоения подземного пространства ЦВЗ «Манеж» выполнил НИИОСП им. Н. М. Герсеевича.

В целом все работы по воссозданию ЦВЗ «Манеж» можно условно разделить на три этапа:

I – детальное обследование состояния сохранившихся конструкций и выдача рекомендаций по их использованию при воссоздании здания;

II – мероприятия, проводимые в рамках ликвидации последствий пожара (демонтаж оставшихся элементов сгоревших конструкций, разборка аварийных участков кирпичной кладки и др.) и одновременно подготовительные работы для реализации идей раз-

работанной архитектурной концепции (в том числе усиление фундаментов и грунтов основания здания);

III – реставрация памятника архитектуры и приспособление его к современному использованию в рамках принятой архитектурной концепции.

Для решения геотехнических задач был выполнен комплекс работ, включающий ряд этапов.

На I-м были собраны и проанализированы все имеющиеся материалы, в том числе архивные данные по конструкциям здания, инженерно-геологическим условиям площадки, окружающей исторической застройке, в том числе – новому ТРК «Охотный Ряд». Обобщены материалы о состоянии конструкций ЦВЗ «Манеж» до пожара, проведено обследование состояния конструкций после него, выполнены дополнительные инженерно-геологические изыскания.

В результате работ I-го этапа было установлено, что после пожара в конструктивном отношении здание утратило пространственную жесткость, а несущие стены имели многочисленные дефекты, достаточно низкое расчетное сопротивление кладки, как от

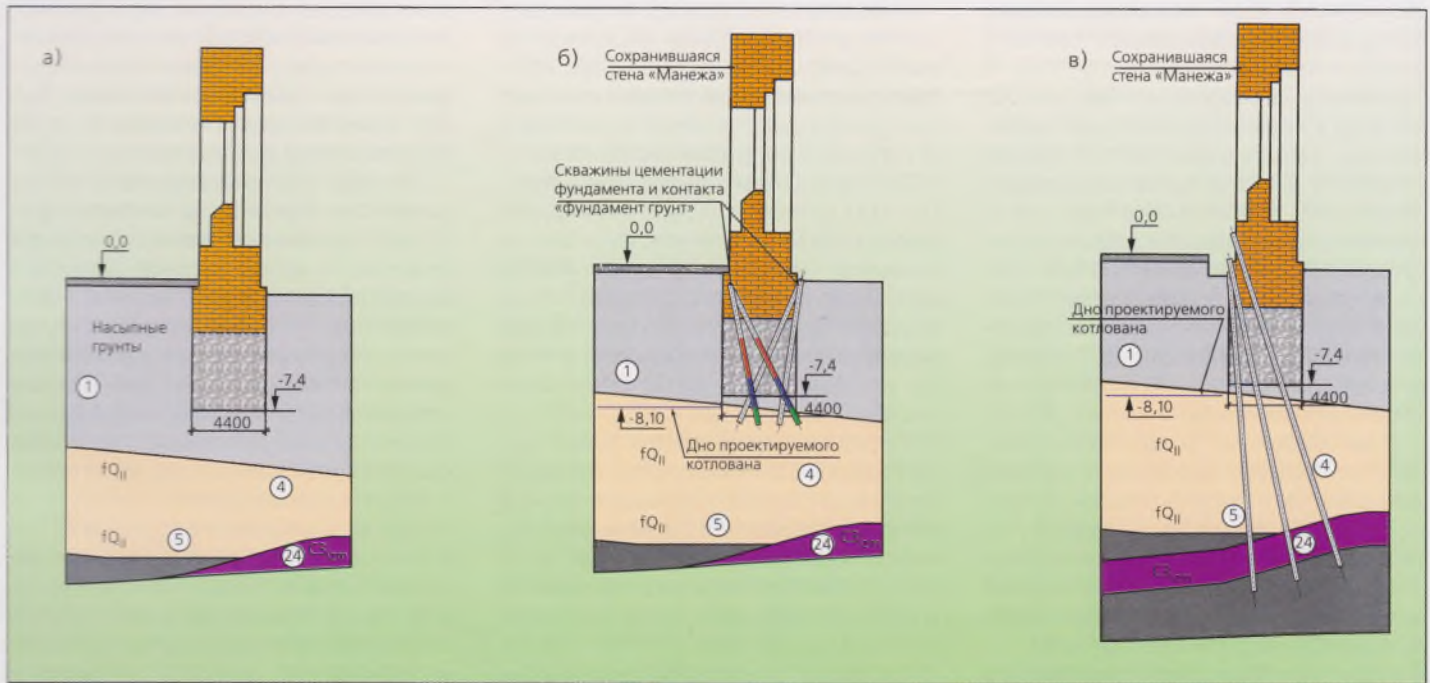


Рис. 1. Усиление фундаментов и основания стены по Манежной улице

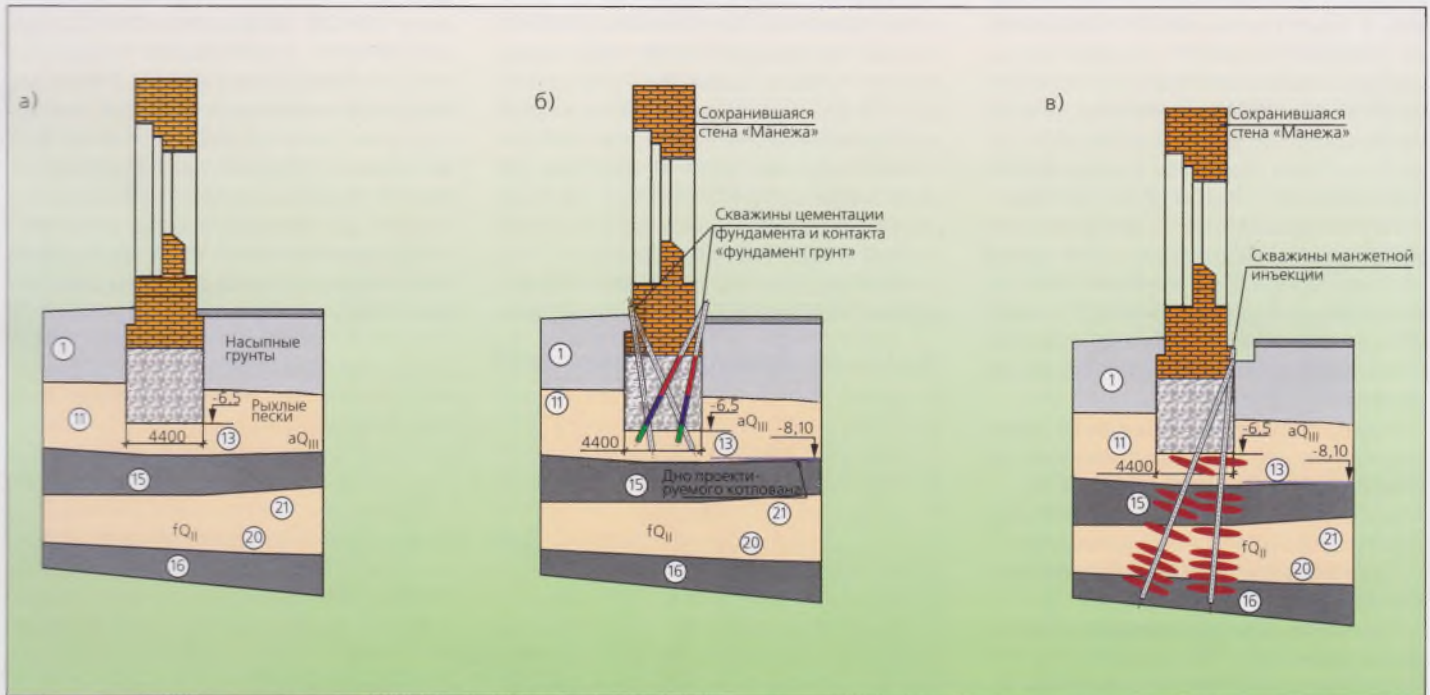


Рис. 2. Усиление фундаментов и основания стены по Моховой улице

воздействия пожара, так и вследствие иных факторов, связанных с длительным эксплуатационным периодом. В соответствии с действующими нормативными документами техническое состояние здания в целом оказалось неудовлетворительным.

Фундаменты под наружные стены здания – ленточные, глубиной заложения от 5,27 до 7,4 м от уровня пола первого этажа, выполнены на одном из участков из кирпичной кладки на известково-песчаном растворе, а на большей части стен – из кирпичной кладки на известково-песчаном растворе в верхней части и из бутового камня-известняка на известковом растворе в нижней. Заполнение раствором кладки из бутового камня-известняка неудовлетворительное и примерно для 30% объема практически полностью отсутствовало.

В основании фундаментов наружных стен со стороны Манежной улицы залегают насыпные грунты и надморенные аллювиальные отложения, представленные песками средней плотности и маловлажными. Геодезические измерения показали, что в зоне залегания насыпных грунтов осадка фундаментов за все время эксплуатации ЦВЗ «Манеж» превысила осадку фундаментов на других участках на 9,5 см.

Со стороны Моховой улицы под фундаментами залегают древнеаллювиальные пески, преимущественно рыхлые, подстилаемые мореными суглинками.

В геоморфологическом отношении участок Манежной и Моховой улиц находится в пределах склона древнеаллювиальной террасы реки Москвы и склона реки Не-

глинки. Характерной особенностью геологического строения участка является его расположение на склоне доледникового эрозионного вреза, где почти полностью размыт региональный водоупор из верхнеюрских глин и четвертичные отложения залегают непосредственно на отложениях известняка, которые характеризуются низкой прочностью (1–5 МПа), выветрелостью с разрушением их до состояния муки, а также наличием древнего карста.

Гидрогеологические условия участка сложные: наличие надморенного горизонта типа «верховодка» (5–8 м от поверхности), а также надкаменноугольного (6–14 м от поверхности) и вернекаменноугольного водоносных горизонтов Перхуровской толщи. Между всеми горизонтами подзем-

ных вод имеет место гидравлическая связь, напор верхнекаменноугольного горизонта достигает более 2 м.

Учитывая геоморфологические и геологические условия со значительной изменчивостью свойств пород одного и того же элемента в пределах площадки, невыдержанность и разнонаправленность слоев грунта, наличие большой толщи насыпных грунтов и рыхлых песков, карстовую опасность территории, участок следует отнести к III (наивысшей) категории сложности инженерно-геологических условий, а весь объект в целом – к III (сложной) геотехнической категории.

Таким образом, на 1-м этапе были определены необходимые требования к выполнению работ по освоению подземного пространства ЦВЗ «Манеж» как в период строительства, так и в процессе его дальнейшей эксплуатации, определены допустимые значения дополнительных деформаций (осадки, крены и горизонтальные смещения стен) и др.

На 2-м этапе были разработаны варианты технических решений по укреплению существующих фундаментов и грунтов основания, а также геотехнические мероприятия по освоению подземного пространства. Выполнена оценка влияния работ нулевого цикла на существующие конструкции и окружающие здания методом математического моделирования изменения напряженно-деформированного состояния массива грунта.

Расчеты произведены с использованием программного комплекса Plaxis и других специализированных программ. В качестве геотехнической модели грунтов основания применена усовершенствованная упругопластическая модель Кулона-Мора. Результаты расчетов позволили:

- оценить количественно влияние строительства на существующие конструкции и окружающую застройку;
- установить величины дополнительных деформаций в результате строительства;
- дать прогноз изменения гидрогеологических условий;
- рекомендовать оптимальные геотехнические решения.

Расчеты показали, что без проведения мероприятий по укреплению фундаментов и грунтов основания, работы по освоению подземного пространства производить нельзя.

На 3-м этапе для постоянного наблюдения за состоянием здания, окружающей застройки и массива грунта была разработана комплексная программа геотехнического мониторинга.

На здании ЦВЗ «Манеж» было установлено 65 марок для геодезических измерений вертикальных и горизонтальных смещений стен. Измерения выполнялись с использованием современных высокоточных нивелиров и тахеометров, а также методами фотограмметрии и лазерного сканирования. Расчеты показали, что здания окружающей застройки находятся за пределами влияния работ, однако, учитывая их историческую и архитектурную ценность, наблюдения осуществлялись и за этими зданиями.

В процессе мониторинга вели также регулярную фиксацию уровня подземных вод в наблюдательных скважинах, осуществляли измерение деформаций поверхности и массива грунта в зоне строительства, наблюдали за состоянием подземных коммуникаций.

При организации подземного пространства ЦВЗ «Манеж», в первую очередь, рассматривались технические решения по усилению фундаментов существующих стен. Были разработаны решения по цементации фундаментов, контакта «фундамент-грунт» и грунтов основания, а также по усилению части фундаментов буронабъекционными сваями.

На начальном этапе работ по реконструкции здания ЦВЗ «Манеж» была выполнена цементация кладки всех фундаментов и контакта «фундамент-грунт» цементным и цементно-песчаным растворами с целью заполнения имеющихся в кладке фундамента и в его основании полостей, пустот и разуплотнений (рис. 16 и 26).

Скважины цементации расположены вдоль несущих стен с наружной и внутренней сторон здания с шагом 1 м. Из одной точки выполняли две скважины, расположенные под разными углами. Ввиду значительной глубины заложения фундаментов (5,3–7,4 м), цементацию проводили двумя нисходящими зонами с повторным разбуриванием зацементированной ранее зоны. Цементный раствор (В/Ц = 0,6–0,7) с подвижностью 23 см и объемной усадкой < 2% нагнетали под давлением 0,2–0,5 МПа.

Цементацию контакта «фундамент-грунт» с целью заполнения пустот, в т. ч. от сгни-

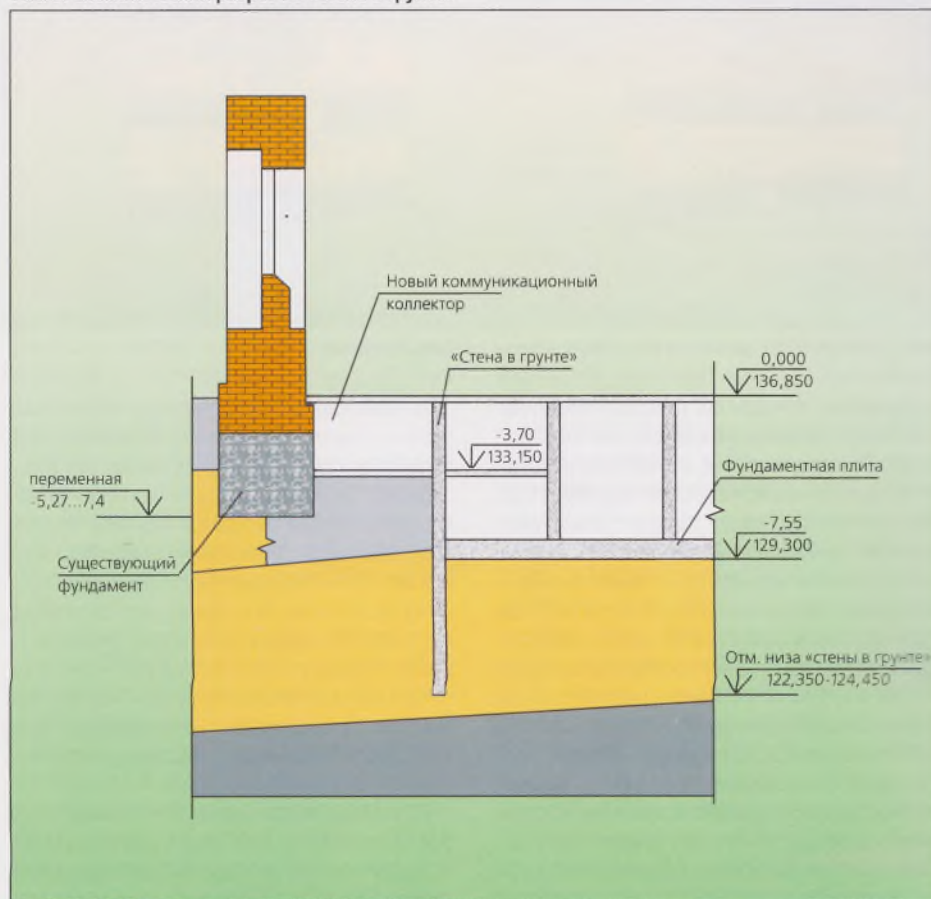
вших лежней и деревянных свай, расположенных под подошвой фундаментов, производили на глубину 0,5 м ниже подошвы фундамента. Для инъекции использовали раствор с теми же характеристиками, что и для цементации тела фундамента.

Для выравнивания деформационных характеристик основания и частичной разгрузки слежавшихся насыпных грунтов, залегающих на кровле деревянного склона 1-й надпойменной террасы р. Неглинка, было предпринято усиление основания путем инъекционного закрепления грунтов и устройства буронабъекционных свай. Данные технические решения позволили также заполнить пустоты от сгнивших деревянных свай и лежней и укрепить рыхлые песчаные грунты в основании здания.

Сваи выполнены на участках здания, где в основании фундаментов залегает слой насыпного грунта значительной мощности (рис. 1а). Буронабъекционные сваи (рис. 1в), воспринимающие часть нагрузки от существующего здания, одновременно являются элементами армирования основания в пределах активной зоны и ниже. Они имеют диаметр 200–220 мм, длину 18–20 м. С целью качественного формирования ствола сваи при бетонировании снизу вверх, а также для восприятия изгибающих моментов, сваи армированы смешанным каркасом из жесткой арматуры – трубы диаметром 76 и толщиной 4 мм и стержней диаметром 22. Материал тела сваи – мелкозернистый бетон класса В20.

Буронабъекционные сваи размещены в виде кустов, содержащих по три сваи с углами наклона к вертикали 5, 12 и 16° (18°).

Рис. 3. Схематический разрез по «стене в грунте»



Скважины для их устройства выполняли колонковым способом без ударно-динамических воздействий.

Формирование ствола сваи осуществляли путем нагнетания через инъекционную трубу, входящую в состав каркаса, цементно-песчаного раствора с $V/C = 0,6-0,7$ по схеме «снизу вверх» с последующей опрессовкой избыточным давлением 0,2–0,3 МПа в течение 5 мин.

На участках здания по Моховой улице, где насыпные грунты залегают выше подошвы фундамента (рис. 2а), было выполнено укрепление грунта методом манжетной инъекции с заполнением пустот, а также закреплением грунтов, представленных рыхлыми песками, в виде мергелистых глин и известняка, с нижней границей инъекции (рис. 2в).

Инъекцию проводили через скважины глубиной 12–15 м, располагаемые с шагом 0,9 м с двумя углами наклона (16 и 21°) из каждой точки инъекции. Раствор нагнетали методом манжетной инъекции с помощью колонн диаметром 50 мм, устанавливаемых в скважинах диаметром 93–135 мм, с подачей раствора по зонам высотой 330–350 мм по схеме «снизу вверх».

Для инъекции применяли цементно-бentonитовые растворы с $V/C = 0,6-0,65$, подвижностью 18–23 см, началом схватывания 3–5 ч, объемной усадкой < 2%.

Процесс вели под давлением 0,5–1,0 МПа с давлением разрыва до 2,0 МПа на нижних зонах и до 1,5 МПа под подошвой фундамента. Для исключения влияния инъекционных работ на существующее здание инъекционные скважины выполняли с соблюдением принятой проектом очередности. Контролировалась также очередность заправки раствора в определенные зоны в пределах каждой скважины. По результатам наблюдений, расход инъекционного раствора на зону длиной 330 мм составил в среднем 380 л.

Указанные мероприятия позволили обеспечить удовлетворительное состояние фундаментов и грунтов основания в пределах контура всего здания, что сделало технически возможным освоение подземного пространства внутри него.

Было рассмотрено несколько возможных вариантов производства работ по устройству подземной части. При этом учитывалось, что принятие технического решения является задачей оптимального проектирования, где в качестве основного критерия должна выступать надежность реконструируемого здания, в том числе с обеспечением минимально возможной осадки исторических фундаментов и стен.

В качестве двух генеральных схем устройства подземной части здания были проанализированы известные способы геотехнического строительства:

- в открытом котловане с устройством ограждающей конструкции;
- методом «сверху вниз».

На основе технико-экономического сравнения этих способов, с учетом весьма разных сроков строительства, большой трудоемкости работ по второму способу, необходи-

мости проведения археологических исследований и др., был принят первый вариант.

При проектировании было рассмотрено несколько возможных вариантов устройства ограждения котлована, в том числе:

- в виде «стены в грунте»;
- из металлических труб с устройством забирки;
- из бурокасательных или буросекущих свай;
- из свай по технологии CFA (сваи, изготавливаемые с помощью полого шнека);
- сплошное металлическое ограждение из шпунта Ларсена;
- котлован в естественных откосах.

Для каждого из рассмотренных вариантов проводилось моделирование влияния строительства на существующие стены здания.

Анализ показал, что вариант котлована в естественных откосах не может быть принят из-за больших прогнозируемых величин горизонтальных перемещений стен существующего здания «Манежа».

Варианты ограждения из металлических свай и из свай по технологии CFA не приняты из-за возможных вывалов и выноса грунта в местах устройства забирки, а также из-за превышения прогнозируемых дополнительных осадок предельно допустимых нормативных величин.

Недостатками вариантов ограждения из бурокасательных или буросекущихся свай, а также из металлического шпунта Ларсена являются значительные динамические воздействия на существующие фундаменты при устройстве ограждения. При производстве работ из металлического шпунта возникают также сложности с устройством гидроизоляции.

По результатам выполненного анализа и с учетом сокращения сроков производства строительно-монтажных работ для дальнейшей проработки на стадии рабочего проектирования был принят вариант с устройством ограждения в виде консольной «стены в грунте» (рис. 3).

Проектирование велось с учетом того, что при принятом способе производства работ «стена в грунте» выполняет не только функции ограждающей конструкции, но и воспринимает вертикальные нагрузки от веса перекрытия над заглубленной частью здания, а также технологические нагрузки от строительной техники.

Расчет «стены в грунте» на прочность, общую устойчивость и перемещение произведен на ЭВМ с использованием программы PLAXIS. По результатам расчетов стена была принята толщиной 600 мм из монолитного бетона класса по прочности В25 с маркой по водонепроницаемости W12. Глубина консольной «стены в грунте» составляет 12–14 м, величина консоли – 7,55 м. Стена прорезает большую (4–7 м) неравномерную толщу насыпных грунтов и заглубляется, в основном, в толщу флювиогляциальных песков средней крупности, средней плотности и в слой известняков, разрушенный до дресвы и щебня. Армирование осуществлялось сборными пространственными каркасами с рабочей ар-

матурой диаметром 22АIII. Для жесткого соединения стены с фундаментной плитой и промежуточным перекрытием в каркасе «стены в грунте» предусмотрены закладные элементы, которые обнажаются в процессе разработки котлована.

Для того чтобы исключить повышение уровня подземных вод вследствие барражирования эффекта у стен здания и на окружающей территории, ограждение было выполнено в виде «гребенчатой» конструкции.

С целью максимального обеспечения сохранности стен здания Манежа было принято решение не устраивать ограждение подземной части вплотную к сохранившимся стенам, а отнести его на расстояние 4 м от них. Впоследствии в этом пространстве был устроен периметральный коммуникационный тоннель.

Все работы в подземной части ЦВЗ «Манеж» осуществлялись в следующей последовательности:

- выполняются усиление фундаментов и грунтов основания – цементация бутовой кладки, контакта «фундамент-грунт», а также буроинъекционные сваи и инъекционное укрепление грунтов;

• устраивается ограждение котлована методом «стена в грунте» с существующей отметки переменной высоты до глубины 12–14 м на расстоянии 4 м от стен внутри здания;

• разрабатывается грунт в образовавшемся между стенами здания и «стеной в грунте» пристенном коллекторе до отметки 133,15 м, выполняются нижняя монолитная плита и перекрытие коллектора, играющие роль фиксирующих элементов как для «стены в грунте», так и для стен Манежа;

• разрабатывается центральное ядро до отметки 129,3 м с работой «стены в грунте» по консольной схеме;

• производятся все работы по устройству конструктивных элементов подземной части (фундаментная плита, колонны, перекрытие) в открытом котловане полного профиля.

По результатам проводимого мониторинга осадки стен здания к моменту окончания работ по воссозданию ЦВЗ «Манеж» составили:

- при усилении фундаментов грунтов основания инъекцией и сваями – 2,3–2,6 мм;
- при устройстве «стены в грунте» – 3,2–10,8 мм;
- при разработке котлована – 3,7–11,7 мм.

Все фактические значения осадок и крена стен не превысили расчетных значений и оказались очень малы. Данные мониторинга указывают на целесообразность выбранных технических решений по освоению подземного пространства ЦВЗ «Манеж», а также на высокое качество геотехнических работ, выполненных ООО «Космос» и ЗАО «Спецтрансмонолит» с субподрядными организациями.

В результате реализации всех намеченных мероприятий удалось сохранить и обеспечить надежную работу всех стен и фундаментов здания, снизив до минимума влияние геотехнических работ на состояние ЦВЗ «Манеж».

ИТОГИ ПЕРВОГО ЭТАПА ПРОХОДКИ ТОННЕЛЕЙ В СЕРЕБРЯНОМ БОРУ

М. Ю. Арбузов, ООО «Тоннель – 2001»
С. В. Мазеин, ЗАО «Херренкнехт тоннельсервис»
С. Н. Власов, ТА России
Г. М. Сеницкий, ООО «Организатор»
Б. И. Яцков, ОАО «Мосметрострой»



На западе Москвы полным ходом идет строительство новой транспортной артерии. В Серебряном Бору уже завершена проходка первого транспортного тоннеля, где 17 марта 2005 г. произведена его сбойка с демонтажной камерой.

Общие положения

В целях улучшения транспортного обслуживания на западе Москвы продлевается магистраль Балтия до центра города. Здесь сооружается участок Краснопресненского проспекта от МКАД до проспекта Маршала Жукова протяженностью 1514 м закрытым способом при помощи щита диаметром 14,2 м (два

транспортных тоннеля), работавшего на проходке Лефортовского тоннеля, и нового щита диаметром 6,28 м для сервисного тоннеля между транспортными. Трасса Строгинской линии метрополитена по проекту будет совмещена в плане и профиле с трассой автодорожных тоннелей на участке закрытого способа работ. Транспортные тоннели наружным диаметром 13,75 м – двухъярусные, соединенные между собой через сервисный тоннель пятью сбойками.

Трасса тоннелей проходит под территорией северо-западного сектора, расположенного между жилыми районами Строгино и Крылатское, представляющих собой историко-культурную и природную ценность. Здесь расположены зеленые насаждения общего и ограниченного пользова-

ния и памятники природы, охраняемые государством. На участке между Крылатской улицей и селом Троице-Лыково располагается зона, функционирующая в режиме специальной территории, планировка и застройка которой не показаны на геодезических планах.

Одним из условий строительства системы из трех тоннелей является сохранность зданий, сооружений и лесного массива, расположенных в зоне Серебряноборского лесничества. Это требует практически безосадочной для городской поверхности, высокоскоростной проходки тоннеля, которая началась в мае 2004 г. тоннелепроходческим механизированным комплексом (ТПМК) диаметром 14,2 м фирмы «Херренкнехт» со строительства левого транспортного тоннеля.

Основными участниками строительства являются: ПСО «Система-ГАЛС», ООО «Организатор», ОАО «Мосметрострой», ООО «Тоннель – 2001», фирма «Винчи» (Франция). Техническое сопровождение щитовой проходки ведет немецкая фирма «Херренкнехт АГ», осуществившая изготовление, перевозку, монтаж и наладку двух тоннелепроходческих механизированных комплексов и периферийного оборудования для ведения проходки под бентонитовым пригрузом забоя. Для обеспечения проходки тоннелей предусмотрена стройплощадка площадью 9,3 га, на которой размещаются стартовые шахты, подъездные пути, коммуникации, склады блоков и материалов, здания с сепарационным, компрессорным и другим вспомогательным оборудованием. Часть площадки отводится под строительство рамповой части тоннелей.

Перед проходкой в 2004 г. ОАО «ЦНИИС» разработало «Технологический регламент на сооружение транспортных тоннелей Краснопресненского проспекта щитом диаметром 14,2 м фирмы «Херренкнехт» (ФРГ)». В нем приводятся порядок и способы выполнения основных операций проходческого цикла, реализующие проектное решение института «Метрогипротранс», основные указания и требования по сопутствующим видам работ, включающие, в том числе, специфические для применяемого ТМПК процессы и обоснования:

- прогноз давления гидропригруза вдоль трассы тоннеля;
- строительные допуски на отклонения геометрических размеров и плано-профильное положение смонтированной обделки при сооружении тоннеля;
- составы и материалы бентонитовых растворов по двум категориям пересекаемых грунтов (глины и водонасыщенные пески);
- составы и способы приготовления и нагнетания тампонажных растворов применительно к основным участкам грунтов;
- допуски на отклонения в процессе ведения щита;
- регламентируемые осадки земной поверхности;
- эксплуатацию сепарационной установки и устройств регенерации бентонитового раствора;
- возможные аварийные ситуации и меры по их предупреждению.

Инженерно-геологические условия проходки

Геологические и гидрогеологические условия проходки, а также меры по ее эффективному осуществлению выглядят следующим образом.

Щитовая проходка от ПК26 до ПК12 осуществляется на глубинах от 21 до 40 м (по лотку тоннеля) с нарастанием гидростатического давления на обделку тоннеля до 2,5 бар, до ПК17 – в четвертичных аллювиальных и водноледниковых песках различной крупности средней плотности. Пески содержат линзы супесей, суглинков и галечника, иногда – отдельные валуны диаметром до 0,3–0,5 м.

ПРОХОДКА СЕРВИСНОГО ТОННЕЛЯ



Для проходки сервисного тоннеля, входящего в состав системы транспортных Серебряноборских тоннелей, на стройплощадке в Троице-Лыково был смонтирован тоннелепроходческий механизированный щитовой комплекс (ТМПК) фирмы «Херренкнехт». Данный щитовой комплекс имеет диаметр ротора 6,28 м и работает с бентонитовым пригрузом забоя, с кольцевой железобетонной обделкой шириной 1,2 м и внутренним диаметром 5,4 м. Блоки кольца обделки (4 основных, 2 смежных, 1 замко-

вый), оснащенные резиновыми уплотнителями, имеют толщину 0,3 м.

После монтажных и пуско-наладочных работ 17 января 2005 г. щит начал проходку, которая осуществляется силами ЗАО «СМУ-5 Мосметрострой» при технической поддержке фирмы «Херренкнехт АГ». По состоянию на 03.06.2005 г. пройдено 501,6 м выработки (до места второй будущей сбойки с транспортными тоннелями), достигнута производительность 80 пог. м тоннеля в неделю.



В кровле тоннеля с ПК21 до ПК16 залегают влажные и водонасыщенные пески суммарной мощностью от 17 до 27 м. На этом участке между тоннелями проектом предусмотрены три сбойки с сервисным тоннелем, которые сооружаются горным способом преимущественно в водонасыщенных неустойчивых песках. Для проходки этих соединительных выработок выполняются работы по предварительному закреплению песков по всему сечению сбоек через стальные блоки обделки тоннеля (места всех сопряжений тоннелей со сбойками проходят с креплением стальной блочной обделки).

Щитовая проходка от ПК17 до ПК12 осуществляется в основном в юрских отложениях: титонских супесях текучих и суглинках тугопластичных, а также в оксфордских и келловейских глинах полутвердых на глубинах 40–45 м. В нижней части забоя на протяжении 50 м около ПК17 встречаются доломитистые известняки средней прочности. Подземные воды встречаются в верхней части забоя. Их уровень с учетом возможного его сезонного повышения превышает отметки лотка тоннелей до 25 м. На этом участке между тоннелями располагаются две сбойки, которые сооружаются преимущественно в твердых оксфордских глинах. Гидрогеологические условия проходки этих сбоек осложняются тем, что в верхней части залегают текучие юрские супеси, которые характеризуются как неустойчивые, выше которых располагаются влажные и водонасыщенные пески мощностью до 26 м. До сооружения сбоек горным способом выполняются специальные рабо-



Стальная блочная обделка в местах сопряжений тоннелей со сбойками

ты по обеспечению устойчивости выработок (через стальную блочную обделку).

На ПК12 находится овраг речки Большая Гнилуша, где мощность песчаных грунтов над сводом тоннеля уменьшается до 2 м. На время проходки под оврагом выполнена его частичная засыпка послойно уплотняемым грунтом (на расчетную величину пригруза забоя). При этом русло речки отводилось по металлической перфорированной трубе, предварительно уложенной в искусственное русло – траншею и засыпанной грунтом. Несколько вертикальных металлических труб крепления траншеи, не извлекаемых из грунта, предварительно были обвязаны свер-

ху железобетонной обоймой для фиксации положения, поскольку снизу их подрабатывал щит. С соблюдением специальных мероприятий и скорости проходки 1,2 м/ч этот участок трассы успешно был пройден.

Текущее отслеживание проходки

Ввиду уникальности механизированной проходки тоннеля большого сечения в сложных горно-геологических условиях и дальнейшего строительства аналогичного второго тоннеля большой интерес у тоннельщиков вызывают следующие мероприятия:

- систематическое отслеживание хода строительства тоннеля и мониторинг городской поверхности над ним;
- анализ параметров работы ТПМК, регистрируемых бортовым компьютером и последующее обобщение опыта уникальной механизированной проходки.

В ходе строительства допустимые осадки городской поверхности над тоннелем, особенно в начале и конце проходки, были сведены к минимуму благодаря строгому соблюдению предписываемого значения давления гидропригрузки и других параметров ТПМК.

Отслеженные усредненные показатели циклов проходки по результатам строительства в Серебряном Бору левого транспортного тоннеля из 757 колец обделки шириной 2 м приводятся в сравнении с тоннелем в Лефортове (табл. 1). Время проходки тоннеля в Серебряном Бору до сбойки (за вычетом больших плановых и внеплановых простоев) – 235 сут. Среднесуточная производительность – 3,2 кольца в сутки, время цикла – 7,5 ч. При средней подаче щитовых домкратов 19 мм/мин (табл. 2) время проходки составляет 1,75 ч, среднее время монтажа кольца – 2 ч, кессонных работ – 0,95 ч на кольцо.

Время на непроизводительные простои составляет 2,8 ч. Сюда входит: ожидание готовности сепарационной установки, поломки на комплексе, переключения коммуникаций. Отличие от Лефортова заключается:

- в более легких для разработки песчаных породах на 2/3 трассы при увеличенной мощности сепарации песка (меньше времени на проходку и кессонные работы);
- в 3 раза меньшей трудоемкости монтажа стальных колец для сбоек (меньше времени на монтаж колец);
- в 2 раза большем количестве фильтропрессов для утилизации отработанного шлама (меньше времени на ожидание сепарационной установки).

При параллельном вводе в эксплуатацию второго ТПМК для проходки сервисного тоннеля, для сохранения высоких темпов проходки выполняется наращивание мощности сепарационной установки и тщательное планирование совместной работы двух щитов (проходка, монтаж, простой, кессон).

Совершенствование сепарационной технологии

Основные узлы сепарационной установки (отделение щебня и песка, утилизация глины фильтропрессованием) после Лефортова



Работы по укреплению грунтов на 2-й сбойке по технологии «Микродур»

Среднее время проходческого цикла проектов Лефортово и Серебряный Бор

Проект	Время цикла, ч	Время операций, ч			
		Проходка	Монтаж колец	Кессонные работы	Простои сепарации и ТПМК
Лефортово S-164	7,8	2,4	1,4	1,1	2,9
Серебряный Бор S-250	7,5	1,75	2	0,95	2,8

дооборудованы и в период их эксплуатации в Серебряном Бору показывают более высокую производительность. В частности, для обеспечения сепарации при проходке двумя щитами произведены:

- замена двух дренажных сит на два вибросита и наращивание конвейеров подачи;
- монтаж второй подающей линии на барабан № 1 и врезка задвижек в трубах;
- монтаж нового бака В1с для подающего насоса на малый щит и т. д.

Два обезвоживающих сита устанавливаются для повышения мощности отделения песка сепараторной установки. Изменение узлов подачи и выдачи для первого барабанного сита позволяет работать с меньшим потоком (800 м³/ч для малого щита).

Повышение скорости конвейера выдачи песка в отвал дает возможность работать на объединенном транспортном потоке (от большого и малого щитов) до 3000 м³/ч.

Увеличение числа фильтропрессов с 6 до 12, хоть и является достаточно затратным мероприятием, позволило сократить до минимума время утилизации отработанного шлама с подавляющим содержанием глины, снизить затраты на транспорт грунта и улучшить экологию проходки.

Эффективность кессонных работ

Важнейший участок работ, связанный с повышенной опасностью и влияющий

на темпы проходки тоннеля, – это кессонная служба, проводящая работы под давлением воздуха. Кессонное подразделение в ООО «Тоннель – 2001» создано в апреле 2004 г., назначен руководитель кессонной службы. Были приглашены кессонные врачи, имеющие большой опыт работы при строительстве Лефортовского тоннеля.

Первый выход в кессон состоялся в мае 2004 г. после прохождения щитом бетонного пригруза для определения степени износа и замены режущего инструмента.

Выходы осуществлялись регулярно, с привлечением кессонных специалистов «Херренкнехт» и фирмы «Винчи». Анализ работы кессонных смен показал, что распределение времени кессона проходит следующим образом: 40% – контроль и замена шарошек при износе более 30 мм; 28,6% – осмотр и замена резцов и ковшей; 16,2% – промывка дробилки от глины; 7,1% – устранение аварии на упорной плите; 4,3% – промывка датчиков от глины; 3,8% – прочие работы.

Контроль режущего инструмента в забое включает:

- предварительную установку трапов, выдвигание ограждающих плит в забойной камере и промывку инструмента водой под давлением (при сохранении бентонитовой корки на поверхности забоя);
- визуальный осмотр состояния режущих поверхностей (крошение гребенки диктует замену резца);

Средние показатели проходки 2004–2005 гг. в Серебряном Бору поквартально

Квартал, год	№ колец	№ стальных колец	Кол-во, пог. м	Простои более 1 недели		Прижим ротора / Усилие домкратов, МН	Расход трансп. потока, м ³ /ч	Скорость проходки, мм/мин / Стружка, мм	Кол-во смен кессона	Давление раб. камеры / +5,8 м камеры экскавации, бар
				сутки	причины					
Систематическое отслеживание						Регистрация бортовым компьютером				
II 2004	1–126	126	252	—	—	7,55/39,7	2095	19/28	30	2,06/1,14
III 2004	127–340	127–128	428	23	— оснастка стартовой шахты, — авария на шандоре, замена резцов	7,25/41,6	2629	21/32	48	2,09/1,19
		252–254		13						
IV 2004	341–518	376–378	356	17	— ожидание стальных колец, перекрытие шахты, — новогодние каникулы, ремонт	9,77/48,1	2480	19/18	72	2,46/1,65
		502–505		12						
I 2005	519–757	628–632	238	—	—	15,07/51,9	2687	17/20	61	2,38/1,73

- измерение степени износа дисковых шарошек шаблоном (средний износ по песку – 4 мм потери радиуса на 100 м проходки);
- дистанционный контроль износа резцов и ковшей индукционной системой (шесть точек контроля).

Режущий инструмент заменяется только при необходимости. Всего было проведено 210 кессонных смен (около 717 ч), во время которых при давлении воздуха до 3 бар было заменено: на большом роторе – 48 шарошек, 202 резца, 31 ковш (около одного полного комплекта инструмента); на малом – 2 шарошки и 17 резцов (около одного комплекта резцов).

Среднее количество проведенных кессонных смен на 100 м проходки в Лефортово и Серебряном Бору составляет 23 и 14 соответственно. Причины сокращения количества смен объясняются:

- более легкими для разработки песчаными породами (меньше износ резцов);
- более удачным исполнением ротора, где во время санации были поставлены новые лучи с усиленным креплением шарошек (нет замен креплений);
- применением однодисковых шарошек и более узких резцов, где меньше налипание глины (меньше промывки резцов и шарошек);
- оформлением канала прохода транспортного потока наклонными стенками по бокам сектора дробилки (меньше зона накопления грунта и время промывки дробилки).

Также существенный эффект защиты от износа долго заменяемых и быстро истирающихся ковшей ротора (и соответственно сокращения затрат на кессон), достигался установкой персоналом ООО «Тоннель – 2001» вместо нескольких перифе-



Состояние резцов ротора в забое

рийных шарошек, уширенных, качающихся на оси, – двойных резцов собственной конструкции, а также накладных твердосплавных пластин на местах повышенного износа режущего инструмента.

Заключение

Горно-геологические условия строительства тоннеля в Серебряном Бору оцениваются как сложные. Они требуют неукоснительного соблюдения расчетных режимов и параметров для качественной проходки, особенно при работе двумя щитами и сжатых сроках строительства.

Данные систематического отслеживания рабочих процессов во время проходки по-

зволяют выявить взаимосвязь их показателей между собой, их связь с горно-геологической обстановкой, оценить эффективность внедренных технических новшеств. Эти данные в полной мере можно использовать как при проектировании и проходке следующих тоннелей данным ТПМК, так и для углубленного анализа и обобщения для других типов ТПМК.

Современный крупнейший тоннелепроходческий комплекс фирмы «Херренкнехт» и наиболее совершенная технология его использования, примененные во второй раз в практике отечественного тоннелестроения, обеспечили как требуемые количественные (скорость более 200 м/мес), так и качественные показатели проходки.



СООРУЖЕНИЕ ЗАЩИТНОГО ЭКРАНА НА СТАНЦИИ «МАЯКОВСКАЯ»

Н. А. Сорокин, генеральный директор ООО «СМУ-8 Метростроя»

В. В. Максимов, технический директор

К. Я. Носов, заместитель главного инженера



Строительство второго выхода станции Московского метро «Маяковская» ведётся в сложных инженерно-геологических условиях, обусловленных наличием толщи песков и известняков, являющихся водообильными горизонтами грунтовых вод. Тоннель возводится в водонасыщенных грунтах закрытым способом. Грунтовый массив сверху вниз сложен следующими слоями:

- насыпной слой мощностью 2 м;
- четвертичные пески крупные и гравелистые с прослоем суглинков мощностью около 15 м;
- юрские суглинки 6 м;
- юрские глины полутвёрдые 8 м;
- верхнекаменноугольные известняки мощностью 1 м;
- верхнекаменноугольные глины мергелистые, мергели и известняки общей мощностью около 10 м;
- четвертичные пески содержат грунтовые воды, глубина залегания уровня которых 6 м. Ожидаемый водоприток составляет 30 м³/ч.

Слой известняков также являются водоносными горизонтами, содержащими напорные воды. При этом пьезометрические уровни этих вод находятся ниже горизонтальной оси станции. Юрские глины являются неблагоприятной средой для строительства в них

тоннелей. При взаимодействии с водой они быстро размокают, теряя прочность и устойчивость. При проходке в этих глинах развивается наибольшее, по сравнению с другими глинами московского геологического разреза, горное давление.

Рассматривая геологические разрезы участка строительства, которые были приняты для проектирования, обнаружили, что в кровле глин Оксфорда указано наличие прослоя водоносных супесей с фосфоритами мощностью около одного метра. Фактически он разделяет водоупорные слои. Отрицательная роль этого прослоя заключается в том, что он способствует увеличению свода обрушения и, кроме того, может являться дополнительным источником воды, расположенным близко к своду станции. В результате деформаций глин в забое и в грунтовом массиве на поверхности обычно образуются значительные муьды оседания.

В этом месте над выработкой находится семизэтажное здание, лимит по осадкам поверхности которого практически исчерпан. Основная задача проектировщиков и строителей заключается в безаварийном осуществлении того, что заложено в проекте. Разработка породы 4-го коридора должна вестись на полное сечение без применения буровзрывных

работ, т. к. рядом проходят действующие перегонные тоннели из монолитного железобетона. Целик породы по проекту составляет с каждой стороны 0,3 м, поэтому основной идеей было использовать бесосадочную технологию. Был изучен опыт сооружения ст. «Маяковская» в юрских глинах с применением замораживания. Первые три соединительных коридора второго выхода сооружались в устойчивых известняках уступом с подводкой обратного свода и оформлением проемов.

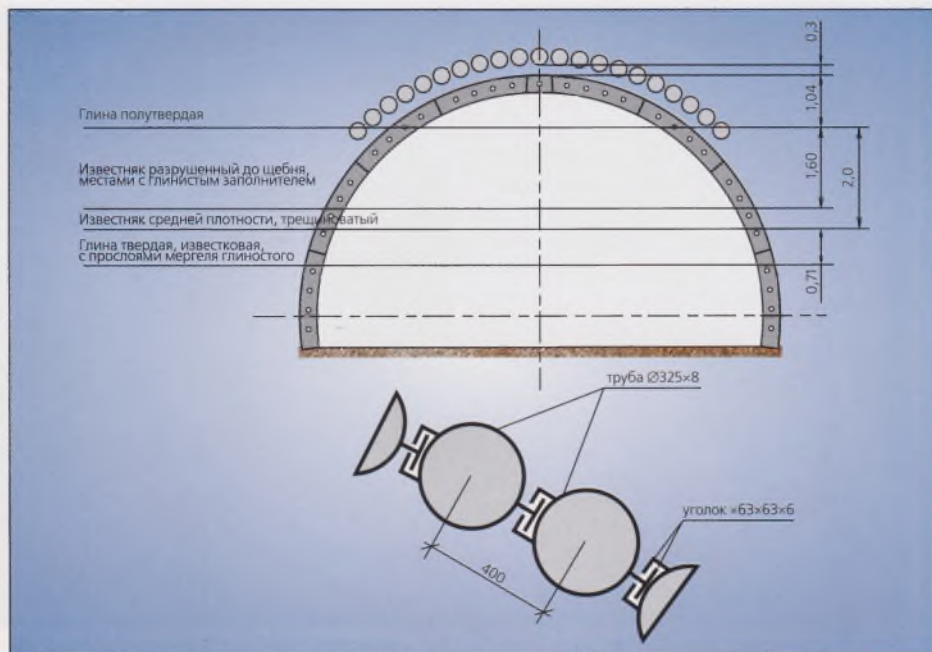
По данным инженерно-геологических изысканий 1949 г. свод тоннеля 4-го коридора располагается в юрских глинах. Поэтому в проекте было принято решение сооружать 4-й коридор под защитой сплошного экрана из 21 трубы диаметром 325 мм с замками. По расчетам НИЦ ТМ осадки в самом неблагоприятном месте на поверхности в этом случае должны составить 16 мм. Кроме того, заказчик директивно принял решение, что в малом наклонном ходе, который примыкает к 4-му коридору, будет установлен эскалатор E25T вместо E900T. Поэтому в чугунной обделке на длине будущего машинного помещения появлялись негабаритные места ниже горизонтального диаметра, что требует дополнительных работ по выемке трех тубингов в каждом кольце в непосредствен-

ной близости от действующих тоннелей. Эксперты, проводившие экспертизу раздела «Промышленная безопасность», согласились с решением применить экран из труб с опиранием их на грунтовый массив. Устройство экрана было решено выполнять из торцевой части среднего зала ст. «Маяковская».

Технология строительства тоннеля (подземной выработки) под защитой экрана из трубчатых конструкций основана на принципе опережающего крепления свода, когда до начала проходки на всю ширину будущего тоннеля по его своду создается защитная крепь (экран), под прикрытием которой осуществляется раскрытие выработки. Конструктивным назначением экрана является предупреждение и минимизация деформаций и просадок грунтового массива, расположенного над сводом выработки в период ее проходки, а также временного и постоянного крепления.

Сооружение защитного экрана на станции «Маяковская» сводилось к горизонтальному забуриванию 21 труб диаметром 325 мм, соединяемых между собой замками, вглубь породы на длину 22,5 м. В качестве опор экрана выступали кровля существующей чугунной обделки диаметром 9,5 м со стороны станции и грунтовый массив с противоположной стороны. Каждый элемент экрана соединен с соседним посредством Т- и П-образных замков, выполненных из уголка на всю длину экрана. Перепад высотных отметок осей защитного экрана составляет 1360 мм, а ширина его – 7146 мм между центрами бурения крайних осей. Исходя из конструктивных особенностей экрана и его размера, задача его сооружения потребовала незамедлительного решения нескольких технических вопросов.

Прежде всего, необходимо было выполнить комплекс подготовительных мероприятий, способствующих будущему сооружению защитного экрана. Из подходной штольни околоствольного двора шахты 76, находящейся вблизи ст. «Маяковская», прошли фурнель сечением 2200 × 2400 мм в свету высо-



Подходной коридор № 4, кольцо диаметром 9500 мм

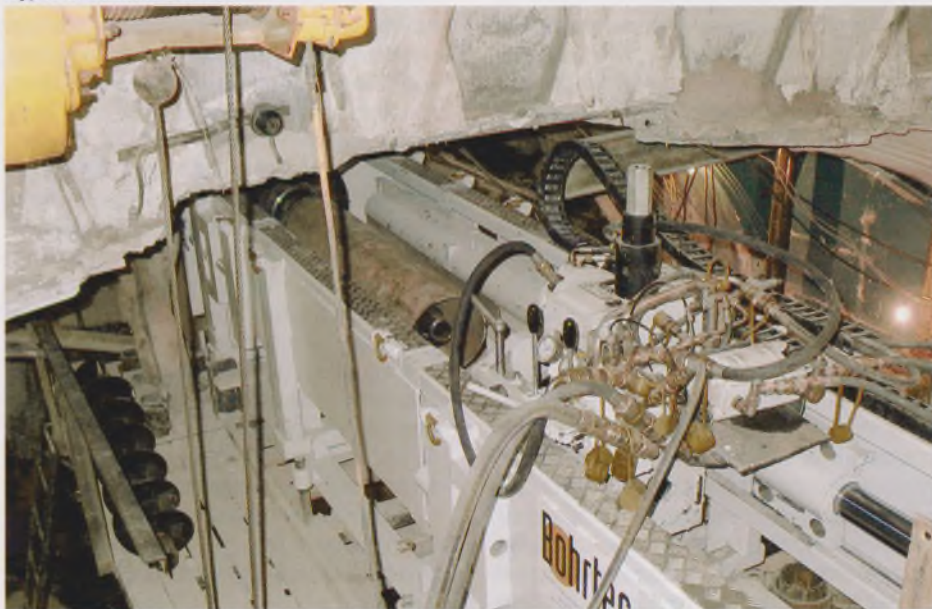
той 14 м. Далее – подходную штольню таким же сечением по направлению к торцу станции. В этой части штольни была пройдена двухметровая фурнель, которая соединила подземные выработки шахты со средним станционным тоннелем. Через сооруженные фурнели осуществлялась вентиляция рабочей камеры (высокая интенсивность ведения сварочных работ при сооружении экрана), выброс выхлопных газов с дизельного агрегата буровой машины, а фурнели служили для транспортировки выбуриваемой породы и доставки элементов защитного экрана.

Взяв за основу проект института ОАО «Метрогипротранс» инженеры ПТО ООО «СМУ-8 Метростроя», учитывая технические возможности буровой машины ВМ-400 и специфику местных условий, разработали проект производства работ. Сложность заключалась в том, что станция, с одной стороны, является памятником архитектуры, с другой – не закрывается на период строитель-

ства. Необходимо было обеспечить не только сохранность художественного оформления станции, но и безопасность пассажиров. Для направленного бурения из торца среднего зала надо было установить упорную стену для буровой машины, которая полностью удовлетворяла бы техническим показателям станка ВМ-400 и в тоже время не касалась колонн станции. Совместными усилиями инженеров ООО «СМУ-8 Метростроя» была разработана и рассчитана такая упорная конструкция.

Параллельно с этой работой руководство ООО «СМУ-8 Метростроя» обратилось в отдел микротоннелирования фирмы «HERRENKNECHT AG» (Германия) для определения оптимальной конструкции буровой машины для условий бурения на ст. «Маяковская». В результате проведения технических консультаций и совещаний было принято решение об изготовлении в Германии буровой машины ВМ-400 с дизельным двигателем. Одним из аргументов в пользу применения этой машины было то, что фирма «Bohrtec» с более чем 10-летним опытом проектирования, конструирования и эксплуатации управляемых из стартовых котлованов буровых установок для бестраншейной прокладки малого сечения является лидером в этой области. Особенность сооружения экрана заключается в том, что впервые в подземных условиях была применена буровая машина ВМ-400 с дизельным двигателем немецкой фирмы «Bohrtec». Дополнительным стимулом в пользу сотрудничества с ней было и то обстоятельство, что отдел микротоннелирования фирмы «HERRENKNECHT» предлагает квалифицированную помощь, начиная от обучения персонала до обслуживания в процессе эксплуатации. Диспетчер в головном предприятии фирмы гарантирует быструю реакцию на запросы заказчика. Вся дальнейшая работа подтвердила правильность выбора данного оборудования. При заказе бурового режущего органа руководство

Буровая машина ВМ-400



ООО «СМУ-8 Метростроя» и непосредственно фирма «HERRENKNECHT» исходили из инженерно-геологических данных института ОАО «Метротранс». По его данным бурение труб защитного экрана должно было идти по полутвердой глине. Исходя из этого, был спроектирован и изготовлен режущий орган ВМ-400.

В процессе подготовки к бурению возникла проблема быстрого демонтажа бетонного пола вентиляционного канала метрополитена и торцевой стены станции толщиной 2,2 м. После применения множества традиционных методов разбивки бетона механической службой ООО «СМУ-8 Метростроя» были приобретены установки kernового бурения «Dr. Schulze». Благодаря этому удалось значительно сократить сроки разбивки бетона. Так как разница между верхней и нижней точками бурения экрана 1360 мм, возникла задача создания гидроподъемника, выставляющего буровую машину под каждую из 21 осей. В среднем зале действующей станции перед упорной конструкцией из двутавра № 50 был помещен гидроподъемник буровой установки на рельсовых направляющих.

Очень важно было наладить производство элементов защитного экрана, включающих в себя трубу металлическую диаметром 325 × 8 мм и замковое соединение из уголка 63 × 63 × 6. Чтобы уйти от эллиптичности труб при сварке замковых соединений в цехе управления механизации Метростроя были сделаны стапелы с захватами, на которых шло изготовление элементов защитного экрана.

Хочется отметить, что принятие решения о применении в торцевой части действующей станции «Маяковская» защитного экрана руководством ООО «СМУ-8 Метростроя» проходило в несколько стадий, так как есть масса технических моментов, которые могли возникнуть в процессе буровых работ. Один из них – применение буровой машины ВМ-400 на действующей станции глубокого заложения в очень стесненных условиях. На площадке размером 8 × 12 м необходимо было расположить упорную конструкцию из двутавров № 50 со спаренными стойками и подкосами, установить гидроподъемник и поддерживающий лафет буровой машины, непосредственно саму ВМ-400. И в тоже время требовалось оставить площадку для складирования элементов защитного экрана длиной 1,5 м из труб диаметром 325 мм с замковыми соединителями. Для решения этой проблемы были смонтированы две тельферные эстакады. Причем для монтажа одной из них понадобилось в купольной части станции под одним из мозаичных панно оформить два проема и через них произвести монтаж тельферной балки.

Обычная классическая схема защитного экрана имеет П-образную форму. Учитывая глубину проведения буровых работ и опирание элементов экрана на пять тюбинговых колец диаметром 9,5 м, которые были смонтированы в 1938 г., был применен контур защитного экрана, повторяющий конфигурацию тюбинговой обделки. Однако мы столкнулись



Установка kernового бурения «Dr. Schulze»

с проблемой удержания всех осей бурения в проектных положениях и недопущения сползания осей по кольцам чугунной обделки. Решение этой проблемы усложнялось еще и тем, что, исходя из местных специфических условий станции, расстояние от приводного узла буровой машины до лба забоя, где режущий орган внедряется в породу, составляло от 9 до 6,5 м. Факт размещения ВМ-400 в отдалении от забоя и конфигурация самого экрана создавали массу неудобств, которые необходимо было решать в первую очередь, т. к. в самом процессе микротоннелирования есть некоторые аксиомы, которые обходить, а тем более нарушать, нельзя. Учитывая все эти неудобства, надо было держать буровую установку и трубный став на одной оси бурения и с одинаковым уклоном. Уже в процессе бурения мы с самых первых дней поняли отличие микротоннелирования в подземных стесненных условиях от обычного бурения. Несмотря на то, что габариты буровых установок позволяют применять секции труб экрана длиной 3 м, мы столкнулись с тем, что стесненные условия производства работ не позволяют использовать секции экрана длиной выше 1,5 м. И даже для 1,5-метровых секций пришлось подработать бетонный потолок среднего зала станции в тех местах, где труба диаметром 325 мм заводится в промежуточную раму ВМ-400. Подземная специфика микротоннелирования не позволила нам в полной мере использовать тельфер для монтажа секции экрана в промежуточной раме буровых установок. Производство работ осложнялось еще и тем, что само микротоннелирование велось по схеме «тупиковое бурение без приемной шахты».

Бурение осуществляется заходками по 1,5 м. После чего устанавливается следующая секция трубы и выполняется сварка стыков. Вдавливание труб производится по направляющим конструкциям замкового соединения.

Работы по устройству защитного экрана из трубчатых металлоконструкций диаметром 325 мм с замковым соединением с при-

менением буровых установок ВМ-400 ведутся бригадой из четырех звеньев. В состав звена входят:

- машинист буровых установок (оператор) VI разряда – 1 человек;
 - помощник машиниста V разряда – 1 человек;
 - проходчик V разряда – 4 человека;
 - электросварщик V разряда – 1 человек.
- Машинист буровых установок (оператор) выполняет следующие работы:
- управляет агрегатами комплекса: буровым механизмом, домкратной станцией, лазерным устройством;
 - обеспечивает работу этих агрегатов в соответствующем режиме;
 - осуществляет наведение лазерного луча на мишень;
 - контролирует положение лазерной точки и соответственно корректирует положение бурового механизма и труб, регулирует скорость бурения;
 - производит осмотр, техническое обслуживание, мелкий ремонт узлов и деталей в соответствии с инструкцией.

Помощник машиниста оказывает помощь машинисту во время проходки, при техническом обслуживании и мелком ремонте бурового механизма, проводит очистку и промывку агрегатов, следит за состоянием шлангов трубопроводов и кабелей, при необходимости помогает проходчикам.

Звено проходчиков выполняет следующие виды работ:

- монтаж и демонтаж упорной конструкции, буровой рамы, консоли для установки теодолита;
- устройство рельсового пути под гидроподъемник и направляющий лафет передней части буровой рамы;
- производит передвижку рамы гидроподъемника, ее монтаж и демонтаж;
- установку буровой машины на направляющую мишень;
- рихтовку секций труб перед сваркой стыков труб;

- монтаж, демонтаж ВМ-400, разгрузку и складирование элементов трубчатых металлоконструкций;

- отгрузку через фурнели к стволу шахты № 76 выдаваемого грунта.

Вся работа по сооружению экрана ведется в непрерывном режиме по скользящему графику, так как простой в процессе продавливания секций труб в горный массив на глубоким заложении приводит к обжатию труб глиной, что в данном случае недопустимо. Весь период направленного бурения на действующей станции занимает 3,5 месяца.

Поворотом режущей головки производится корректировка направления проходки. При бурении осуществляется транспорт грунта, при котором шнековый транспортер передает вращательный момент от приводного узла на режущий орган и транспортирует разработанный в забое грунт. Полые шнеки обеспечивают оптический коридор для измерительной системы. Трубы экрана продавливаются вслед рабочему органу бурово-шнековой установки ВМ-400 при помощи домкратов, установленных на опорной (направляющей) станции. Шнеки разрабатывают скважины по заданному лазером направлению. Данный способ бурения обеспечивает соответствие осей сооружаемых скважин проектным положениям осей труб экрана на время его устройства. С помощью измерительной техники с пульта управления проходкой ведется постоянный контроль положения шнека в процессе бурения.

При бурении скважины от шахты до шахты стальные защитные трубы продавливаются вслед за шнековым транспортером и по достижению им приемной шахты там демонтируются. Рабочие трубы могут быть затянуты одновременно с удалением и демонтажем стальных защитных труб. В нашем конкретном случае мы были лишены классической схемы и полагались на измерительную технику бурово-шнековой установки, проходку управляющим шнеком и умение оператора ВМ-400 вести режущий орган по монитору.

Измерительная техника состоит из диодной мишени в пилотной головке, теодолита со специальной камерой и монитора. Благодаря теодолиту существует возможность постоянного наблюдения за мишенью. При возникновении на мониторе отклонения от данного проектного направления, можно при помощи управляющей пилотной головки (основывающейся на принципе усеченного конуса) осуществлять коррекцию движения. Альтернативой управлению при помощи пилотных труб является применение управляющего шнека. Управляющий шнек, как и пилотная головка, снабжен усеченным конусом, в котором расположена мишень. Через центр полого пространства шнека весь процесс проходки контролируется при помощи ПЗС камеры и монитора. После появления на мониторе значения уклона и направления бурово-шнековой установки ВМ-400 она выставляется при помощи камеры точно по направлению ведения буровых работ.

При помощи стальных штатных труб, полых буровых шнеков и управляющего шнека



Буровая машина ВМ-400 и упорная стенка

выполняется управляемое бурение с выдачей грунта в стартовую шахту (роль стартовой шахты выполняет центральный зал станции).

Как было сказано выше, управляемое бурение данного объекта ведется по схеме «тупиковое бурение без приемной шахты». Оператор ВМ-400 ведет проектную ось бурения по монитору на длину 22,5 м. Убедившись в правильности решения задачи, производится демонтаж бурильных шнеков, управляющего шнека с усеченным конусом через стартовую шахту.

Успешное выполнение этой работы во многом зависело от квалификации сервисного инженера фирмы «HERRENKNECHT» Клауса Розенберга.

На стадии проектирования не было точных исходных данных по этому объекту. При монтаже опорных стоек упорной конструкции в процессе устройства анкеров, связывающих стойки с полом станции, выяснилось, что они установлены не в фундаменте, который был указан в исходных данных, а в покое пространство под платформой. Получалось, что еще одна проблема процесса микротоннелирования требовала срочного инженерного решения. На техническом совете было принято решение оформить дополнительные три проема в купольной части станции и установить из толстостенной трубы 159-мм спаренные стойки, упирающиеся во внешнюю чутунную обделку и удерживающие горизонтальные пакеты упорной конструкции от смещения.

Как говорилось выше, бурение труб защитного экрана, исходя из геологических данных, должно было идти по полутвердой глине. Но на практике реальные геологические условия не соответствовали проекту. Сама полутвердая глина в процессе бурения больше напоминала твердую породу, чем глину.

При взаимодействии с водой юрские полутвердые глины быстро размокают, теряя прочность и устойчивость. Этой особенностью решили воспользоваться при бурении экрана. В головную пилотную трубу по внеш-

ней стороне провели металлическую трубку, по которой в процессе бурения и продавливания секций труб экрана подавалась вода. Использование ее при бурении на одну треть снизило давление машины на упорную конструкцию. Режущий инструмент в процессе бурения не один раз претерпевал видоизменение. В одной трети осей бурения попадались вкрапления известняка, содержащие кварцит, что не раз приводило к потере зубцов режущего органа, а иногда и к его потере. Приходилось изменять схему расположения зубьев на режущем инструменте, чтобы добиться нужного эффекта при бурении экрана до проектной отметки.

После сооружения защитного экрана необходимо было заполнить трубы цементно-песчаным раствором М200. Для этого в торцевой части среднего зала станции смонтировали стационарные леса на всю ширину экрана. С этих лесов стальными заглушками были заварены торцы труб. В каждой из заглушек вырезали отверстия под трубу диаметром 57 мм. В каждую ось экрана устанавливались трубы длиной по 3 м, соединенные между собой муфтами, на проектную отметку 22,5 м. К трубам подсоединялся шланг растворонагнетателя. Бетонирование труб осуществлялось растворонагнетателем СО-126, размещенным в подходной выработке от ствола шахты № 76 к фурнели коридора № 4. По мере заполнения трубы экрана раствором производилось постепенное извлечение труб диаметром 57 мм растворопровода и отсоединение последней секции. Нагнетание велось до полного заполнения трубы раствором. Окончательное заполнение пустот в трубах экрана осуществлялось посредством контрольного нагнетания с рабочим давлением до 4 атм.

Сооружение защитного экрана из труб на станции глубокого заложения со сложными горно-геологическими условиями с большим плечом трубы от ВМ-400 до забоя еще раз подтвердило универсальность бурово-шнековой установки.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ РАБОТ ПРИ СООРУЖЕНИИ ТРАНСПОРТНО-ДРЕНАЖНОЙ ШТОЛЬНИ НА СЕВЕРОМУЙСКОМ Ж/Д ТОННЕЛЕ

А. И. Салан, К. П. Безродный, д. т. н.
А. Г. Мацегора, к. т. н., ОАО «Ленметрогипротранс»

Краткая характеристика условий строительства

Предбайкальская часть трассы Байкало-Амурской железнодорожной магистрали проходит в следующих геологических условиях: западная окраина Байкальского хребта состоит из кембрийских и верхнепротерозойских сланцев и песчаников, порфириров и интрузивных гранитоидов. В пределах Байкальского хребта и Тыйской предгорной ступени трасса пересекает сложные структуры, сформировавшиеся в основном в протерозое и претерпевшие сложный тектогенез (смещение блоков), в ходе которых произошли крупнейшие разломы.

В Забайкальской части трассы, где располагаются Северомуйский тоннель, тоннели трассы обхода, а также Кодарский тоннель, развиты два основных комплекса: коренные метаморфические и изверженные породы, представленные гранитами и гранитоидами, реже гранитоидоритами. Коренные породы покрывают породы плейстоцена и голоцена, представленные галечниками, песками, супесями, реже суглинками и глинами с растительными остатками. Образовавшиеся в результате тектогенеза многочисленные разломы заполнены этими структурами, которые обводнены и превращены геотектоническими и гидротермальными процессами физического и химического выветривания в дресвяно-песчано-глинистую массу. Цементирующим материалом является тектоническая мука, до которой были перетёрты граниты в результате тектонических напряжений и смещений блоков. Песчано-дресвяный материал и присутствие глинистой фракции в условиях обводнения способствуют образованию грунта плавунного типа. Наличие в теле разлома интервалов дресвяно-щелевой размерности с незначительным количеством глинистой фракции создаёт каналы, обладающие высокой водопроницаемостью. При проходке выработок в таких каналах возникали водотоки, обладающие высокими скоростями и большой разрушающей способностью с расходом до 5800 м³/ч, а при прорывах подземных вод притоки воды из забоя, например штольни (РТДШ), достигали значений нескольких тысяч м³/ч, а объём вынесенного рыхлого материала – 3–5 тыс. м³. Первоначальный напор подземных вод до-

стигал значения 5,0 МПа. В этих условиях без применения специальных способов ведения горно-строительных работ оказалось просто невозможным.

В процессе сооружения Северомуйского железнодорожного тоннеля применялся целый ряд специальных способов работ при преодолении тектонически нарушенных зон: защитные экраны из труб, инъекционное закрепление грунтов, водопонижение с поверхности и дренаж из подземных выработок, взрывоинъекционное закрепление грунтов, а также комплексное использование этих способов.

Один из наиболее эффективных и широко применяемых комплексных спецспособов при проходке выработок на Северомуйском тоннеле – инъекционное закрепление грунтов с дренажом подземных вод, на котором остановимся подробнее.

На первом этапе выполнялось инъекционное закрепление грунтов, а на втором – снижение напора подземных вод для уменьшения воздействия их на закреплённый грунт при проходке.

Необходимость снижения напоров подземных вод в локальных областях диктовалась не только требованиями к спецработам по сокращению затрат на их выполнение, но и требованиями фирмы «WIRTH» (Германия) по снижению напора подземных вод до 1,0 МПа, т. к. горнопроходческие комплексы этой фирмы, работавшие при сооружении разведочной транспортно-дренажной штольни (РТДШ) на Северомуйском тоннеле, могли выполнять свои задачи по механизированной проходке с условием, что напор подземных вод не превышает данного значения.

В общем виде схема локального дренажа представлена на рис. 1 (она может быть не обязательно замкнутой). При включении в работу дренажных скважин внутри контура 2 напор подземных вод P₁ снижается до некоторого значения P₂. Величину снижения можно регулировать количеством дренажных скважин. Для расчётов локального дренажа используется коэффициент фильтрации K_ф.

В качестве примера ниже приводится опыт снижения гидростатического давления подземных вод с помощью локальной дренажной системы в РТДШ, сооружённой на пикете 17+80.

Преодоление разлома в РТДШ на ПК 17+80 в 4-й тектонической зоне

При проведении проходческих работ на ПК 17+80 (запад) инъекционным способом был закреплён массив неустойчивого грунта по схеме, приведенной на рис. 2.

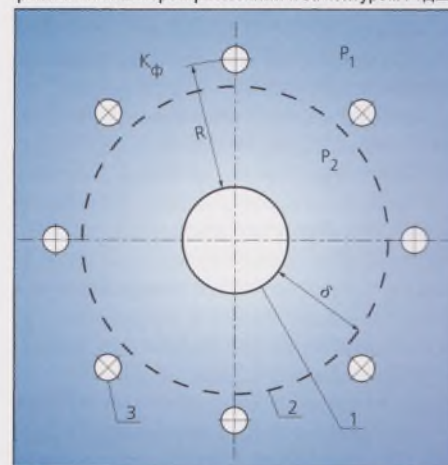
Разломная зона протяжённостью 22 м представлена дезинтегрированными грунтами крепостью от $f = 0,3–2,0$ до $f = 2–6$ по шкале проф. М.М.Протождяконова. Для закрепления грунтов пробурено семь рядов инъекционных скважин: А, В, С, D, E, F, G – всего 50 общей протяжённостью 1572 м. Нагнетание инъекционных растворов выполнялось по зажимной схеме наступающими заходками при давлении до 17 МПа и скорости нагнетания до 40 л/мин. Всего было израсходовано 768 м³ растворов, из которых 67 м³ силикатные, остальные – на основе цемента. Инъекционное закрепление грунтов проводилось по двухстадийной схеме: 1-я – цементация, 2-я – силикатизация. По окончании инъекций выполнены гидравлические испытания для определения удельного водопоглощения, которое составило 0,16–0,83 лужон (на разных скважинах).

Затем была сооружена система локального дренажа рис. 3, которая обеспечила эффективное снижение гидростатического давления на контур закрепления горных пород.

Первоначальное гидростатическое давление в закреплённом массиве составляло 2,0 МПа

Рис. 1. Схема локального дренажа:

1 – контур РТДШ; 2 – контур зоны инъекционного закрепления грунтов; 3 – дренажные скважины, пробуренные на некотором расстоянии R за контуром РТДШ



и было измерено при проведении гидроиспытаний до инъекционного закрепления грунтов.

После бурения и оборудования дренажных скважин Д-1 и Д-7, из которых получено 1,9 м³/ч воды, была пробурена и снабжена манометрическим узлом скважина К-1. При последовательном включении в работу дренажных скважин Д-2 и Д-3 давление соответственно снизилось до 0,22 и до 0,06 МПа. При этом суммарный водоприток достиг максимума – 12,5 м³/ч.

Изменения водопритока из каждой скважины в процессе её оборудования и работы имели общие закономерности. Так, при бурении скважины после вскрытия водоносной зоны водоприток быстро увеличивался и достигал максимума. В процессе оборудования скважин, когда водоносная зона перекрывалась трубами TR105, он снижался. При установке фильтровой колонны ПНД диаметром 63 м водоприток восстанавливался до максимума и потом, в результате осыпания стенок скважины и формирования прискважинной фильтровой зоны, происходило некоторое его снижение и стабилизация. В дальнейшем, в течение всего периода наблюдений по скважинам, происходили ступенчатые изменения водопритока, связанные с перераспределением воды при бурении и оборудовании новых дренажных скважин. Нарастание суммарного водопритока в процессе формирования системы локального дренажа и снижение давления в контрольной скважине имеет чётко выраженный ступенчатый характер. Давление в контрольной скважине снизилось до 0 при расходе около 5 м³/ч.

После включения в работу скважины Д-3 суммарный водоприток достиг максимума и впоследствии начал снижаться. Введение в строй скважин Д-4 и Д-5 позволило лишь несколько замедлить темпы падения водопритока. В течение месяца он уменьшился более чем в 5 раз. В целом снижение водопритока в дренажную систему происходило по экспоненциальному закону или близкому к нему. Процессы колюматации фильтров и уменьшения сечения скважин могли способствовать спаду дебита, но они, несомненно, играли подчинённую роль. В начальный период наблюдений по скважинам, когда их дебиты были максимальны и вынос песчаного материала в них мог быть наиболее интенсивен, уменьшения дебитов в связи с этим не наблюдалось.

После снижения напора подземных вод до минимума забой РТДШ был отдан под проходку, которая успешно была завершена.

Из вышесказанного следует, что локальный дренаж в условиях 4-й тектонической зоны Северомуйского железнодорожного тоннеля эффективно улучшает условия проходки закрепленных участков неустойчивых грунтов при значительных гидростатических давлениях.

Процессы, вызываемые локальным дренажем и приводящие к снижению гидростатического давления на контур закрепления, нестационарны как в пространстве, так и во времени. Характер их пространственно-временных изменений всегда следует изучать с целью обеспечения безопасности проходческих работ под защитой локального дренажа.

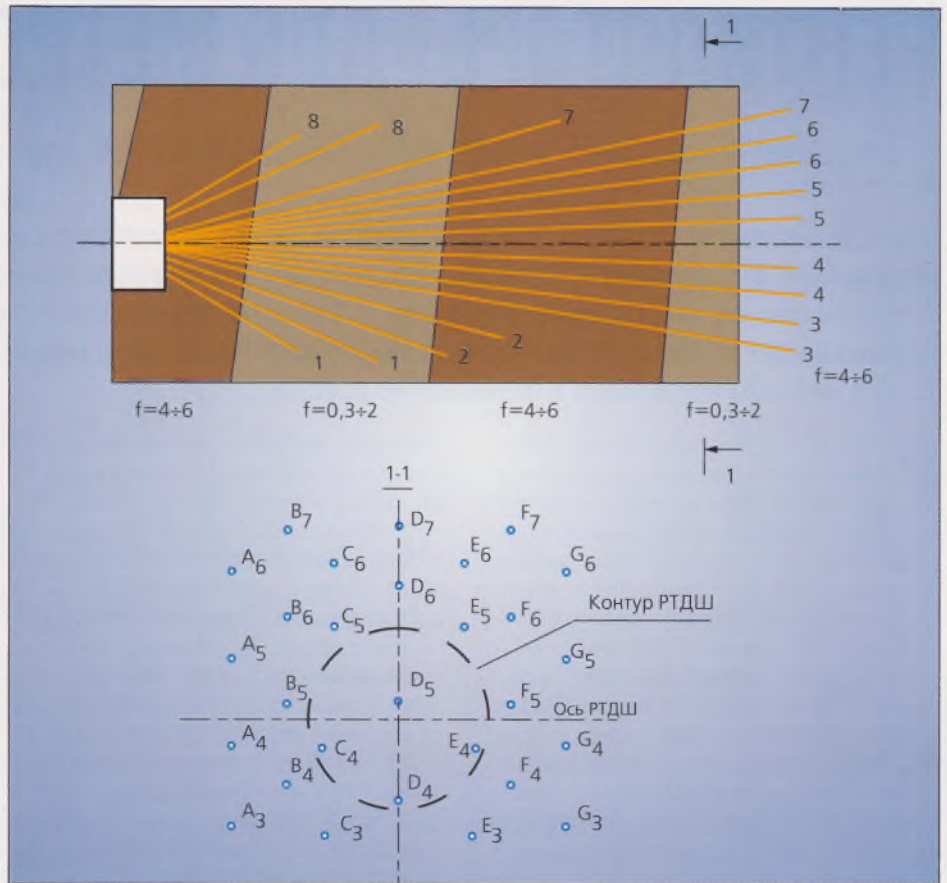


Рис. 2. Схема закрепления массива неустойчивого грунта

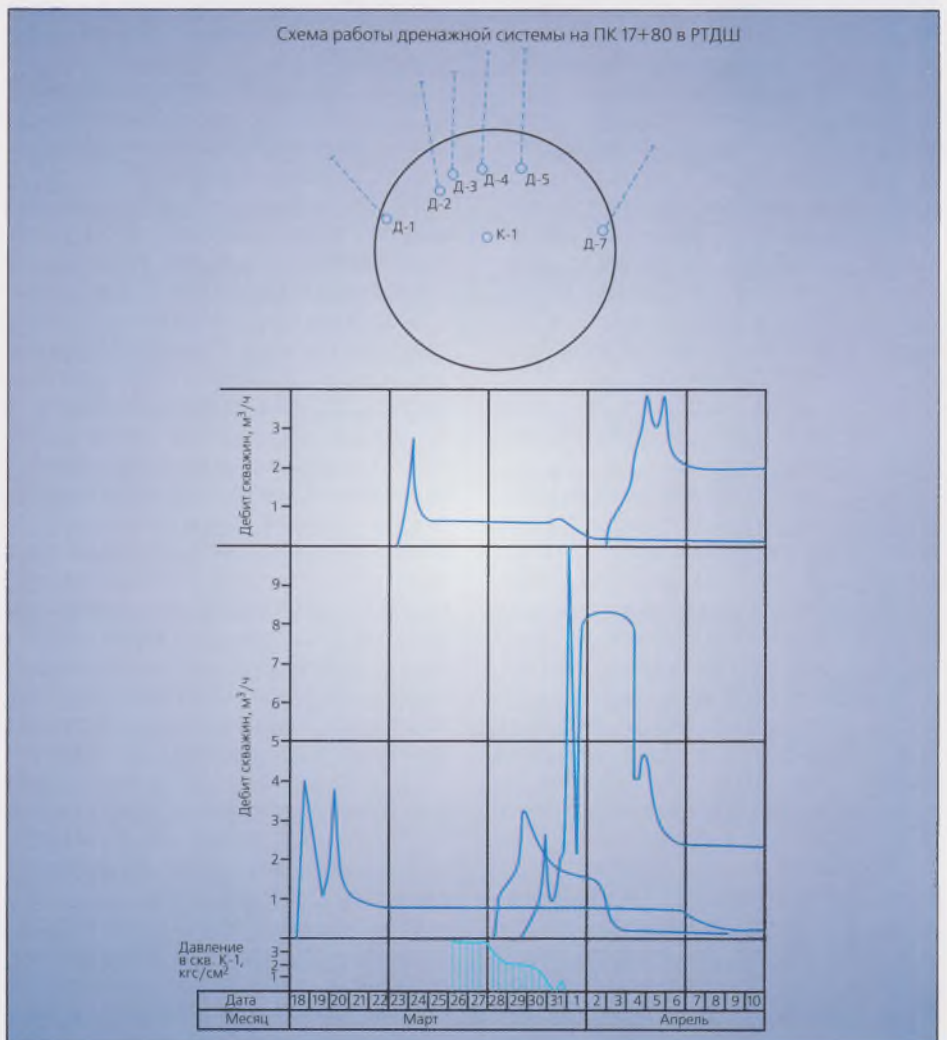


Рис. 3. Система локального дренажа

ВЕНТИЛЯТОРЫ ДЛЯ МЕТРО

О. В. Горшков, исполнительный директор ООО «Артемовский машиностроительный завод» «ВЕНТПРОМ»
В. И. Кутаев, главный конструктор

Вопрос безопасности пассажирских перевозок на метрополитенах в настоящее время становится особенно актуальным. Его актуальность возрастает в связи с увеличением объёмов пассажирских перевозок, а также с участвовавшими аварийными ситуациями. В создании безопасности на метрополитенах одной из основных составляющих является обеспечение главного проветривания станций и тоннелей за счёт создания эффективной системы вентиляции и надёжной её работы.

Работа вентиляционной системы, её режимы, обеспечение регулирования воздухообмена, реверсирование во многом зависят от надёжной работы вентиляторов, применяемых для главного проветривания тоннелей и станций метрополитенов. Вентиляторные установки главного проветривания метрополитенов являются важнейшим объектом жизнеобеспечения подземных сооружений. Они обеспечивают безаварийность работы вентсистемы, микроклимат и комфортные условия для перевозки пассажиров.

В настоящее время в России имеется единственное предприятие по производству вентиляторов главного проветривания для метрополитенов – Артёмовский машиностроительный завод «ВЕНТПРОМ», специализирующийся на производстве вентиляторов более 50-ти лет. Только за последние 30 лет выпущено более тысячи вентиляторов главного проветривания метрополитенов. Вентиляторами производства Артёмовского машиностроительного завода проветриваются метрополитены на всей территории СНГ, а также метрополитены Варшавы и Софии.

В настоящее время заводом выпускается типоразмерный ряд, состоящий из четырех типов вентиляторов: ВОМ16М, ВОМ18, ВОМ24, ВОМД24А. Вентиляторы типа ВОМ имеют одно рабочее колесо и выполнены по схеме К+СА. Вентилятор типа ВОМД двухступенчатый, выполнен по схеме К+СА+К+НА. Технические параметры вентиляторов указаны в табл.

Каждый типоразмер вентиляторов имеет несколько исполнений. Исполнения вентиляторов одного типоразмера могут отличаться конструкцией отдельных сборочных единиц, их наличием или отсутствием, учитывают возможность транспортирования по транспортным тоннелям, а также способ монтажа.

Вентиляторы могут иметь поворотные или жёстко установленные лопасти направляющих и спрямляющих аппаратов. Снабжаться шибберующими устройствами с индивидуальным приводом или диффузорами. Вентилятор ВОМ18 может быть выполнен с механизмом одновременного поворота лопаток рабочего колеса. Вентиляторы ВОМ24 и ВОМД24А имеют два вида привода (клиноременную и прямую через упругую или зубчатую муфту), при этом в качестве привода могут использоваться электродвигатели разной мощности от 45 до 132 кВт. Монтаж вентиляторов любого типоразмера может осуществляться на общей

раме или с отдельно стоящим приводом. Все вентиляторы выполняются в реверсивном исполнении, с обеспечением производительности до 80 % от прямой работы. В зависимости от этого каждое исполнение имеет свои габаритные размеры, массу и требует различных зон обслуживания. Возможна поставка вентиляторов в других, не указанных, вариантах компоновок по требованию заказчика.

Для замены отработавших свой срок эксплуатации вентиляторов типа ЦАГИ 2.0 и ЦАГИ 2.4 по исходным требованиям Московского и Санкт-Петербургского метрополитенов в настоящее время конструкторами завода разработана конструкция вентиляторов ВОМ18Р и ВОМ20.

Вентилятор ВОМ18Р является разновидностью ВОМ18, отличающийся тем, что имеет разборную конструкцию для удобства транспортирования к месту монтажа. Габариты отдельных транспортных единиц обеспечивают возможность их перемещения через отверстия размерами 690×1600 мм. Массы отдельных узлов не превышают 1000 кг.

Для обеспечения требуемых параметров возможна комплектация вентиляторов электродвигателем с частотой вращения до 750 об/мин и мощностью до 75 кВт.

Проработан вопрос восстановления работоспособности вентиляторов ЦАГИ 20, находящихся в эксплуатации на метрополитенах. Учитывая то, что в эксплуатации только на Московском метрополитене находится более 60 таких вентиляторов, не представляется возможным замена сразу всех вентиляторов. Состояние же этих вентиляторов, особенно их роторной части, не обеспечивает надёжной эксплуатации. Учитывая это, была разработана конструкторская документация нового ротора, полностью взаимозаменяемого с существующим, для возможной замены без изменения корпусных элементов вентилятора. Для обеспечения современных требований эксплуатации для вентиляторов ЦАГИ 20 разработано шибберующее устройство. В настоящее время Артёмовским машиностроительным заводом для Московского метрополитена изготовлено два комплекта данного оборудования.

Вентиляторная установка главного проветривания – это крупное стационарное сооружение. В состав установки входит собственно вентилятор, электропривод, аппаратура управления и автоматизации, контрольно-измерительная аппаратура. По требова-

нию заказчика ООО «АМЗ» «ВЕНТПРОМ» осуществляет комплексную поставку вентиляторной установки.

Системы управления вентиляторами главного проветривания (далее САУ) разработаны и поставляются ОАО «Завод Промавтоматика».

Конфигурация системы зависит от требований заказчика и может быть выполнена в следующих вариантах:

- система с прямым пуском главного электродвигателя (САУ ВП);
- автономная система со стартером плавного пуска (САУ ВМ ПП-5);
- автономная система с преобразователем частоты (САУ ВМ ПЧ-5);
- двоясная система со стартером плавного пуска (САУ ВМ ПП-2);
- двоясная система с преобразователем частоты (САУ ВМ ПЧ-2).

Системы автоматического управления обеспечивают задачи управления вентиляторами со всеми необходимыми функциями и обеспечивают технологию запуска, остановки, реверсирования, а так же перехода с рабочего вентилятора на резервный и наоборот, контроль состояния основных узлов, блокировки в аварийных ситуациях, осуществляют связь с диспетчером. Аппаратура обеспечивает ручное, автоматическое и дистанционное управление вентиляторов, вывод информации на ПЭВМ и в сеть, оперативное изменение параметров и установок, а также запись и хранение информации о результатах работы за год. Система автоматизированного управления с плавным пуском вентилятора ВОМД24А в настоящее время изготовлена и эксплуатируется на Екатеринбургском метрополитене. Система автоматизированного управления вентилятором ВОМ18 прошла испытание на Артёмовском машиностроительном заводе. В июне 2005 г. вентилятор ВОМ18 в комплекте с САУ поставлен на Бакинский метрополитен. По заказу потребителя могут быть обеспечены дополнительные функции управления, обработки и хранения информации.

Система разработана на основе блочного принципа и состоит в общем случае из следующих составных конструктивно законченных частей:

- панель управления (ПУ);
- панель силовая с контакторной аппаратурой (ПС);
- стартера плавного пуска (СПП) или преобразователи частоты (ПЧ);

Технические параметры вентиляторов главного проветривания метрополитенов

Наименование параметра	ВОМ 16М	ВОМ 18		ВОМ 24		ВОМД 24		ВОМ 20 (ожидаемая)
		с диффузором	без диффузора	n= 460 мин ⁻¹	n=485 мин ⁻¹	n =320 мин ⁻¹	n =500 мин ⁻¹	
Номинальный диаметр, мм	1600	1800	2400	2400	2000			
Номинальная подача, м ³ /с	32	42	66	70	52	75	70	
Подача в пределах рабочей зоны, м ³ /с: максимальная, не менее минимальная, не более	50	65	69,5	100	110	90	110	100
	25	12,5	15,5	25	25	22	25	25
Номинальное полное давление, Па	650	510	520	730	800	620	1350	520
Полное давление в пределах рабочей зоны, Па: максимальное, не менее минимальное, не более	900	700	700	800	900	800	1700	800
	250	55	30	200	200	100	160	200
Максимальный КПД	0,80	0,78	0,84	0,83	0,83	0,77	0,77	
Установленная мощность электропривода, кВт	45	55	55	55,75,90	55,75,90	45,55,75		132

• блок управления контроллером (БУК).
Отличие двоякой системы от автономной заключается в том, что для управления вентиляторной установкой, состоящей из двух вентиляторов, два самых дорогих изделия – стартер плавного пуска или преобразователь частоты и микроконтроллер являются общими для двух вентиляторов. Это позволяет значительно снизить стоимость систем управления при сохранении функциональности и надёжности.

Все вентиляторы комплектуются индикаторами состояния подшипниковых узлов роторов. Прибор «ПИК-VT» осуществляет непрерывный контроль по четырём независимым каналам за состоянием температуры (два канала) и виброскорости (два канала) подшипниковых узлов, с выдачей световой сигнализации и сигналов блокировки. Приборы позволяют производить ввод трёх контрольных уставок по каналам вибрации и температуры и выдачу световых сигналов при превышении параметрами их значений. В качестве индикации приборов используют светодиоды, обеспечивающие отсчёт цветовых (зелёный, жёлтый, красный) градаций состояний входных параметров.

Канал виброскорости имеет следующие контрольные уставки:

- предупредительная – 63 %;
- аварийная – 90 %;
- блокировки – 100 % допустимой величины СКС.

Канал температуры имеет следующие контрольные уставки:

- предупредительная – 75 %;
- аварийная – 90 %;
- блокировки – 100 % допустимой температуры.

При достижении значения параметров соответствующих уставкам блокировки при-

бор обеспечивает выдачу сигналов в виде полной группы контактов реле, предназначенных для коммутации сигнальных цепей.

По отдельному заказу вентиляторы, поставляемые ОАО «АМЗ» «ВЕНТПРОМ», могут комплектоваться приборами для замера параметров работы (производительность и давление). Комплект приборов для замера производительности и давления включает в себя преобразователи типа Метран 100, блоков питания, блоков извлечения корня, самопишущих приборы для постоянной регистрации параметров. Параметры комплекта зависят от типа вентилятора.

Специалисты завода большое внимание уделяют повышению качества и эксплуатационной надёжности производимых вентиляторов.

Начиная с 2001 г. вентиляторы ВОМД 24А и ВОМ 24 комплектуются подшипниками фирмы SKF. Для условий применения указанных подшипников была доработана конструкция подшипниковых узлов с установкой подшипников на стяжных втулках. Компонировка подшипникового узла выполнена таким образом, что система втулок запирает узел крепления подшипника и устраняет возможность самопроизвольного уменьшения натяга. С введением новой конструкции подшипникового узла претензии эксплуатационников на низкую надёжность прекратились.

В 2004 г. заводом, совместно с ООО СКБ «Мысль» (Екатеринбург), проведены опытно-конструкторские работы по замене магниевых лопаток лопатками из композиционных материалов. Лопатки изготавливаются по уникальной технологии, предусматривающей ручное формирование из композиционного материала на основе эпоксивинилэфирных смол NORPOL DION фирм REICHOLD и стеклонеполнителя. Материал полностью удовлетворяет требованиям к лопаткам в части обеспечения механической прочности, огнестойкости.

В настоящее время проводятся работы по изготовлению технологической оснастки для лопаток вентилятора ВОМД 24А (ВОМ24), отрабатывается технология производства. При получении положительных результатов испытаний лопатки будут внедряться на серийные вентиляторы. В результате внедрения лопаток из композиционных материалов вес лопатки снизился как минимум в 1,5 раза. Следовательно, снижается нагрузка на ротор и элементы металлоконструкции, что является предпосылкой для повышения надёжности вентиляторов.

В 2005 г. планируется модернизация стенда для проведения приёмосдаточных испытаний и обкатки вентиляторов. Стенд предусматривает обкатку вентиляторов с собственным электроприводом, при этом условия обкатки максимально приближаются к эксплуатационным. Это позволит провести на стенде весь спектр доводочных работ, тем самым снизив предельную трудоёмкость. Стенд будет укомплектован контрольно-измерительными приборами, регистрирующими состояние как электропривода, так и отдельных узлов вентилятора.

В сентябре на Артемовском машиностроительном заводе планируется проведение приёмочных испытаний опытных образцов вентиляторов ВОМ 20, разработанных для замены отработавших свой срок вентиляторов типа ЦАГИ, а также для нового строительства. На испытания будут приглашены специалисты всех метрополитенов СНГ.

Специалисты Артёмовского машиностроительного завода видят свои первоочередные задачи в следующем:

- дальнейшее совершенствование конструкций и технологий изготовления вентиляторов для метрополитенов;
- повышение эксплуатационной надёжности;
- создание конкурентоспособной продукции;
- расширение номенклатуры выпускаемой продукции.



НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ОБДЕЛОК И ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ТОННЕЛЕЙ

А. Ф. Федотов, генеральный директор НПО «НовТехСтрой»

И. П. Сторожук, зам. генерального директора НПО «НовТехСтрой», доктор хим. наук

При строительстве транспортных тоннелей большое значение имеет разработка рациональных способов возведения обделок с использованием отечественной техники и материалов, освоение новых конструкций, внедрение высокопроизводительных машин и механизированного оборудования. Трудоемким видом работ в тоннелестроении являются технологические операции по устройству временной крепи, поэтому и в этом случае для повышения эффективности строительства подземных сооружений в первую очередь необходимо внедрять в производство новые рациональные виды крепи и совершенствовать технологию их возведения.

Как показывает отечественный и зарубежный опыт подземного строительства, перспективным видом крепи является набрызг-бетон. Только в нашей стране протяженность горных выработок, закрепленных набрызг-бетоном на объектах транспортного, гидротехнического строительства, горнорудной и угольной промышленности, составляет десятки километров в год.

В настоящее время набрызг-бетон используют не только в качестве временной крепи подземных сооружений. Имеются примеры постоянной набрызг-бетонной обделки. Развитие конструкций и технологий возведения тоннельных обделок является важным и актуальным в связи с проблемой оптимизации затрат средств и ресурсов на их создание.

НПО «НовТехСтрой» разработало и выпускает готовые сухие строительные смеси с-

при ТФ-2 для производства набрызг-бетонных работ как по «сухому» (марка НБС), так и по «мокрому» (марка НБМ) способу. Для «мокрого» способа работ дополнительно разработан ускоритель схватывания, обеспечивающий сроки начала схватывания от одной минуты. Бетоны, получаемые на основе вышелечисленных сухих смесей, отвечают всем требованиям ВСН 126—90 по срокам схватывания и набору прочности.

Сухие строительные смеси из серии ТФ-2 (марки РС-1, РС-3, РС-4, РС-1-НП, РС-1-БТ и ЧШ) позволяют получать бетоны, отличающиеся от аналогов большей скоростью схватывания, безусадочностью, высокими показателями прочности и морозостойкости, устойчивости к агрессивным средам.

Сухие смеси нам не просто нужны, они нам необходимы. Их применение в строительном производстве – это шаг к гарантии качества строительства. Посудите сами, о каком гарантированном качестве можно говорить, если на строительной площадке для производства растворов смесей используют песок «какой завезли, такой и используем» (говорить при этом о регламентированном содержании пылевидных и глинистых частиц, органических и других вредных примесей в этом самом песке уже не приходится), цемент – опять-таки «какой купили и завезли» («какой дешевле»), а в качестве дозатора используют лопату? Кроме того, сухая смесь – вещь специализированная, то есть каждая из сухих смесей предназначена для

производства определенного вида работ, и справляется она с этой операцией значительно лучше, чем обычная растворная смесь состава «песок + цемент + вода». Для этого в сухую смесь вводят специальные добавки, целенаправленно улучшающие определенные технологические или эксплуатационные свойства продукта. Так что применение сухих смесей – это своего рода переход от «кустарного» производства хоть к какой-то современной технологии и хоть к какой-то гарантии качества. И без готовых сухих строительных смесей уже не обойтись.

Другой важной задачей, которую приходится решать при строительстве и эксплуатации подземных сооружений и гидротехнических объектов, является устройство надежной и долговечной гидроизоляции объекта. Для возведения подземных и гидротехнических сооружений весьма актуально использование специального водонепроницаемого бетона, способного сопротивляться проникновению воды, в том числе и под давлением. Сухие безусадочные смеси серии ТФ-2, разработанные НПО «НовТехСтрой» и изготавливаемые из качественного цемента, фракционированного песка, специальных химических добавок и равномерно распределенной по объему полимерной или металлической фибры, позволяют решить проблему получения водонепроницаемого бетона с W16 и выше.

Полностью изучить гидрогеологическую обстановку места проведения гидроизоляционных работ достаточно сложно. И всех нюансов, наверное, учесть невозможно. Поэтому, в сложных гидрогеологических и климатических условиях от воды необходима двойная защита. Устройства одного противофильтрационного барьера мало. В этом смысле двойная защита сооружения – не роскошь, а насущная необходимость. Это факт, проверенный практикой. И специалисты обязательно должны учитывать этот момент. В частности, для устройства высококачественной и долговечной гидроизоляции в последнее время нередко используют двух- и трехслойные гидроизоляционные системы на основе безусадочных сухих строительных смесей с высокой водонепроницаемостью и мастичных изоляционных материалов.

В этой связи заслуживают внимания новые герметизирующие, гидроизолирующие и антикоррозионные материалы, разработанные НПО «НовТехСтрой». Компания обладает запатентованной технологией произ-

Рис. 1. Варианты устройства гидроизоляции строительных конструкций материалами серий ТФ-1 и ТФ-2 (а – гидроизоляция наружных поверхностей; б – гидроизоляция внутренних поверхностей)



водства специальных резиноподобных бензо-масло-морозостойких составов холодного отверждения на основе полярных каучуков серии ТФ-1 (марки ВА, ВП, ВТ и АК).

Основная деятельность НПО «НовТехСтрой» заключается в разработке, производстве и поставке строительных материалов серий ТФ-1 и ТФ-2, выполнении строительных работ с применением сухих смесей серии ТФ-2 и гидроизоляционных работ с применением материалов ТФ-1 и ТФ-2. При необходимости компания поставляет соответствующее оборудование для нанесения материалов ТФ-1 и ТФ-2.

Области применения материалов серии ТФ-1 разнообразны. Их используют в транспортном, промышленном и гражданском строительстве при проведении гидроизоляционных работ в заглубленных конструкциях, в тоннелях, шахтах, на дорогах, мостах, эстакадах, гидротехнических сооружениях, на очистных сооружениях и коллекторах бытовых стоков. Материалы обладают такими свойствами, что одновременно с гидроизоляцией осуществляется защита конструкций от вредных химических воздействий.

Предлагаемый спектр безусадочных быстротвердеющих сухих строительных смесей серии ТФ-2 ориентирован, прежде всего, на поддержание высоких эксплуатационных характеристик конструкций при проведении текущих или капитальных ремонтов и строительстве новых объектов при минимизации суммарных затрат на период строительства и эксплуатации зданий и сооружений. Совместное применение герметизирующих и гидроизолирующих составов ТФ-1 и сухих смесей ТФ-2 позволяет обеспечить многие виды ремонтно-строительных работ, включая заделку мелких дефектов, гидроизоляцию, пароизоляцию, антикоррозионную защиту железобетонных и металлических конструкций, упрочнение фундаментов зданий и несущих конструкций сооружений (стены, колонны, перекрытия), восстановление элементов с глубиной разрушения до 100 мм и более.

Так, например, для гидроизоляции тоннелей, сооружаемых закрытым способом, гидроизолирующий материал ТФ-1, имеющий хорошую адгезию к бетону и металлу, наносят на временную обделку из набрызг-бетона, повторяя ее профиль. Данный материал имеет срок службы 75–100 лет. Материал ТФ-24Ш (РС-3) применяется для чеканки швов тоннельной обделки, железобетонных конструкций, сооружаемых закрытым и открытым способом работ. Для устройства деформационных швов применяется материал ТФ-1 в виде мастики и готовых материалов.

Варианты совместного использования материалов показаны на рис. 1, 2.

Эффективность применения материалов, выпускаемых НПО «НовТехСтрой», подтверждена при выполнении работ на многих объектах, что позволяет рекомендовать их к использованию для быстрого и качественного строительства и ремонта зданий и сооружений, эксплуатирующихся в сложных гидрологических и экологических условиях.

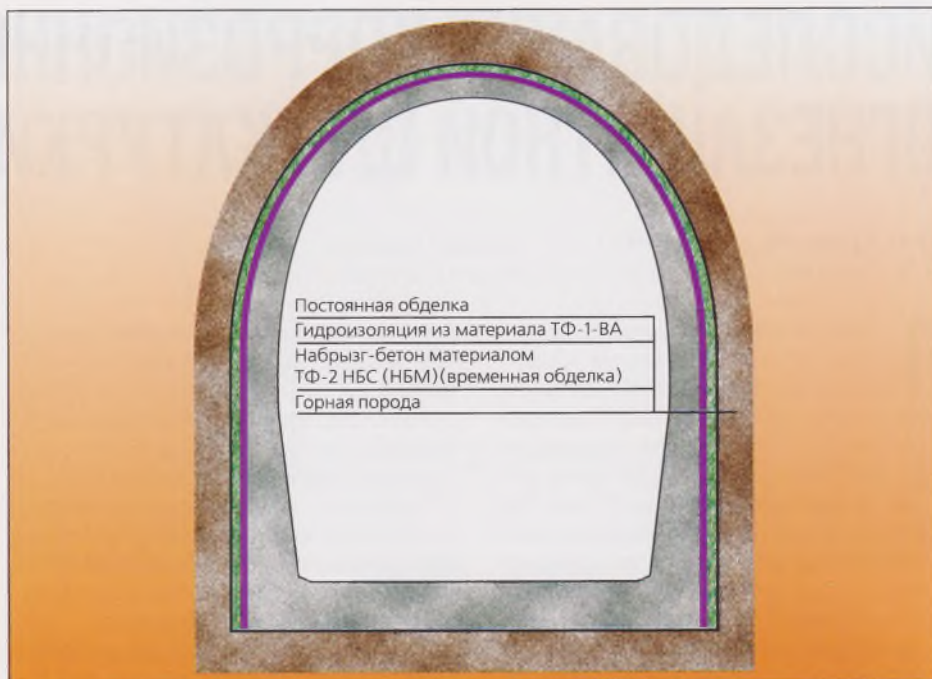


Рис. 2. Устройство временной обделки и гидроизоляции тоннелей материалами серий ТФ-1 и ТФ-2



НОВТЕХСТРОЙ

ПОСТАВКА МАТЕРИАЛОВ И ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ

БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИЕ БЕЗУСАДОЧНЫЕ СУХИЕ БЕТОННЫЕ СМЕСИ И ГЕРМЕТИКИ

МАТЕРИАЛЫ БУДУЩЕГО, СОЗДАННЫЕ СЕГОДНЯ
УЛЬТРАПРОЧНОЕ СОЕДИНЕНИЕ
И ВОССТАНОВЛЕНИЕ БЕТОНА
ТЕХНОЛОГИЯ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ









МОСКВА ВАРШАВСКОЕ Ш. Д.36, КОРП.8 5 ЭТАЖ
ТЕЛ./ФАКС: 933-2754 INFO@NOVTEHSTROY.RU
WWW.NOVTEHSTROY.RU

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ШТУКАТУРКИ «МОНОЛИТ»

Ю. В. Кривцов, д. т. н., НПО «Ассоциация Крилак»

О. Б. Ламкин, к. т. н., НПО «Ассоциация Крилак»

Практика эксплуатации тоннелей, выполненных из бетонных туннелей, показывает, что добиться абсолютно надежной гидроизоляции не представляется возможным. Поэтому бетон несущих конструкций в процессе эксплуатации сооружений может иметь повышенную влажность. В этом случае возникает опасность его взрывообразного разрушения при пожаре, что приводит к выходу из строя бетонных и железобетонных конструкций уже через 15 мин. от начала огневого воздействия.

Для защиты ж/б конструкций от пожара наиболее приемлемой может быть обработка специальными штукатурными составами. Метод обетонирования легкими бетонами основан на простом увеличении толщины защитного слоя. Однако высокая прочность связи такого покрытия с поверхностью защищаемой конструкции в этом случае играет отрицательную роль, так как прочная граница раздела фаз не препятствует распространению и развитию внутренних трещин от покрытия конструкции к бетону. Устранить опасность такого разрушения бетона при пожаре можно с помощью огнезащитного состава.

Применение огнезащитных штукатурных составов предпочтительнее по причинам того, что с пламенем контактирует не склонная к образованию трещин штукатурка. Она положительно влияет на скорость прогрева системы в целом, благодаря задержке тепловой волны на границе раздела слоев с различной плотностью и теплофизическими характеристиками.

Для получения легких штукатурок используют вяжущие вещества: портландцемент, известь, строительный гипс; заполнители: вермикулит, перлит, керамзит, модифицирующие полимерные добавки. При повышении доли вермикулита в сухой смеси происходит ухудшение технологических свойств растворной смеси, что ограничивает применение штукатурных растворов плотностью менее 900 кг/м³. Использование вермикулита в силу высокой отражательной способности его частиц позволяет огнезащитному составу обладать высокой трещиностойкостью как при пожаре, так и при его тушении. В состав штукатурного раствора входят: портландцемент, глиноземистый цемент, гидратная известь, заполнители, наполнители, вермикулит, воздухововлекающая добавка, волокна, гидрофобизатор, ускорители схватывания. Глиноземистый цемент используется для ускорения твердения, гидратная известь вводится с целью увеличения пластичности и снижения трещинообразования, кроме того, она уве-

личивает водоудержание. Водоудерживающая добавка улучшает технологичность растворной смеси и минимизирует её расслоение. Гидрофобизаторы улучшают технологичность приготовления смеси и увеличивают прочностные показатели.

Вермикулит – природный минерал из группы гидрослюд слоистого строения, обладающий уникальной способностью вспучиваться (увеличиваться в объеме в 15–20 раз) при нагревании (700–1000 °С). Вермикулит – продукт низкотемпературных гидротермальных процессов и последующего выветривания магнезиальных и магнезиально-железистых слюд. Структурная формула вермикулита $(Mg, Fe, Fe^{2+}) \times [(SiAl)_n O_{10}] (OH)_2 \cdot 4H_2O$. Плотность вспученного вермикулита при размере зерен до 2 мм составляет 150–200 кг/м³. Теплопроводность при 100 °С равна 0,048–0,1 Вт/м²·°К, а при повышении температуры до 400 °С она возрастает до 0,14–0,18 Вт/м²·°К.

Вермикулит обладает высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами, не токсичен, не подвержен гниению и препятствует распространению плесени.

Как показали испытания, образцы вермикулитового раствора с объемным весом от 500 до 800 кг/м³, нагретые до температуры 900–1000 °С и помещенные в воду не растрескиваются и сохраняют достаточную прочность, в то время как образцы из чистых бетонов при таких же условиях полностью разрушаются.

Огнезащитная эффективность таких штукатурных растворов в 4 раза выше, чем песчаных. Предел огнестойкости покрытий и перекрытий, равный 1,5 часа, обеспечивается при толщине слоя вермикулитового раствора 8 мм.

На основе всестороннего изучения имеющихся данных о теплоизоляционных штукатурках был разработан состав огнезащитного покрытия «Монолит».

Он представляет собой распыляемую смесь на основе целевых добавок и минерального вяжущего (портландцемента). Перед нанесением смесь затворяется водой. После нанесения образуется легкое монолитное покрытие. Оно долговечно, не трескается и не отслаивается при пожаре или механическом воздействии. Из покрытия не выделяются вредные вещества при хранении, при нанесении и в процессе эксплуатации. Цвет – от светло-серого до темно-серого, минимальная толщина 8 мм без арматуры, 15 мм с арматурой (металлической сеткой из нержавеющей стали, оцинкованной сеткой или сеткой с пластмассовым покрытием), теоретический расход 55 кг/м² при толщине 30 мм.

При необходимости допускается окрашивание поверхности покрытия гидрофобными, декоративными и другими красками.

Состав «Монолит» прошел все испытания по ГОСТ 30247.1–94 во ВНИИПО на предел огнестойкости R180 и сертифицирован в 26 ЦНИИ МО на предел огнестойкости EI 240.

Покрытие впервые было внедрено при строительстве Лефортовского тоннеля.

Серьезной проблемой при эксплуатации покрытия в автотранспортных тоннелях является воздействие выхлопных газов CO₂, SO₂, а также хлоридов противогололедных составов.

Одной из разновидностей коррозии цементного камня является химическое взаимодействие агрессивных растворов с составляющими затвердевшего цемента с образованием хорошо растворимых соединений и веществ, не обладающих вяжущими свойствами. Типичным случаем является действие на бетон растворов кислот и магнезиальных солей. Скорость разрушения бетона в этом случае зависит от растворимости образующихся химических продуктов. Например, наиболее быстрый процесс вызывает соляная кислота, образующая хлорид кальция, с меньшей скоростью разрушается бетон в растворах серной кислоты – образуется сернокислый кальций (гипс), который имеет ограниченную растворимость (2,05 г/л в пересчете на SO₃) в воде. Скорость коррозии этого вида зависит от концентрации агрессивного раствора и скорости его подвода к поверхности.

Поскольку цементный камень, изготовленный из портландцемента, имеет щелочную реакцию, уменьшить скорость коррозии в кислой среде, изменяя в известных пределах состав цементного вяжущего, не представляется возможным.

Бетон на портландцементе разрушается и в сухих газовых средах при нормальной температуре. При повышенной относительной влажности воздуха агрессивные газы растворяются в поровой жидкости и образуют кислоты, которые химически взаимодействуют с минералами цементного камня.

Исследование коррозии бетона в агрессивных газовых средах позволило выделить три группы газов, отличающихся своим особым механизмом взаимодействия с бетоном:

1 – углекислый газ, фтористый водород и др. с гидроксидом кальция образуют практически нерастворимые соли, не образующие кристаллогидратов и мало изменяющие плотность и пористость бетона;

2 – сернистый и серный ангидрид, сероводород при взаимодействии с гидроксидом кальция цементного камня образуют растворимые

соли кристаллогидратов, процесс химического взаимодействия может идти до полного разрушения минералов цементного камня;

3 – хлор, HCl, оксиды азота, аммиака и др., образуют при растворении в воде сильные кислоты, образующие хорошо растворимые гигроскопические соли кальция. Соли активно поглощают влагу из газовой среды и быстро диффундируют вглубь бетона, в присутствии гидроксида кальция образуют двойные соли типа оксихлоридов.

Мало изученным вопросом остается коррозия бетона в условиях капиллярного всасывания и испарения растворов солей. Эти условия являются весьма агрессивными по отношению к бетону.

Для проведения исследований влияния агрессивных газовых сред и растворов солей нами было выбрано семь составов штукатурки, начиная с двойных систем: портландцемент (М400) – вермикулит (0–2 мм), портландцемент – слюда (флогопит), а затем количество компонентов состава повышали до пяти, включая волокниты и спецдобавки, и заканчивали разработанным огнезащитным составом «Монолит». Образцы-кубики размером 3×3×3 см были помещены в растворы 5-% концентрации Na₂SO₄, NaHCO₃, хлорсодержащей противогололедной добавки и их смеси сроком на 6 месяцев. Контрольной пробой служил образец из чистого цемента.

Исследования показали, что добавка к цементу 25 % вермикулита снижает объемную массу образца с 1,917 до 1,076 г/см³, замена вермикулита на равное количество слюды снижает объемную массу значительно меньше – до 1,563 г/см³. Введением волокнитов и спецдобавок удалось сократить γ до 0,987 (образец № 6). Состав «Монолит» (К-2) в исходном состоянии имел объемную массу 1,336 г/см³ (данные получены сразу после распалубки образцов).

После пребывания образцов в воде в течение шести месяцев (рис. 1) все они показали увеличение массы, начиная с образцов с вермикулитом 1,187 по сравнению с 1,076 г/см³ (исходные данные) до 1,432 – для «Монолита».

Влияние вермикулита и слюды на коррозионную стойкость в исследованных системах имело различную зависимость: образцы с вермикулитом обнаружили во всех агрессивных средах уменьшение объемной массы, т. е. можно предположить, что продукты реакции вымывались из образца (рис. 2). В образцах со слюдой наоборот, их объемная масса после пребывания в воде минимальна, а наибольшей является величина γ_{NaHCO_3} . Последнее находится в соответствии с приведенными выше теоретическими выкладками: при взаимодействии с углекислым газом идет реакция с гидроксидом кальция и образуются нерастворимые соли, увеличивающие массу образца. В трехкомпонентном составе характер влияния коррозионных сред аналогичен 2-й серии образцов (со слюдой).

Исследование коррозии показало, что пробы данной серии имеют наибольшую плотность. Введение волокнита незначительно снижает объемную массу образцов, что продолжается и при введении спецдобавок;

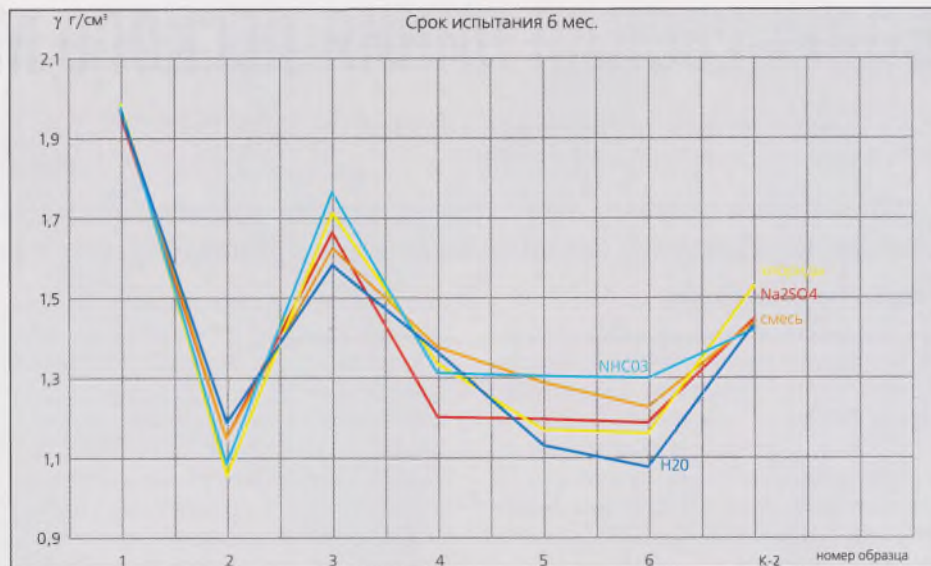


Рис. 1. Зависимость плотности образцов от воздействия агрессивных вод

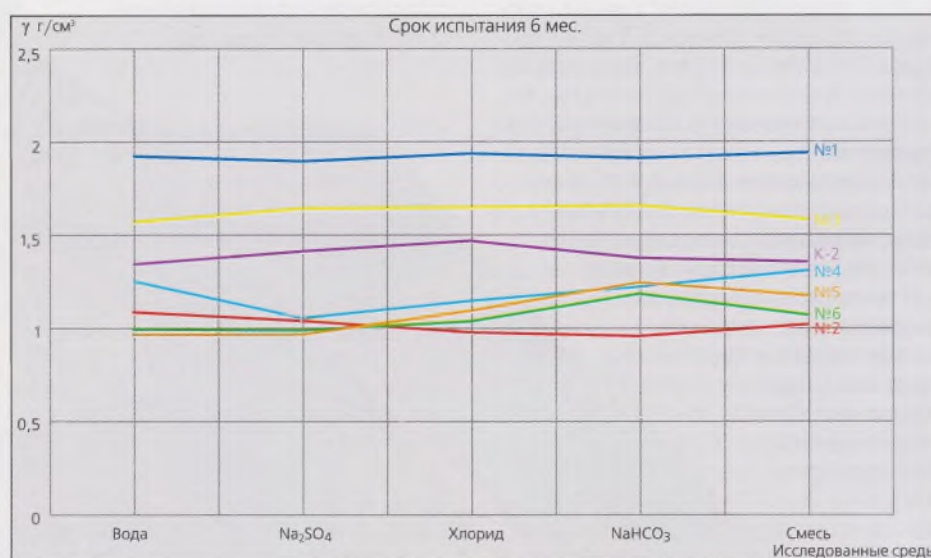


Рис. 2. Зависимость плотности образцов от воздействия агрессивных сред

вок; для образцов (№ 5, 6) имеют место наиболее низкие показатели плотности.

При исследовании изменения прочности было обнаружено, что по истечению шести месяцев испытания наиболее высокие показатели исследованных составов были получены у этих образцов со слюдой. При этом такая зависимость прослеживается для всех сред. В средах с сульфатами и хлоридами $\sigma_{сж}$ была наибольшей: 11,8 и 11,4 МПа соответственно.

Практически параллельно зависимости $\sigma_{сж}$ у проб со слюдой идут зависимости прочности при сжатии образцов «Монолит» (кривая К-2). Однако значение прочности у этих образцов ниже: от 8,8 МПа – для раствора Na₂SO₄ до 4,69 – у смеси солей. Такое снижение прочностных показателей, очевидно, вызвано введением вермикулита, так как все образцы, не считая «Монолита», содержащие вермикулит, имеют $\sigma_{сж}$ значительно ниже; их значение не поднимается выше 5 МПа, причем наименьшее значение прочности образцов получены у проб 4- и 5-компонентного состава. Более высокие свойства «Монолита» объясняются тем, что в его составе на 1/3 меньше вермикулита по сравнению с пробами № 5 и 6, при равном содержании слюды.

Таким образом, в проведенной работе было доказано следующее.

1. Введение вермикулита в состав огнезащитной штукатурки позволяет существенно снизить объемную массу огнезащитной штукатурки, но при этом происходит потеря механической прочности.

2. Введенная в состав штукатурки слюда не позволяет существенно снизить плотность массы, однако коррозионная стойкость образцов со слюдой значительно выше, чем у остальных составов. У образцов с вермикулитом в 2 и более раза меньше, чем у аналогичных образцов со слюдой, а у «Монолита» – на 1/4.

3. Полученные результаты по поведению изученных составов огнезащитной штукатурки в коррозионных средах, характерных для автотранспортных тоннелей, показали полное соответствие существующим теориям коррозионной стойкости обычных бетонов. Все составы имели хорошую стойкость в изученных средах: прочностные характеристики образцов после пребывания в течение шести месяцев в среде NaHCO₃, Na₂SO₄ и хлоридов противогололедных добавок даже незначительно возросли.



СОЛНЦЕВСКАЯ ЛИНИЯ ЛЕГКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

С. Ю. Лубоцкий, вице-президент ОАО «Метрогипротранс»
В. Р. Власюк, главный инженер проекта

ОАО «Метрогипротранс» завершена разработка проекта Солнцевской линии легкого метрополитена от станции «Юго-Западная» Сокольнической линии в районы Солнцево и Новопеределкино.

Градостроительные условия

Солнцевская линия легкого метрополитена проходит по территории Западного административного округа с жилыми районами Тропарево – Никулино, Очаково – Матвеевское, Солнцево, Новопеределкино, а также промышленными зонами, расположенными с северной стороны Мичуринского проспекта, вдоль Боровского шоссе, в Солнцево.

В настоящее время по данным института НИИПИ Генерального плана в жилых районах, тяготеющих к Солнцевской линии, проживает 319,2 тыс. чел., в том числе районах Солнцево и Новопеределкино – 170 тыс. чел.

В рассматриваемом секторе скоростной внеуличный транспорт представлен Киевским направлением Московской железной дороги (платформы Востряково, Солнечная, Переделкино) и Сокольнической линией метрополитена.

К ней тяготеет большая часть населения всего западного сектора города как в пределах МКАД, так и за ее пределами. Кроме того, к ней осуществляется подвоз пассажиров.

НОВОПЕРЕДЕЛКИНО

ров из аэропорта Внуково и ближайших районов Московской области.

Станция «Юго-Западная» Сокольнической линии работает в часы «пик» на пределе пропускной способности. Ее вестибюли загружены неравномерно. Наибольшая нагрузка (60–65% от общего пассажирооборота) приходится на южный вестибюль, т. к. к нему, в основном, организован подвоз пассажиров на наземном общественном транспорте.

Трасса линии

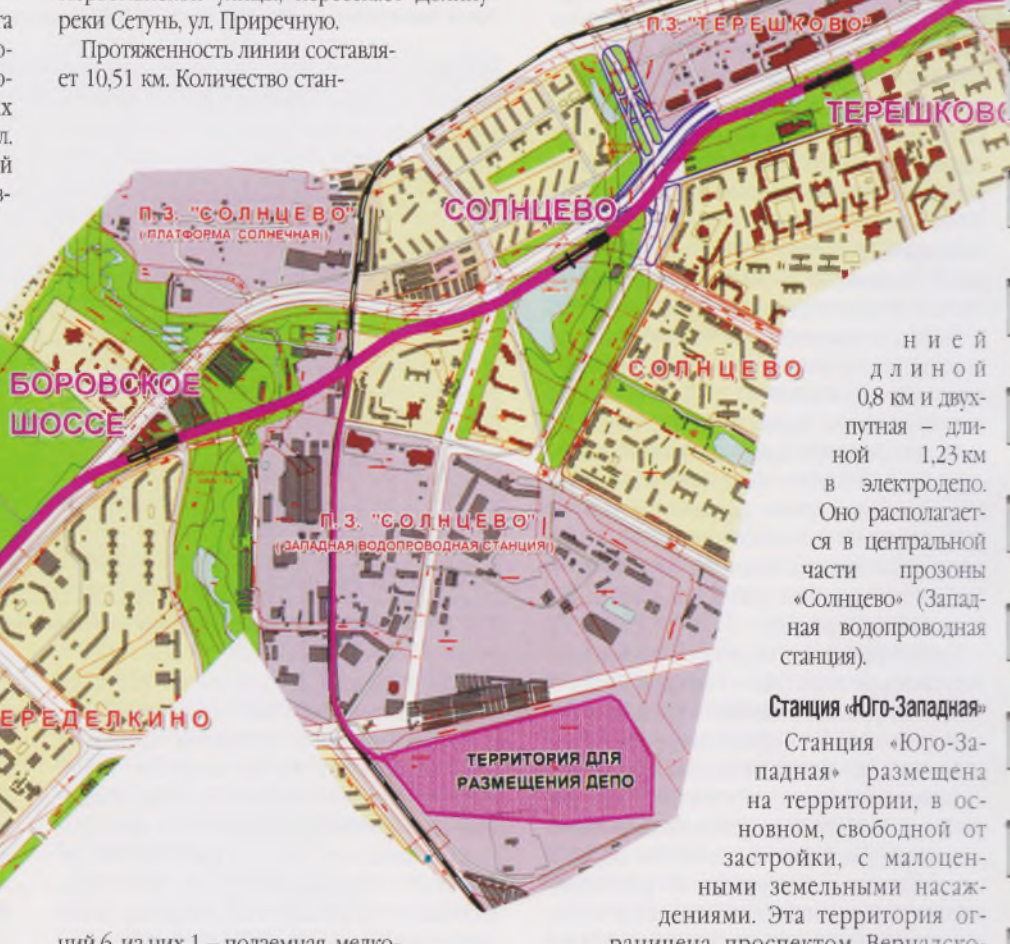
Трасса Солнцевской линии легкого метрополитена начинается в районе действующей станции «Юго-Западная» Сокольнической линии, затем проходит по улицам Покрыш-

кина, Никулинской, поворачивает на Мичуринский проспект и следует вдоль него и Озерной улицы до Московской кольцевой автомобильной дороги (МКАД), пересекает ее и выходит к Боровскому шоссе в районе ДСК-3 и следует вдоль него по четной стороне до ул. 50-летия Октября, затем пересекает Боровское шоссе и проходит вдоль него по краю территории природного комплекса до Первомайской улицы, пересекает Долину реки Сетунь, ул. Приречную.

Протяженность линии составляет 10,51 км. Количество стан-

ниченными двигательными функциями.

На линии предусмотрена однопутная соединительная ветка с Сокольнической ли-



ней длиной 0,8 км и двухпутная – длиной 1,23 км в электродепо. Оно располагается в центральной части прозоны «Солнцево» (Западная водопроводная станция).

Станция «Юго-Западная»

Станция «Юго-Западная» размещена на территории, в основном, свободной от застройки, с малоценными земельными насаждениями. Эта территория ограничена проспектом Вернадского, улицами Покрышкина, Коштоянца и проездом внутреннего пользования (Рузская ул.). Вдоль ул. Покрышкина, ближе к проезду внутреннего пользования, расположено здание кафе Макдональдса. Через эту территорию проходит ряд крупных подземных коммуникаций: водоводы, канализация, теплотрасса, газопровод $d=500$ высокого давления Саратов–Москва.

Станция одноводчатая, с межпутьем 12,9 м и платформой шириной 10 м, с двумя подземными вестибюлями.

Станция пересадочная на одноименную Сокольническую линии. Южный пересадочный вестибюль станции легкого метрополитена предусмотрен с обратным заходом. Это

ций 6, из них 1 – подземная, мелкого заложения, 5 – на эстакаде. Длина посадочных платформ рассчитана на прием 4-вагонных составов: для станции мелкого заложения 120 м, для станций на эстакаде 121,8 м (с учетом расстановки опор и размещения технологических помещений).

Протяженность участка мелкого заложения составляет 1,82 км, на эстакаде – 8,5 км, рамповый – 0,11 км.

Станциям присвоены следующие наименования: «Юго-Западная», «Олимпийская Деревня», «Терешково», «Солнцево», «Боровское шоссе», «Новопеределкино».

Станция мелкого заложения «Юго-Западная» запроектирована с двумя вестибюлями, станции на эстакаде – с одним вестибюлем и лифтовым подъемником для людей с огра-

даст возможность при продлении существующего пешеходного перехода сделать его общим для двух станций и осуществлять из него вход и выход на обе линии.

Вестибюль станции легкого метрополитена имеет широкий



распределительный зал в уровне вестибюля Сокольнической линии.

Пересадка будет осуществляться через новый вестибюль, подходной коридор шириной 8 м и лестничные спуски в 1/3 существующей платформы станции Сокольнической линии.

Лестничный спуск из вестибюльного пространства станции легкого метрополитена в сторону ул. Покрышкина будет использоваться только для выхода пассажиров.

Южный вестибюль станции легкого метрополитена связан с платформой четырьмя эскалаторами E900T высотой 7,8 м.

Северный вестибюль связан с платформой лестницей высотой 3,36 м, шириной 4,5 м и лифтовым подъемником для людей с ограниченными двигательными функциями.

За ст. «Юго-Западная» предусмотрено развитие со служебной платформой, обеспечивающее оборот составов.

Кроме того, за северным вестибюлем предусмотрен стрелочный перевод для однопутной соединительной ветки между Солнцевской и Сокольнической линиями длиной 797 м.

По ул. Покрышкина проложены крупные продольные подземные коммуникации. Кроме того, по этой улице осуществляется основной подвоз пассажирским транспортом из Солнцева и Новопеределкина.

Учитывая эти обстоятельства, было принято решение о строительстве участка линии легкого метрополитена по ул. Покрышкина закрытым способом, на значительной глубине, с применением тоннелепроходческого комплекса фирмы «Ловат» с пригрузом забоя и обеспечивающим безосадочную проходку.

Шитовая проходка перегонных тоннелей линии легкого метрополитена продлена вдоль Никулинской улицы до Парка школьников, где трасса легкого метрополитена выходит на эстакаду и следует по ней по краю

территории природного комплекса и водоохранной зоны до Мичуринского проспекта и выходит к ст. «Олимпийская Деревня».

Пересадочный узел «Олимпийская Деревня»

Станция «Олимпийская Деревня» легкого метрополитена входит в состав одноименного пересадочного узла двух линий метрополитена: линии легкого метрополитена от станции «Юго-Западная» в районы Солнцево и Новопеределкино и перспективной линии вдоль Мичуринского проспекта до станции «Парк Победы».

Пересадочный узел «Олимпийская Деревня» размещен на Озерной площади, вдоль Мичуринского проспекта, в пересечении его с Очаковской улицей, на территории, в основном свободной от застройки (кроме одноэтажного каменного здания магазина со стороны Очаковской улицы), предназначенной в настоящее время для разворота и отстоя общественного транспорта.

Объемно-планировочное решение пересадочного узла представлено двумя параллельно расположенными станциями на эстакаде, одна из которых (на первый период эксплуатации от ст. «Юго-Западная» до ст. «Новопеределкино») с платформой островного типа с одним вестибюлем в сторону пересечения Мичуринского проспекта с Очаковской улицей, связанным с платформой станции тремя эскалаторами высотой 9,6 м.

Вторая станция – однопутная с боковой платформой пристраивается к первой на второй период эксплуатации от аэропорта Внуково до ст. «Парк Победы». Станция с одним вестибюлем, пристраиваемым к первому, связанным с платформой тремя эскалаторами высотой 9,6 м.

Западные торцы станций будут связаны между собой пересадочными устройствами (лестницами и пешеходным мостиком).

Таким образом, при организации сквозного движения на перспективу от аэропорта Внуково до ст. «Парк Победы» пересадочный

узел «Олимпийская Деревня» будет представлять собой трехпутную станцию на эстакаде с двумя платформами (одной островного типа, другой – боковой).

Поезда, следующие в направлении центра, на станции «Олимпийская Деревня» прибывают на островную платформу, посадка и высадка пассажиров происходит в правые двери по ходу движения поезда. На другой край этой же платформы прибывают поезда со ст. «Юго-Западная», которые, высадив пассажиров, отправляются в обратный путь с того же края островной платформы.

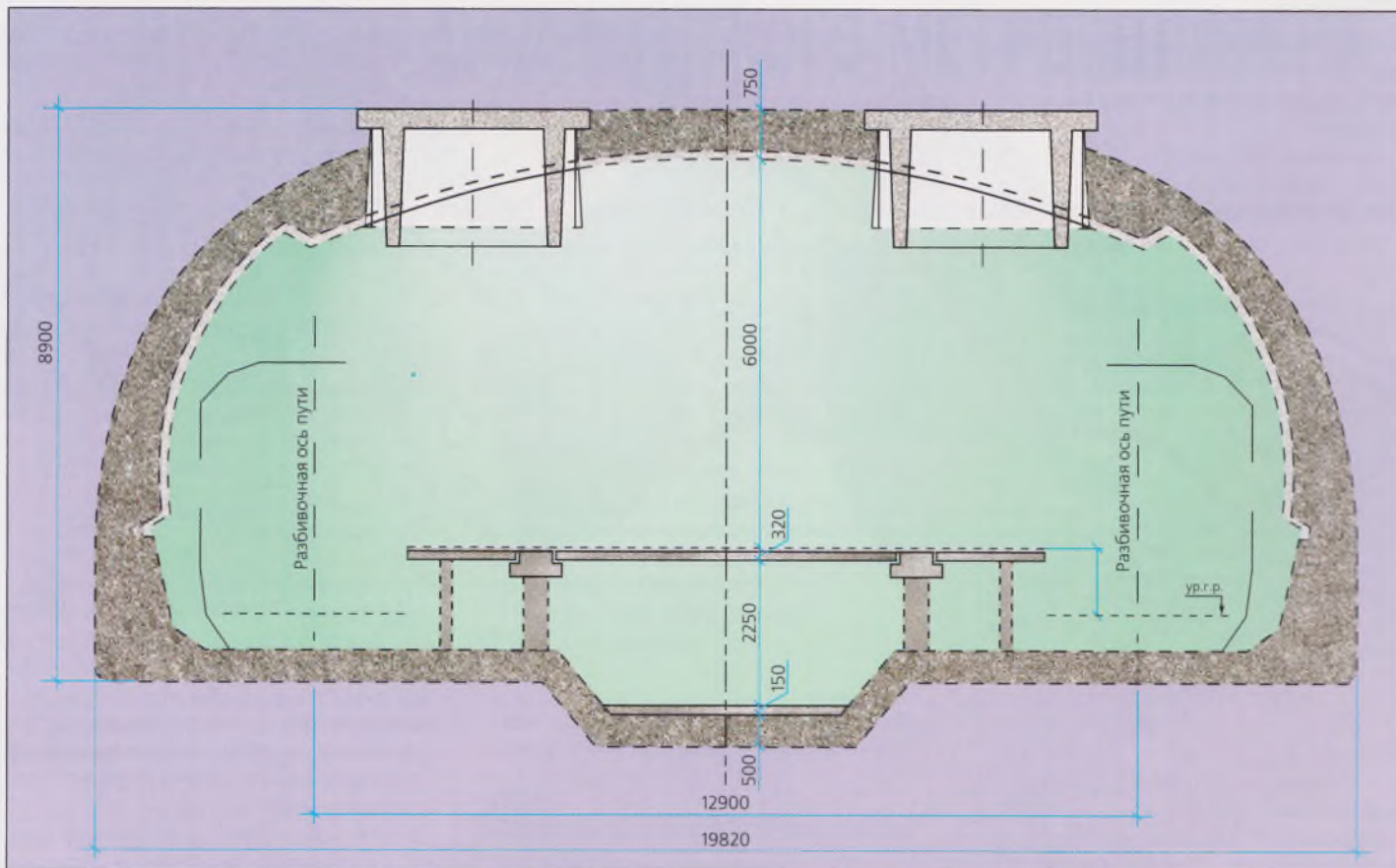
Поезда, следующие из центра, на ст. «Олимпийская Деревня» прибывают на боковую платформу, на которой осуществляется посадка и высадка пассажиров через правые двери по ходу движения поезда.

Такое планировочное решение позволяет осуществить пересадку в направлении центра города по платформе, а в обратном направлении с платформы на платформу через пересадочный мостик, находящийся в торцах платформы.

За ст. «Олимпийская Деревня» предусмотрено два одиночных съезда.

Для организации на второй период автономного движения поездов на участке от ст. «Юго-Западная» до ст. «Олимпийская Деревня», перед последней, на расстоянии около 400 м, предусмотрено устройство перекрестного съезда, что дает возможность поездам, следующим от «Юго-Западной», переходить с правого пути на левый и следовать по нему до ст. «Олимпийская Деревня» и осуществлять высадку пассажиров, а затем и посадку с одного пути.

После полного ввода в эксплуатацию пересадочного узла «Олимпийская Деревня» участок правого пути от ст. «Юго-Западная» от перекрестного съезда до примыкания к основному направлению по стрелочному переводу будет служить только в качестве соединительной ветки.



Поперечное сечение станции «Юго-Западная» Солнцевской линии легкого метро

Станция «Востряково»

Размещена вдоль Озерной улицы, с четной стороны на территории, в основном, занятой идущим вдоль этой улицы газоном.

В настоящее время расчетная загрузка станции незначительна, в связи с чем Главгосэкспертиза России рекомендовала исключить станцию «Востряково» из первой очереди.

В перспективе, при необходимости, ст. «Востряково» может быть сооружена с боковыми платформами, для чего предусмотрена такая возможность строительства в плане и профиле трассы.

Московскую кольцевую автомобильную дорогу трасса легкого метрополитена пересекает в районе транспортной развязки. Место пересечения выбрано с учетом максимального сохранения существующих крупных подземных коммуникаций, соблюдения габарита над основной автомагистралью и над съездами не менее 5,5 м, пересечения основной автомагистрали по прямой, что облегчит установку опор, и положения участка линии с четной стороны Боровского шоссе.

При поворотах трассы применены в плане кривые радиуса 200 м.

За Московской кольцевой автомобильной дорогой линия легкого метрополитена на эстакаде выходит к ДСК-3 и следует вдоль его территории до ул. 50-летия Октября.

В продольном профиле высота опор эстакады на этом участке назначена с учетом обеспечения габарита для въезда, выезда и поворота крупногабаритных панелевозов.

В районе ул. 50-летия Октября линия легкого метрополитена на эстакаде пересекает Боровское шоссе и переходит на его нечет-

ную сторону. Вдоль Боровского шоссе по нечетной стороне проходит коммуникационная техническая зона шириной 40 м с крупными продольными коммуникациями.

С учетом этого трасса метрополитена на эстакаде пройдет за пределами этой технической зоны, по краю территории природного комплекса и водоохранной зоны с размещением на участке от ул. Главмостроя до ул. Первомайской двух станций: «Терешково» и «Солнцево».

Станция «Терешково»

Станция «Терешково» размещена у примыкания ул. Главмостроя к Боровскому шоссе. Станция с междупутем 10,5 м, с одним наземным вестибюлем в сторону ул. Главмостроя, связанным с платформой тремя эскалаторами высотой 9,6 м. Вестибюль размещен с учетом намечаемого надземного пешеходного перехода через Боровское шоссе.

За станцией предусмотрено путевое развитие в виде двух съездов и тупика для возможности отстоя аварийного состава.

Далее трасса легкого метрополитена на эстакаде пересекает зону, по которой проходят девять водоводов $d=1400$ ст. В этой зоне намечается строительство транспортной развязки между Боровским шоссе и будущей магистралью Бутово–Солнцево, которая должна связать Киевское и Минское шоссе.

Станция «Солнцево»

Станция «Солнцево» размещена вдоль нечетной стороны Боровского шоссе со сдвижкой на пруд с его частичной засыпкой.

Станция запроектирована с одним наземным вестибюлем, направленным в сто-

рону общественного центра с кинотеатром, Солнцевского проспекта, ул. Богданова и будущей городской магистрали Бутово–Солнцево. Вестибюль станции связан с платформой тремя эскалаторами высотой 9,6 м. Рядом с вестибюлем предусмотрено сооружение надземного пешеходного перехода через Боровское шоссе.

За станцией предусмотрено путевое развитие, обеспечивающее возможность оборота подвижного состава.

Далее линия легкого метрополитена входит в техническую зону и следует по ней на эстакаде через промзону, пересекая подземные железнодорожные пути от Киевского направления Московской железной дороги к Западной водопроводной станции, территорию ГУП «Солнцево» Департамента продовольствия правительства Москвы, долину реки Сетунь, зоны I и II пояса санитарной охраны, Приречную улицу и выходит к ст. «Боровское шоссе».

Станция «Боровское шоссе»

Станция «Боровское шоссе» размещена на территории в виде треугольника, образованного Боровским шоссе, Приречной улицей и проездом внутреннего пользования. В настоящее время эта территория занята зелеными насаждениями, гаражами и автостоянкой. Рядом со станцией предусмотрено строительство надземного пешеходного перехода через Боровское шоссе, а также общественного и торгового центра.

Станция с одним наземным вестибюлем, направленным в сторону Боровского шоссе и связанным с платформой тремя эскалаторами высотой 9,6 м.

Далее линия легкого метрополитена пересекает шоссе и переходит на его четную сторону с целью смещения эстакады дальше от жилой застройки, и следует вдоль границы леса, затем в зеленой полосе вдоль Боровского шоссе до ст. «Новопеределкино».

Станция «Новопеределкино»

Станция расположена вдоль Боровского шоссе (с четной стороны) у пересечения его с ул. Шолохова, в зеленой полосе, являющейся разделительной между основной проезжей частью и боковым проездом, у зоны будущего подземного перехода.

Станция с одним наземным вестибюлем, соединенным тремя эскалаторами высотой 9,6 м, направленным к ул. Шолохова, в сторону будущего подземного перехода через Боровское шоссе.

Стремление к увеличению пропускной способности линии при корректировке ТЭО для оборота поездов за ст. «Новопеределкино» предусмотрен трехстрелочный тупик. Однако, учитывая, что территория размещения оборотных устройств за станцией и будущего продления линии имеет тенденции значительного подъема отметок в сторону Московской области, оборотный тупик предусмотрен на 0,003 уклоне с направлением от станции. Это дает возможность обеспечить в конце тупика расстояние от вертикальной планировки до низа мостовой конструкции около 2,6 м. При этом главные пути за станцией предусмотрены на 0,005 уклоне с подъемом в направлении области, что в конце строительства обеспечит габарит между вертикальной планировкой и низом мостовой конструкции около 4,5 м и возможность продления главных путей в направлении Внуково.

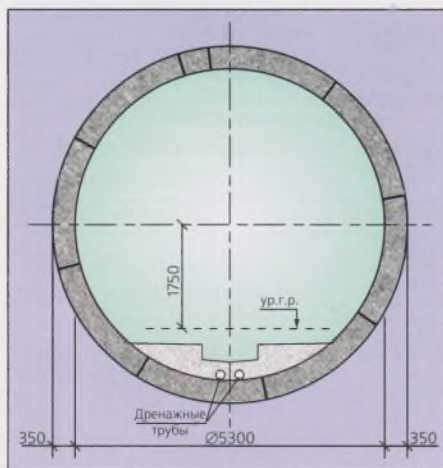
Среднее расстояние между станциями 1929 м; наибольшее – между «Олимпийской Деревней» и «Терешково» – 3373,45 м; наименьшее – между «Терешково» и «Солнцево» – 882 м. В плане применены кривые радиуса 200 м и более.

Максимальный уклон 0,043 применен на участке закрытого способа работ за ст. «Юго-Западная» с целью наибольшего заглубления тоннелей при щитовой проходке под ул. Покрышкина, чтобы сохранить крупные продольные инженерные коммуникации, а также при выходе на эстакаду в районе Парка школьников. Участок рамповой части и эстакады от портала до конца 0,043 уклона предусмотрено выполнить в конструкциях, защищающих от атмосферных осадков. На остальной эстакадной части легкого метрополитена уклоны более 0,035 не применены.

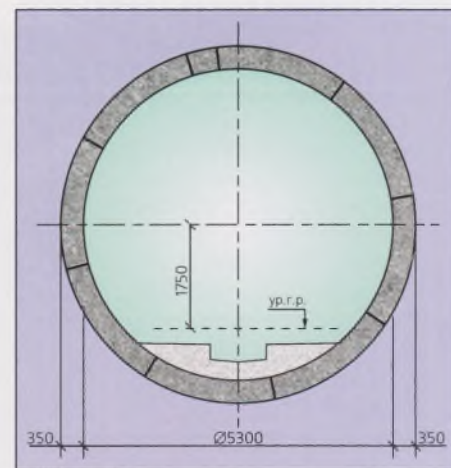
Для связи линии легкого метрополитена с существующей сетью метрополитена в районе ст. «Юго-Западная» предусмотрена однопутная соединительная ветка длиной 797 м, из которой 392 м – закрытого, 405 м – открытого способа работ.

Электродепо линии и участок двухпутной соединительной ветки

Для обеспечения технического обслуживания Солнцевской линии легкого метрополите-



Обделка ЖБ-5-1 для соединительной ветки



Обделка ЖБ-5 для перегонного тоннеля

на, отстоя и ремонта подвижного состава предусмотрено сооружение электродепо. Площадка под электродепо расположена в центральной части промзоны «Солнцево» рядом с Западной водопроводной станцией. Территория электродепо ограничена с севера проектируемым проездом № 740 и технической зоной I пояса санитарной охраны (зоной водоводов); с запада и юга – существующим проездом, идущим вдоль полосы отвода железнодорожной ветки и Родниковой улицы; с восточной стороны – технической зоны водоводов.

Площадка в районе промзоны «Солнцево» рассчитана на размещение в перспективе двух электродепо: Солнцевской линии легкого метрополитена до аэропорта Внуково и линии метрополитена, намечаемой вдоль Мичуринского проспекта в направлении Парка Победы, а также для расстановки составов с Сокольнической линии.

Площадь участка электродепо составляет 31,1 га.

Инженерно-геологические условия строительства

Район намечаемого строительства расположен в юго-западной части города в пределах пологоволнистой ледниково-флювиогляциальной равнины, осложненной долинами реки Сетунь и ее правых притоков – речек Раменки, Очаковки, Невершки. Сравнительно узкие, овражного типа долины последних на многих участках засыпаны, а речки взяты в коллекторы.

На речках Очаковка и Невершка, а также в пойме Сетуни имеются значительные по площади серни прудов. Отдельные водоемы есть и на водоразделах.

До глубин, превышающих активную зону под сооружением, в геологическом строении района принимают участие отложения четвертичной и меловой систем.

На участке строительства распространены горизонт верховодки, межморенный и надморенный горизонты грунтовых вод.

Часть перегонных тоннелей и ст. «Юго-Западная», а также соединительной ветки намечается сооружать открытым способом в котлованах глубиной от 7 до 14 м. При их разработке в основном будут встречены тугопластичные и полутвердые четвертичные суглин-

ки, а с поверхности до глубины 2–3 м местами суглинистые насыпные грунты. Щитовая проходка намечается на глубине 23 м. Организация водопонижения потребует только при строительстве щитовых камер.

В основаниях сооружений залегают полутвердые суглинки донской морены и плотные меловые пески.

Подморенный горизонт грунтовых вод будет вскрываться зумпфами станционных водоотливных установок и щитами с гидропригрузом забоя.

Свайные основания опор эстакады, по-видимому, будут опираться на полутвердые песчаные суглинки московской или донской морен.

Служебные и технологические сооружения в основном будут заглублены в грунты не более чем на 2–3 м. На многих участках, где распространена верховодка, потребуются применение усиленного крепления котлованов и организация открытого водоотлива.

Таким образом, инженерно-геологические условия строительства сооружений метрополитена на участках открытого способа работ сравнительно простые, поскольку они располагаются на небольшой глубине в выдержанном по простиранию и достаточно однородном слое четвертичных ледниковых суглинков выше уровня грунтовых вод и при отсутствии верховодки.

Применение импортных щитов с гидропригрузом забоя значительно упрощает проходку перегонных тоннелей, сокращает объемы работ по строительному водопонижению, а также позволяет сохранить существующие в зоне строительства сооружения.

Строительные конструкции

Конструкции сооружений закрытого способа работ приняты сборными из железобетонных блоков и чугунных тубингов, открытого способа – из сборного и монолитного железобетона, а их гидроизоляция – оклеечной, из изоласта с защитным армированным слоем цементно-песчаного раствора или кирпичной кладкой.

Для участков сооружений, попадающих в зону промерзания грунта, предусматривается устройство теплоизоляции для защиты конструкций от промерзания.

Внутренние конструкции станции (платформа, путевые и подплатформенные стены) предусматриваются из сборного и монолитного железобетона.

Конструктивные решения вестибюлей, аварийных выходов и электрических подстанций – унифицированные с учетом опыта проектирования и строительства аналогичных по назначению наземных сооружений Бутовской линии Московского метрополитена.

Конструкции вышеуказанных сооружений приняты из монолитного железобетона, а гидроизоляция подвальной (подземной) части и кровли – наружной, оклеечной, из изопласта.

Для наземной части конструкций, а также для подземной части (до глубины промерзания грунта), предусматривается устройство теплоизоляции: из специальных матов и плит заводского изготовления – для теплоизоляции по стенам и кровле, и из керамзитобетона – в полах вестибюля.

Все металлические конструкции покрываются антикоррозийными составами, а при необходимости огнезащиты – слоем штукатурки.

Конструкции перегонных тоннелей

На участках тоннелей, сооружаемых закрытым способом, применяются следующие основные типы обделок:

- сборная железобетонная внутренним диаметром 5,3 м из блоков толщиной 35 см сплошного сечения с со-

единительными деталями. Материал блоков – бетон класса по прочности В45, W10, F300. Блоки армированы каркасами из стали А500С. В качестве изоляции в сечении расположен контур уплотненных прокладок;

- чугунная тубинговая, наружным диаметром 6 м без плоского лотка – в местах примыкания притоннельных сооружений на перегоне между ст. «Юго-Западная» и проектируемым парком школьников.

На участках тоннелей, сооружаемых открытым способом, применяются следующие типы железобетонных обделок прямоугольного очертания

- сборная из отдельных элементов, однопутная и двухпутная из бетона по прочности на сжатие В25 и В30;
- рампового типа, открытая сверху, из монолитного железобетона с толщиной стен и лотка до 50 см.

Несущая способность обделок в глубоких котлованах обеспечивается увеличением высоты сечения перекрытия, стен и лотков.

Конструкции пристанционных и притоннельных сооружений

Вестибюли ст. «Юго-Западная» предусматриваются подземными, совмещенными с системой подуличных пешеходных переходов,

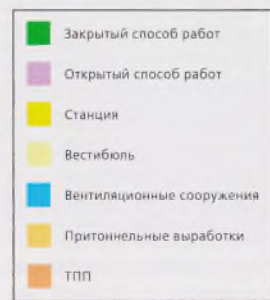
которые имеют лестницы для выхода пассажиров на поверхность.

В вестибюлях станций размещаются грузовые лифты для спуска и подъема грузов и обслуживающего персонала при выполнении профилактических и ремонтных работ.

В уровне кассового зала вестибюлей при размещении под ним технологических помещений предусматривается усиленная гидроизоляция.

Конструкция вестибюлей и пешеходных переходов приняты преимущественно из сборного железобетона с применением монолитного железобетона в лотковых частях, на участках сопряжения элементов сооружений и других коротких участках.

Для защиты лестниц от атмосферных осадков лестничные выходы из подземных переходов и из подземного пространства на ст. «Юго-Западная» закрываются наземными утепленными павильонами кар-



касного типа с остеклением верхней части.

Для пересадки с линии легкого метрополитена на Сокольническую линию запроектировано подземное пространство высотой 2,6 м. Конструктивно – это многопролетная рамная конструкция с шагом колонн 5,5 × 6,3 м со сборным железобетонным перекрытием по металлическим балкам.

К пристанционным сооружениям относятся электроподстанции, технологические и служебные помещения, вентиляционные камеры с подводными каналами, кабельные вводы, водоотливные установки.

Для ст. «Юго-Западная» эти сооружения приняты с обделкой из сборного или монолитного железобетона.

Конструкции пристанционных сооружений эстакадного участка

Вестибюли всех наземных станций – «Олимпийская Деревня», «Терешково»,

«Солнцево», «Боровское шоссе» и «Новопеределкино» – имеют по три ленты эскалатора типа Е900Т высотой 9,6 м для подъема пассажиров на платформенную часть станции.

Вестибюли всех станций предусмотрены длиной 64,5 м, в поперечном сечении одноэтажные – в боковых частях и 4-этажные – в средней части (между конструкциями перегонов).

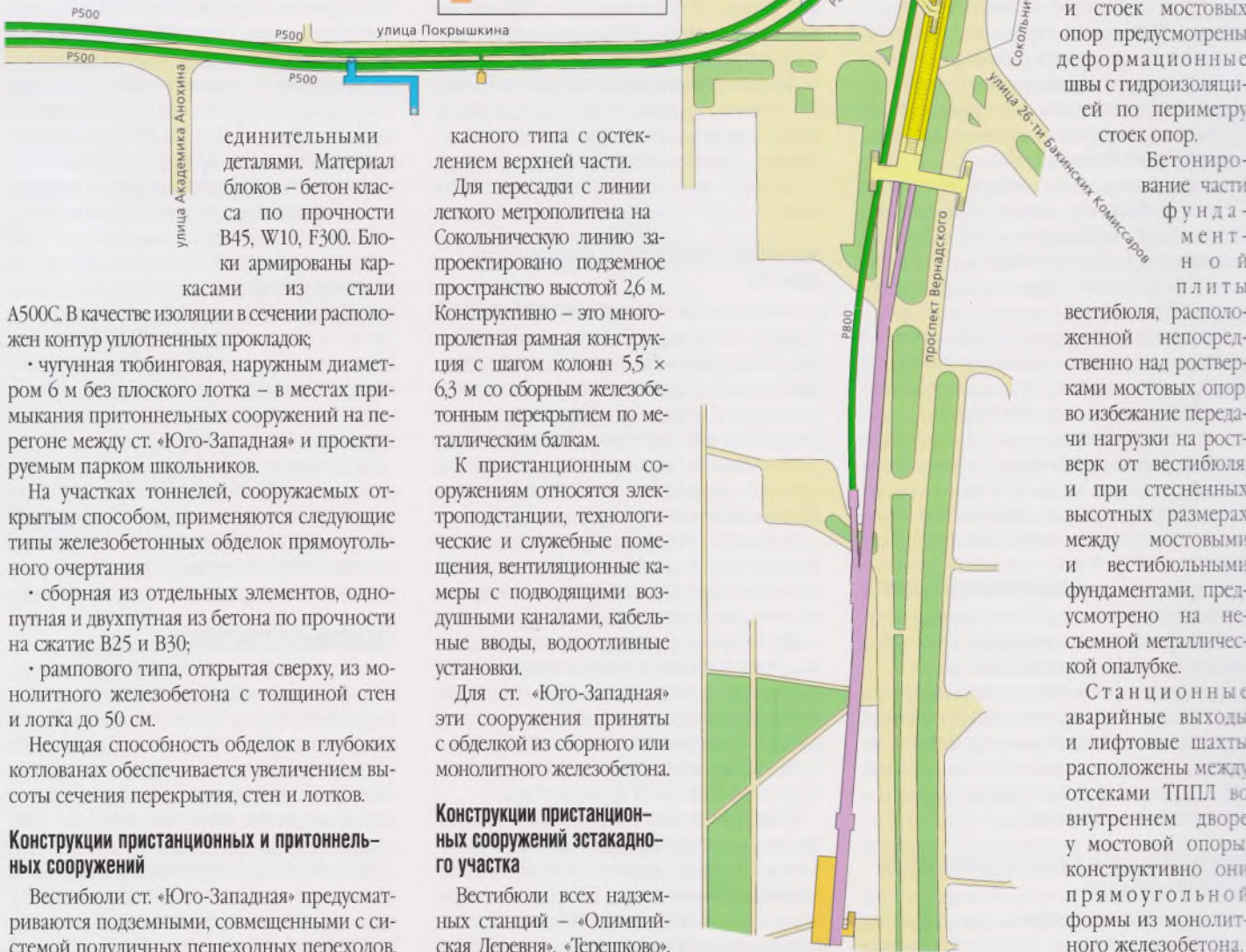
Фундаментная плита вестибюля

расположена выше мостового ростверка и, во избежание взаимной передачи нагрузок, а также с учетом высотной посадки вестибюля, фундамент вестибюля предусмотрен также на свайном ростверке. В узлах сопряжения конструкций вестибюля и стоек мостовых опор предусмотрены деформационные швы с гидроизоляцией по периметру стоек опор.

Бетонирование части фундаментной плиты

вестибюля, расположенной непосредственно над ростверками мостовых опор, во избежание передачи нагрузки на ростверк от вестибюля, и при стесненных высотных размерах между мостовыми и вестибюльными фундаментами, предусмотрено на несъемной металлической опалубке.

Станционные аварийные выходы и лифтовые шахты расположены между отсеками ТППЛ во внутреннем дворе у мостовой опоры; конструктивно они прямоугольной формы из монолитного железобетона.



Междуэтажные перекрытия – монолитные железобетонные плиты по стенам и балкам.

Определяющим фактором для выбора типа фундамента для каждого наземного сооружения явилось следующее:

- рельеф местности и уровень перспективной вертикальной планировки;

- гидрогеологические условия строительства.

Для всех вестибюлей на ст. «Терешково», «Солнцево», «Боровское шоссе», «Новопеределкино» в качестве фундамента принято свайное основание из буронабивных свай и плиты – ростверка по ним.

Сооружение буронабивных свай предусмотрено в инвертарной обсадной трубе диаметром 800 мм методом ВПТ (вертикально-перемещающейся трубы) с установкой арматурного каркаса и последующим бетонированием полости свай бетоном класса В35, W8, F300.

Основанием свай служат суглинки мелкопесчаные тугопластичной консистенции и пески разной крупности и мелкие, средней плотности и плотные, водонасыщенные.

Длина свай принята на основании предварительных расчетов и инженерно-геологических условий строительства и составляет 10–16 м.

Сваи объединяются ростверком – плитой. Количество свай определяется величиной нагрузки на колонны и стены.

Ростверки запроектированы как фундаментные плиты из монолитного железобетона класса В35, марок W8, F300. Толщина фундаментной плиты ростверка для всех сооружений на свайном основании – 500 мм.

Оклеенная гидроизоляция подвальных (подземных) частей сооружений на свайном основании выполняется по верху ростверка, по наружному контуру сооружения.

Наружная гидроизоляция самих ростверков – обмазочная, горячим битумом.

Кровля всех сооружений – плоская, с внутренним водостоком, утепленная, с гидроизоляцией в два слоя изопласта (марки «П» и «К»).

Для огнезащиты кровли, находящейся под металлическим пролетным строением, предусмотрен слой гравия мелких фракций толщиной 30 мм, укладываемый на гидроизоляцию.

Материал утепления стен и кровли предусмотрен негорючим (плиты «ТИМ-ЭКШЭН» и минералватные плиты)

Опоры

Все опоры запроектированы из монолитного железобетона со свайными фундаментами – по условиям глубокого заложения несущего слоя грунта. Было рассмотрено несколько вариантов тела опоры, но предпочтение было отдано конструкции опор Бутовской линии Московского метрополитена из-за возможности использования имеющейся металлической опалубки для бетонирования опор и использования схемы водоотвода с пролетных строений по опорам. Все свайные фундаменты опор приняты из буронабивных свай диаметром 0,8 м, выполняемых с использованием обсадных труб, длина свай 20–28 м с опиранием на слой мелких кварцевых плотных песков маловлажных и водонасыщенных, расчетная нагрузка на голову сваи 160 т. Подо-



Фото: Александр Аугушиски «Московская правда»

Ст. «Юго-Западная» Сокольнической линии метрополитена

шва свайного ростверка заглублена от поверхности земли на 2,1 м. Тело опор в сечении имеет овальную форму, ригели опор рассчитаны на опирание пролетов как одного пути (при раздельном трассировании правого и левого путей), так и двух – при междупутье 4 м.

Опоры эстакады в пределах станций приняты аналогичной конструкции, но ригель опоры пролетного строения платформы имеет размеры, отличающиеся от размеров ригеля опоры путевого пролетного строения.

На сложных участках трассы, в местах близкого расположения «тяжелых» инженерных сетей, где не размещались свайные ростверки, запроектированы безростверковые опоры из буронабивных свай диаметром 1,2 и 1,6 м.

Пролетные строения

По инженерно-геологическим условиям, несущей способности основания по грунту, наличию больших участков трассы с кривыми малых радиусов в плане – 200 и 150 м, строения на эстакаде приняты пролетами 21–51 м.

По архитектурным требованиям пролетные строения будут иметь одинаковую строительную высоту, из этих условий расчетная длина 51 м принята предельной.

Пролетные строения – сталежелезобетонные, сварные, с монтажными соединениями на высокопрочных болтах. При выборе их типа были использованы материалы ТЭО строительства Бутовской линии метрополитена. В работе «Гипротрансмоста» выполнено сравнение пяти вариантов пролетных строений и по совокупности параметров (расход материалов, трудоемкость, архитектурный облик) сделан выбор в пользу сталежелезобетонных пролетных строений. Пролетные строения запроектированы из низколегированной стали марки 15ХСНД.

При пересечении проектируемых проездов в пределах ПК 81–ПК 83 предусмотрены пролетные строения расчетными пролетами 57, 63, 67 м с пропуском по пролету двух путей метрополитена.

Железобетонная монолитная плита балластного корыта запроектирована из бетона класса В30, F300 (в солях), W8. Включается в совместную работу с металлическими балками с помо-

щью жестких упоров. Тротуары на эстакаде запроектированы приставных металлических консолях и с железобетонной плитой проходной части. В конструкциях пролетных строений предусмотрена возможность пропуска инженерных сетей, обслуживающих метрополитен, и крепление шумозащитных экранов.

Путь и контактный рельс

В конструкциях верхнего строения пути в тоннеле предусматриваются рельсы типа Р50, контррельсы охранного типа, промежуточное скрепление раздельного типа «Метро», деревянные шпалы и путевой бетонный слой.

На эстакадных участках запланированы рельсы того же типа и щебеночный балластный слой.

Рельсы главных путей свариваются электроконтактным способом в плети.

Изолирующие стыки приняты с полимерными накладками, электропроводящие стыки – с тарельчатыми пружинами (в тоннеле) и с приварными электросоединителями (на эстакадных участках).

Контактный рельс закрывается электроизоляционным защитным коробом.

Защита от шума

Для достижения в помещениях и на прилегающей территории нормируемых уровней шума, создаваемого работающим оборудованием систем отопления, вентиляции, кондиционирования и холодоснабжения, предусмотрены следующие мероприятия:

- размещение оборудования в отдельных помещениях;
- применение оборудования с пониженным уровнем шума;
- использование виброизолированных вентиляторов, соединенных с воздуховодами гибкими вставками;
- установка в необходимых случаях глушителей шума на нагнетательных и всасывающих воздуховодах, местных системах, в вентканалах систем тоннельной вентиляции;
- ограничение скорости движения воздуха в воздуховодах и вентиляционных решетках;
- подбор вентиляторов с режимами работы в зонах максимального КПД.



ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ГРУНТОВОГО МАССИВА, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ ПРОХОДКЕ СЕРЕБРЯНОБОРСКИХ ТОННЕЛЕЙ

В. В. Чеботаев, канд. техн. наук

В. Б. Никоноров, канд. техн. наук

Е. В. Щекудов, канд. техн. наук, НИЦ «Тоннели и метрополитены» ОАО ЦНИИС, Москва

Территория Серебряноборского лесничества представляет собой охранную заповедную зону. Пересечение этой зоны в тоннельном варианте позволит сохранить ее в неприкосновенном виде.

Участок Краснопресненского проспекта, являющийся частью магистрали Москва – Балтия от Московской кольцевой автодороги в центр города и проходящий по территории Северо-Западного и Западного административных округов, сооружается с помощью тоннелепроходческого комплекса (ТПМК) фирмы «Herrenknecht» со щитом диаметром 14,2 м с бентонитовым пригрузом забоя и сборной водонепроницаемой обделкой из железобетонных блоков толщиной 70 см и с упругими прокладками в стыках. С помощью этого оборудования были удачно сооружены четвертый тоннель под Эльбой в г. Гамбурге и Лефортовский тоннель в Москве.

Ведется строительство двух тоннелей от района пересечения Крылатской и Осенней улиц через территорию Серебряноборского лесничества до транспортной развязки Московской кольцевой автомобильной дороги с Лыковским проездом. Расстояние между осями тоннелей составляет от 34,2 до 36 м.

Для решения вопросов содержания транспортных тоннелей, вентиляции и эвакуации людей в пределах участка щитовой проходки запроектировано устройство сервисного тоннеля, соединенного с основными транспортными тоннелями поперечными сбоями. В местах сбоек в обделках предусмотрены металлические кольца для обеспечения возможности примыкания.

Строительство тоннелей осуществляется в сложных инженерно-геологических условиях – слабых глинистых грунтах и водонасыщенных песках.

Геологическое строение района составляют четвертичные, меловые, юрские и каменноугольные отложения. Четвертичные отложения распространены повсеместно и представлены техногенными грунтами, а также аллювиальными, водно-ледниковыми и песчано-супесчаными грунтами.

На участке строительства распространены горизонт грунтовых вод, юрский водоносный, а также ратмировский и суворовский водоносные горизонты. Горизонт грунтовых вод распространен повсеместно.

На выбор технологии производства работ решающее влияние оказала возможность минимизации осадков поверхности и исклю-

чение изменения водного режима в грунтовом массиве. Был выполнен прогноз влияния проходки тоннелей на деформации поверхности, а в процессе строительства отслеживалась фактическая осадка поверхности с корректировкой, при необходимости, проектных решений.

Сравнивая данные мониторинга с результатами расчета, представляется возможным своевременно принимать необходимые меры (ремонт и усиление конструкций, укрепление грунтов основания и т. п.) по обеспечению эксплуатационной надежности сооружений.

В основе построения расчетных моделей по прогнозированию сдвижений в грунтовом массиве при строительстве подземных сооружений лежат представления, изложенные в книге Н. С. Булычева «Механика подземных сооружений» (М., «Недра», 1982). Методика расчета влияния подземного строительства на существующие здания и сооружения, используемая НИЦ ТМ ОАО ЦНИИС, изложена в «Руководстве по оценке и предотвращению аварийных деформаций зданий и сооружений при строительстве объектов метрополитена» (М., 1993), утвержденном АО «Корпорация Трансстрой».

Расчеты деформаций земной поверхности и грунтового массива производятся методами теорий упругости и пластичности в комбинации с методами строительной механики, сходимость результатов которых с результатами измерений подтверждается опытом сооружения городских тоннелей различного назначения.

До строительства в грунтовом массиве действуют напряжения, вызванные его собственным весом и нагрузками на поверхности. Разработка грунта снимает нормальные и касательные напряжения, действовавшие в грунте до образования новой поверхности. Вследствие этого в грунте вокруг выработки образуется зона концентрации напряжений, и происходят деформации. Если полные напряжения не превосходят прочности грунта, то имеют место только упругие деформации, если же прочность грунта меньше возникающих полных напряжений, то деформация происходит до тех пор, пока она не будет остановлена временной крепью или постоянной обделкой.

Основными предпосылками расчетной модели являются следующие.

- Тяжелая полуплоскость, сложенная из различных однородных и изотропных упругопластических элементов (напластований), находится в условиях плоской деформации и де-

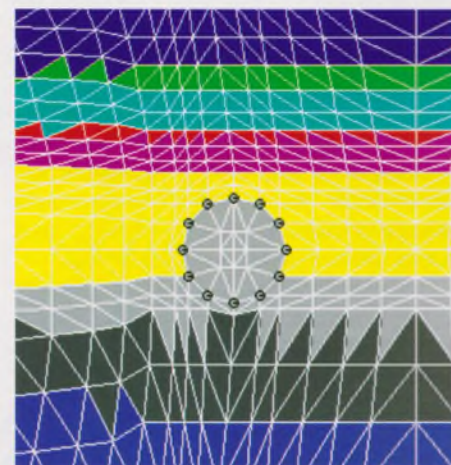


Рис. 1. Расчетная схема на ПК 18+00

формируется от вырезания части материала (разработки грунта).

- Деформационные свойства материалов, из которых сложена полуплоскость, определяются модулем деформаций E , коэффициентом поперечного расширения материала полуплоскости μ , а также прочностью, характеризующейся коэффициентом сцепления C и углом внутреннего трения φ .

- Материал полуплоскости перестает сопротивляться сдвигам при нарушении условия прочности по Кулону-Мору

$$(\sigma_x - \sigma_y)^2 + \tau_{xy}^2 \leq (\sigma_x - \sigma_y + 2 \times C \times \operatorname{ctg} \varphi)^2 \times \sin^2 \varphi,$$

где σ_x , σ_y , τ_{xy} – действующие полные напряжения.

Математической расчетной моделью является прямоугольный фрагмент неоднородной упругопластической полуплоскости, включающий вырезы (выработки), которые в процессе решения задачи определения деформаций могут быть подкреплены стержневыми системами (временной или постоянной крепью). Боковые границы фрагмента закреплены от горизонтальных смещений, нижняя граница – от вертикальных.

Задача определения деформаций в полуплоскости решается известным методом конечных элементов (А. Б. Фадеев «Метод конечных элементов в геомеханике», М., «Недра», 1989), реализованным в комплексе программ для ПЭВМ «РУПС-02» (Расчет упругопластических систем, версия 2), разработанным в НИЦ ТМ ОАО ЦНИИС.

Реализованное в программе, использующей метод конечных элементов (МКЭ), ре-

шение позволяет учитывать деформационные и прочностные свойства каждого слоя грунта, технологию строительства и конструкцию обделки.

Фрагмент полуплоскости разбивается на конечные элементы треугольной формы, каждый из которых имеет свои характеристики жесткости и прочности и находится в однородном напряженном состоянии. На первой стадии рассчитывают деформации грунтового массива до начала строительства от действия собственного веса и постоянных нагрузок. На второй стадии, которая может состоять из нескольких этапов, рассчитывают деформации невесомой полуплоскости от действия снимаемых разработкой грунта напряжений. Расчет деформаций на каждом этапе производится в несколько шагов, причем на каждом осуществляется проверка прочности в каждом конечном элементе и при необходимости корректируется его жесткость. Стержневые упругие системы (крепь) могут быть введены на любом этапе и шаге расчета. Момент вступления крепи в работу является важным технологическим расчетным параметром, поскольку он сильно влияет на величину деформаций грунтового массива.

Прогнозные расчеты деформаций массива выполнены в двух вариантах: оптимистическом и пессимистическом. В оптимистическом варианте кольцевой зазор между хвостовой оболочкой щита и грунтом заполняется раствором на 80 % и своевременно, а в пессимистическом прогнозе принято, что зазор на 65 % заполнен грунтом. Эти значения приняты по результатам обработки данных измерений смещений поверхности при проходке Лефортовского тоннеля и откорректированы по данным маркшейдерских измерений на 250 м проходки Серебряноборского тоннеля.

Типичная расчетная схема по МКЭ определения деформаций земной поверхности приведена для сечения на ПК18+00 на рис. 1.

Сооружение тоннелей осуществляется при постоянном мониторинге за напряженно-деформированным состоянием конструкций, качеством заполнения тампонажным раствором зазора между обделкой и грунтом, изменением режима подземных вод, деформациями зданий и коммуникаций, попадающих в зону влияния строительных работ. Для этого используются специальные датчики, геодезические и геофизические методы исследования, гидронаблюдательные скважины. После начального этапа проходки была откорректирована ранее разработанная методика прогнозирования деформаций грунтового массива.

По результатам обследования зафиксировано состояние зданий и подземных коммуникаций в зоне влияния строительства и соответствующие этому состоянию допустимые осадки и крен зданий.

Кроме этого там, где расчетные ожидаемые деформации превышали допустимые, было рекомендовано произвести искусственное закрепление грунтов в основании сооружений.

По проекту мониторинга инструментальные наблюдения за зданиями и сооружениями вы-

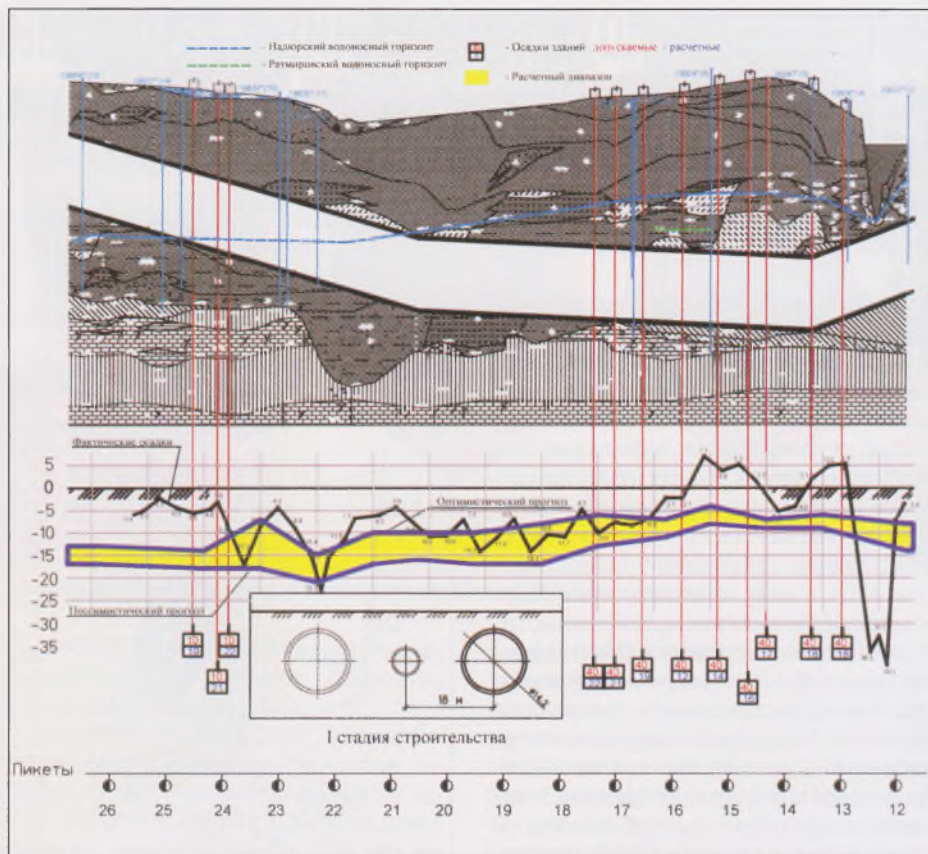


Рис. 2. Осадки поверхности от проходки одного транспортного тоннеля (расчетный диапазон и фактические деформации на 17.03.2005)

полняются ежедневно, начиная с нахождения щита за 40 м от объекта, и заканчиваются после прохода его не менее чем на 70 м. Контрольные измерения проводятся в различные периоды в зависимости от интенсивности изменения деформаций. Инструментальные наблюдения велись специалистами ООО «Радиус-1».

Прогнозируемый диапазон деформаций грунтового массива от проходки одного транспортного тоннеля и фактические деформации приведены на рис. 2.

На представленном графике осадок поверхности в пикетах ПК15+12 ÷ ПК14+20; ПК13+20 ÷ ПК12+60 (по результатам геодезических измерений) отмечается подъем деформационных реперов.

В указанные выше пикетные интервалы попадают профильные линии 44, 45, 46, 47 и 51, 52, 53 (соответственно), на которых в грунт заложены деформационные реперы на глубину до 1 м с интервалом от 4 до 7 м. Профильные линии заложены по нормали к оси тоннеля, а деформационные реперы перекрывают расчетную мульд осадок.

Анализ полученных результатов измерений планово-высотных смещений показывает, что подъем деформационных реперов начинается при подходе забоя ТПМК под профильную линию. Максимальная величина подъема деформационных реперов наблюдается при уходе щита от профильной линии на расстояние от 30 до 70 м. При этом деформационный репер, расположенный над осью трассы (тоннеля), испытывает максимальный подъем.

Указанное (обнаруженное) явление объясняется типом ТПМК, который использует активный пригруз призабойного пространства

(гидропригруз). Давление, развиваемое для создания активного пригруза, создает эффект вытеснения воды, содержащейся в грунтовом массиве в зоне забоя, что и приводит к поднятию деформационных реперов на участке, где есть возможность прохода грунтовых вод к поверхности. Запаздывание максимального подъема деформационных реперов на 30–70 м от положения забоя обусловлено величиной заложения тоннеля под поверхность. На ПК15+12 ÷ ПК14+20 максимальная величина подъема достигается при уходе ТПМК от профильной линии на расстояние от 45 до 70 м, а на ПК13+20 ÷ ПК12+60 – от 30 до 40 м. Аналогичное явление вытеснения воды из грунтового массива наблюдалось и при проходке Лефортовского тоннеля этим же ТПМК, вызывая фонтанирование воды из разведочных и гидрогеологических скважин.

Сопоставляя результаты расчетов и данные инструментальных наблюдений, можно констатировать, что разработанная в НИЦ «Тоннели и метрополитены» методика позволяет достаточно точно прогнозировать возможные осадки поверхности и деформации зданий при строительстве, оперативно оценивать качество технологии и своевременно давать необходимые рекомендации.

17 марта 2005 г. закончилось сооружение первого транспортного тоннеля. Принятые технология и организация работ, а также оперативно поступающие данные мониторинга обеспечивают проходку со средней скоростью около 8 м/сут без аварий и нарушений городской среды при минимальных осадках поверхности (2–15 мм) и неизменном режиме подземных вод.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ. СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ

С. А. Юфин, профессор, д. т. н., Московский государственный строительный университет

Томас Циммерманн, профессор, д. т. н., Федеральный технологический институт, г. Лозанна, Швейцария

Научное обоснование проектных решений в подземном строительстве на современном этапе требует глубокого и детального представления о процессах в системе «сооружение – массив горных пород» на каждом этапе существования объекта. Времена расчётов на заданные нагрузки при упрощённых и мало реальных схемах формирования этих нагрузок и взаимодействия конструкций с массивом давно прошли. Единственным и общепринятым путём в этом направлении уже более 30 лет остаётся численное моделирование, где на метод конечных элементов (МКЭ) приходится более 80 % всех полученных решений. При этом следует заметить, что существующая российская нормативная база проектирования подземных сооружений лишь пассивно не сопротивляется применению современных методов исследований, но ни в коей мере их однозначно не поддерживает. По крайней мере, формально это требует дополнительного обоснования выбора метода исследования и его программной базы.

Численное моделирование подземных сооружений на стадии, предшествующей строительству, позволяет получить прогноз поведения объекта для всех этапов его последующего состояния и даёт возможность оперативного анализа ситуации по результатам мониторинга и, при необходимости, обоснование корректирующих инженерных решений. Такой прогноз предполагает анализ следующих факторов:

- геологическое строение вмещающего массива и геомеханические свойства вмещающих горных пород, включая природное напряжённое состояние массива;
- изменение условий равновесия, вызванное разработкой грунта и изменением внешних нагрузок;
- изменения поля порового давления и уровня грунтовых вод, влияющие на величины эффективных напряжений;
- детали технологических процессов по возведению конструкций сооружений, применение и особенности временной крепи и т. д.;
- изменение во времени свойств материала – набор прочности бетона, цементация или замораживание грунтов и т. д.

Развивающийся во времени процесс взаимодействия системы «сооружение – массив горных пород» не может быть представлен серией независимых расчётов, здесь необходимо последовательное отражение всех событий от геологического формирования массива и его напряжённого состояния до последнего этапа существования рассматриваемого объекта. Кроме того, даже протяжённые тоннели в большинстве случаев не

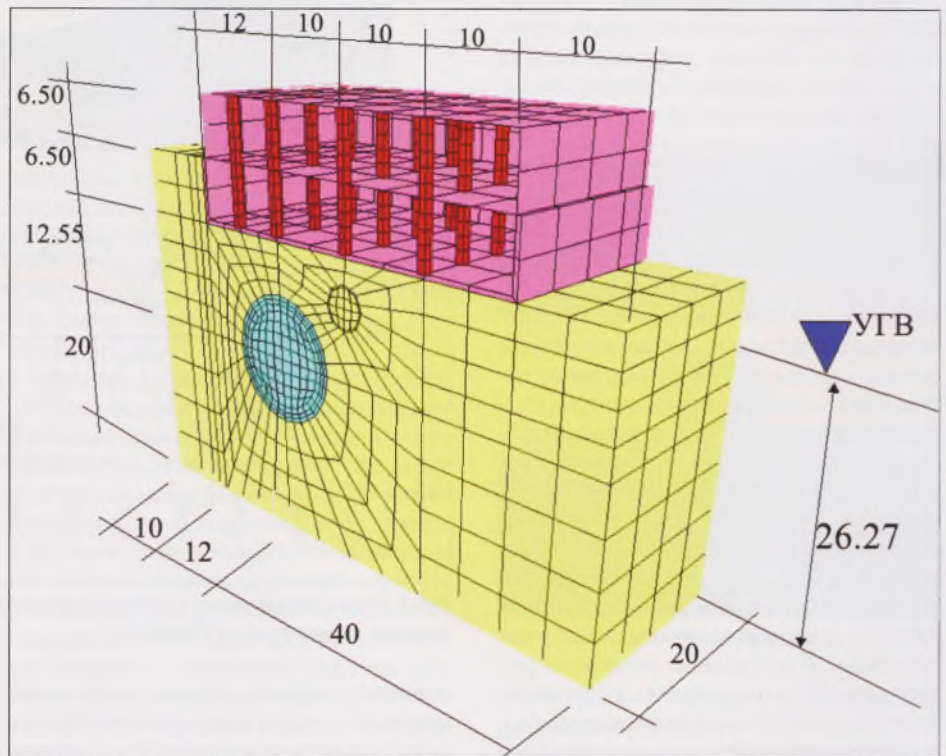


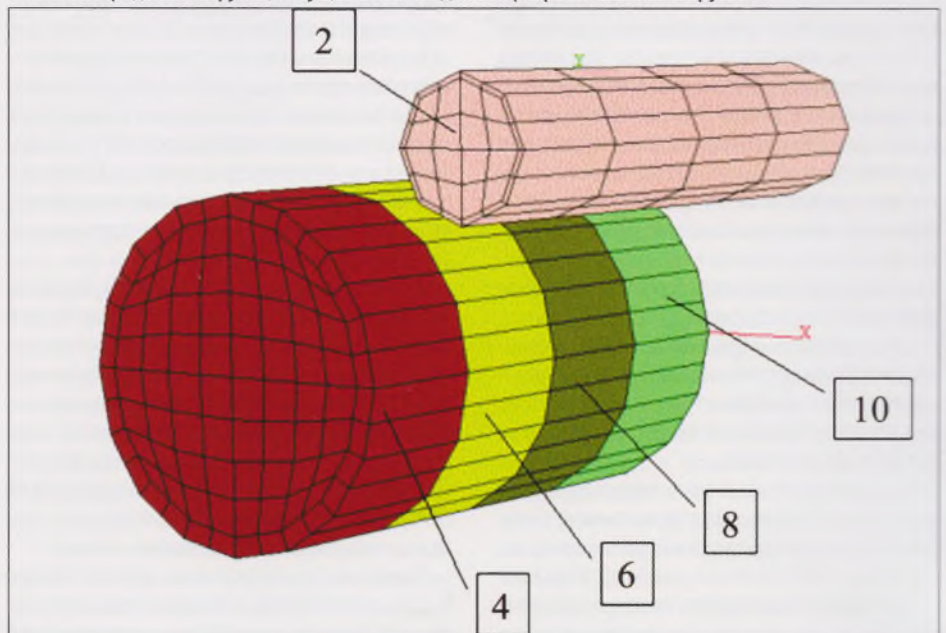
Рис. 1. Основные размеры расчётной области

могут рассматриваться в рамках упрощённых двумерных задач – процессы в призабойной зоне, неоднородность грунтового массива, сооружения на поверхности в случае тоннелей неглубокого заложения и т. д. требуют трёхмерной постановки задачи.

В этих условиях выбор программного обеспечения для решения поставленной задачи

имеет принципиальное значение. Высокая универсальность МКЭ не исключает, а наоборот, требует создания высокотехнологичных профессиональных проблемно-ориентированных программных продуктов. В геотехническом мире в числе лидеров находится программа Z_SOIL. PC®, поставляемая швейцарской фирмой ZACE Ltd (<http://www.zace.com>).

Рис. 2. Распределение функций существования для зон разрабатываемого грунта



Эта программа создаётся международным коллективом разработчиков и является одним из наиболее динамично развивающихся программных продуктов благодаря прямым заказам многочисленных геотехнических фирм и институтов. Она реализует метод конечных элементов в двухфазной нелинейной постановке. Немаловажным фактором является и то, что в течение более чем 20 лет своего развития программа создаётся исключительно для применения на персональных ЭВМ и обладает высокой вычислительной эффективностью, позволяющей решать на ПК задачи с десятками тысяч объёмных элементов. Геотехническая направленность пакета обеспечивает решение задач подземного строительства естественно, «как в жизни» представляя в рамках удобного интерфейса пользователя все этапы создания и эксплуатации объекта. Имеющийся набор моделей материалов – грунтов, скальных пород, бетонов и металлов – покрывает все требования задач геотехнического строительства, но не ограничивает применения новых моделей, созданных пользователем. Однако здесь следует учесть одно существенное замечание. Практическое применение новой модели должно быть обосновано всесторонними длительными исследованиями, по срокам и стоимости исключая саму такую возможность для конкретного объекта. Значительно перспективнее точный подбор расчётных параметров для известной модели и конкретного грунта. В этой связи интерес представляет предложение одной из крупных московских проектных организаций – разработать рекомендации по применению известных численных моделей для типового набора грунтов. Это в значительной мере может облегчить работу проектировщиков и изыскателей: рекомендации содержали бы необходимые параметры и методы их уточнения, оставляя «высокую науку» лишь для сверхответственных сооружений. Относительно высокая стоимость подобной разработки уже в течение нескольких лет держит это предложение в стадии «предпроектной

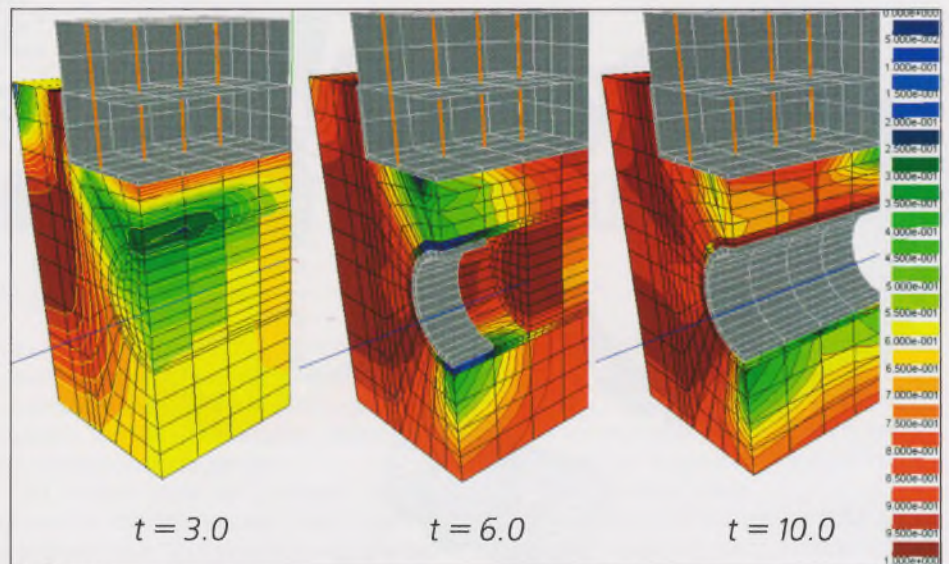


Рис. 3. Напряжённое состояние массива на разных этапах проходки тоннеля

проработки», хотя выгоды очевидны. Видимо, заказчиком должно выступать объединение потенциальных пользователей.

Проектирование подземных сооружений для условий сложившейся городской застройки в силу ряда факторов является одной из наиболее трудных задач геотехники, что и послужило причиной выбора её в качестве иллюстративного примера. Это, на наш взгляд, не снижает общности поставленной проблемы.

Рассматриваемая реальная ситуация включает тоннель диаметром 12 м, сооружаемый на небольшой глубине под зданием, представляющим историческую и архитектурную ценность и не допускающим техногенных осадок. Расстояние по вертикали от фундамента здания до обделки тоннеля составляет примерно 6,5 м. Для обеспечения безопасной проходки основного тоннеля и обеспечения сохранности исторического здания проходится дополнительный тоннель малого диаметра, из которого осуществляется цементация грунта. Зона цементации примерно на 1,2 м превышает ди-

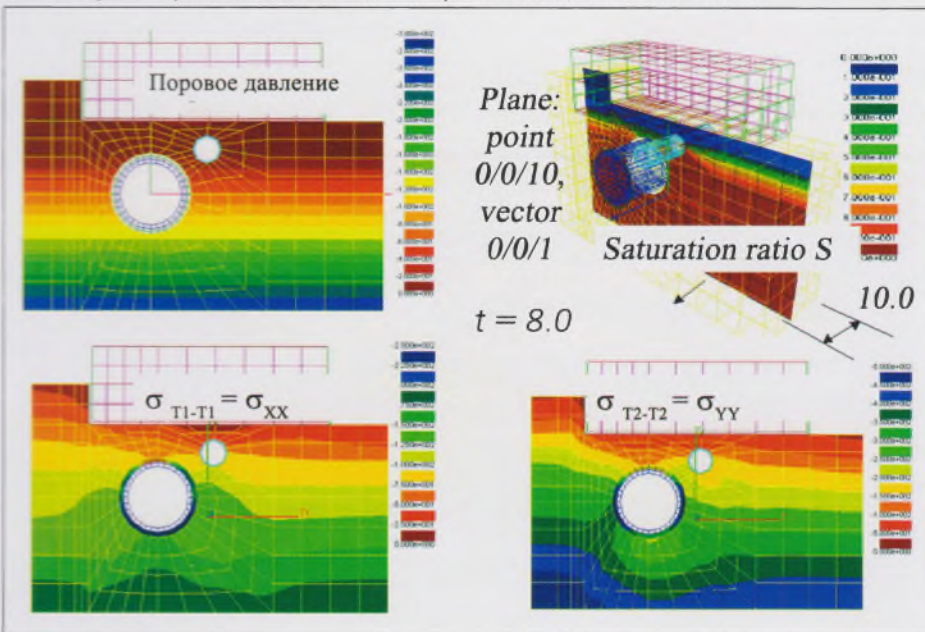
аметр основного тоннеля в проходке. Массив, вмещающий тоннели и являющийся основанием здания, сложен песчано-гравелистым грунтом с модулем деформации $E = 40$ МПа, коэффициентом Пуассона $\nu = 0,3$, коэффициентом фильтрации $k = 0,001$ м/день, углом внутреннего трения $\phi = 38^\circ$, сцеплением $C = 0$, $\gamma = 22$ кН/м³. Уровень грунтовых вод соответствует верху обделки основного тоннеля.

Решение задачи осуществляется с применением программы Z_SOIL PC®. Геометрия рассматриваемой области с основными размерами приведена на рис. 1. Расчётная область включает объёмные шестигранные элементы для моделирования грунтового массива, элементы-оболочки для обделки тоннеля, стен и перекрытий здания и стержневые элементы для колонн. Контакт-элементы моделируют зоны контакта между конструкциями и грунтом. Также специальные фильтрационные контакт-элементы используются на свободных поверхностях обводнённого грунта. Грунт рассматривается в рамках модели Друкера-Прагера, материал конструкций принят линейно-упругим.

Создание расчётной сетки элементов осуществлено в два этапа. Сначала создана разреженная сетка, для которой определяются все существенные компоненты исследования: геометрия расчётной области, начальные и граничные условия, нагрузки, материалы и их свойства, этапы разработки грунта и возведения конструкций и т. д. Именно эта разреженная сетка, с удалёнными для наглядности участками массива за пределами тоннеля по длине под зданием, представлена на рис. 1. В последующем число элементов в сетке увеличивается для достижения оптимальной точности результатов расчёта. Задача решается в двухфазной постановке; одна и та же сетка элементов используется для определения напряжённо-деформированного состояния массива и конструкций и расчёта фильтрации грунтовых вод.

Для моделирования последовательности проходки тоннеля и возведения конструкций в программе Z_SOIL PC® используются так называемые «функции существова-

Рис. 4. Результаты расчёта в изолиниях для центрального по длине сечения тоннеля



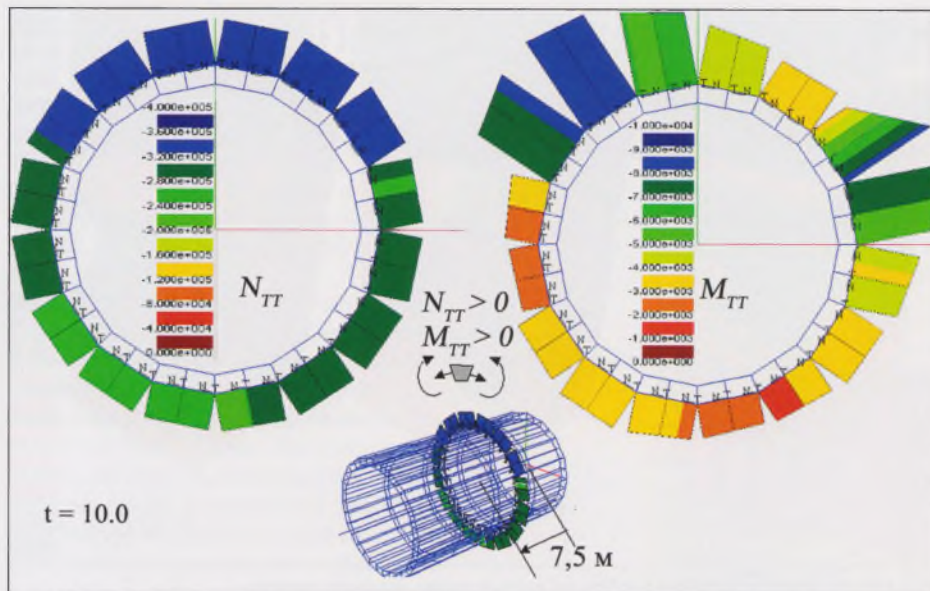


Рис. 5. Нормальные силы и моменты в сечении тоннеля

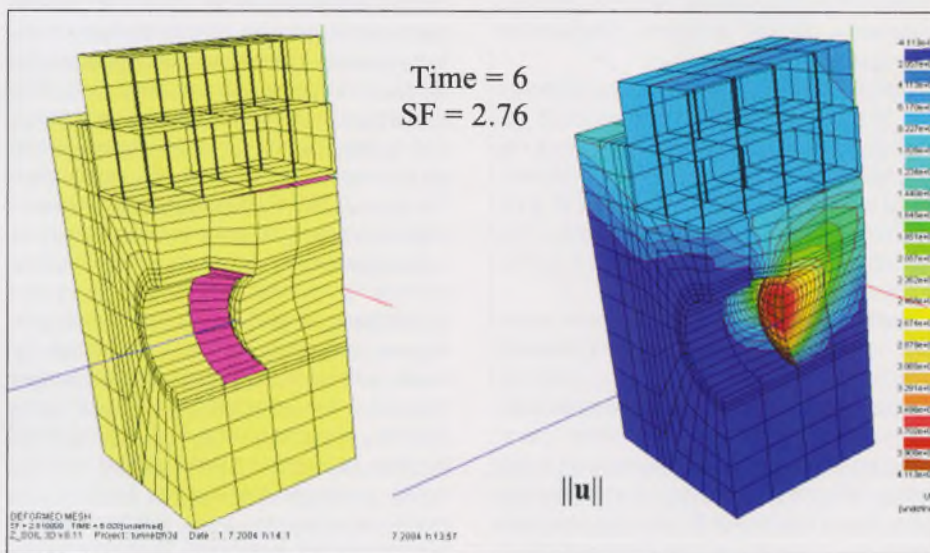


Рис. 6. Механизм разрушения грунтового массива в момент времени «6» при понижающем коэффициенте для С и ϕ SF = 2.76

ния». Аргументом этих функций является время, которое в зависимости от моделируемого процесса трактуется двояко – либо в прямом смысле, при моделировании временно-зависимых процессов консолидации, ползучести и т. д., либо как последовательность событий, составленная из «шагов» по времени. В рассматриваемой задаче последовательность решения была следующей (шаги для краткости изложения укрупнены):

- устанавливалось исходное напряжённое состояние грунтового массива и его фильтрационный режим;

- «возводилось» здание на поверхности (при этом массив нагружался весом здания) и для последующих стадий расчёта приравнивались нулю перемещения узловых точек расчётной схемы; до этого этапа грунтовый массив в пределах всей расчётной схемы считался однородным с исходными свойствами;

- «разрабатывалось сечение» технологического тоннеля малого диаметра, активировались фильтрационные элементы на его кон-

туре и устанавливался режим фильтрации воды в тоннель;

- «бетонировалась» обделка технологического тоннеля;

- осуществлялась «цементация» грунта в зоне проходки основного тоннеля; при этом грунт в зоне цементации прини-

мался водонепроницаемым с $E = 150$ МПа, $C = 5$ КПа, ν и ϕ оставлены без изменения;

- в четыре этапа, заходками длиной по 5 м под зданием осуществлялась «проходка» основного тоннеля с «возведением» обделки после каждого этапа «разработки грунта».

Значения функций существования для участков удалённого грунта приведены на рис. 2 вместе с окном интерфейса пользователя программы Z_SOIL PC®.

Определение устойчивости или коэффициента запаса подземных сооружений в численном моделировании имеет свои особенности. Постепенное увеличение нагрузки до разрушения конструкции здесь не имеет смысла и противоречит физической сути процесса. Наиболее распространённым подходом является снижение прочностных параметров грунта – в нашем случае C и ϕ .

Программа Z_SOIL PC® предоставляет пользователю большой выбор возможностей графического представления результатов расчёта. Некоторые из них проиллюстрированы на рис. 3, 4, 5 и 6. Естественно, представимость результатов можно существенно расширить, проиллюстрировав развитие усилий в элементах конструкций здания на поверхности и т. д.

Рассмотренный пример и накопленный опыт численного моделирования подземных сооружений показывает, что современные методы и программные средства соответствуют требованиям подземного строительства и, как правило, превышают возможности изысканий и исследований по обеспечению проектирования надёжной и качественной исходной информацией по структуре грунтовых массивов и свойствам слагающих их пород. Действующие нормативные документы требуют обновления в части рекомендаций по выбору методов расчёта подземных сооружений и применимых моделей грунтов и конструкционных материалов.

Авторы выражают признательность Швейцарскому Национальному Научному Фонду за финансовую поддержку в рамках проекта SCOPES 2000-2003 # 7SUPJ062290.00

ООО «ТА Инжиниринг» готовит к изданию книгу

«ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ГЕОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

АВТОРЫ:

С. А. Юфин, А. Н. Власов, Е. В. Ламонина, О. К. Постольская, Томас Циммерманн

Издание выйдет в сентябре 2005 г.

За подробной информацией обращаться в издательство:

тел. (095) 929-64-82, 929-66-73

факс: (095) 929-65-48

ТОННЕЛЕСТРОЕНИЕ: ПРОЕКТНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

С. Н. Власов, Г. Г. Баландюк, Тоннельная ассоциация России

Тоннели, метрополитены, различные подземные комплексы и другие подземные сооружения (не связанные с добычей полезных ископаемых) рассчитаны на длительный срок эксплуатации (более 100–150 лет). В течение этого срока они должны удовлетворять требованиям эксплуатационной надежности, обеспечивая безотказность, долговечность, сохраняемость и ремонтпригодность сооружения в целом и его составных частей.

Особенности строительства и эксплуатации тоннельных сооружений

Сооружение тоннелей и других подземных объектов – одна из наиболее технически сложных и трудоемких отраслей современного строительства и, в связи с особой сложностью выполнения ремонтных работ в процессе эксплуатации в подземных условиях, требует самого высокого качества их возведения. Процесс их строительства четко разделяется на два этапа (схема 1).

На первом, наиболее трудоемком, проходят выработки или устраивают котлованы, зачас-

туют в сложных инженерно-геологических условиях и возводят постоянную несущую конструкцию – обделку. На этом этапе решают главную задачу – обеспечение надежности и долговечности конструкций.

На втором этапе построенные тоннели оснащают технологическим оборудованием и устройствами, предназначенными для эксплуатации (электротехническим, сантехническим, средствами связи и автоматики), выполняют гидроизоляционные и архитектурно-отделочные работы.

Задача этого этапа – обеспечение надежной и бесперебойной эксплуатации сооружения.

Поэтому на обоих этапах проектирования и строительства должны тщательно анализироваться и предусматриваться все технические и технологические решения.

Тоннели, являясь в основном протяженными сооружениями, при проходке пересекают различные грунты, начиная от неустойчивых и мягких осадочных и аллювиальных отложений, кончая крепкими скальными грунтами различной трещино-

ватости и устойчивости. Это относится как к тоннелям, пересекающим горные массивы, так и к городским. В последнем случае положение осложняется наличием большого количества подземных коммуникаций и другими особенностями.

При строительстве больших по объему сооружений (подземных камер, залов, комплексов, гаражей) размерами по высоте до 20–25 м и ширине более 50–80 м также приходится пересекать различные по своим характеристикам и обводненности грунты, требующие корректировки конструктивных решений и технологии в процессе строительства.

В ходе горнопроходческих и строительных работ должен постоянно осуществляться геологический и геодезическо-маркшейдерский мониторинг для обеспечения строгого соблюдения внутреннего очертания тоннельной обделки, расположения тоннеля в плане и профиле и наблюдением за состоянием поверхности и находящихся вблизи выполняемых работ наземных зданий, различных сооружений и коммуникаций.

Схема 1

ТОННЕЛИ, МЕТРОПОЛИТЕНЫ,
подземные объекты (не связанные с добычей полезных ископаемых) — капитальные сооружения, рассчитанные на эксплуатацию более 100—150 лет.

ОСОБЕННОСТИ.

Одна из наиболее технически сложных и трудоемких отраслей современного строительства. Процесс сооружения разделяется на два этапа.

I ЭТАП

Проходка выработок, возведение постоянных конструкций.

ЗАДАЧА:

обеспечить безопасность проходки и надежность временных крепей; создать долговечные постоянные конструкции.

II ЭТАП

Функциональная работа построенного тоннеля.

ЗАДАЧА:

обеспечить надежную эксплуатацию подземного сооружения на основе возведенных конструкций, технологических устройств, современного оборудования и подвижного состава.

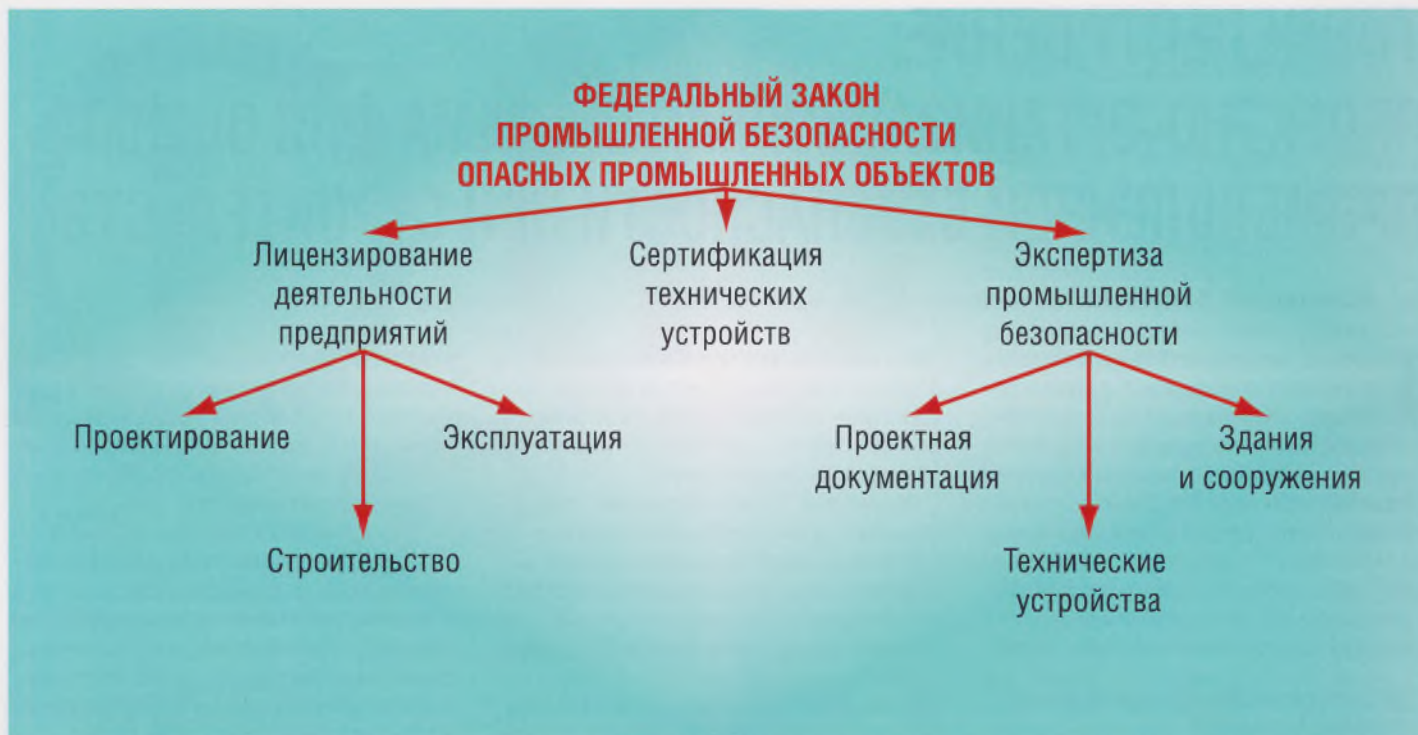


Схема 2

Федеральный закон «О промышленной безопасности»

В 1995 г. в России принят Федеральный закон «О промышленной безопасности». В соответствии с ним определены опасные производства в разных отраслях народного хозяйства, к числу которых относятся и работы в подземных условиях. Как следует из этого документа, строительство тоннелей и подземных сооружений относится к опасным производственным объектам.

В соответствии с Федеральным законом о промышленной безопасности к проектированию и строительству подземных объектов, какими являются строительство тоннелей, предъявляются высокие требования (схема 2). Прежде всего, предприятия, проектирующие, строящие и эксплуатирующие опасные производственные объекты, должны иметь соответствующие лицензии. Применяемые технические устройства должны быть сертифицированы. Одним из обязательных условий принятия решения о начале строительства является наличие положительного заключения экспертизы промышленной безопасности проектной документации органами Ростехнадзора. Исходя из этого требования в проектной документации (ТЭО или Проекта), в проекте организации строительства должны быть специальные разделы, отражающие основные положения и требования к промышленной безопасности при строительстве тоннеля или подземного объекта и его противопожарной защите.

Для того чтобы начать выполнять Закон РФ о промышленной безопасности, Управлением по надзору в Горнорудной промышленности Ростехнадзора и Тоннельной ассоциацией России в 1999 г. были разработаны «Временные методические указания» по разработке раздела «Техниче-

ская (промышленная) безопасность», которые начали применять при разработке проектной документации на строительство тоннелей и подземных сооружений. Ростехнадзор утвердил их 30 июля 1999 г. Этот документ является организационной системой, а его содержание предусматривает ряд положений, на основе которых в разделе ПОС «Промышленная безопасность» должны быть разработаны мероприятия, решающие вопросы безопасного ведения работ и которые должны учитываться при разработке рабочих чертежей, проектов производства работ, технологических карт, аварийных планов и т. п. (схема 3).

К числу основных положений этой системы относятся:

- оценка инженерно-геологических условий строительства тоннеля или подземного сооружения. Указания о возможных геологических аномалиях в зоне строительства (разломы, карсты, водоносные включения; прорывы плывуна, горные удары и прочее). Соответствие границ зоны возможных деформаций горноотводному участку;

- достаточность прочности и устойчивости временных крепей при производстве работ до возведения постоянных конструкций;

- оценка применяемых технологических процессов при строительстве подземного сооружения с указанием основных мер безопасности и возможных аварийных ситуаций;

- перечень зданий, сооружений и инженерных коммуникаций, попадающих в зону возможных деформаций. Оценка мер по предупреждению деформаций и разрушений существующих зданий, сооружений и коммуникаций;

- заключение о степени воздействия (опасное, безопасное) основных технологических процессов;

- перечень опасных производственных объектов, располагающихся вдоль трасы или в зоне строительства подземного объекта (химические заводы, бензоправочные станции, склады огнеопасных материалов и др.). Оценка их возможного влияния на сооружаемый объект;

- обеспечение пожарной безопасности в процессе производства строительно-монтажных работ и ряд других вопросов.

На разработанные разделы ПОСа «Промышленная безопасность» и «Противопожарная защита» проводится экспертиза в соответствии с «Временными методическими указаниями» и составляется «Заключение экспертизы», которое утверждается или отклоняется Ростехнадзором для последующей доработки. При этом раздел «Противопожарная защита» должен быть согласован начальником военизированного горноспасательного отряда.

Организация работы по экспертизе

Для возможности проведения экспертизы промышленной безопасности проектируемых и строящихся тоннелей и подземных сооружений Тоннельная ассоциация России имеет лицензию Ростехнадзора, дающую право на деятельность о проведении экспертизы промышленной безопасности проектной документации на строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте зданий и сооружений иных документов, связанных с эксплуатацией опасных производственных объектов.

Непосредственно экспертиза проводится экспертами из разных регионов России, высококвалифицированными членами Научно-технического экспертного совета Тоннельной ассоциации России, которые име-

ют соответствующие удостоверения Ростехнадзора и аттестованы Ассоциацией горно-экспертных центров в качестве экспертов по промышленной безопасности.

Руководящими документами, прочно вошедшими в практику нашей работы при экспертизе промышленной безопасности, являются: «Временные методические указания» по разработке раздела «Промышленная безопасность» в проектной документации на строительство тоннелей и подземных сооружений, утвержденные Госгортехнадзором; Правила безопасности при строительстве подземных сооружений ПБ 03-428-02; порядок применения технических устройств на опасных производственных объектах и другие документы.

Учитывая постоянные недоработки в поступающей на экспертизу проектной документации, и, в первую очередь, раздела ПОС «Промышленная безопасность», Тоннельной ассоциацией России в июле 2004 г. разработаны «Рекомендации по разработке разделов «Промышленная безопасность» и «Противопожарная защита» при прокладке и перекладке подземных коммуникаций, которые были

обсуждены ГУП «Мосинжпроект» и встретили взаимопонимание.

Эти нормативные документы представляют систему, позволяющую в полном объеме оценивать возможности безопасного возведения подземного объекта, отслеживать вопросы необходимых согласований, давать направление для составления проектов производства работ, регламентов, инструкций и т. п. Это позволило экспертам Тоннельной ассоциации осуществлять экспертизу промышленной безопасности по ряду крупных тоннельных объектов. К их числу относятся тоннели метрополитена, автодорожные тоннели, такие как Гагаринский, Лефортовский, Серебряноборские тоннели, тоннели зоны «Размыв» в Санкт-Петербурге, реконструкция тоннелей на линии Абакан – Тайшет, прокладка коммунальных коллекторов с применением микротоннелепроходческих комплексов и других объектов. В тоже время, при разработке заключений экспертизы промышленной безопасности, Тоннельная ассоциация получает от проектных организаций документацию, зачастую не в полной мере отвечающую требованиям Временных методических указаний.

К числу недостатков разрабатываемой проектной документации относятся: отсутствие расчетов крепей и временных ограждающих конструкций, подземных выработок, траншей, котлованов; отсутствие оценки применяемых технологических процессов; отсутствие проектов наблюдательных станций за возможными деформациями зданий, сооружений на земной поверхности в процессе ведения подземных работ и сведений о геодезическо-маркшейдерской сети; не конкретизируются основные положения по вентиляции и энергобезопасности; не в полной мере отражены вопросы безопасности при рельсовом и автомобильном транспорте; в ряде случаев отсутствует документация по пожарной безопасности. Это приводит к необходимости доработки проектов. В ряде случаев даются отрицательные заключения. Ростехнадзор справедливо предъявляет повышенные требования к содержанию разделов проекта «Промышленная безопасность». В Научно-техническом экспертном совете Тоннельной ассоциации России за период с 2002 по 2005 гг. (на январь) было выполнено 84 экспертизы промышленной безопасности проектной документации на строительство тоннелей и других подземных сооружений.

Эти заключения были представлены и утверждены в соответствующих территориальных органах Ростехнадзора.

Очередная аттестация экспертов Тоннельной ассоциации России, членов Научно-технического экспертного совета, осуществляющих экспертизу промышленной безопасности опасных производственных объектов, была проведена в конце 2002 г.

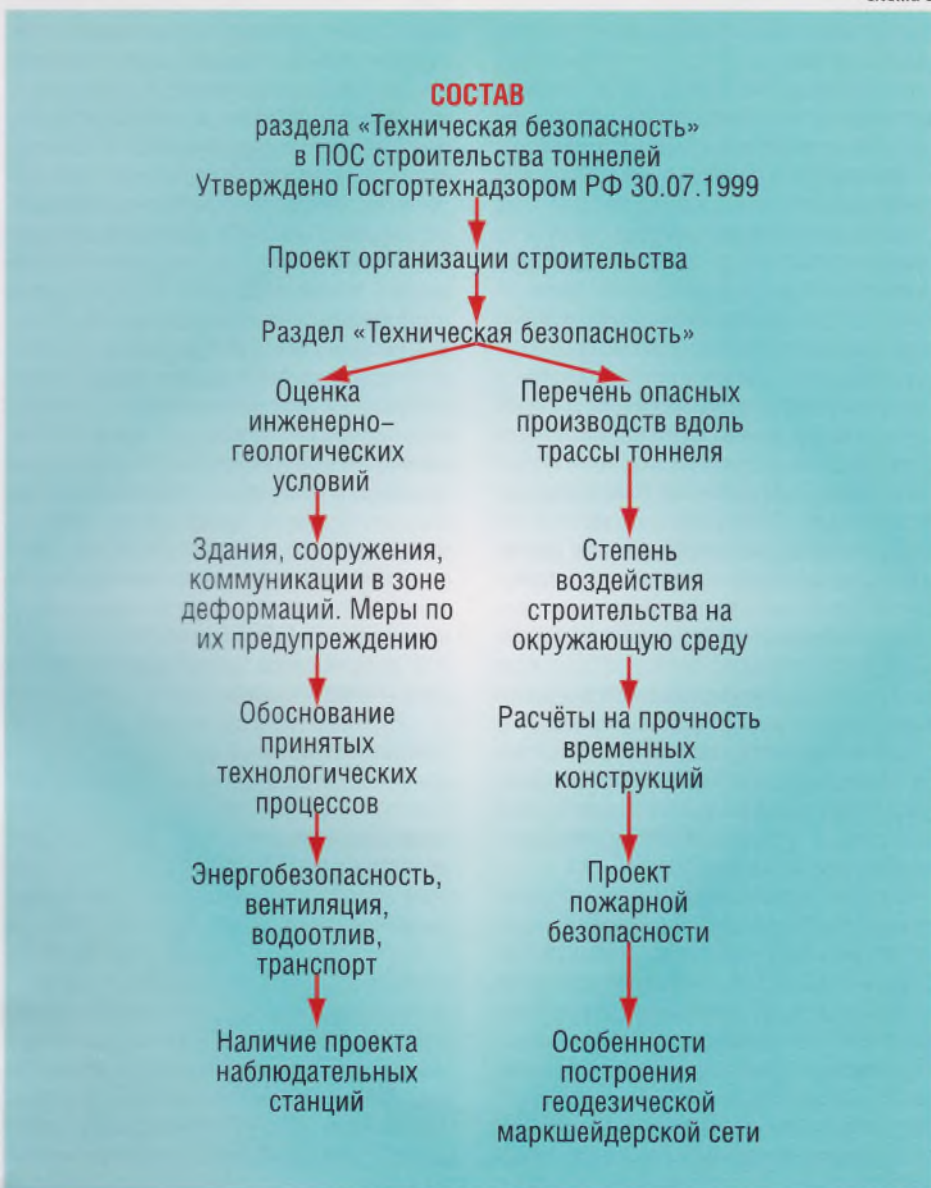
Аттестационная комиссия Ростехнадзора и НО «АГЭЦ» (Ассоциация горно-экспертных центров) протоколом № 26 от 19.12.2002 аттестовала 12 экспертов ТАР (Москва, Санкт-Петербург, Тула, Новосибирск и др.).

Если говорить о качестве представляемой на экспертизу промышленной безопасности проектной документации, следует отметить, что из 15 экспертиз, выполненных в 2003 г., два заключения были отправлены на доработку с отрицательным решением. Эти экспертизы были доработаны по указанным замечаниям, и на них были выданы положительные заключения. В процессе разработки 32 экспертиз промышленной безопасности проектной документации, выполненных в 2004 г., 75 % из них также было отправлено на доработку в соответствующие проектные организации (без принятия отрицательного решения), а затем утверждены.

Одновременно с проведением экспертизы промышленной безопасности Тоннельная ассоциация проводит большую работу, составляя заключения по выдаче разрешений на применение технических устройств на опасных производственных объектах.

Все это дает широкие возможности Тоннельной ассоциации быть в курсе вопросов по возведению тоннельных и подземных сооружений в России, всемерно содействовать их успешному строительству.

Схема 3



НЕОБХОДИМОСТЬ КОРРЕКТИРОВКИ АЭРОИОННОГО ФОНА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ МЕТРОПОЛИТЕНА

А. П. Ледяев, первый проректор ПГУПС, д. т. н., профессор
К. К. Ким, зав. кафедрой, д. т. н., профессор ПГУПС
Г. Л. Спичкин, к. т. н., генеральный директор «МЭЛП»
Е. К. Чистов, к. т. н., ведущий научный сотрудник «МЭЛП»

По данным лаборатории микроклимата Санкт-Петербургского метрополитена в его ведении до последнего времени насчитывалось около 2 тыс. производственных помещений с неблагоприятными параметрами воздушной среды, в которых, наряду с запыленностью, высоким бактериальным фоном, повышенным уровнем органических загрязнителей – продуктов жизнедеятельности человека, практически отсутствуют легкие аэроионы.

Исследования, проведенные в 70-е гг. прошлого века специалистами Тартуского государственного университета, Ленинградского санитарно-гигиенического института им. Мечникова, Московского института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР и ряда других организаций, позволили сравнить основные показатели аэроионного состава воздуха в естественных условиях (лес, морское побережье, горы) с аналогичными показателями воздуха в производственных помещениях, а также выявить основные причины, влияющие на концентрацию и состав аэроионов в различных условиях. В ходе исследований было доказано отрицательное влияние на самочувствие персонала недостатка концентрации аэроионов в воздухе рабочей зоны производственных помещений.

Что же означает понятие «оптимальный аэроионный состав», каковы его основные параметры? В соответствии с санитарными нормами СанПин 2.2.4 1294-03 «Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений» как для положительных, так и для отрицательных ионов нормируются следующие величины:

- минимально необходимая концентрация – 400 см³,
- максимально допустимая – 5×10^4 см³,
- оптимальная – порядка 300 см³.

При этом коэффициент униполярности, т. е. отношение концентрации положительных ионов к концентрации отрицательных ионов, должен находиться в пределах 0,4–1,0.

При классификации аэроионов по подвижности оперируют понятиями «легкие», «средние», «тяжелые» и «сверхтяжелые» аэроионы. Их подвижность зависит от массы: чем она больше, тем меньше скорость дрейфа иона в электрическом поле. Санитарные нормы регламентируют концентрации только «легких» аэроионов с подвижностью, превышающей 1 см²/(В·с).

В естественных условиях генерация легких аэроионов обусловлена, в основном, солнечной радиацией. Процесс генерации уравновешен взаимной нейтрализацией положительных и отрицательных ионов, одним из основных механизмов которой считается ион-ионная рекомбинация. Аэроионный состав воздуха в естественных условиях находится в постоянном динамическом равновесии. Обычно интенсивности генерации и взаимной нейтрализации таковы, что концентрации как положительных, так и отрицательных аэроионов составляют 10^3 – 10^4 см³, что примерно соответствует «оптимальному» аэроионному составу воздуха, рекомендуемому санитарными нормами.

В производственных и общественных зданиях, где генерация аэроионов за счет природных факторов практически сведена к минимуму, отмечаются крайне низкие концентрации ионов обоих знаков. Как правило, значения концентраций ионов не превышают 10^2 – 2×10^2 см³, а в пасмурную погоду или в темное время суток – 20–50 см³. Еще ниже концентрация аэроионов оказывается в тех помещениях, в которые воздух поступает через системы приточной вентиляции или через системы кондиционирования, снабженные многоступенчатыми фильтрами – в этом случае происходит полная или частичная деионизация воздуха. Типичными примерами являются помещения метрополитена, расположенные глубоко под землей (диспетчерские и пультовые помещения, комнаты отдыха, реабилитации и психологической разгрузки персонала), частично или полностью герметизированные кабины некоторых транспортных средств, «чистые комнаты» микроэлектронного производства, гермозоны с искусственной средой обитания, некоторые помещения медицинского назначения, медицинской и фармацевтической промышленности.

Поэтому как для формального соблюдения соответствующих санитарных норм, так и реального улучшения экологии воздушного пространства в производственных и общественных помещениях необходимо искусственное повышение уровня ионизации в воздухе рабочей зоны с помощью ионизаторов до значений, рекомендуемых СанПин 2.2.4. 1294-03.

В настоящее время как отечественной, так и зарубежной промышленностью выпу-

скается большое количество ионизаторов, основанных на применении газового разряда коронного типа. Однако в своем подавляющем большинстве эти ионизаторы генерируют ионы сугубо одного знака, а именно, отрицательные ионы.

В настоящее время только две фирмы в России производят биполярные ионизаторы воздуха, разрешенные к применению, – это фирма «Сапфир» (г. Казань) и Петербургский государственный университет путей сообщения (ПГУПС) совместно с ЗАО «МЭЛП» (Санкт-Петербург). Биполярные ионизаторы «Янтарь-5А» фирмы «Сапфир» – малогабаритные недорогие ионизаторы с зоной действия 2–4 м, имеющие подстройку по концентрации генерируемых ионов, два режима работы, различающиеся по интенсивности. Точечные источники коронного разряда игольчатого типа, используемые в этих ионизаторах, имеют меньший ресурс работы по сравнению с излучателями типа «провод – провод» или «провод – плоскость». Кроме того, для получения потока ионов с той же интенсивностью, что и при использовании распределенных излучателей, напряженность электрического поля на коронирующем электроде игольчатой формы должна быть существенно выше, чем на коронирующем электроде протяженной конфигурации. Последнее обстоятельство приводит к увеличению интенсивности генерации «вредных» продуктов плазмохимических реакций – озона и окислов азота с последующим их накоплением в производственном помещении в условиях отсутствия принудительной вентиляции.

В номенклатуре производимых ПГУПС и ЗАО «МЭЛП» ионизаторов воздуха имеются стационарные (для встраивания в приточную вентиляцию) и переносные (для корректировки аэроионного состава воздуха в отдельных рабочих зонах) биполярные ионизаторы (рис. 1). На генераторы биполярных ионов имеется Санитарно-эпидемиологическое заключение Госсанэпиднадзора РФ № 78.01.06.486. П.003896.08.04.

В основу разработки данных ионизаторов положены следующие принципы:

- возможность регулировки выходного напряжения высоковольтного источника питания для получения минимального превышения величины напряжения на электродах над величиной, при которой зажигается коронный разряд в системе электродов используемой конфигурации;

- воздействие на электроды знакопеременными импульсами высокого напряжения «короткой» длительности;
- разделение в пространстве и во времени ионных сгустков разной полярности, выносимых из газоразрядного промежутка;
- независимая регулировка длительностей генерации ионных сгустков каждой полярности;
- возможность регулировки длительности паузы между окончанием генерации ионных сгустков одной полярности и началом генерации ионных сгустков другой полярности;
- регулировка частоты генерации ионных сгустков каждой полярности;
- регулировка расхода ионизированного воздуха;
- использование для выноса ионизированного воздуха из газоразрядной области вентиляторов с пониженным уровнем шума;
- возможность использования экранных масок на выходе ионных потоков из ионизатора,
- экранирование областей, в которых формируются газоразрядные процессы, от внешней среды.

Для реализации этих принципов в описываемых ионизаторах используются коронирующие электроды типа «провод – плоскость» с радиусом электрода порядка 0,1 мм, что обеспечивает, с одной стороны, относительно низкое напряжение зажигания коронного разряда, а, с другой – достаточно высокую механическую прочность электродов. Амплитуда воздействующего напряжения на коронирующих электродах устанавливается на уровне 7,2–7,5 кВ, т. е. превышает напряжение зажигания коронного разряда в $K = 1,05–1,1$ раза. При данном соотношении контролируемый с помощью газоанализаторов выход «вредных» продуктов плазмохимических реакций (озона и окислов азота) в потоке выносимого ионизированного воздуха, а также в воздухе рабочей зоны не превышает уровня фоновых значений (0,1 ПДК) как в начале работы ионизатора, так и спустя 8 часов.

Благодаря экранировке со всех сторон коронирующего электрода заземленными сплошными или сетчатыми электродами величина электромагнитного поля вне ионизатора в непосредственной близости от него существенно ниже предельно допустимых значений.

Длительность импульсов воздействующего напряжения не превосходит 0,1 мс. Существенное превышение указанной длительности приводит к потере значительной части ионов вследствие их дрейфа под действием электрического поля на заземленный электрод и снижению эффективности выноса ионов в область рабочей зоны.

Разделение в пространстве и во времени ионных сгустков различной полярности в зоне генерации обеспечивает уменьшение скорости разнополярных ионов вследствие их взаимной рекомбинации. Регулировкой длительностей генерации ионов каждой полярности устанавливается оптимальный коэффициент униполярности

0,6–1,0 на выходе ионизатора, а регулировкой частоты генерации ионных сгустков варьируется заданное значение концентрации ионов каждого знака.

Поскольку расход воздуха через ионизатор, а точнее, скорость воздуха, проходящего через газоразрядную зону, определяет эффективность выноса ионов из газоразрядного пространства, то в блок питания вентиляторов была дополнительно введена регулировка, обеспечивающая возможность варьирования расхода воздуха в пределах 0,4–1,0 от максимального значения. При максимальном расходе в отсутствии внешних возмущающих воздушных потоков концентрация ионов, превышающая минимально допустимые значения, регистрируется на расстоянии около 5 м от ионизатора.

Использование экранных масок – перфорированных заземленных металлических пластин с коэффициентом «живого сечения» 0,01–0,001 позволяет иметь оптимальные значения концентрации ионов обоих знаков в непосредственной близости от ионизатора – в пределах до 0,5 м.

Достаточно глубокая регулировка интенсивностей ионных потоков позволяет расширить диапазон расстояний, на котором ионизаторы могут быть удалены от потребителя, от 0,2 до 5 м, причем в произвольной точке пространства может быть установлена заданная концентрация ионов каждого знака. Последнее обстоятельство позволяет использовать данные ионизаторы в качестве нейтрализаторов наведенного статического заряда. С помощью генераторов ГБИ можно производить нейтрализацию наведенного заряда без перекомпенсации (изменения полярности его потенциала на противоположный) за достаточно короткое время – в пределах 10–30 с, доводя величину потенциала наведенного заряда до уровня ± 10 В.

При использовании переносных ионизаторов область заполнения пространства ионами представляет собой слабо расходящийся конус с вершиной у ионизатора. Расходимость конуса обусловлена турбулентным характером воздушного потока, выходящего из ионизатора. Концентрация ионов падает по мере удаления от оси конуса к периферии: при отклонении на угол 15° значение концентрации ионов падает в 2–3 раза относительно значения концентрации на оси конуса; при отклонении на угол 30° имеет место снижение концентрации ионов в 4–6 раз.

Для заполнения значительного объема пространства рабочей зоны ионизированным воздухом необходимо иметь ионизаторы с большой апертурой – развитой излучающей поверхностью, встраиваемые в системы подачи очищенного воздуха и распространяющие ионизированный воздух в помещении с помощью ламинарных потоков. Для этой цели были разработаны стационарные ионизаторы с площадью излучающей поверхности единичной секции 0,2 м², встраиваемой в системы тонкой очистки



Рис. 1. Переносной генератор биполярных ионов ГБИ-01 с выносным пультом управления

воздуха «Лада» с соблюдением всех упомянутых ранее физико-технических принципов.

Как стационарные, так и переносные ионизаторы характеризуются исключительно малым энергопотреблением. Собственно источник формирования коронного разряда, унифицированный для всех моделей ионизаторов, потребляет не более 5 Вт; дополнительное энергопотребление обусловлено использованием вентиляторов в переносных ионизаторах (каждый вентилятор потребляет не более 6 Вт).

Ионизаторы дополнительно снабжены функцией, позволяющей генерировать ионы одного знака, что бывает необходимо при решении некоторых технологических задач, например, для нанесения заряда с заданной плотностью на диэлектрические объекты.

При проектировании систем приточно-вытяжной вентиляции производственных и общественных помещений с использованием биполярных ионизаторов при выборе расхода вентилируемого воздуха необходимо учитывать время гибели ионов вследствие ион-ионной рекомбинации. Характерное время рекомбинации положительных и отрицательных ионов $\tau = 1/\beta n$ при примерно одинаковой концентрации положительных и отрицательных ионов n составляет около 1 мин. при концентрации ионов на уровне 10^4 см⁻³ и около 10 мин. при концентрации ионов на уровне 10^3 см⁻³ (коэффициент ион-ионной рекомбинации для воздуха при атмосферном давлении $\beta = 2 \cdot 10^{-9}$ см³/с).

Только при обеспечении оптимального аэроионного состава могут быть соблюдены гигиенические требования к условиям и организации труда диспетчеров, машинистов поездов и другого обслуживающего метрополитен персонала по показателям микроклимата, воздуха рабочей зоны и фона допустимых уровней электростатических полей.




ВЕНТПРОМ

АРТЕМОВСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

ВЕНТИЛЯТОРЫ

- ⊗ для вентиляции тоннелей и станций метрополитенов;
- ⊗ для вентиляции угольных шахт, в том числе, опасных по газу и пыли;
- ⊗ для проветривания тупиковых выработок шахт;
- ⊗ для удаления метановоздушных смесей из шахт.

А также вентиляционное оборудование для предприятий горной, металлургической, химической, энергетической, целлюлозно-бумажной промышленности и народного хозяйства.

Выпускаемая продукция имеет сертификаты соответствия по системе ГОСТ Р, гигиенические сертификаты на соответствие санитарно-гигиеническим нормам, разрешения Госгортехнадзора России на применение на угольных шахтах и рудниках опасных по газу и пыли.

623785, Свердловская область, г. Артемовский, Садовая, 12

Телефон: (34363) 3-18-75, 3-24-35, 3-13-19, 3-27-18

Web: www.ventprom.com

КОНВЕЙЕРЫ

➤ для транспортирования калийных солей, горной массы, строительных материалов в подземных условиях и на поверхности.

ПЫЛЕУЛОВИТЕЛИ

⊗ для очистки воздуха сухим и мокрым способом.

ССТ

Специальная строительная техника

ЗАПЧАСТИ

ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПО СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ:

ФОРСУНКИ (JET-1, JET-2), БУРОВЫЕ ШТАНГИ,
МОНИТОРЫ И ДР.

Контакты: тел./факс: (3422) 19-61-45

WWW.CCT.PERM.RU

e-mail: cct@perm.ru

КОНЦЕРН «КРЮКОВСКИЙ ВАГОНЗАВОД»



КРУПНЕЙШИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ УКРАИНЫ

Разрабатывает и производит эскалаторы собственной конструкции:

- поэтажные: с высотой подъема от 3 до 6 м;
- тоннельные: с высотой подъема от 15 до 45 м с различным исполнением балюстрад

39621, Украина, г. Кременчуг, ул. Ивана Приходько, 139

тел: +38 (0536) 76-94-74; 76-93-13

факс +38 (0532) 50-14-21

e-mail: kvsz@kvsz.com

www.kvsz.com

WIRTH

NFM

TECHNOLOGIES

WIRTH GROUP

ТПМК для всех типов грунтов

**ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ С ГРУНТОПРИГРУЗОМ.
ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ С ГИДРОПРИГРУЗОМ.
У НАС ЕСТЬ ВСЕ!**

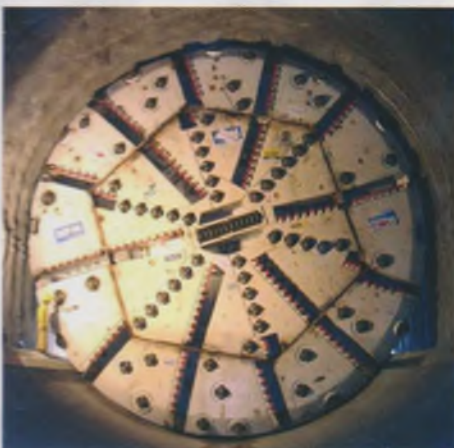
Крупнейший в мире тоннелепроходческий комплекс с бентонитовым пригрузом диаметром 14,87 м и массой 3100 т успешно завершил проходку тоннеля длиной 7,5 км под голландским массивом Грене Харт за 20 месяцев. Наилучшая скорость проходки – 500 м в месяц.



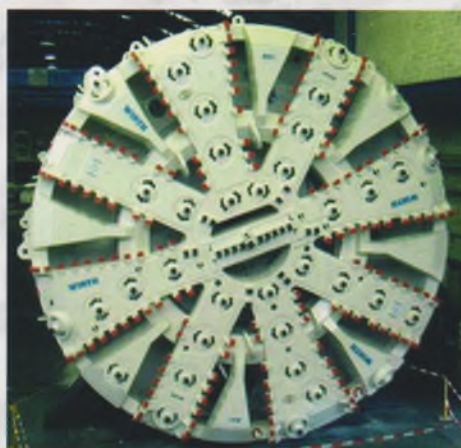
Штаб-квартира в Эр-келенце, Германия (200 тыс. м²)



Завод НФМ в Ле Крезе, Франция (38 тыс. м²)



Метро в Барселоне. Самый большой ТПКМ в мире с двумя способами проходки, как с открытым забоем, так и с грунтопригрузом. Диаметр – 12 м.



Завершение проходки ж/д тоннеля под Ла Маншем длиной 2х4,7 км. Применялись два ТПКМ диаметром 8,16 м. Лучшая скорость проходки – 930 м в месяц.

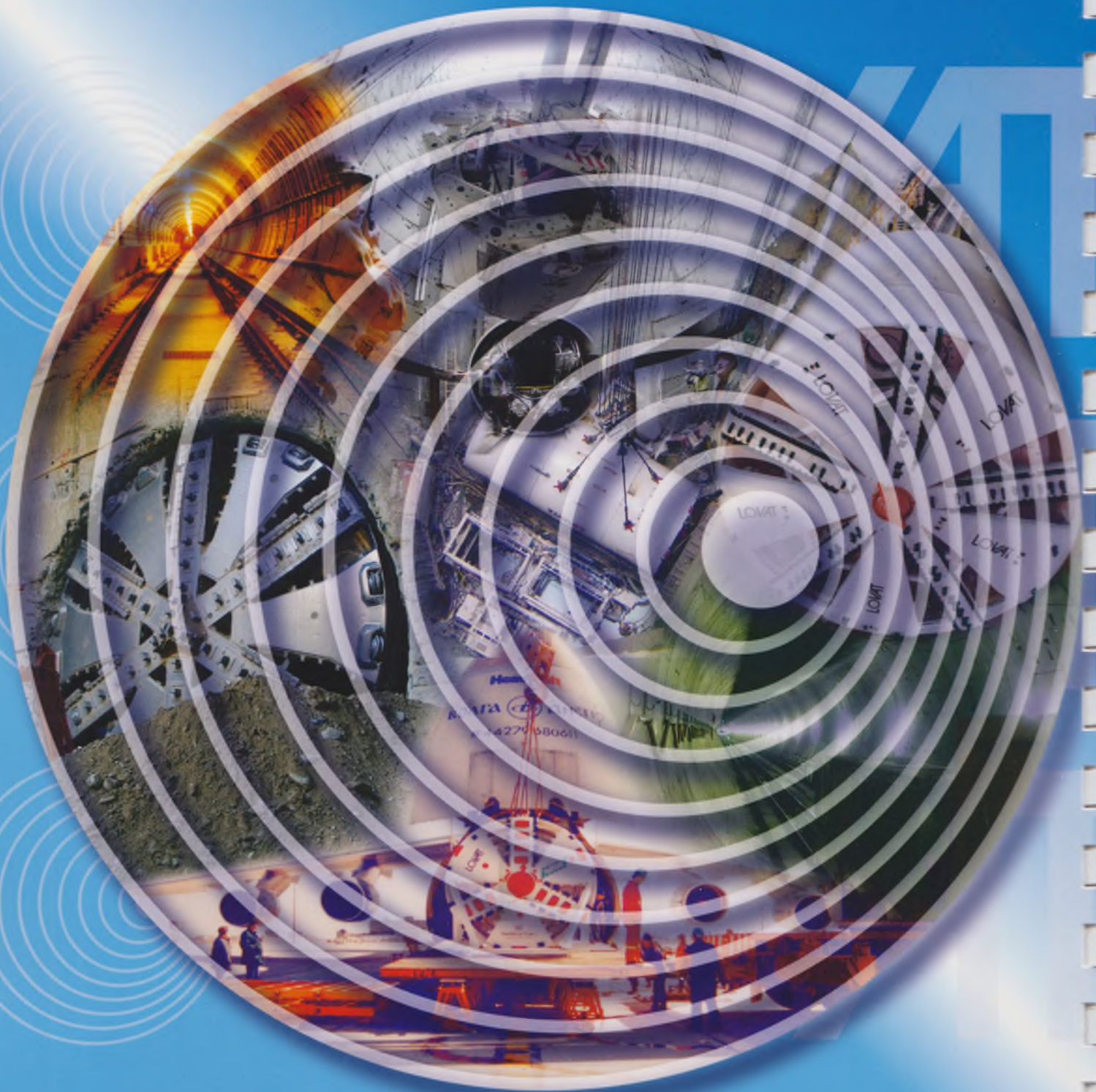


Успешное завершение проекта Вал Вилола, Италия. Длина тоннеля 18 км. Применялся телескопический ТПКМ диаметром 3,6 м. Среднемесячная скорость проходки – 1000 м.

Wirth Maschinen – und Bohrgerate-Fabrik GmbH

Генеральный представитель в России М. М. Орданский:
тел.: (095) 929-6574, тел/факс: (095) 929-6548, e-mail: ecodrill@zmail.ru

Тоннелепроходческие комплексы



Ловат Инк. представлен в России

«Интерторг Инк.»: 123056, Москва, Грузинский пер., 3, оф. 63

тел.: (095) 250-0367, 254-2008, 254-6924, 254-3162

факс: (095) 253-9771

