



САМАЯ СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ

Фирма «Херренкнехт АГ» является признанным лидером среди фирм-производителей тоннелепроходческих комплексов для строительства транспортных тоннелей и прокладки городских коммуникаций диаметром от 1,5 до 16 м во всем спектре инженерно-геологических и гидрогеологических условий. В производственную программу фирмы входит изготовление машин с активным пригрузом забоя (с гидропригрузом или грунтопригрузом), щитов с открытым забоем с экскаваторным или фрезерными рабочими органами, комплексов в щитовом или комбайновом исполнении (в том числе с грипперами) одинарного или двойного типов.



ТПМК для строительства сервисного тоннеля в Серебряном Бору, Москва



ТПМК для строительства метрополитена в г. Алматы, Казахстан



ТПМК для строительства Митинско-Строгинской линии, Москва



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) 495 462 38 78
факс: (+7) 495 462 57 44

Средствители журнала

Тоннельная ассоциация России
Московский метрополитен
Московский метрострой
Мосинжстрой

Редакционный совет

Председатель совета

А. А. Брежнев

Заместители председателя:

Д. В. Гаев, С. И. Свирский

Члены совета:

А. П. Абрамчук, В. Н. Александров,
В. М. Абрамсон, В. А. Бессолов,
П. Г. Василевский, С. М. Воскресенский,
А. А. Гарюгин, Б. А. Картозия,
Э. 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,
А. М. Голицынский, С. Г. Гринько,
А. А. Демешко, А. И. Долгов,
Г. Г. Дубченко, О. В. Егоров,
С. Г. Елгаев, А. В. Ершов,
Э. 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. Пуголов,
Э. П. Самойлов, А. А. Севастьянов,
П. К. Тимофеев, Б. И. Федунец,
Ю. А. Филонов, Ш. К. Эфендиев

Главный редактор

С. Н. Власов

Тоннельная ассоциация России

тел.: (495) 208-8032, 208-8172

факс: (495) 207-3276

www.tar-rus.ru

mail: rus_tunnel@mtu-net.ru

Издатель

ООО «ТА Инжиниринг»

Лицензия ИД № 04404

тел.: (495) 797-5851, 775-9934

факс: (495) 797-5851

127051, Москва,

Цветной бульвар, 17, оф. 215

e-mail: metrotunnels@gmail.com

Генеральный директор

О. С. Власов

Редактор

М. Сандул

Компьютерный дизайн и верстка:

А. В. Попов

Фотографы:

А. В. Попов, М. Б. Брилинг

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов

разрешена только с письменного

разрешения издательства

© ООО «ТА Инжиниринг», 2006

№ 5 2006

Панорама

2

В Тоннельной ассоциации России

4

Технологии

Серебряноборские тоннели в Москве:

технологии сооружения межтоннельных сбоек

8

Б. В. Казанцев, О. А. Аверьянов,

В. Е. Меркин, Г. О. Смирнова, В. Г. Голубев

Метрополитены

Источники света на основе светоизлучающих диодов

14

В. А. Курышев

Сбережение электроэнергии с помощью мощных
молекулярных накопителей

18

В. Я. Пахомов, Г. И. Криштафович, Е. Н. Алексеев

Щитовая проходка

Лондон: продолжение Доклендской линии

легкого рельсового транспорта (ЛРТ)

20

Проходка тоннелей в слабоустойчивых грунтах.

Определение параметров мутьды осадок

земной поверхности

24

Л. В. Маковский, Фам Ань Туан

В порядке обсуждения

Овальное сечение автодорожного тоннеля:

возможно ли добиться этого при щитовой проходке?

26

В. А. Субботин, Р. И. Касапов

Новое направление и способ исследования в области

внутреннего строения Земли

28

А. А. Сухостат

Геомеханика

Станция «Алматы» Алматинского метрополитена.

Применение методов математического моделирования

при расчете вестибюля

30

М. Г. Зерцалов, Д. В. Устинов, В. Е. Меркин,

Е. В. Щекудов, М. Т. Укшебаев, К. К. Нурмаханбетов

Система «крепь — грунтовый массив». Численный анализ

напряженно-деформированного состояния

с учетом технологии проходки тоннеля

36

Ю. С. Фролов, Ю. А. Мордвинков

Мониторинг напряженно-деформированного состояния

станции «Полянка» в Москве

34

В. В. Чеботаев, Е. В. Щекудов, А. А. Кубышкин,

Л. А. Воробьев, А. М. Страхов, Д. А. Мосолов

Памятные даты

140 лет Русскому техническому обществу

38

СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ:

ТПМК фирмы «Херренкнехт»
успешно завершил проходку
двух тоннелей
в Серебряном Бору в Москве

МОСМЕТРОСТРОЙ ВЫИГРАЛ ТЕНДЕР ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ТОННЕЛЯ В ТУРЦИИ

Б. И. Яцков, главный инженер

Н. П. Кислов, зам. начальника технического отдела ОАО «Мосметрострой»

Консорциум в составе ОАО «Мосметрострой», Ингеокома и двух турецких строительных фирм Alke и STFA стал победителем тендера министерства природных ресурсов Турции на сооружение тоннеля под проливом Босфор. Реализация проекта стоимостью 120 млн долларов будет осуществляться за счет средств японского банка Международного сотрудничества.

Мосметрострой давно начал искать пути выхода на зарубежный строительный рынок. Регулярно велись переговоры с иностранными партнерами. И вот первый реальный положительный результат. И здесь немалую роль сыграли более выгодное предложение по цене и богатый опыт строительства метрополитена, т. к. технология сооружения тоннеля под Босфором аналогична технологии проходки тоннелей метро.

Гидротехнический тоннель длиной 5,6 км является частью прокладываемого водопровода из азиатской части Турции в европейскую до Стамбула протяженностью 156 км и расположенного на северо-востоке страны.

Стамбул, где в настоящее время проживает свыше 16 млн человек, испытывает нехватку питьевой воды. Поэтому правительство этой страны приняло решение русло реки Милен, впадающей в Черное море и протекающей по малонаселенной местности, заключить в трубопровод, а ее хрустально чистую воду использовать для нужд населения.

Метрострой совместно с Ингеокомом будет осуществлять только щитовую проходку наиболее сложного участка этого гидротехнического тоннеля, основная часть которого пролегает под проливом Босфор, внутренним диаметром 5,1 м и длиной 3,4 км с возведением сборной железобетонной обделки. Все остальные процессы – обустройство строительных площадок, буровзрывные работы на других участках, последующее внутреннее обустройство тоннеля, поставку техники и оборудования для него, их сборку будут осуществлять турецкие партнеры.

Для проходки тоннеля Мосметростроем фирме «Херренкнехт» заказан тоннелепроходческий комплекс диаметром 6,0 м с грунтопригрузом. В течение по-

лугода он должен быть изготовлен и поставлен.

Гидрогеологические условия по трассе тоннеля крайне сложные. На этом участке гористая местность и преобладают в основном скалистые породы с большим количеством трещин и разломов. Возможен и большой приток грунтовых вод, особенно в районе пролива. К сожалению, геология здесь до конца не изучена. Предварительные исследования получены из разных источников. Поэтому в период проходки перед щитом придется постоянно производить разведочное бурение скважин на глубину от 40 до 100 м, чтобы не столкнуться с какими-нибудь непредвиденными трудностями. Для этих целей щит будет оборудован, как минимум, двумя буровыми станками. В случае обнаружения большого водопритока планируется проводить откачку воды с последующей цементацией для укрепления грунтов и снятия водопритока.

Участок щитовой проходки начнется с поверхности – портала и далее пойдет вниз под уклон 7,45 % на глубину 135–140 м. Но до начала работы щита первые

200 м трассы турецкие строители соорудят в скальных породах буровзрывным способом. Они осуществят вывоз и утилизацию грунта от проходки. Транспортировка разработанной породы до портала будет производиться конвейером, доставка элементов обделки к месту монтажа – дизельными на пневмоходу.

Железобетонные тубинги готовят на заводе ЖБИ турецких партнеров Консорциума. Их толщина 350 мм, длина по проекту 1,2 м. Но метростроевцы хотят увеличить ее до 1,4 м, так как трасса тоннеля практически прямая.

После монтажа обделки турецкие партнеры установят внутри тоннеля армированный каркас, металлическую гидроизоляцию с укладкой за нее бетона. Таким образом, получится 4-метровая по диаметру труба, по которой и пойдет вода.

Для проведения проходческих работ в Турцию планируется направить бригаду из 50, не более, метростроевцев и специалистов Ингеокома.

По графику на эти работы отводится 18 месяцев. Но сроки и финансирование могут корректироваться.



Геологический профиль трассы тоннеля под проливом Босфор:

1 — песчанник с аргелитом; 2 — известняки с аргелитом; 3 — известняки; 4 — вулканические дайки; 5 — зоны разломов

НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАЗАНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

В Казани завершается проходка левого перегонного тоннеля от ст. «Гюрки» до ст. «Проспект Победы».

Сооружение этого перегона длиной 978 м было начато еще в августе 2005 г., до ввода пускового участка было проложено 730 м. Однако на пути метростроевцев под ул. Зорге встретились многочисленные городские подземные коммуникации, поэтому работы пришлось приостановить на длительный период.

После перекладки инженерных сетей проходка оставшихся

250 м возобновилась. На 11.11.2006 г. останется пройти всего около 100 м.

Строительство правого перегона планируется закончить к концу февраля 2007 г. До сбойки осталось 500 м.

Работы выполняются с помощью тоннелепроходческого комплекса «Ольга» производства фирмы «Ловат» коллективом Транстоннельстрой (бывший Протонтоннельстрой). Этим же комплексом ранее были проложены тоннели от ст. «Аметьево» до ст. «Гюрки».

На станции «Козья слобода»

строители МУП «Казметрострой» ведут монтаж ТПМК фирмы «Вирт/НФМ» («Алтынчэч») для прокладки тоннеля под р. Казанкой протяженностью 2272 м.

Для сборки комплекса потребовался кран грузоподъемностью 400 т, который предоставили строители Нижнекамска. Всей остальной техникой, необходимой для проведения работ, Казметрострой обеспечен в полном объеме.

В связи со сложными гидрогеологическими условиями на этом участке сооружение перегонных тоннелей было решено

вести только с помощью ТПМК с грунтовым пригрузом. Это упомянутый уже «Алтынчэч» фирмы «Вирт/НФМ» и «Сююмбике» производства Ловат. Начало проходки ожидается в ноябре 2006 г.

Казанские метростроители пригласили своих коллег вместе отметить праздник – начало проходки тоннеля под р. Казанкой. Ожидается посещение этого мероприятия руководителями Республики и г. Казани, которые не выпускают из внимания строительство II очереди Казанского метрополитена.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

В. В. Чеканов, директор ОАО «Минскметрострой»

Правительство Белоруссии утвердило проект участка продолжения первой линии Минского метрополитена от ст. «Институт культуры» до ст. «Петровщина» длиной 5,14 км с тремя станциями – «Грушевка», «Михалово» и «Петровщина». Срок сдачи в эксплуатацию – 2011 г.

Станция «Грушевка» будет иметь выход на проспект Дзержинского в районе улицы Щорса. Ее строительство начато осенью 2004 г. «Михалово» расположится на пересечении того же проспекта с улицей Гурского, «Петровщина» – на пересечении того же проспекта с улицей Голуба. В дальнейшем на этом направлении планируется строительство еще одного двухкилометрового перегона со станцией «Салиновка», которая будет возведена на пересечении проспекта Дзержинского с улицей Есенина.

В перспективе Минское метро должно быть расширено до че-

тырех линий с пересадочными узлами на станциях «Тракторный завод», «Фрунзенская», «Академия наук», «Октябрьская» и «Площадь Ленина». Третья линия протяженностью 17 км с 14 станциями свяжет Зеленый Луг через центр с микрорайоном Курасовщина (конечная – в районе площади Казинца). Первый участок этой линии – от «Проспекта Победителей» до «Улицы Жуковского» – планируется ввести в 2017 г. Участок протяженностью 5,2 км с пятью станциями («Проспект Победителей», «Юбилейная»-пересадочная на вторую линию, «Площадь Ф. Богушевича», «Вокзальная»-пересадочная на первую линию, «Улица Жуковского») пройдет через центральную часть города с плотной городской застройкой. Четвертая линия Минского метрополитена свяжет Чижовку и Серебрянку с центром города и микрорайоном Веснянка. Проекта этой линии пока даже не су-

ществует, однако идея вошла в комплексную транспортную схему – составную часть генплана.

Минский метрополитен по-прежнему остается одним из лучших на постсоветском пространстве. Среди 17 метрополитенов в республиках бывшего СССР две линии Минского метро по протяженности занимают седьмое место (две линии протяженностью 29 км с 23 станциями). Но вот по плотности перевозок, то есть по количеству пассажиров на один километр, подземка белорусской столицы уже держит третье место, после Москвы и Киева. А интенсивность движения поездов на обеих линиях уже подобралась к максимально возможной технической отметке – 2 и 2,5 мин.

Доля метрополитена в перевозках общественным пассажирским транспортом в городе составляет 37 %. Сегодня объем перевозок Минского метрополитена более 250,4 млн человек в год.

Наибольшую проблему представляет загрузочность пересадочного узла на ст. «Октябрьская». Сейчас задействованы все организационно-технические способы, чтобы максимально улучшить культуру обслуживания пассажиров, но без реконструкции станций изменить что-либо сложно. Решить эту проблему можно только путем строительства третьей линии.

Какими будут станции на новых линиях, их архитектурный облик – дело будущего. Но проектировщики намерены твердо держать за Минским метрополитеном марку одного из самых красивых и современных метро в СНГ.

Дирекция по строительству Минского метрополитена заказывает нам на следующий год разработку первого участка третьей линии. Начало строительства намечено на 2010 г. Срок строительства около семи лет. **ИТ**

МОЩНАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ - ПОЛИМОЧЕВИННЫЕ ПОКРЫТИЯ «КОЛФЛЕКС»

УНИКАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМОЧЕВИННЫХ ПОКРЫТИЙ:

- получение толстослойного покрытия толщиной до 2,5 мм за один проход, высочайшей скоростью отверждения – до 30 сек;
- быстрое отверждение ПМ даже при нанесении в холодных климатических условиях, при температурах значительно ниже 0 °С, до -40 °С;
- образование очень гибкой и эластичной мембраны, с удлинением на разрыв до 800 % («Колфлекс-401 ЕФ») и условным напряжением при разрыве свыше 38,5 МПа;
- получение мощных гидроизоляционных и антикоррозионных свойств, т.к. мембрана – инертна, с большой стойкостью ПМ к химическим реагентам, нефтепродуктам и др. («Колфлекс-202»);
- более высокая степень сшивки покрытия и поэтому высокая стойкость к абразивному износу = 0,05 г/см² («Колфлекс-204 РФ»), что в 36 раз превосходит нормы для керамических напольных плиток.

Очистные сооружения

Монреаль, 1999 г.

Сингапур, 2004 г.

Москва, 2006 г.

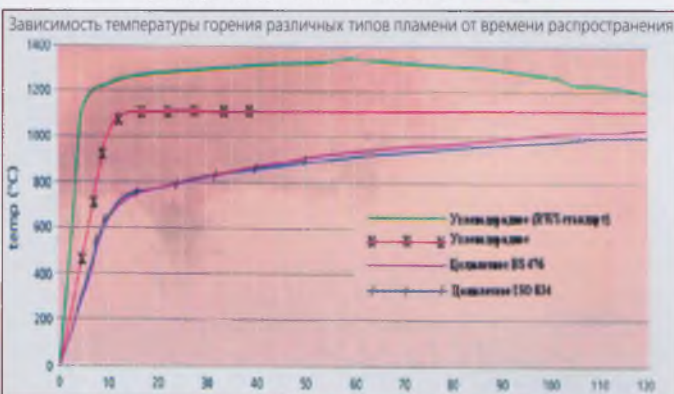


В случае возникновения любых вопросов обращайтесь к техническим специалистам компании (Департамент защитных покрытий)
Москва, ул. Профсоюзная, д. 57, офис 917
тел. +7 (495) 7862535, факс +7 (495) 7559035
эл.адрес: santonov@koltech.net
www.koltech.ru



СИСТЕМЫ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ТОННЕЛЬНОГО ПЛАМЕНИ

Фирма «Cafco International» (Англия), которая является крупнейшим поставщиком услуг и продуктов пассивной огнезащиты по всему миру, представляет покрытие **«FENDOLITE MII»**



В дополнение к стандарту огнезащиты (ГОСТ 30247), отвечающему только целлюлозному пламени, данные материалы проходят испытание на следующие тесты:

- На стальные пластины наносят защитное покрытие и производят взрыв, подобный реальному. В результате покрытие должно остаться на пластинах;
- Факел реактивного углеводородного пламени направляют на покрытие. Покрытие остается на поверхности и выполняет свое предназначение;
- Имитируют тушение пожара водой. Покрытие остается на конструкции, продолжая защищать.

Система имеет российский сертификат пожарной безопасности

В случае возникновения любых вопросов обращайтесь к техническим специалистам компании (Департамент защитных покрытий)
Москва, ул. Профсоюзная, д. 57, офис 917
тел. +7 (495) 7862535, факс +7 (495) 7559035
эл.адрес: santonov@koltech.net
www.koltech.ru



ЗАСЕДАНИЕ ПРАВЛЕНИЯ ТА РОССИИ

12 октября 2006 г. состоялось очередное заседание правления Тоннельной ассоциации России под председательством **В. А. Брежнева**.

На нем были рассмотрены следующие вопросы.

1. О результатах проведения Международного тоннельного конгресса и 32-й Генеральной ассамблеи Международной тоннельной ассоциации в г. Сеуле (Южная Корея).

2. Об участии Тоннельной ассоциации России в Международном тоннельном конгрессе «Подземное пространство – четвертое измерение столиц», 33-й Генеральной ассамблее, технической выставке, а также в технических экскурсиях (Чешская Республика, г. Прага).

3. О проведении Международного форума архитектуры строительства, реконструкции городов, строительных технологий и материалов под названием «Строительство городов» (City Build) в 2007 г.

4. О проведении выставки «Геотоннель» и круглого стола на тему «Передовые технологии, оборудование и методы инженерно-геологических и геофизических изысканий и исследований при строительстве подземных сооружений».

5. Информация фирмы «Normet» (Финляндия) о технике для строительства горных тоннелей в скальных грунтах.

По *первому вопросу* заслушали члена ТАР, профессора, д. т. н. **В. А. Умнова**. Он, в частности, отметил:

- 22–27 апреля 2006 г. в г. Сеуле (Южная Корея) состоялись Международный тоннельный конгресс «Безопасность в подземном пространстве», 32-я Генеральная ассамблея МТА, выставка и технические экскурсии.

Конгресс организован Тоннельной ассоциацией Кореи и Международной тоннельной ассоциацией.

От России в работе приняли участие 33 делегата от 19 организаций.

На Генеральной ассамблее присутствовали представители 35 стран-членов МТА. Она рассматривала ряд традиционных вопросов: доклад о деятельности Исполнительного Совета МТА; отчет аудитора и финансовый отчет за 2005 г.; отчеты о работе Рабочих групп ассоциации; сообщения о деятельности стран-членов МТА; выборы членов Исполнительного совета, аудитора; определение места проведения 33-й Генеральной ассамблеи МТА и Международного тоннельного конгресса в 2006–2007 гг.

От России участие в Генеральной ассамблее приняли М. Ю. Беленький, Г. И. Будницкий и В. А. Умнов.

На Открытой сессии (Генеральной ассамблеи МТА), проходившей под общей тематикой «Управление риском в тоннелестроении» со вступительным словом выступил вице-президент МТА Мартин Найтс (Martin Nights), а крупнейшие специалисты в сфере

тоннелестроения – с ключевыми докладами.

Технические сессии конгресса проходили по десяти важнейшим направлениям: «Тоннелестроение в крепких породах», «Тоннелестроение в мягких грунтах», «Исследования и разработки», «Здоровье и безопасность», «Эксплуатация тоннеля, содержание и ремонт», «Специальные проекты», «Механизированная проходка (щитом) и применение приборов», «Вопросы окружающей среды и городской подземной инфраструктуры», «Планирование и освоение подземного пространства», «Исследования участка строительства и проектирование».

Всего на технических сессиях сделано 130 устных презентаций и 70 стендовых докладов. Все 200 докладов опубликованы в виде рефератов в журнале «Tunneling and Underground Space Technology», а также предоставлены делегатам конгресса в полном объеме на компакт-дисках.

От России было заслушано два доклада:

- Е. Фрайберг, А. Количко, А. Федчун, А. Елкин, И. Григорьев «Оценка устойчивости подземного маззала, основанная на результатах физического моделирования и натурных исследований»;

- М. Райнус, В. Марков, В. Маслак, В. Харенков, С. Остапчук «Разведочное азотное замораживание как защита от льдогидравлических ударов».

На заседаниях 11 Рабочих групп осуществлялся обмен передовым опытом по следующим направлениям: «Исследования», «Конструктивная практика», «Здоровье и безопасность», «Содержание и ремонт», «Тоннели из погружных секций и «плавающие», «Использование набрызг-бетона», «Механизированная (щитовая) проходка», «Подземное пространство и окружающая среда», «Качество», «Протяженные тоннели глубокого заложения», «Обучение», «Традиционное тоннелирование», «Проблемы города и их подземное решение». Российскую сторону в Рабочих группах представили: М. Ю. Беленький, А. Б. Кондратов и В. А. Умнов.

На технической экскурсии российская делегация посетила строительство тоннеля линии Bundang общей протяженностью 1270 м, проводимого в двух направлениях под р. Хан новоавстрийским и щитовым способами.

На заключительном заседании было решено провести следующие конгрессы и заседания Генеральной ассамблеи:

- в Праге (Чешская республика) – 5–10 мая 2007 г.;

- Нью-Дели (Индия) – 22–27 сентября 2008 г.;

- Будапеште (Венгрия) – 23–28 мая 2009 г.

По данному вопросу было принято решение:

- систематически проводить работу по расширению участия представителей ТА России в Рабочих группах МТА;

- просить специалистов и организации – членов ТАР активнее представлять информа-

цию о своей работе в подземном строительстве в журнал «Метро и тоннели».

По *второму вопросу* сделал сообщение заместитель председателя правления **С. Н. Власов**:

- В период с 5 по 10 мая 2007 г. в г. Праге (Чешская Республика) состоится Международный тоннельный конгресс «Подземное пространство – четвертое измерение столиц», 33-я Генеральная ассамблея МТА, техническая выставка и экскурсии. Конгресс организован Чешским тоннельным комитетом и Международной тоннельной ассоциацией и предусматривает ряд разделов, среди которых: «Проектирование и планирование городских подземных сооружений», «Геотехнический обзор улучшения грунтового массива», «Применение при подземном строительстве открытого способа работ», «Технология работ под землей», «Распределение рисков в строительстве» и ряд других тем.

Этому конгрессу приурочена большая выставка по новым методам работ и применению оборудованию.

Научно-техническим комитетом конгресса приняты аннотации статей российских специалистов для предстоящей публикации в трудах из организаций: ОАО «Мосметрострой», ОАО «Метротранс», НИЦ ТМ, ОАО «ЦНИИС», ТПУ (г. Тула), ГСНПП «Геинъекция», ЗАО «ИнжПроектСтрой» (г. Пермь), МГТУ, ЗАО «Геологоразведка», ООО «Тоннель-2001», ГУП «Мосинжпроект», НПКЦ «Интерсигнал», Тоннельная ассоциация России.

Как известно, Советский Союз оказывал помощь в строительстве Пражского метрополитена, и специалисты активно применяли в Чехословакии советские технологии. Однако в последнее время Тоннельная ассоциация России не участвовала в проводимых выставках во время тоннельных конгрессов.

Учитывая имевшиеся ранее контакты с чешскими организациями, представляется целесообразным привлечь к участию в Международном тоннельном конгрессе в 2007 г. в г. Праге широкий круг российских специалистов и рассмотреть возможность представить российские фирмы в технической выставке.

На основании изложенного было рекомендовано:

- организациям и специалистам – членам Тоннельной ассоциации России принять активное участие в Международном тоннельном конгрессе в мае 2007 г. в г. Праге;

- дирекции правления Тоннельной ассоциации России рассмотреть до 1 ноября 2006 г. возможность участия российских фирм и организаций в технической выставке в Тоннельном конгрессе.

По *третьему вопросу* выступили **Л. И. Вяткина** (ООО «ВВЦ Глобал Экспо») и **С. Н. Власов**:

- В целях создания благоприятной основы для расширения взаимовыгодного сотрудничества, развития региональных и международных связей в строительстве и планировании городов и вовлечения в этот процесс российских и зарубежных компаний правительство Москвы приняло распоряжение о проведении с 22 по 25 октября 2007 г. Международного форума архитектуры строительства, реконструкции городов, строительных технологий и материалов «Строительство городов» (City Build).

В рамках форума и проекта «Строительство городов» (City Build) объединяются взаимодополняющие по тематическому содержанию специализированные выставки: «Архитектура и градостроительство», «Сохранение исторического архитектурного наследия города», «Подземный город», «Городские инженерные сети и коммуникации», «Строительство дорог и мостов», «Гараж и паркинг», «Высотное строительство», «Ландшафтное строительство», «Жизнь в городе».

Реализация этого проекта при поддержке Федерального агентства по строительству жилищно-коммунальному хозяйству, правительства Москвы и ведущих профильных Ассоциаций даст возможность реализовать важное масштабное мероприятие, позволяющее комплексно продемонстрировать все аспекты строительства и развития инфраструктуры городского хозяйства. Оно станет ежегодным всероссийским смотром в области строительства, планирования и реконструкции городов.

По данному вопросу было принято решение:

• считать необходимым и целесообразным Тоннельной ассоциации принять участие в форуме, организации и проведении выставки «Подземный город» и связанных с ней мероприятиях, как это делалось в предыдущие годы;

• дирекции правления ТАР совместно ООО «ВВЦ Глобал Экспо» разработать в октябре 2006 г. деловую программу по организации выставки и участия в форуме, предусмотрев проведение:

- конференций и семинаров «Новые технологии и оборудование по повышению устойчивости грунтов при строительстве тоннелей и подземных сооружений», «Меры по качественной оценке инженерно-геологических условий при строительстве инженерных сооружений»;

- экскурсии на строительство Серебряноборских тоннелей, подземных сооружений городской инфраструктуры и прокладки инженерных коммуникаций;

- конкурса «На лучшее применение прогрессивных технологий при строительстве подземных сооружений и прокладке инженерных коммуникаций».

По четвертому вопросу сделал сообщение член правления ТАР, заведующий Тоннельным сектором дирекции **И. С. Бубман**:

- В период 13–16 марта 2007 г. в КВЦ «Со-

кольники» Тоннельная ассоциация России совместно с Холдингом MVK организует выставку «Геотоннель», в рамках которой пройдет круглый стол на тему «Передовые технологии, оборудование и методы инженерно-геологических и геофизических изысканий и исследований при строительстве подземных сооружений» с привлечением ЗАО «Геологоразведка».

Рабочая группа в составе представителей ТАР, Геологоразведки и MVK обсудила тематику выставки и круглого стола и наметила список организаций и специалистов для участия в них.

Информационное обеспечение и организационную часть работы выполняют MVK, ТАР и Геологоразведка.

На основании изложенного было рекомендовано:

• организациям и специалистам – членам Тоннельной ассоциации России принять активное участие в выставке «Геотоннель» и круглом столе;

• дирекции правления Тоннельной ассоциации России совместно с ЗАО «Геологоразведка» рассмотреть возможность участия российских фирм и организаций в технической выставке «Геотоннель» и круглом столе в рамках 4-го Международного промышленного форума «Геоформ +».

По пятому вопросу о разработке и применении самоходной техники фирмы «Nortmet» (Финляндия) для производства работ в подземных условиях на транспортных операциях и при проходке тоннелей и выработок в крепких грунтах заслушали информацию заместителя генерального директора ООО «Интертехсервис» **В. А. Кузнецова** и приняли решение:

• провести более широкую презентацию оборудования, выпускаемого этой фирмой, и технологии работ с его применением.

В заключение были вручены Дипломы и Знаки членов Тоннельной ассоциации России вновь принятым специалистам:

• Мельникову Олегу Николаевичу – начальнику производственного отдела ОАО «Мосметрострой»;

• Маслову Михаилу Ивановичу – главному механику ОАО «Мосметрострой»;

• Морозову Павлу Викторовичу – вице-президенту ОАО «Метрогипротранс»;

• Маховскому Юрию Степановичу – начальнику отдела технической политики ОАО «Трансинжстрой»;

• Дмитриеву Александру Николаевичу – начальнику Управления научно-технической политики в строительной отрасли Департамента градостроительной политики, развития и реконструкции города Москвы.

MTT


www.MVK.ru
(495) 995-05-95



4-й Международный промышленный форум GEOFORM+

13–16 марта 2007
Россия, Москва, КВЦ «Сокольники»

ОБЪЕДИНЯЕТ 4 СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ

> Геология > Геодезия > Картография > Навигация	 Геодезия Картография Геоинформационные системы  Интеллектуальные транспортные системы и навигация  Технологии и оборудование для инженерной геологии и геофизики  Технологии и оборудование для строительства тоннелей
--	--

Последние новости и информация для специалистов на сайте:
www.geoexpo.ru

На правах рекламы

НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ В СПЕЦИАЛЬНОМ ТРАНСПОРТНОМ И ПРОМЫШЛЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Тоннельная ассоциация России, ОАО «Трансинжстрой» и Военный инженерно-технический университет (Санкт-Петербург) 26 октября 2006 г. провели научно-практический семинар «Научные разработки ВИТУ в области специального транспортного и промышленного строительства».

Его целью являлась информация о результатах научных исследований Военного инженерно-технического университета в области специального транспортного и промышленного строительства для дальнейшего практического внедрения.

Со вступительным словом о направлениях деятельности университета выступил временно исполняющий обязанности заместителя начальника университета по учебной и научной работе полковник, д. т. н. **Лапин Геннадий Николаевич**.

На семинаре были заслушаны доклады по имеющимся в университете научным разработкам.

О новых информационно-вычислительных технологиях проектирования и оптимизации составов специальных конструктивных тяжелых бетонов рассказал подполковник, к. т. н., доцент **Кузьмин Иван Валерьевич**.

Он отметил, что из всего спектра разнообразных технологий бетона, созданных на сегодняшний день, наиболее прогрессивной является комплексная информационно-вычислительная технология бетона (КИВТБ), разработанная в ВИТУ.

КИВТБ следует рассматривать как сложную операционную систему, важнейшее место в которой отводится подборке состава бетона.

В КИВТБ он выполняется расчетно-экспериментальным унифицированным методом, предусматривающим расчет возможных вариантов состава и их лабораторную проверку в пробных замесах и при испытании образцов. На стадии расчета, а затем и по результатам эксперимента проводится оптимизация состава, основной целью которой является достижение требуемых свойств бетона и бетонной смеси при экономии вяжущего вещества в составе, а также снижении приведенных затрат на производство бетона.

Унифицированный метод расчета, разработанный в ВИТУ, является более совершенным и позволяет, прежде всего, получить смеси с регулируемой межзерновой

пустотностью, а, следовательно, более совершенной структурой бетона. При оптимальной пустотности смеси заполнителей расход цемента снижается по сравнению с альтернативным методом профессора Б. Г. Скрамтаева до 35 %. В основном это связано с более рациональным соотношением расходов мелкого и крупного заполнителей. Бетоны, составы которых рассчитаны по унифицированному методу, имеют, как правило, прочность выше прочности бетонов, полученных альтернативным методом, в пределах от 5 до 20 %, что объясняется оптимальными расходами цемента и лучшей структурой бетона.

На методиках получения высокопрочных бетонов с новыми химическими добавками для конструкций зданий и сооружений остановился д. т. н., проф. кафедры технологии строительства **Васильевский Михаил Николаевич**.

В его выступлении были обоснованы предпосылки, на основе которых получают современные сверхпрочные бетоны. Проанализировано влияние на прочность щебня, водоцементных, химических добавок, а также были приведены примеры современных высокопрочных и сверхпрочных бетонов, их свойства и рекомендации по испытаниям этих растворов при строительстве и эксплуатации транспортных сооружений.

О предложениях по утилизации лома бетона, железобетонных конструкций, отходов промпредприятий и ТЭУ с использованием вторичного материала (щебня, металла и др.), сообщил собравшимся подполковник, к. т. н., зам. начальника научно-исследовательской группы «Специальных и фортификационных комплексов, обустройства войск и управления качеством строительства» ВИТУ **Петкевич Владимир Петрович**.

Он представил анализ опыта применяемых существующих передовых рациональных технологических схем переработки отходов бетона и железобетона. Дал определение прочностных (сжатие и растяжение при изгибе) характеристик бетонов на вторичном щебне и бетонов на вторичном щебне с использованием химических добавок.

Раскрывая перспективы строительства аэродромов и автомобильных дорог с использованием базальтофибробетона д. т. н., проф. кафедры технологии стро-



Здание Военного инженерно-технического университета в Санкт-Петербурге

ительства **Петраков Борис Иванович** сообщил, что автодорожные и аэродромные покрытия предлагается выполнять из базальтофибробетона, в виде затвердевшей смеси, цементно-связующего, песчаного заполнителя и базальтовой фибры диаметром 0,1–0,2 мм. Такое покрытие тоньше обычного бетона на 30 %, дешевле на 10 %, превосходит обычное по долговечности, морозостойкости, сгораемости, меньше подвержено коррозии. При работах используется обычное оборудование.

Расчет и конструирование обделок подземных сооружений, возводимых в сложных гидрогеологических условиях, влияющих на процесс взаимодействия котлованного сооружения с окружающим грунтовым массивом при сейсмическом воздействии – тема доклада полковника, к. т. н., доцента, начальника кафедры фортификации (и защитных сооружений) **Короленька Леонида Михайловича**.

Инженерно-геологические условия Санкт-Петербурга отличаются наличием ослабленных зон тектонических разломов с повышенной водопроницаемостью. Подобные разломы составляют до 20 % площади города и достигают глубины 120 м. Проектные решения подземных сооружений и их расчеты в таких условиях должны учитывать работу конструкций обделок не только в поперечном сечении, но и в продольном направлении и, особенно, при воздействии динамических нагрузок. Объединение прочностного расчета с задачей взаимодействия достигается за счет совместного решения уравнений, описывающих поведение грунта и конструкции. Для анализа работы конструкций подземных сооружений используется комбина-

ция численных методов МКЭ МКР. МКР применяется для решения задачи по области грунта, а МКЭ – конструкций обделок.

Актуальность данного направления для Санкт-Петербурга обусловлена рядом обстоятельств:

- трассы тоннелей метрополитена пересекают разломы, крайне неблагоприятными гидрогеологическими условиями;
- аварии тоннелей, расположенных в глубоких разрывах, приводят к серьезным экологическим и социальным последствиям;
- переход от традиционного метода закрепления грунтов замораживанием при строительстве тоннелей к широко распространенной в мире практике цитовой проходке с пригрузом забоя.

В докладе обоснована актуальность вопроса исследования процесса взаимодействия зданий и сооружений с основанием при сейсмическом воздействии с учетом слоистого характера грунтовых массивов вообще и наличия слоев обводненного грунта в частности. Приведены результаты экспериментальных исследований влияния слоя водонасыщенного грунта на процесс взаимодействия сооружений с основанием при действии сейсмических нагрузок. Показана специфика механики водонасыщенного грунта и обосновывается необходимость моделирования водонасыщенного грунта как двухфазной среды. Были представлены математические модели к различным вариантам описания поведения дисперсных грунтов в зависимости от степени влажности и интенсивности нагрузок, также дан математический аппарат расчета напряженно-деформированного состояния грунтового массива как однородного и слоистой сред.

CONDAT STAB

CONDAT

LUBRICANTS

укрепление грунтов и водонепроницаемость

Компания **CONDAT**, имеющая 15-летний опыт в области тоннелестроения и работ, связанных с закреплением грунтов, всегда играла активную роль в разработке специализированных продуктов для этой отрасли. Компанией разработан полный спектр продукции, соответствующей различным типам грунтов и применяемого оборудования, а также отвечающей требованиям экологии и безопасности.

Продукция **CONDAT Stab** была разработана для решения задач укрепления грунта и водонепроницаемости при строительстве подземных сооружений и других видов подземных работ.

Компания **CONDAT** предлагает ускорители схватывания для растворов на силикатной основе, используемых для укрепления грунта путем нагнетания. Благодаря их высокой проникающей способности можно достичь максимального заполнения пустот и трещин в грунте, а следовательно, и максимальной водонепроницаемости. Нагнетание раствора в проницаемый грунт позволяет:

- повысить его механическую прочность;
- уменьшить проницаемость.

Области применения CONDAT Stab:

Укрепление стен стартовых котлованов при запуске тоннелепроходческих комплексов



Ремонт существующих подземных коммуникаций в случае их повреждения



Ремонт и укрепление фундаментов



Водонепроницаемость и герметизация подземных сооружений



Укрепление насыпей



Работа тоннелепроходческого комплекса в предельно тяжелых условиях



Официальный представитель фирмы Condat Lubrificants в России

ООО «ТА Инжиниринг»

127051, Москва, Цветной бульвар, 17, оф. 215

тел.: (495) 797-5851, 775-9934

факс: (495) 797-5851

СЕРЕБРЯНОБОРСКИЕ ТОННЕЛИ В МОСКВЕ: ТЕХНОЛОГИИ СООРУЖЕНИЯ МЕЖТОННЕЛЬНЫХ СБОЕК

Б. В. Казанцев, О. А. Аверьянов, ООО «Спецметрострой»

В. Е. Меркин, Г. О. Смирнова, В. Г. Голубев, филиал ОАО ЦНИИС «НИЦ «Тоннели и метрополитены»

Участок строящейся скоростной автомагистрали от Московской кольцевой автодороги до проспекта Маршала Жукова под Серебряным Бором проходит по верхнему ярусу тоннелей, нижний предназначен для линии метрополитена, идущей в район Строгино. Комплекс подземных сооружений на этом участке включает в себя два транспортных тоннеля наружным диаметром 14,2 м и длиной 1500 м, сервисный тоннель между ними диаметром 6 м, а также пять межтоннельных эвакуационных сбоек, объединяющих все три тоннеля через каждые 250 м (о проектных решениях Серебряноборских тоннелей см. «Метро и тоннели» № 3/2004 г.).

Конструктивно они представляют собой подземные выработки сечением в проходке 45 м², перпендикулярно примыкающие к транспортным тоннелям и пересекающие сервисный.



Начало работ по закреплению грунтов на сбойке № 4

Сбойки сооружаются горным способом в сложных инженерно-геологических условиях: № 5 и 4 (нумерация сбоек по направлению проходки) – в водонасыщенных песчаных и супесчаных грунтах. № 3 и 2 – в юрских текучих супесях с прослоями суглинков, характеризующихся неустойчивыми, выше которых залегают донасыщенные пески, № 1 – в глинистых грунтах (рис. 1).

Для обеспечения нормальных условий проходки проектом предусматривалось применение специальных способов работ – предварительного укрепления грунтов массивов, вмещающих сбойки, инъекционными способами и замораживания с вытеснением их из пройденных транспортных и сервисного тоннелей.

На начальном этапе сооружения тоннелей предполагалось выполнить укрепление грунтовых массивов по сбойкам № 5 и 4 инъекцией растворов на основе особо тонкодисперсного цемента (ОТДВ) «Микроду», обеспечивающего обработку мелкозернистых песчаных и супесчаных грунтов, в т.ч. водонасыщенных. Укрепление грунтов массивов по сбойкам № 3 и 2 планировалось провести способом замораживания, сбойку № 1 пройти под защитой экранов труб. Проектная документация на все виды работ разрабатывалась ООО ГСПИ «Дроспецпроект» (далее ГСП).

Однако в связи с изменением инженерно-строительной ситуации на объекте, в т.ч. увеличением сроков проектирования и задержкой поставок инъекционных материалов, Техническим советанием по проектированию и строительству тоннелей было рассмотрено и принято предложение НИЦ «Тоннели и метрополитены» и ООО «Геократон» об использовании для укрепления грунтов по сбойке № 5 способ струйной цементации грунтов, обладающего рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами и, в первую очередь, возможностью обработки практически любых видов грунтов и высокой производительностью, что в условиях ограниченных сроков сооружения тоннелей явилось важным фактором.

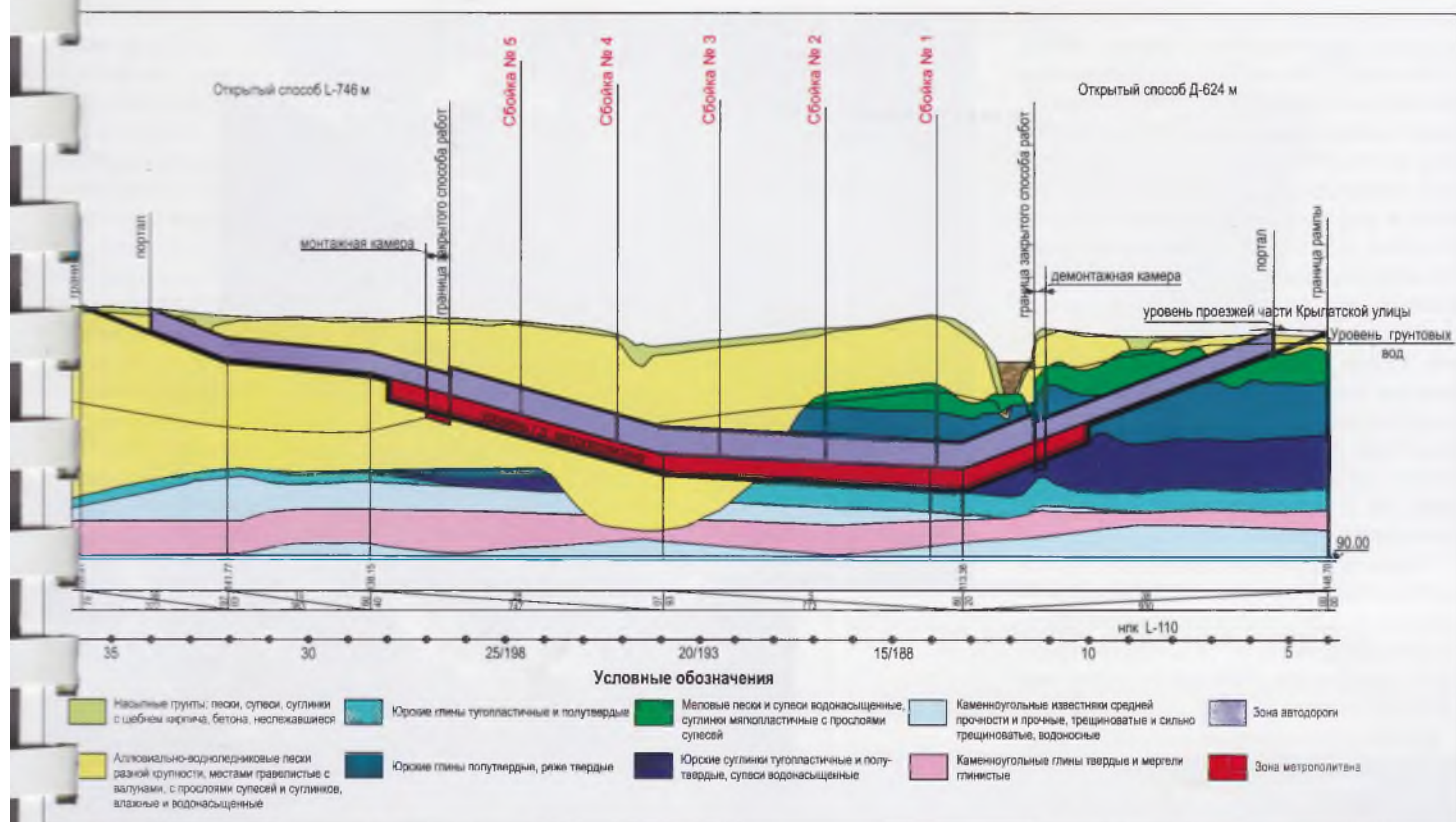


Рис. 1. Продольный профиль трассы Серебрянборских тоннелей с указанием месторасположений межтоннельных сбоек

Сбойка № 5 находится на ПК 23+88,107, абсолютная отметка заложения основания – 124,3 м. Грунты на участке её сооружения представлены, преимущественно, мелкозернистыми песками с включением средних и крупных и пылеватых песков, супесей. Грунты до отм. ~125,50 (УТВ) – влажные, ниже – обводненные.

Первоначальный проект на струйную цементацию, разработанный ГТУ МАДИ, был откорректирован НИЦ ТМ, подготовлены необходимая нормативно-технологическая документация, программа проведения контрольных работ по оценке качества укрепления грунта и осуществлено научное и техническое сопровождение инъекционных процессов по сбойке. В период производства работ по результатам их научного и технического сопровождения осуществлялась корректировка проектной и технологической документации. Оценка качества укрепления грунтового массива производилась по результатам выполнения гидропробования, бурения, выбуривания и испытания кернов и определения его сплошности геофизическими способами с подготовкой заключений и рекомендациями по проходке выработок. Работы по сооружению сбоек были разделены на несколько этапов: I – укрепление грунтового массива из транспортного тоннеля; II – проходка с устройством временного укрепления опережающей (верхней) выработки в укрепленном массиве; III – закрепление грунтов нижнего уступа из опережающей выработки; IV – сооружение её на полное сечение и возведение постоянной обделки.

Проектные габариты укрепления грунта заданы по условиям взаиморасположения транспортного и сервисного тоннеля (длина скважин) и шириной зоны укрепле-

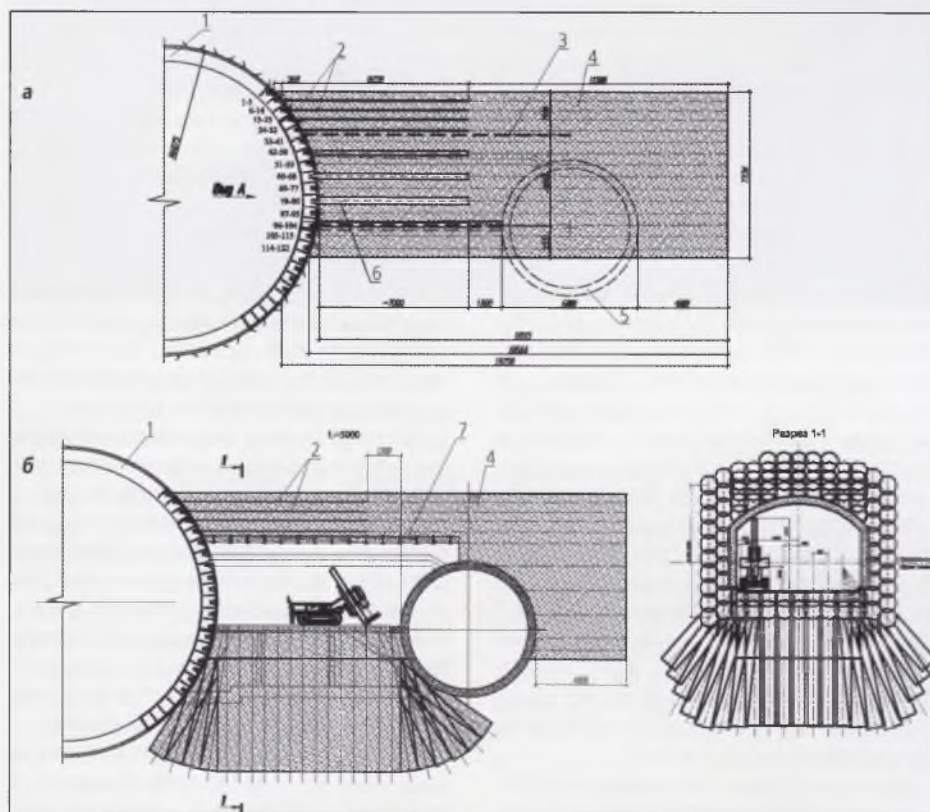


Рис. 2. Укрепление грунтов по сбойке № 5: а – из транспортного тоннеля; б – укрепление грунтов нижнего уступа из штольни; 1 – обделка основного тоннеля, 2 – арм. стержни $\varnothing 32$ мм, 3 – проектный контур штольни, 4 – зона на грунта, закрепленная горизонтальными грунто-цементными сваями, 5 – обделка сервисного тоннеля, 6 – зона неукрепленного грунта, 7 – верх штольни

ния, обусловленной пятью кольцами транспортного тоннеля, через которые проводилось бурение инъекционных скважин и устройство грунтоцементных свай (рис. 2).

Исходя из технических характеристик бурового оборудования, выполнение инъекци-

онных работ I этапа было разделено на семь очередей по высоте обделки транспортного тоннеля, включающих обработку двух рядов скважин. При назначении технологических параметров бурения и инъекции скважин (устройства грунтоцементных свай) учитыва-

лись результаты опытных работ, расчетная толщина укрепления грунта вокруг сбойки, требования к прочности грунтоцементного материала и технические характеристики бурового оборудования, которое устанавливалось на технологических платформах (полках). Инъекционный растворный узел располагался отдельно в транспортном тоннеле. Струйная цементация осуществлялась комплексом оборудования «TECNIWELL», бурение скважин для устройства грунтоцементных свай – самоходной гидравлической установкой KLEMM KR702-1, оснащенной монитором под технологию Jet-1 и комплектом породоразрушающего инструмента и буровых штанг (рис. 3). Нагнетание раствора производилось насосом высокого давления TECNIWELL TW 352 по армированному шлангу, соединенному буровым ставом с монитором.

Работы по струйной цементации грунтового массива сбойки № 5 и в дальнейшем по сбойкам № 4 и 3, контролю качества укрепления были выполнены ООО «Спецметрострой», на начальном этапе работ – с участием ООО «Геократон».

Программой контрольных работ были определены требования к укрепленному массиву грунта, выраженные в количественных показателях устойчивости стенок контрольных скважин, удельного водопоглощения массива и прочности укрепленного грунта. Его сплошность оценивалась по скорости прохождения сейсмоакустических волн при геофизическом исследовании укрепленного массива (рис. 4). Контрольные работы были проведены в два этапа (1-й очереди и всего объема инъекционных работ I этапа сбойки).

Качество укрепления грунта по совокупности всех контрольных показателей было признано удовлетворительным (выход цементного камня более 75 %, удельное водопоглощение от 0,05 до 0,3 л/мин·м·м вод. ст., прочность укрепленного грунта от 0,8 до 25 МПа) и получено разрешение на проходку вспомогательной выработки (штольни), в процессе которой было зафиксировано хорошее качество укрепления грунтов струйной цементацией с образованием горизонтальных грунтоцементных свай диаметром 0,7–0,8 м, в центральной зоне выработки – разреженных, как и было предусмотрено проектом (рис. 5). Укрепление грунтового массива из транспортного тоннеля со всеми подготовительными и контрольными процессами было выполнено приблизительно за три месяца.

После проходки и крепления опережающей выработки был произведен III этап – укрепление грунтового массива в основании и в зонах примыкания сбойки к транспортному и сервисному тоннелям (по нижнему уступу) вертикальными и наклонными грунтоцементными сваями.

В отличие от верхней части сбойки грунты нижнего уступа водонасыщены и находятся ниже УГВ. Укрепление их проводилось через вертикальные и наклонные инъекционные скважины, пробуренные в лотке штольни; в зонах, прилегающих к транс-



Рис. 3. Расположение технологического оборудования в транспортном тоннеле при укреплении грунта

портному и сервисному тоннелям, было принято всерное расположение скважин. Глубина их обработки составила от 2,5 до 3,5 м. Технологические параметры цементации грунтов нижнего уступа были близки к параметрам укрепления струйной цементацией из транспортного тоннеля.

По результатам контрольных работ, учитывая инженерно-геологические условия заложения сбойки и качество ранее выполненных работ, укрепление грунтов нижнего уступа сбойки было признано удовлетворительным. Грунты нижнего уступа сбойки были закреплены менее чем за 1,5 месяца.

При их разработке были отмечены отдельные водопроявления, преимущественно в сложных для обработки и создания сплошного массива зонах, прилегающих к обделке транспортного тоннеля, которые были устранены путем нагнетания инъекционных растворов на основе цемента и полимеров. В целом же, разработка грунтов по нижнему уступу прошла без осложнений. Проходка здесь была выполнена за 16 дней, после чего началось бетонирование постоянной обделки.

В дальнейшем, учитывая положительный опыт укрепления грунтов по сбойке № 5, струйная цементация использовалась, наряду с инъекцией грунтов традиционными способами, на сооружении сбоек № 4 и 3. В связи с устройством плиты проезжей части левого тоннеля и необходимостью дополнительной обработки грунтового массива, примыкающего к обделке сервисного, укрепление грунтов проводилось в основном из этих тоннелей.

Сбойка № 4 находится на ПК 21+38,67 трассы Серебряноборского транспортного тоннеля (абс. отм. свода ≈ 123,6 м) в более

сложных инженерно-геологических условиях. Грунтовой массив представлен преимущественно, мелкими песками (с прослойками пылеватого) средней плотности, с линзами супеси, водонасыщенными. Уровень грунтовых вод находится выше свода сбойки на абс. отм. 124,50 м (сезонные колебания достигают ±1,5 м).

Для укрепления грунтового массива по сбойке № 4 проектом ГСП была предусмотрена инъекция суспензий ОТДВ «Микро». В целом, порядок выполнения работ по укреплению сбойки № 4 аналогичен по сбойке № 5, за исключением укрепления грунтов нижнего уступа, которое предполагалось производить из сервисного тоннеля.

Инъекция на I этапе осуществлялась путем нагнетания суспензии «Микролуд» маркой «Росин» через манжетные колонны. Однако при выполнении контрольных работ, которые были поручены НИЦ ТМ, показали неудовлетворительное качество укрепления грунтов (менее 4,0 МПа). Выход керна по скважине составил ≈ 30–40 %. Поэтому пришлось переместить НИЦ ТМ, поддержанное ОАО «Мосметрострой», опытным путем определить возможность укрепления грунта по сбойке струйной цементацией по технологии, отработанной на сбойке № 5. По завершении этих работ был проведен 2-й этап контрольных работ. Качество укрепления оценилось путем бурения четырех горизонтальных и одной наклонной контрольных скважин на глубину от ≈ 7–12 м с отбором и испытанием кернов г. р. ц. материала и определением сплошности стабилизации грунта геофизическими методами.

Одновременно, по рекомендации г-на Ф. Майера (GBS GmbH), фирмы «Солс-

шстрой» и решению проектной организации (Гидроспецпроект) велось работы по укреплению дополнительной инъекцией ЦВ «Микродур» и цементно-бентонитовыми растворами с использованием технологии гидроразрыва грунта.

Результаты 2-го этапа показали четкое деление кернов, выбуренных из массива укрепленного струйной цементацией (плотный однородный г. р. ц. материал с размерами кернов до 0,6 м) и инъекцией «Микродур» отдельные фрагменты, до 5 см, укрепленного грунта со значительными прослойками песка между ними и, в основном, достаточно большими фрагментами непроработанного грунтом как песчаного, так и супесчаного). Прочность образцов грунта, укрепленного струйной цементацией, в среднем, превысила прочность образцов с «Микродуром». Геофизика также подтвердила неоднородность укрепления массива на участках инъекции последнего.

Учитывая явное преимущество струйной цементации и то обстоятельство, что работы по дополнительной инъекции «Микродур» требовали значительного времени при отсутствии гарантий полной стабилизации грунтового массива, было выполнено по проекту НИЦ ТМ дополнительное укрепление струйной цементацией с устройством двух рядов свай по контуру выработки, что позволило завершить I этап инъекционных работ.

Последовательная разработка грунта нижнего уступа показала, что укрепление грунта было достигнуто как использованием струйной цементации, так и за счет уплотнения грунтов при инъекции растворов «Микродур» и ЦБС. Проходка верхней штольни была осуществлена без осложнений при практически сухом устойчивом забое.

Исходя из уточненных инженерно-геологических условий (наличия глинистых грунтов) и проблем с использованием грунтов ОТДВ «Микродур», в данной инженерно-строительной ситуации (высокие давления разрывных обойм, распространения суспензий «Микродур» на большие расстояния от сбойки) укрепление нижнего уступа из штольни решено было осуществить также методом струйной цементации (НИЦ ТМ).

В процессе производства работ по укреплению грунтов на сопряжении с основным тоннелем всерыми грунтоцементными сваями был вскрыт мощный фильтрационный поток подземных вод, который затруднил их формирование в левой части нижнего уступа сбоек. При бурении и цементации скважин из верхней штольни происходили вынос водонасыщенной грунтовой массы и деформация металлоизоляции лотка штольни.

Для избежания осложнений технология инъекционных работ была откорректирована и изменен порядок обработки скважин.

Результаты предварительных контрольных работ показали неудовлетворительное качество уплотнения грунта. Поэтому для обеспечения сплошности была проведена инъекция цементными растворами и суспензиями «Микродур» манжетной технологии по контуру нижней части сбоек. Тем не менее, при разработке

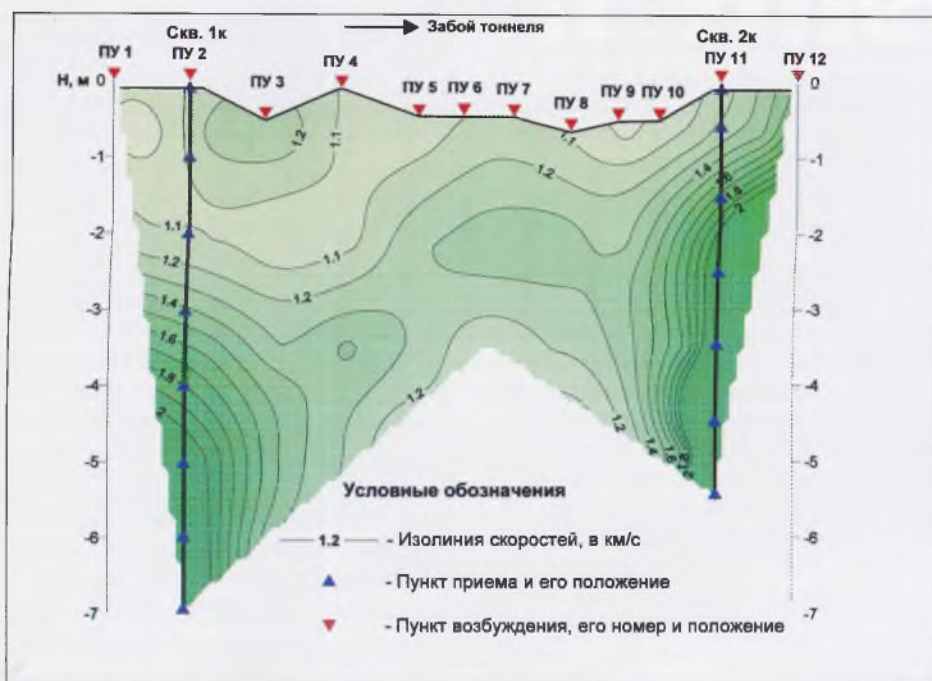


Рис. 4. Результаты геофизического обследования массива укрепленного грунта



Рис. 5. Массив укрепленного грунта по сбойке № 5

нижнего уступа опережающими скважинами на глубине проектной отметки подошвы сбоек в районе сопряжения с сервисным тоннелем была вскрыта зона неукрепленных пород с изливом воды и выносом грунта. Для ликвидации этой ситуации была проведена цементация выстрелывающимися цементными растворами (цемент + жидкое стекло) из сервисного тоннеля и дополнительно инъекция растворов карбамидной смолы из штольни.

Подобная нештатная ситуация (излив воды составил 100–150 л/мин) имела место и при дальнейшей разработке грунта нижнего уступа на сопряжении с левым тоннелем. В данном случае также были использованы дополнительные мероприятия.

Выполнение проектного и дополнительного объемов укрепления грунтов позволило завершить проходку сбоек № 4 и приступить к бетонированию ее обделки.

Сбойка № 3 запроектирована на ПК 18+88,107 с отметкой заложения ~ 112,50, в пылеватых, пластичных супесях с прослойками суглинка и мелкого песка, водонасыщенных, УТВ находится на отм. 127,50.

Проектом ГСП укрепление грунтов планировалось выполнить путем искусственного

замораживания. Учитывая сложившуюся инженерно-геологическую ситуацию на объекте, а также значительную задержку во времени с оборудованием замораживающих станций и проведением процесса замораживания было принято решение об опытном укреплении грунтов сбоек № 3 кустом из девяти грунтоцементных свай (в соответствии с программой опытных работ НИЦ ТМ).

Результаты контрольных работ показали устойчивость стенок скважин и отсутствие излива воды в укрепленном массиве, его качество было признано, в целом, удовлетворительным. Тогда техническим совещанием по проектированию и строительству Серебряноборских тоннелей и в ОАО «Метротипротранс» было принято решение замораживание грунтов по сбойке № 3 заменить струйной цементацией. К этому моменту по контуру сбоек было уже пробурено десять скважин с установкой восьми металлических замораживающих колонок.

Проектом НИЦ ТМ предусматривались инъекционные работы из левого транспортного тоннеля с устройством горизонтальных грунтоцементных свай на длину сбоек (до 8,2 м) и над сервисным тоннелем

(до 18 м), а также укрепление грунтов из него на сопряжении со сбойкой. Дополнительно планировалась инъекция грунтового массива цементно-бentonитовыми (ЦБ) растворами и суспензиями ОТДВ «Микродур» в зонах расположения уже установленных труб для замораживания грунта (рис. 6).

Его укрепление на сопряжении сбойки с сервисным тоннелем предполагалось выполнить после завершения аналогичных работ из транспортного тоннеля.

В процессе их производства уточнялись инженерно-геологические условия участка сбойки и корректировались технологические параметры струйной цементации, что отмечалось в журнале авторского надзора.

Однако в связи с пропуском плиты проезжей части в левом тоннеле укрепление грунтов сбойки № 3 из него было прекращено, в результате чего невыполненными оказались 75 % работ по установке арматурных стержней в ППС по контуру сбойки, устройство трех грунтоцементных свай и дополнительная инъекция грунтового массива в зонах расположения труб для замораживания грунта, что осложнило в дальнейшем процесс укрепления грунтов из сервисного тоннеля и проходку выработки. В сложившейся ситуации решили выполнить оставшийся проектный объем укрепления грунтов сбойки из сервисного тоннеля, установку арматурных стержней и проведение контрольных работ в сводовой части – из основного тоннеля после устройства плиты проезжей части.

Контрольные работы по оценке качества укрепления массива, произведенного из транспортного тоннеля, зафиксировали наличие зон неукрепленного грунта и излив водонасыщенной песчаной массы на расстоянии 4–6 м от обделки. Отдельные подобные зоны были обнаружены и при разбуривании скважин для установки арматурных стержней в ППС. Наличие сложных зон в грунтовой массе было подтверждено и методом георадиолокации ООО «Трансгео». Выяснилось также, что участок сбойки расположен на склоне погребенного оврага, а строительство тоннеля «перегородило» на глубине от 16 до 24 м движение грунтовых вод. Это ещё более осложнило гидрогеологическую ситуацию в зоне сооружения сбойки.

Для ликвидации ослабленных зон и предотвращения повторных выносов грунта была проведена дополнительная инъекция грунтов.

С целью сокращения сроков проведения работ из сервисного тоннеля НИЦ ТМ было рекомендовано перейти на инъекцию грунтов через буровой став и кондуктор, а вместо цементно-бentonитовых растворов и суспензий «Микродур» использовать цементные растворы с ускорителями добавками – силикатом натрия и хлористым кальцием.

При бурении из сервисного тоннеля горизонтальных скважин длиной около 8–9 м в грунтовой массе сбойки были выявлены участки неукрепленного массива, в том числе зоны с выносом неустойчивых водонасыщенных грунтов. В связи с этим провели дополнительное укрепление пород, вмещающих сбойку, горизонтальными скважинами на всю её длину. В то же время объем укреп-



Рис. 6. Укрепление грунтов по сбойке № 3

ления сопряжения сбойки с сервисным тоннелем всевыми грунтоцементными сваями был откорректирован и уменьшен в 3 раза.

После окончания инъекционных процессов из сервисного тоннеля в нижней части сбойки были проведены контрольные работы, показавшие, что качество укрепления грунтов после осуществленных дополнительных мер удовлетворительно (стенки скважин устойчивы в течение 24 ч, удельное водопоглощение скважин $q < 0,05$ л/мин×м×м водного столба, прочность укрепленного грунта от 5,2 до 29,7 МПа).

Выполненная дополнительная инъекция через буровой став выявленных зон неукрепленного водонасыщенного грунта цементными растворами с добавками силиката натрия и хлористого кальция доказала свою эффективность и целесообразность.

После завершения дополнительного укрепления в сводовой части сбойки из сервисного и основного тоннелей были проведены контрольные работы второго этапа. Показатели прочности и удельного водопоглощения грунтового массива соответствовали требованиям проекта.

Анализ результатов двух этапов контрольных работ показал, что качество укрепления в целом удовлетворительное, при этом по правому и левому бортам верхней части сбойки № 3 зафиксированы отдельные зоны «обезвоженных» уплотненных песчаных грунтов. Проходка выработки была разрешена при условии выполнения дополнительной инъекции выявленных песчаных зон через 4–6 скважин суспензией ОТДВ «Микродур» и устройстве дренажных разгрузочных скважин в количестве 4-х шт. в верхней части сбойки по ее бортам для снижения гидростатического давления (напора) на укрепленный массив.

Во главу угла ставилась безопасность производства работ при проходке. При этом необходимо упомянуть, что этот фактор, а также дополнительные меры по ее обеспечению, всегда поддерживались руководством ОАО «Мосметрострой».

На всех этапах выполнения работ по укреплению грунтов, проходке и сооружению сбоек силами НИЦ ТМ осуществлялся мониторинг НДС конструкций обделок тоннелей и металлических расстрелов и деформаций дневной поверхности.

Комплекс геодезических наблюдений деформацией грунтового массива включал закладку специальных марок по профильным линиям на глубину до 1 м при расстоянии между ними и реперами около 5 м. Геодезические наблюдения за деформациями марками в плане выполнялись методом полигонометрии с точностью до 1:350 и по высоте геометрическим нивелированием по точности II класса.

Результаты этих наблюдений показали, что деформации дневной поверхности при сооружении сбоек не превысили расчетных значений (по сбойке № 5 планово-высотных смещений грунтового массива и зданий, с учетом влияния трех тоннелей, выявлено при суммарной максимальной величине осадки грунтового массива 31 мм, по сбойке № 4 смещения грунтового массива составили 40 мм при максимальной осадке 56 мм и по сбойке № 3 – 48 мм). Отсутствие деформаций грунтового массива подтвердило также, что производство инъекционных и проходческих работ сбойкам не сопровождалось значительными осложнениями (выпусками грунтов).

Таким образом, впервые в отечественной практике применена комбинация инъекционных методов укрепления грунтов, основой которого составляет горизонтальная струйная цементация грунтов на длину до 20 м в сочетании с комплексом контрольно-измерительных работ, что обеспечило безопасные условия проходки выработок и сооружение сбоек в сложных инженерно-геологических условиях. Инъекционные и проходческие работы вел коллектив ООО «Спецтрансмониторинг» при научно-техническом обеспечении специалистами филиала ОАО ЦНИИС «НТ» «Тоннели и метрополитены».

Корпорация Нормет разрабатывает и производит самоходную технику на пневмоколесном ходу с дизельным приводом для использования в подземных условиях на горнорудных предприятиях, а также при строительстве подземных сооружений и тоннелей. Производство Корпорации Нормет расположено в средней Финляндии в г. Иисалми.

Благодаря надежности и качеству продукция пользуется заслуженным признанием у горняков и тоннелестроителей всех континентов на протяжении уже более 40 лет. Корпорация Нормет является признанным лидером в своем сегменте мирового рынка горных машин.

Производственная программа включает самоходные машины и производственные комплексы для механизированных работ по оборке кровли и креплению подземных выработок набрызгбетоном, а также подъемники, машины для перевозки и зарядки взрывчатых веществ, машины для перевозки людей, горной массы и других грузов в подземных условиях и при строительстве тоннелей.



Представитель в Российской Федерации:
ООО «Интертехсервис», 119270, Москва, Фрунзенская наб., 50-509
тел. (495) 242 00 13, (495) 248 19 34, факс (495) 242 04 23

ИСТОЧНИКИ СВЕТА НА ОСНОВЕ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ

В. А. Курышев, главный технолог Международной Ассоциации «Метро»

В последние годы проявляется повышенный интерес к источникам света, основанным на применении светоизлучающих диодов. Так называемые твердотельные источники света становятся все более и более интересными для многих специалистов (разработчиков, эксплуатационников осветительных приборов, дизайнеров и т. д.). Работа этих источников света основана на физическом явлении возникновения светового излучения при прохождении электрического тока через полупроводниковый p-n-переход. Повышенный интерес к таким источникам обусловлен, в первую очередь, поиском наиболее эффективных, надежных и экономичных светильников.

При выборе ламп для освещения специалистов интересует, как правило, целый ряд параметров, определяющих насколько они применимы в той или иной осветительной установке. В первую очередь, – это количество света, которое даст та или иная лампа. А это – световой поток в люменах (Лм), значение которого всегда приводится в каталогах. Разные типы ламп имеют разную световую отдачу, например, обычная, всем знакомая лампа накаливания мощностью 100 Вт может иметь световой поток в 1200 Лм, галогеновая мощностью всего 35 Вт – 600 Лм, натриевая мощностью 400 Вт, используемая в светильниках, освещающих проезжую часть, – 48 000 Лм. Световая отдача ламп определяет эффективность преобразования электрической энергии в свет и, следовательно, разную экономическую эффективность применения.

Световая отдача лампы измеряется в Лм/Вт. Это наиболее важный параметр с точки зрения энергосбережения. Он показывает, какое количество люменов света можно получить с помощью данного источника с каждого ватта потребленной мощности. И, естественно, чем выше этот показатель, тем эффективнее источник света. Разработчики приборов пытаются повысить световую отдачу тем или иным способом, приблизив к теоретическим пределам (максимальные значения световой отдачи при «идеальном» преобразовании электроэнергии в свет).

Световая чувствительность человеческого глаза (соотношение между воспринимаемым человеческим глазом световым потоком, измеряемого в Лм, и мощностью излучения, Вт) зависит от длины волны излучения и имеет максимум в желто-зеленой части спектра (длина волны 555 нм). По графику (рис. 1) при идеальном (без потерь) преобразовании энергии в свет можно определить максимальную отдачу источника, т. е. сколько люменов

«видимого света» несет в себе каждый ватт лучистой энергии монохроматического («одноцветного») излучения той или иной длины волны.

На рис. 1 видно, что световая отдача источника с длиной волны 555 нм имеет наибольшую световую эффективность – 683 Лм/Вт, а если взять, например, источник красного цвета (длина волны 630 нм), то получим всего 180 Лм/Вт. Лампы, дающие белый свет, представляющий собой смесь различных излучений, могут иметь разный спектр: линейчатый, полосатый или сплошной, а, следовательно, и максимальная световая отдача у них может быть различной.

В табл. 1 приведены данные по светоотдаче различных источников света.

На сегодняшний день с появлением на мировом рынке коммерчески доступных оптоэлектронных приборов (светодиодов), способных по интенсивности излучения составить конкуренцию традиционным источникам света, можно говорить о неуклонном росте интереса потребителей к твердотельному освещению. В России за последние два года начал складываться рынок светотехнических изделий с применением таких источников света. Наиболее известными производителями светодиодов видимого спектра и особо ярких являются CREE, FORTYARD, Ringbright, Lumileds, Nichia, Optek Technology, Osram OS и SHARP. Эти же фирмы и Fastwel выпускают светодиодные кластеры. Особенностью данного рынка является то, что не все вышеперечисленные фирмы имеют собственное производство InGaN-кристаллов, необходимых для выпуска светодиодов.

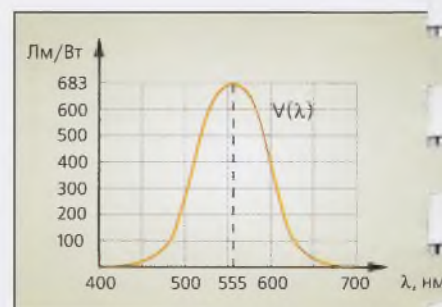


Рис. 1. Максимальная световая отдача монохроматического источника света

Кроме CREE Lighting, Lucile's Light, Nichia Corporation, остальные компании не производят собственных кристаллов, а корпусируют уже готовые под своей торговой маркой.

Как видно из табл. 1, использование ламп на основе твердотельных источников света вместо ламп накаливания позволит в перспективе экономить до 90 % электроэнергии, а с учетом их чрезвычайно высокой ресурса эти приборы становятся привлекательными в экономическом и экологическом плане.

Началом интенсивного развития твердотельных источников света явилось открытие в 70-х гг. XX в. люминесценции полупроводников группы A^{III}B^V. В середине 90-х гг. появились светодиоды белого цвета свечения, основанные на эффекте перизлучения люминофора при его возбуждении источником с длиной волны 455–465 нм (маломощные светодиоды), а в конце 90-х – начале 2000-х гг. появились первые светодиодные лампы с кри-

Светоотдача различных источников света

Тип источника	Светоотдача, Лм/Вт	Процент излучаемой энергии видимого света от общей энергии излучения	Срок службы, ч
Обычные лампы накаливания	12	9	1000
Вольфрамовые галогенные	20	13	3000
Компактные флуоресцентные	55	25	20000
Индукционные	70	26	20000
Металлогалоидные	90	20	20000
LED (белого свечения)	До 100	45	100000

Таблица 1

лами большой площади. Основными трудностями, с которыми пришлось столкнуться разработчикам светодиодных ламп, были недостаточная светоотдача и относительно высокая стоимость 1 люмена света.

Как сказано выше, главным показателем эффективности любой лампы является ее светоотдача. Современные светодиодные лампы способны работать с прямым током свыше 1 А. Однако при этом возникают вопросы отвода тепла и уменьшается срок службы кристалла. Как показывает опыт, оптимальным является прямой ток величиной 350 мА. При его повышении через р-переход светодиода, а, следовательно, увеличении потребляемой мощности, показатель эффективности лампы снижается. Это хорошо видно из данных табл. 2, в которой представлены электрические и световые характеристики серийных светодиодных ламп производства CREE Lighting, Osram's Lighting, Nichia Corporation. Снижение показателя эффективности с ростом мощности светодиодных ламп обусловлено нелинейной зависимостью светоотдачи от прямого тока светодиода.

Из табл. 2 также видно, что типовая светоотдача XLamp7090 компании CREE выше остальных типов ламп. В чем же причина? Ответ на этот вопрос лежит в области технологии получения InGaN-кристаллов. Компания Nichia Corporation разработала технологию выращивания кристаллов GaN на сапфировой подложке, Lumileds Lighting – на подложке из монокристалла кремния. Несмотря на высокую степень отработки этих технологий, получаемые в результате InGaN-структуры имеют многочисленные дефекты, что непосредственно влияет на светоотдачу. Сродство кристаллических решеток монокристаллов подложки по отношению к нитриду галлия является важным условием получения качественных структур InGaN. Структура решетки InGaN и сапфира – гексагональная, кремния – кубическая. Вариант использования в качестве подложки кремния является собой наихудшее сродство кристаллических решеток по отношению к нитриду галлия, сапфир имеет большую, но недостаточную степень сродства. Компания CREE использовала в качестве подложки политип 6Н карбида кремния, который имеет наилучшее сродство кристаллических решеток по отношению к GaN. Это-то и позволило получить увеличение светового потока, а также значительно улучшить отвод тепла от кристалла, т. к. SiC обладает более чем в 10 раз большей теплопроводностью, чем сапфир.

На рис. 2, сделанном с помощью электронного микроскопа, видно, что у структуры на SiC подложке почти на порядок меньше дефектов, что позволяет увеличить световой выход и эффективность светодиодной лампы.

Обладая уникальными технологиями получения светонизлучающих InGaN-структур на карбиде кремния, компания CREE обеспе-

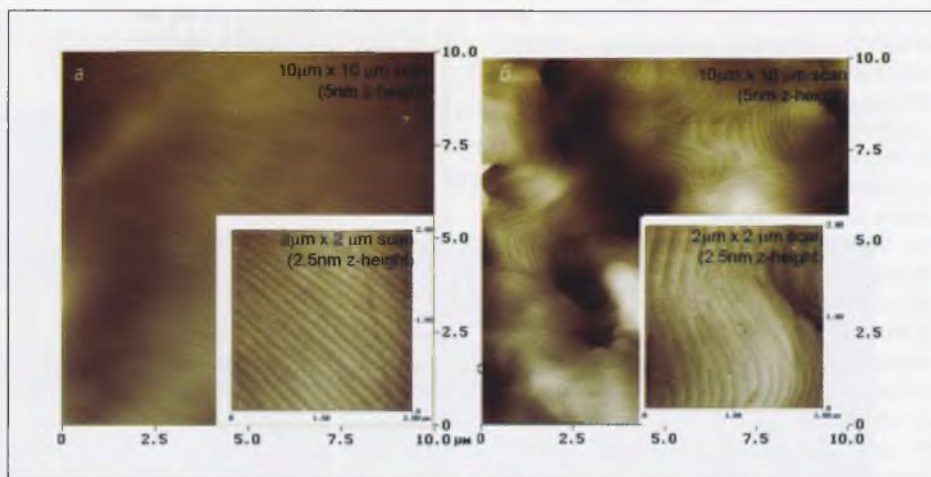


Рис. 2. Структура InGaN на карбиде кремния (а) и на сапфире (б)

чила прорыв в области производства высокоэффективных твердотельных источников света, параллельно приблизившись к решению другой проблемы, сдерживающей широкое применение их на практике – стоимости люмена излучаемого света. Этот показатель на сегодняшний день у ламп серии XLamp7090 составляет 0,06\$ и это не предел для снижения цены.

Конструктивно светодиодная лампа состоит из подложки, кристалла InGaN-структуры, корпуса и линзы. Кроме того, конструкция лампы должна обеспечивать адекватный отвод тепла от кристалла, выдерживать термостойкость, обеспечивать высокую технологичность монтажа. Последнее очень важно, так как позволяет существенно снизить цену светодиодной лампы в пересчете на 1 люмен. Как правило, в светодиодных лампах используют для теплоотвода медное основание, отличие же между типами приборов – в технологии монтажа кристаллов. Lumileds Lighting применяет эвтектическую установку кристалла, а Nichia – приклеивает его (рис. 3). Оба

способа имеют как положительные, так и отрицательные свойства. В целом конструкция Nichia, более удобна в монтаже и позволяет использовать стандартные линии автоматизированного монтажа и пайки в печах с контролем температурного профиля. Светодиодная лампа, показанная на рис. 4, – это конструкция лампы XLamp7090. В ней используется технология эвтектической посадки кристалла на металлизированное основание из нитрида алюминия, однако применение керамического основания с близкими к SiC температурными коэффициентами объемного и линейного расширения позволяет снять проблему механических напряжений в кристалле, а также автоматически решить проблему электрической его изоляции от теплоотвода. Корпус данной лампы выполнен в виде компонента для поверхностного монтажа, что позволяет использовать стандартные линии по автоматизированному монтажу и пайке в печах с контролем температурного профиля.

Имея малые габариты, и тем самым, занимая небольшую площадь на печатной плате,

Таблица 2

Электрические и световые характеристики светодиодных ламп

Наименование	Производитель	Ном. прямой ток, мА	Типовая светоотдача, Лм/Вт	Тепловое сопротивление переход-корпус, C/Вт
LXHL-BW02	Luxeon®	350	30	15
LXHL-PW09	Luxeon®	700	25	13
LXHL-PW09	Luxeon®	1000	20	13
NCCW022S-P12	Nichia	350	32	17
NCCW022S-P13	Nichia	350	37	17
NCCW023S-P12	Nichia	350	32	17
NCCW023S-P13	Nichia	350	37	17
XL7090WHT-L100-0010	CREE®	350	46	17
XL7090WHT-G100-0018	CREE®	350	60	17
XL7090WHT-G100-R-004	CREE®	350	110	17
3XL7090WHT-L100-0010	CREE®	350	50	17
3XL7090WHT-L100-0010	CREE®	700	35	17

светодиодные лампы XLamp7090 дают возможность создавать компактные кластеры светодиодных ламп и на основании их различные источники света.

Источники света на основе твердотельных светодиодов являются высокорентабельной альтернативой традиционным методам освещения лампами накаливания, обеспечивая на три порядка больший ресурс работы, более низкие затраты обслуживания и высокую экономичность. Они идеально подходят для применения в высоконадежных и взрывобезопасных осветительных приборах, используемых, например, на транспорте. Кроме того, с помощью подобных светильников можно осуществлять простое и недорогое дистанционное управление яркостью и другими параметрами (рис. 5).

Управление яркостью свечения может быть организовано как по беспроводному, так и по проводному каналу, используя стандартный интерфейс. Данное решение даст возможность также вести контроль за состоянием светильника. Простота решения и минимальное количество элементов в схеме дистанционного управления позволяют обеспечить высокую надежность. Источники света на основе твердотельных светодиодов в настоящее время уже имеют практическое применение в качестве эффективных переносных источников света (всевозможные фонари), в сигнальном освещении, в архитектурной и интерьерной декоративной подсветке, аварийном освещении.

Сотрудниками СКБметро ЗАО «Метровагонмаш» совместно со специалистами специализированных организаций постоянно проводятся работы по созданию светоизлучающих приборов повышенной эффективности. Так в настоящее время в активной фазе находятся разработки и испытания габаритных огней и осветительных приборов для кабины машиниста, аппаратного отсека и салона вагона. Задача не из легких, так как предстоит унифицировать новые осветительные устройства по габаритно-присоединительным размерам с эксплуатируемыми аналогами и, в случае положительных результатов, предполагается в качестве эксперимента их использование на двух головных модернизируемых вагонах.

Учитывая высокую эффективность и экономичность, малые габариты и высокую устойчивость к температуре, вибрациям, возможность создания необслуживаемых светильников для условий метрополитена, рассматривается возможность применения данного вида источников света для организации аварийного освещения в тоннелях, освещения станций, вагонов метро, архитектурной подсветки вестибюлей и станций. Хорошая управляемость позволяет построить систему многоуровневого управления освещением с возможностью многоуровневого резервирования. Будем надеяться, что в недалеком будущем описанные выше источники света на основе твердотельных ламп найдут свое распространение на метрополитенах стран СНГ.

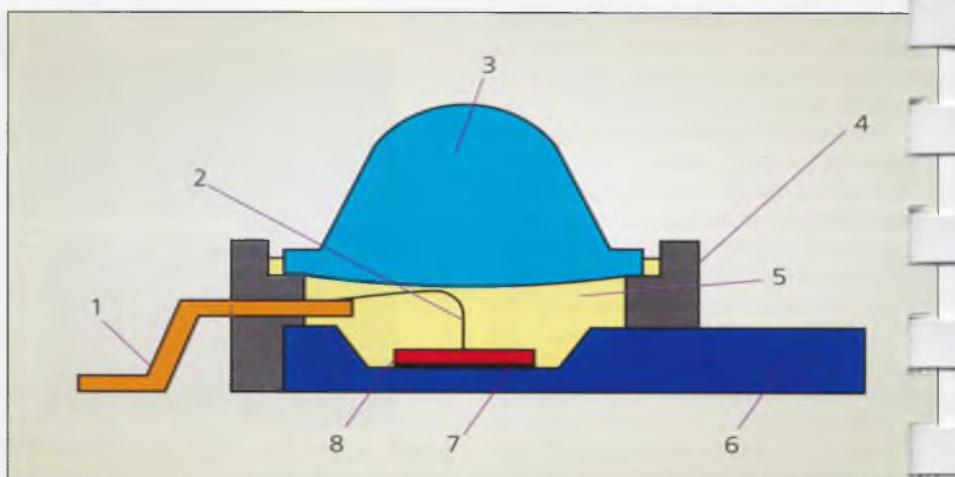


Рис. 3. Конструкция светодиодной лампы компании Nichia: 1 — вывод, 2 — соединительный проводок, 3 — линза, 4 — корпус, 5 — герметик, 6 — теплоотвод, 7 — место приклеивания кристалла, 8 — кристалл InGaN на сапфире

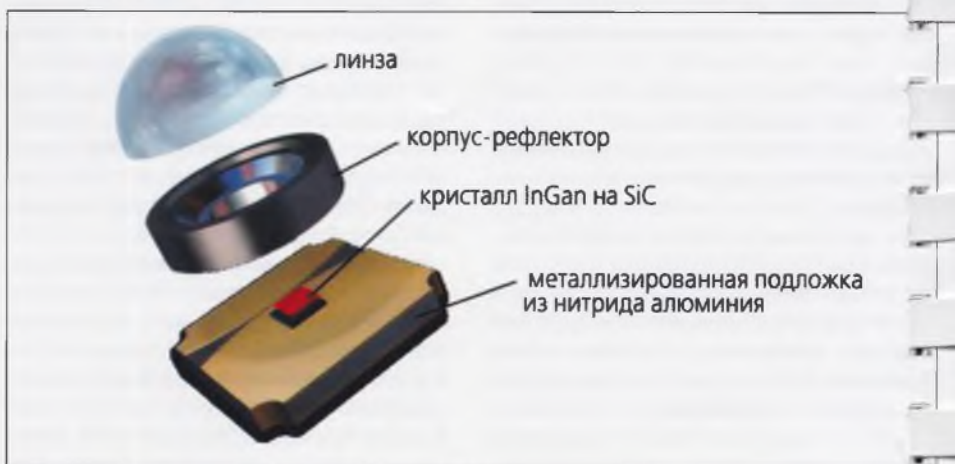


Рис. 4. Конструкция светодиодной лампы XLamp7090

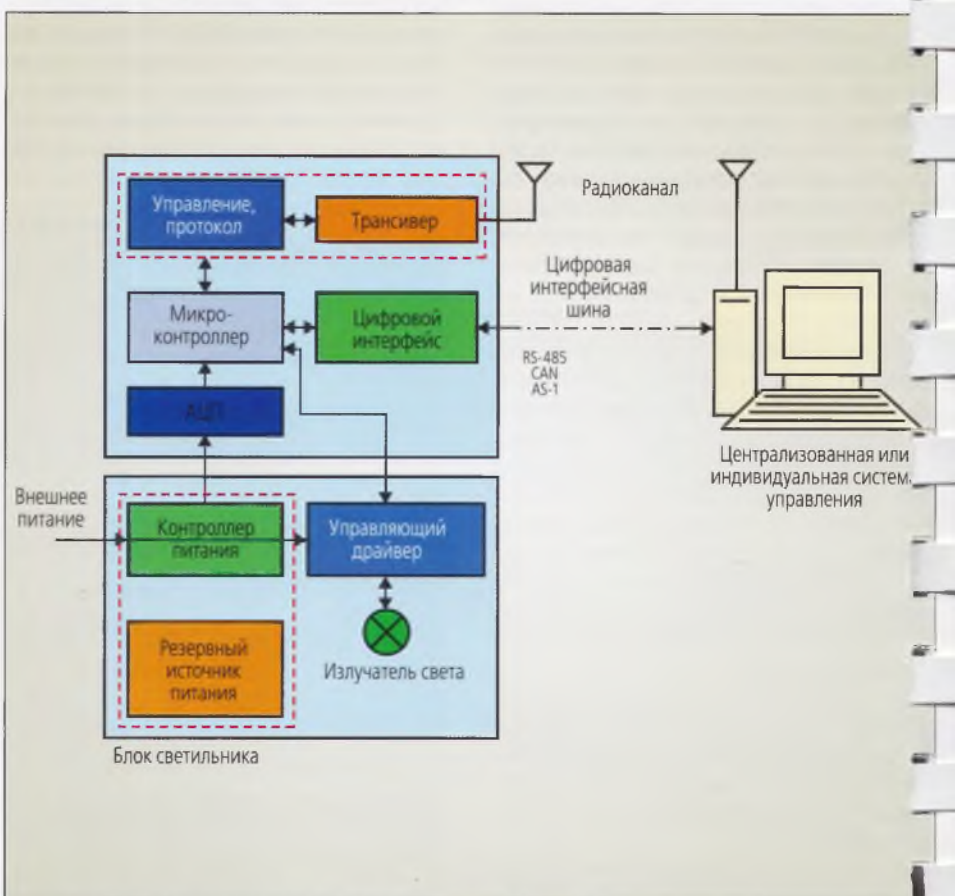


Рис. 5. Схема дистанционного управления излучателем света



compactfiltertechnik

Все из одних рук:

Проветривание и обеспыливание в тоннелестроении и горном деле (осевые вентиляторы, обеспыливатели сухого и мокрого принципа действия, гибкие вентиляционные трубы, инжиниринг для вентиляции и обеспыливания)

НАШЕ ПРЕДПРИЯТИЕ - ВОЗДУХ

ОБЕСПЫЛИВАНИЕ



compactfiltertechnik



www.cft-gmbh.de

ВЫРАБОТКА

Korfmann
Lufttechnik GmbH



www.korfmann.com

СБЫТ ЧЕРЕЗ ФИРМУ

CFT GmbH

compactfiltertechnik

Beisenstraße 39 - 41

D-45964 Gladbeck

Tel. +49 2043 4811-0

Fax +49 2043 481120

E-Mail mail@cft-gmbh.de

Internet www.cft-gmbh.de

НАПРАВЛЕНИЕ



Schauenburg

Tunnel Ventilation GmbH



www.tunnel-ventilation.de

СБЕРЕЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ МОЩНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ

В. Я. Пахомов, Г. И. Криштафович, Московский метрополитен
Е. Н. Алексеев, ВНИИЖТ

Безусловным преимуществом вагонов с тиристорно-импульсной системой управления (ТИСУ) и двигателями постоянного тока, а также с инверторной системой управления (ИНСУ) и асинхронными двигателями переменного тока является принципиальная возможность использовать на них, в качестве служебного, рекуперативного торможения. Оно позволяет при торможении вагона возвращать в контактную сеть энергию, взятую из сети в период разгона.

Эффективная рекуперация до снижения скорости, когда вступает в действие электропневматическое торможение, длится в пределах 10 секунд. Передача рекуперированной энергии непосредственно к другому составу, набирающему скорость, практически нереальна из-за несовпадения торможения и разгона поездов в одном месте. Попытки рекуперации электрической энергии с помощью инверторных агрегатов на тяговых подстанциях не привели к успеху из-за сложности системы и чрезвычайно большого срока окупаемости.

В среднем число торможений на одной станции при 30-парном движении поездов и пятнадцатичасовом режиме работы метро составляет 900. Из опытов по рекуперации через инвертор на Фрунзенской ветке при торможении семивагонного состава энергия торможения доходит до 3 кВт/ч.

В год на нагрев поездных тормозных резисторов только на одной станции при существующем тарифе 1 р. 17 к. за один кВт/ч расходуется более одного миллиона рублей. Решение проблемы энергосбережения при торможении электроподвижного состава позволит существенно сократить финансовые затраты на перевозку пассажиров.

В последнее время в России и за рубежом появились мощные молекулярные накопители электрической энергии (суперконденсаторы), нашедшие применение на железнодорожном и городском транспорте. Особенность этих конденсаторов заключается в том, что они могут не мгновенно, а в течение 7–10 с принять ток в сотни и тысячи ампер и также вернуть его. Кроме того, эти конденсаторы являются пожаро- и взрывобезопасными.

Известно, что эффективная рекуперация электроэнергии поезда происходит в пределах 10 с, в связи с чем суперконденсаторы представляют уникальное изделие. Их можно устанавливать на подвижном составе в виде модуля автономного энергосбережения или подключать их к контактной сети в местах торможения и разгона подвижного состава, в том числе на совмещенных тягово-понижительных подстанциях.

ВНИИЖТ на испытательном кольце «Щербинка» проводит опытные работы с молеку-

лярными накопителями по стабилизации напряжения 3,3 кВ в контактной сети. За основу был взят молекулярный накопитель энергии МНЭ-1,55/300 емкостью 1,55 фарады, напряжением 300 В с внутренним сопротивлением 0,3 Ом и весом 35 кг, изготовитель фирма «Технокор».

Опытный накопитель энергии (НЭ) включен в работу на напряжение 3,3 кВ и ток 3000 А. Установка состоит из 48 первичных элементов МНЭ-1,55/300, её стоимость – 750 тыс. р.

Для действующих тяговых подстанций 3,3 кВ и постов секционирования ВНИИЖТом разработана силовая схема НЭ и система управления установкой, предусматривающая систему защиты, алгоритмы поддержания напряжения и токов на заданном уровне, технические

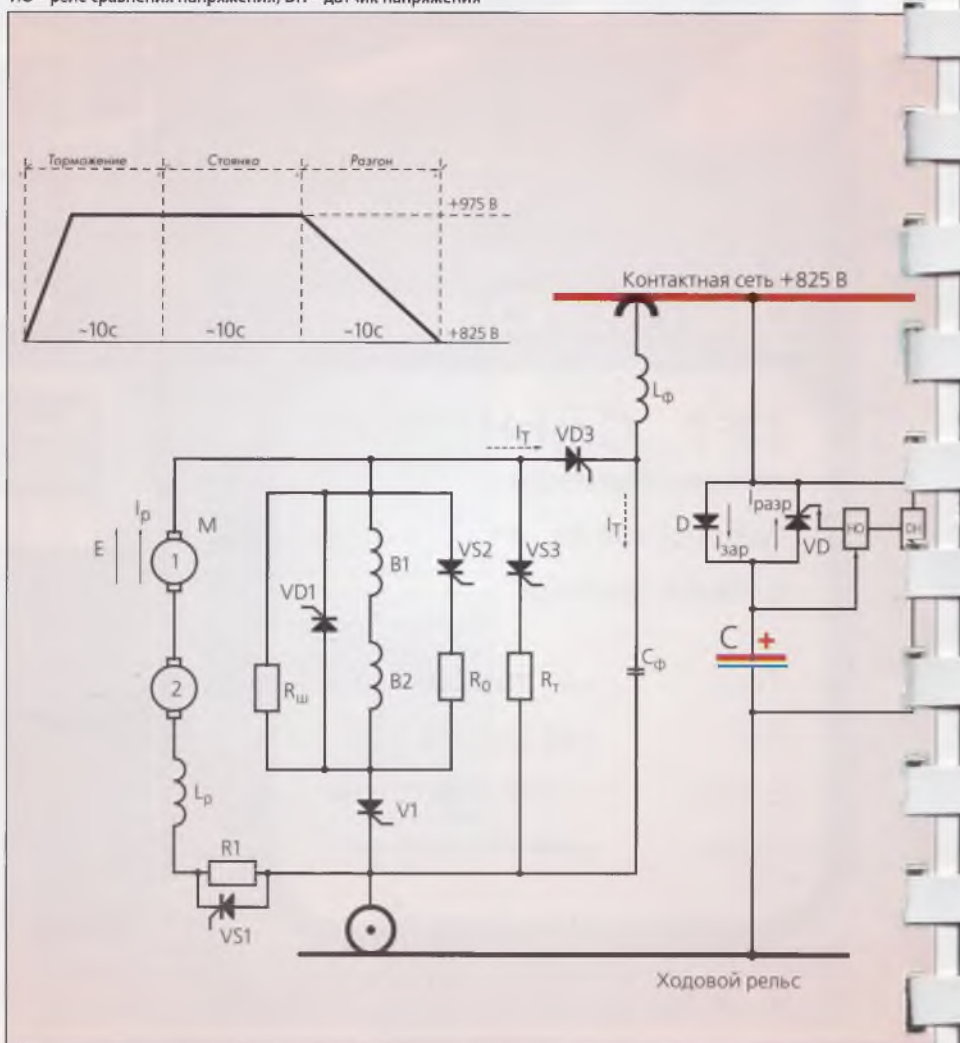
средства ввода установки в работу и вывода для обслуживания.

Исследования и опытные работы ВНИИЖТа можно использовать для разработки системы накопления и отдачи электроэнергии при торможении и разгоне электроподвижного состава на метрополитене.

На рисунке приведен фрагмент электрической схемы вагона с ТИСУ и возможная функциональная схема работы накопителя. При переходе двигателя в тормозной режим ток рекуперации через тиристор VD3, индуктивность L_{ϕ} и диод D заряжает суперконденсатор C до напряжения 975 В. Продолжительность зарядки определяется эффективностью торможения. При этом оно на суперконденсаторе C остается выше напряжения в контактной сети. Открытие тиристора

Схема рекуперации в тиристорно-импульсном режиме на накопитель (суперконденсатор):

B1, B2 – обмотки возбуждения; V1 – регулятор напряжения на якорях двигателей; VS2 – регулятор реостатного торможения; VD3 – тиристор рекуперации в контактную сеть; R_T – тормозной реостат; R1 – балластный резистор согласования напряжений на двигателях и в контактной сети; VS1 – шунтирующий тиристор; L_p, L_ф C_ф – фильтры для ограничений пульсаций; R_ш, VD1 – шунтировка возбуждения; D – диод зарядки; VD – тиристор разрядки; HO – реле сравнения напряжения; DH – датчик напряжения



существляется с началом трогания поезда, после чего наступает режим разряда суперконденсатора до рабочего напряжения контактной сети. В качестве датчика на открытиристора VD можно использовать нуль-орган – схему сравнения напряжений «НО».

Энергия торможения на суперконденсаторе делится по формуле: $\Delta W_c = C/2(U_{max}^2 - U_{825}^2)$, и принять время торможения $t = 10$ с, а разряд от U_{max} до U_{825} происходит (в первом приближении) по линейному закону, тогда $U_{825} = (U_{max} + U_{825})/2$.

Средний ток торможения определяется по формуле

$$I_{cp} = \frac{C}{2} \frac{(U_{max}^2 - U_{825}^2)}{U_{cp} t} = \frac{C(U_{max}^2 - U_{825}^2)}{20U_{cp}} A$$

Для $U_{max} = 975$ В и $U_{825} = 825$ В, $t = 10$ с, при $C = 10$ Ф $I_{cp} = 160$ А.

Для увеличения запаса конденсаторной энергии целесообразно рассмотреть расширение верхнего уровня допустимого напряжения при рекуперативном торможении.

Опыты по рекуперации через инвертор тяговой подстанции на Фрунзенской ветке показали, что при десятисекундном торможении одним вагоном на горизонтальном участке со скоростью 50 км/ч и напряжениях 918 и 1045 В с разностью в 137 В, в контактную сеть выдавался ток в 114 А. Семивагонный состав в этом случае может выдавать в контактную сеть в среднем 900–1000 А. Следовательно, накопитель и тиристоры должны выбираться на прием и отдачу таких токов.

Выводы

1. В условиях существующего дефицита электроэнергии и ее возрастающей стоимости энергия торможения электропоездов является главным потенциальным источником энергосбережения метрополитена, потребляющего 1,8 млрд кВт/ч в год.

2. Внедрение высокосмких накопителей электрической энергии позволит максимально реализовать режимы рекуперации при торможении поездов и сэкономить электроэнергию, сгладить суточную нерав-

номерность электропотребления транспортного процесса.

3. Сам факт разработки и установки на вагонах метрополитена систем ТИСУ и ИНСУ свидетельствует о востребованности режимов рекуперации на метрополитенах.

4. В связи с тем, что накопители электрической энергии можно устанавливать как в системе электроснабжения метрополитена, так и непосредственно на подвижной состав, необходимо провести технико-экономические сравнения места установки накопителей с учетом безопасности перевозки пассажиров и эффективности применения обоих вариантов.

5. С целью определения эффективности применения накопителей электроэнергии в системе энергоснабжения метрополитена, следует определить параметры накопительной установки, разработать схему подключения ее к устройствам электропитания и систему управления.

Необходимо принять решение об изготовлении опытной накопительной установки и испытаниях ее на действующем участке метрополитена.

МТ

Электроника

Транспорт

20–22 февраля, Москва, ЦМТ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ВЫСТАВКА-ФОРУМ

ЭЛЕКТРОНИКА
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ДЛЯ ТРАНСПОРТА И
ТРАНСПОРТНЫХ
КОММУНИКАЦИЙ



Организаторы: ЗАО "ЧипЭКСПО"
Тел: +7 (495) 221 5015
<http://transport.chipexpo.ru>

ЛОНДОН: ПРОДОЛЖЕНИЕ ДОКЛЕНДСКОЙ ЛИНИИ ЛЕГКОГО РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА (ЛРТ)

(по материалам, предоставленным компанией «Интерторг, Инк.», официального представителя «Ловат Инк.» в России)

Изначально Доклендская линия ЛРТ (Docklands Light Railway, далее по тексту ДЛРТ) в Лондоне была спроектирована для обслуживания новых административных и жилых зданий, возводимых в районе старых доков. Тогда, в 1987 году, это был проект строительства ЛРТ стоимостью 77 млн фунтов стерлингов, включавший приобретение парка из 11 подвижных составов и возведение 15 станций. Сегодня эта транспортная система насчитывает 94 подвижных состава и 38 станций, обеспечивая более 50 млн пассажирских поездок ежегодно. Строящийся участок должен продлить существующую линию до станции «Вулвич Арсенал» новыми тоннелями под руслом р. Темзы.

В свое время строительство ДЛРТ стало очень удачным проектом и настоящим спасением для людей, которые сегодня живут или работают в некогда заброшенном районе бывших доков вдоль р. Темзы к востоку от центра Лондона и в других частях Ист-Энда.

Это была первая в Великобритании система ЛРТ с автоматическим управлением движения поездов, которая продемонстрировала завидную надежность со времени ее открытия почти 20 лет назад. Сегодня пассажиры совершают около 50 млн поездок в год; планируется, что к 2009 г. благодаря реализации текущих и будущих проектов этот показатель возрастет до 80 млн.

ДЛРТ позиционирует себя как «Дорога возрождения», потому что вся система в значительной степени создавалась под план масштабного преобразования этого района Лондона, который сегодня полностью преобразился. Благодаря ДЛРТ и ветке Юбилейной линии Лондонского метрополитена, это процветающий район города, в котором разместились штаб-квартиры многих крупных компаний.

В настоящее время ведется строительство нового двойного тоннеля под р. Темзой для продолжения линии до станции «Вулвич Арсенал», на которой можно будет также пересесть на магистральную железную дорогу компании «Бритиш Рейл» в направлении Северного Кента, что значительно упростит сообщение между этим районом и большими офисными комплексами Докленда. Эта дорога станет важным направлением на период Лондонских Олимпийских игр 2012 года. Она не только свяжет Северный Кент с главным стадионом Олимпийских игр в Стрэтфорде, но и обеспечит доступ с северного берега реки к торжественным мероприятиям, которые будут проходить в районе Вулвич Арсенал.



Монтаж ТПМК «Ловат» для прокладки тоннеля под р. Темзой

Ветка от станции «Вулвич Арсенал»

Проектирование и строительство ветки производится британской строительной группой AMEC для компании WARE (Woolwich Arsenal Rail Enterprises) – совместного предприятия AMEC и Королевского банка Шотландии. Контракт на работы по проектированию и строительству оценивается в 180 млн фунтов стерлингов. Однако общий объем финансирования концессии продолжительностью 30 лет, основанной Королевским банком Шотландии и Европейским инвестиционным банком для компании WARE, составляет около 210 млн фунтов стерлингов, включая стоимость строительных подрядов.

Подрядчик – совместное предприятие AMEC и AMEC Spie, а возобновляемый контракт на техническое обслуживание заключен с компанией AMEC Spie.

В числе других организаций, участвующих в многочисленных подрядах, субподрядах и поставках оборудования, компании: Halcrow Group (общее руководство проектированием и планированием); Spie (детальная разработка машин и оборудования); Weston

Williamson (архитектура); Lovat (типизация инструмента); Brecknell Willis (тяговые двигатели); Pandrol (крепёжи); Coris Cogifer (стрелочные переезды); Corus (рельсы).

В обязанности компании WARE входят: детальная разработка проекта и строительство ветки; обеспечение указанного финансирования; вопросы охраны труда и техники безопасности; техническое обслуживание ветки до 2035 г. и обеспечение функционирования на ней системы ДЛРТ. Концессия была предоставлена компанией DLR Ltd. подразделением фирмы Transport for London (TfL).

Проект включает следующие составные части:

- участок U-образного профиля в Северном Вулвиче, соединяющийся с существующей линией ДЛРТ на ст. «Георг V» (60 м);
- котлован с укрепленными стенками (75 м) в Северном Вулвиче;
- тоннель протяженностью 75 м, проложенный открытым способом, в Северном Вулвиче;
- стартовая камера для ТПМК протяженностью 50 м;

- два тоннеля диаметром по 6 м (протяженность 1780 м для западного тоннеля и 1830 м – для восточного);
- входная шахта глубиной 40 м и диаметром 17 м на левом берегу р. Темзы;
- приемная камера у ст. «Вулвич Арсенал» (15 м);
- тоннель протяженностью 35 м, пройденный открытым способом, у ст. «Вулвич Арсенал»;
- котлован с укрепленными стенками (15 м) у ст. «Вулвич Арсенал»;
- открытый переход на ст. «Вулвич Арсенал» (80 м);
- строительство ст. «Вулвич Арсенал» методом «сверху вниз» и концевых участков тоннелей (длина 110 м и глубина 15 м).

Строительство тоннеля

Глубина заложения тоннелей в самой глубокой точке под руслом реки будет достигать 35 м. Под руслом они будут проходить преимущественно в кремнистых меловых отложениях; от стартовой камеры тоннели пройдут сквозь аллювиальные отложения и гравийные террасы, а окончание проходки придется на танетские песчаники на южном берегу реки (в районе Вулвич Арсенал).

Сегменты для обделки тоннеля производит фирма CV Buchan, дочерняя компания AMEC, на специальной установке, размещенной на стройплощадке рядом со стартовой шахтой.

По завершении проходки первого тоннеля ТПМК будет извлечен из приемной шахты и транспортирован через Темзу обратно к стартовой шахте для проходки второго тоннеля. Когда он закончит работу, компания может выкупит его обратно с целью ремонта или повторного использования запчастей от него на других строительных объектах.

Канадская фирма Lovat произвела ТПМК в соответствии с техническими условиями компании AMEC специально для данного проекта. У AMEC большой опыт работы с техникой Lovat, и между этими двумя компаниями существуют хорошие партнерские отношения. ТПМК с грунтовым пригрузом диаметром 6,1 м имеет открытую роторную головку и пять отверстий для подачи пены. Поставщик пены – компания Degussa Construction Chemicals (ныне принадлежащая BASF). ТПМК оснащен щеточными уплотнителями в хвостовой части (смазочные материалы для которых поставляет французская фирма Condat) и вакуумным сегментным складчиком.

Движением комплекса управляет лазерная система фирмы TACS, непрерывно считывающая положение ТПМК и контролирующая его осевую ориентацию.

Сегментные кольца состоят из восьми трапециевидных сегментов шириной 1,5 м. Один цикл проходки в меловых отложениях составляет около 15 мин (1,5 м), и еще 5 мин требуется на установку полного сегментного кольца, после чего ТПМК может перейти еще 1,5 м. В целом, для реализации проекта потребуется 2425 сегментных колец, или 19 400 сегментов.



Для заполнения кольцеобразного зазора между сегментным кольцом и стенкой тоннеля на каждые 1,5 м проходки требуется около 3,6 м³ цементного раствора, который закачивается в бак-накопитель, а затем нагнетается в зазор за сегментами при помощи шланговых насосов Bredel фирмы Watson Marlow, установленных в хвостовой части ТПМК.

Вынутый грунт подается на конвейерную систему производства фирмы Continental Conveyor. Максимальная длина тоннельного конвейера составляет 1875 м при общей высоте подъема около 13 м. Ширина ленты – 800 мм, скорость ее движения – 3 м/с, пропускная способность – 300 т вынутаго грунта в час при объемном весе грунта 1650 кг/м³. Максимальная потребляемая мощность конвейера – 125 кВт. Общий объем материала, который необходимо удалить из тоннеля, оценивается в 105040 м³.

После достижения стартовой шахты вынутый грунт подается на передаточный конвейер длиной 38 м и мощностью 75 кВт, также производства Continental Conveyor, который доставляет его в уравнительный резервуар, откуда вынутый грунт отгружается на баржи и по Темзе удаляется со стройплощадки.

Два аварийных перехода между тоннелями диаметром по 5 м будут пройдены при помощи проходческого комбайна.

Система автоматического управления движением поездов ДЛРТ преодолевает относительно большие уклоны; начальный уклон от стартовой шахты ТПМК – 5,5 %. Под руслом р. Темзы трасса становится более пологой, а на последнем участке до ст. «Вулвич Арсенал» уклон будет 5 %.

На большей части трассы расстояние между двумя тоннелями составляет около 6 м, но на южном берегу Темзы, в месте расположения входной шахты, которая впослед-



Вид на руддвор в начале проходки



Для откатки грунта используются локомотивы «Шома»

ствии будет использоваться для вентиляции, расстояние будет увеличено таким образом, чтобы тоннели огибали ее с обеих сторон.

В некоторых случаях, когда тоннели проходят слишком близко к зданиям на земной поверхности, требуется компенсационное нагнетание строительного раствора, чтобы предотвратить обрушение поверхности. В частности, около стартовой шахты тоннели проходят в пределах 3 м от свай фундаментов нескольких жилых зданий.

Материалы и сегменты подаются к хвостовой части ТПМК на вагонетках-платформах и трехтележных вагонетках для перевозки сегментов, буксируемых одним из двух дизельных локомотивов фирмы Schoema весом 30 т. Поскольку первый участок выработки имеет уклон, особое внимание было уделено

установке на подвижном составе системы блокировочного торможения при откате.

Для обеспечения дополнительной безопасности сотрудников, работающих в зоне ТПМК, применяется защитное устройство Manchester Gate («Манчестерские ворота»), которое следует открывать для прохода состава со стройматериалами. Все составы должны останавливаться перед этими воротами (т. е. выше их), прежде чем попасть внутрь ТПМК. Вентиляцию в тоннеле обеспечивает вентилятор фирмы Kofmann, установленный на поверхности над порталом тоннеля.

На сентябрь 2006 г. ТПМК демонстрировал высокие темпы проходки после сравнительно медленного начала. Условия работы в тоннеле были хорошие: очень мало воды, хотя вынутый меловой грунт, поступающий на конвейер, крайне вязкий, что создает некоторые проблемы с его удалением и очищением конвейерной ленты.

Работы производятся пять дней в неделю в две 12-часовые смены. В выходные осуществляется техническое обслуживание оборудования, так что это время тоже нельзя считать потерянном.

Сегменты обделки и установка для их производства

Компания CV Buchan, входящая в группу АМЕС, занимается поставками бетонных сегментов заводского изготовления. В данном случае принято решение производить их на

месте. Всего для двух изогнутых тоннелей потребуется 2425 колец обделки, каждое из которых состоит из восьми сегментов весом по 2,25 т, соединения между ними герметизированы прокладками фирмы Trelleborg.

Производство сегментов на стройплощадке было выбрано не только из соображений удобства, но и с точки зрения охраны окружающей среды: по сравнению с транспортировкой сегментов с главного завода фирмы Buchan, расположенного более чем за 16 км от места строительства, такое решение экономит около 2 тыс. поездок грузовых автомобилей по Лондону.

Компания Trelleborg тесно сотрудничала с Buchan, чтобы гарантировать наличие прокладок именно тогда, когда они потребуются. В ноябре 2005 г. было начато производство сегментов с применением форм, спроектированных и поставленных компанией Buchan, из высококачественного бетона. Коллектив из 28 сотрудников производит 64 единицы продукции в день по тщательно рассчитанному графику, чтобы запас был достаточным (но не слишком большим), а поставки стабильными.

По окончании строительства первого тоннеля предстоит перерыв в работе, во время которого надо будет демонтировать ТПМК и вернуть его к стартовой шахте, потому что при проходке в направлении с севера на юг вынутый грунт можно вывозить баржами, что значительно снижает объем поездок по автодорогам и последствия для окружающей

среды. Однако производство сегментов будет прекращено даже в этот период при остановке работ.

Важнейшее значение имеет поддержание качества сегментов на определенном уровне и соответствие допускам. Все сегменты, произведенные установкой, проверяются контролерами, а каждый двадцатый дополнительно контролируется руководителем производства.

Поскольку трасса тоннелей является изогнутой, обделка должна допускать возможность регулирования, чтобы можно было менять расположение или уровень сегментов, не подвергая риску их подгонку или гидроизолирующие прокладки между ними. Для этого необходимы четыре разных типа клиновидных сегментов на кольцо, каждый в свою очередь, требует использования четырех разных типов прокладок. Прокладки твердые, а имеют ячеистую структуру, поэтому они деформируются предсказуемым образом, когда ТПМК прижимает их к нужному месту; это необходимо, чтобы избежать протечек в тоннель грунтовых вод под высоким давлением.

Сегменты дополнительно оснащены запатентованными стыковыми штырями системы Bucloc фирмы Buchan, упрощающими расположение и совмещение их в тоннеле.

Согласно прогнозу, тоннелепроходческие работы завершатся в середине 2007 г., а полностью ветка ДЛРТ будет оборудована и готова к работе к началу 2009 г.

Начало строительства тоннелей для продолжения Доклендской линии ЛРТ в Лондоне





4-й Международный промышленный форум

GEOFORM+

13–16 марта 2007

Россия, Москва, КВЦ «Сокольники»

**ОБЪЕДИНЯЕТ
4 СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ**

- › Геология
- › Геодезия
- › Картография
- › Навигация



Геодезия
Картография
Геоинформационные системы



Интеллектуальные
транспортные системы
и навигация



Технологии и оборудование
для инженерной геологии
и геофизики



Технологии и оборудование
для строительства тоннелей

Последние новости и информация для специалистов на сайте:
www.geoexpo.ru

Организатор:

Выставочный
холдинг MVK

Соорганизаторы:

Федеральное агентство геодезии
и картографии
Ассоциация транспортной телематики
Тоннельная ассоциация России

Дирекция:

A 107113, Россия, Москва, Сокольнический Вал, 1, павильон 4
T F (495) 105-34-86, 268-99-04 **F** kls@mvk.ru

Региональные
представительства
Выставочного холдинга MVK:

MVK-УРАЛ: Тел./факс: +7 (343) 371-24-76
MVK-СИБИРЬ: Тел./факс: +7 (383) 226-53-17
MVK-ВОЛГА: Тел./факс: +7 (843) 291-75-89
MVK-ЮГ: Тел./факс: +7 (863) 234-52-45

ПРОХОДКА ТОННЕЛЕЙ В СЛАБОУСТОЙЧИВЫХ ГРУНТАХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МУЛЬДЫ ОСАДОК ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Л. В. Маковский, к. т. н., проф., член-корреспондент РАЕН
Фам Ань Туан, аспирант, МАДИ (ГТУ)

В данной статье представлена разработанная на кафедре мостов и транспортных тоннелей МАДИ (ГТУ) методика определения параметров мульды осадок поверхности земли при щитовой проходке, позволяющая учитывать шесть конструктивно-технологических факторов: диаметр щита; глубину заложения тоннеля; давление активного пригруза в забое щита; давление нагнетания тампонажного раствора за обделку тоннеля; наличие находящихся по трассе тоннеля наземных зданий, задаваемых в виде распределенной поверхностной нагрузки; степень заполнения тампонажным раствором строительного зазора (с учетом переборов грунта, подвижки его в строительный зазор, усадки тампонажного раствора и пр.).

При щитовой проходке тоннелей в городах возможны деформации поверхности земли и находящихся на ней зданий и сооружений. В ряде случаев величины осадок поверхности земли достигают таких значений, при которых нарушается нормальная эксплуатация наземных зданий и сооружений. Для обеспечения их сохранности необходимо до начала строительства тоннелей прогнозировать ожидаемые осадки поверхности земли.

На них влияет ряд факторов, в том числе конструктивно-технологических, являющихся наиболее важными и обуславливающими выпуски грунта в забое щита, несвоевременное или некачественное заполнение тампонажным раствором строительного зазора, деформации оболочки щита и тоннельной обделки и пр.

Существующие теоретические методы определения осадок земной поверхности, вызванных щитовой проходкой, не позволяют в полной мере учитывать ряд таких факторов, как давление нагнетания тампонажного раствора за обделку и степень заполнения им строительного зазора, наличие находящихся по трассе тоннеля наземных зданий.

Для разработки методики, в первую очередь, потребовался численный эксперимент. При этом применение разработанной пространственной модели, имитирующей щитовую проходку в рамках единой упруго-пластической математической модели, позволяет учитывать поэтапность щитовой проходки, изменение конструктивно-технологических, геометрических факторов, инженерно-геологических и гидрогеологических условий по трассе тоннеля. На рис. 1 показана пространственная математическая модель системы «тоннель – щит – грунтовой массив».

В качестве примера при решении поставленной задачи приняты инженерно-геологические условия в городах Ханое и Хошимине (Вьетнам), представленные в основном глиной, глинистыми породами от слабой до твердой консистенции, песками и песчаными грунтами от средней до высокой плотности. Из-за изменения инженерно-геологических условий взяты средние значения параметров грунтов и мощности

слоев. Уровень подземных вод расположен на глубине 2 м.

Конкретные величины шести рассматриваемых факторов и диапазоны их изменения выбраны в соответствии со значениями, реально наблюдаемыми в натурных условиях в обоих городах. При этом все рассматриваемые факторы варьируются на четырех уровнях, что обеспечивает получение достаточно достоверных зависимостей при проведении наименьшего количества численных расчетов.

Было выполнено 23 серии численных расчетов, реализованных с помощью программного комплекса «PLAXIS 3D TUNNEL». В результате численного эксперимента выбраны осадки множества точек поверхности земли в рассматриваемых поперечных сечениях.

Мульда осадок поверхности земли в поперечном сечении характеризуется максимальной величиной над осью тоннеля и кривой изменения осадок поверхности земли. Если знать математическую функцию, описывающую эту кривую, то можно теоретически установить параметры мульды осадок поверхности земли (длину зоны влияния, наклон, кривизну и радиус кривой осадок).

Однако математические функции кривых осадок множества точек еще не выявлены. В связи с этим для определения параметров мульды необходимо найти эти математические функции.

Известно, что при исследовании осадок поверхности земли, вызванных проходкой тоннелей, наиболее часто применяют кривую нормального распределения Гаусса, предложенную Peck (1969) и Schmidt (1969) для описания мульды осадок, которая была принята при щитовой проходке тоннелей в Ханое и Хошимине:

$$\eta = \eta_m e^{-\frac{x^2}{2i^2}}, \quad (1)$$

где η – осадка поверхности земли на расстоянии x от оси тоннеля;

η_m – максимальная осадка поверхности земли над осью тоннеля;

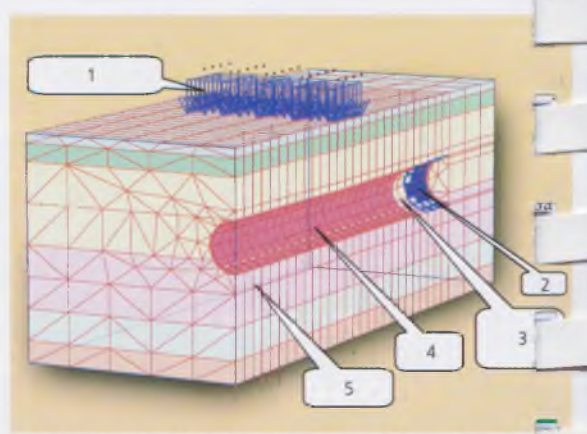


Рис. 1. Пространственная модель системы «тоннель – щит – грунтовой массив»: 1 – нагрузка от наземных зданий; 2 – щит; 3 – зона нагнетания раствора; 4 – обделка тоннеля; 5 – грунтовой массив

i – абсцисса точки перегиба кривой мульды осадок.

Очевидно, что для описания осадок поверхности земли кривой Гаусса следует разделить η_m и i . Параметры мульды осадок представлены на рис. 2.

Путем дифференцирования зависимости (1) получены формулы для расчета наклона j_x , кривизны k_x и радиуса R_x кривой осадок поверхности земли в поперечном сечении:

$$j_x = df(x)/dx = -\eta_m \frac{x}{i^2} e^{-\frac{x^2}{2i^2}};$$

$$k_x = d^2 f(x)/dx^2 = -\eta_m \frac{1}{i^2} e^{-\frac{x^2}{2i^2}} (1 - \frac{x^2}{i^2}); \quad (2)$$

$$R_x = \frac{1}{k_x} = -\frac{1}{\eta_m} \frac{i^4}{(i^2 - x^2)} e^{\frac{x^2}{2i^2}}. \quad (4)$$

Максимальный наклон $j_{\max}$, максимальная кривизна $k_{\max}$ и минимальный радиус $R_{\min}$ кривой осадок теоретически определяются из функций (2), (3) и (4):

$$j_{\max} = 0,606 \frac{\eta_m}{i}; \quad (5)$$

$$k_{\max} = 0,445 \frac{\eta_m}{i^2};$$

$$R_{\min} = \frac{1}{k_{\max}} = 2,247 \frac{i^2}{\eta_m}.$$

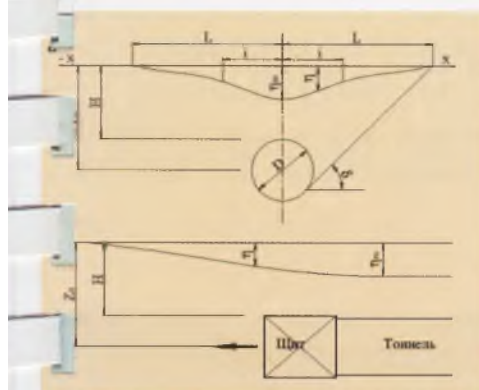


Рис. 2. Мульда осадок поверхности земли в поперечном (а) и продольном (б) направлении:
 L — длина полумульды; δ — граничный угол

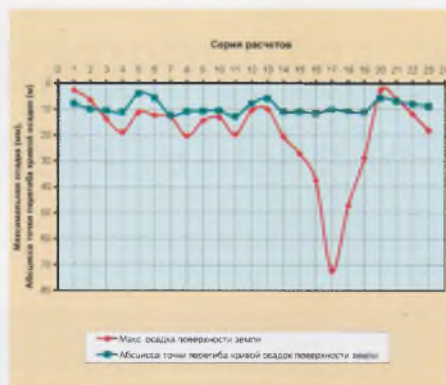


Рис. 3. Кривые параметров мульды осадок поверхности земли по результатам, полученным с использованием функции Гаусса

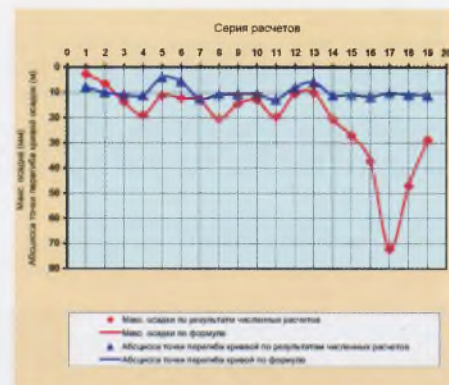


Рис. 4. Соответствие результатов численных расчетов и расчетов по полученным формулам

Таким образом, зная значения i и η_m , по формулам (2), (3) и (4) можно установить параметры мульды осадок поверхности земли, а по формулам (5), (6) и (7) — их экстремумы. Кроме того, по D , H и i можно определить длину полумульды L и граничный угол δ (см. рис. 2), поэтому в данной работе проведено выявление независимых параметров мульды осадок η_m , i .

В результате выполненного численного эксперимента получены осадки множества точек поверхности земли в рассматриваемых поперечных сечениях. При этом для построения кривой Гаусса необходимо осуществлять аппроксимацию результатов численного эксперимента экспоненциальной зависимостью, которая задается по формуле (1).

Поскольку величины η_m были получены в результате численного эксперимента, необходимо было определить величины i по формуле (1). Для этого использовался метод наименьших квадратов. Сходимость кривых Гаусса с кривыми осадок поверхности земли, полученная в ходе численного эксперимента для каждой серии расчетов, достаточно удовлетворительна. Это подтверждено критерием оценки качества их соответствия — коэффициентом квадрата смежной корреляции R^2 , величина которого в абсолютном большинстве случаев превышала 0,95. На рис. 3 представлены параметры мульды осадок поверхности земли, полученные с использованием кривых Гаусса.

Для практического применения результатов численного эксперимента необходимо построить функции, отражающие зависимость осадок поверхности земли от совокупности рассматриваемых факторов.

Для определения функций отклика, наилучшим образом описывающих результаты расчетов, использовался программный комплекс STATISTICAL (Microsoft Excel), позволяющий выявить зависимость между рассматриваемыми переменными и откликом. Метод нелинейного отклика, заложенный в функциях данной программы и примененный в нашем случае, позволяет выбрать характер зависимости за исследователем, т. е. позволяет задать практически любой тип непрерывной или разрывной регрессионной модели. Для определения её коэффициентов используется метод наименьших квадратов. Следует отметить, что сходимость полученной функции с множеством экс-

периментальных данных в большой степени зависит от вида выбранной функции.

Её коэффициенты определены с помощью программы, исходя из общих соображений о характере влияния на нее рассматриваемых факторов. Кроме того, принимались во внимание результаты по оценке влияния на параметры мульды осадок поверхности земли отдельных переменных (изменяемых факторов). Это позволило результирующую функцию для определения параметров мульды осадок представить в виде:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^n (a_i X_i + a_{2i} X_i^2 + a_{3i} X_i^3), \quad (8)$$

где Y — параметры мульды осадок поверхности земли;

n — количество переменных (изменяемых факторов) в функции, в нашем случае $n = 6$ (присутствуют все шесть факторов);

X_i — переменные;

a_0 , a_i , a_{2i} и a_{3i} — искомые коэффициенты уравнения.

Переменные X_i описывают изменяемые факторы: диаметр щита (X_1), глубину заложения тоннеля (X_2), давление пригруза забоя (X_3), давление нагнетания раствора за обделку (X_4), нагрузку от зданий, передаваемую на грунтовый массив (X_5) и степень заполнения раствором строительного зазора (X_6).

Решение уравнения (8) с помощью программы STATISTICAL позволило получить значения коэффициентов a_0 , a_i , a_{2i} и a_{3i} . В итоге после соответствующих преобразований уравнения регрессии для максимальной осадки поверхности земли η_m и абсциссы точки перегиба кривой i приобрели следующий вид:

$$\eta_m = 86,40 - 2,98D + 28,10H - 1,29P - 3,3310^4 Q + 1,1310^4 B - 8,5610^4 G + 4,0310^4 D^2 - 1,51H^2 + 5,1610^3 P^2 + 3,8810^4 Q^2 - 2,7010^4 B^2 - 4,3210^3 G^2 - 8,1810^3 D^3 + 2,8110^4 H^3 - 6,8810^6 P^3 + 1,8710^7 Q^3 + 4,7310^6 B^3 + 3,6510^3 G^3; \quad (9)$$

$$i = -15,70 + 6,60D - 8,79H - 1,5210^2 P + 3,6310^4 Q + 2,5010^2 B - 4,3210^2 G - 6,0210^4 D^2 + 7,3810^4 H^2 + 5,7010^5 P^2 - 1,4810^3 Q^2 - 4,5510^4 B^2 + 1,4510^3 G^2 + 1,9310^2 D^3 - 1,7010^2 H^3 - 8,1510^6 P^3 + 1,7510^6 Q^3 + 2,3510^6 B^3 - 9,9410^6 G^3. \quad (10)$$

Другие параметры мульды осадок можно вычислить по формулам (5)–(7).

Важно отметить, что сходимость результатов численного эксперимента со значениями, найденными по полученным функциям,

оказалась весьма высокой. Это было подтверждено значениями величины R^2 (0,984 и 0,973 соответственно для функций η_m и i). Из рис. 4, на котором приведено сопоставление значений η_m и i мульды осадок поверхности земли, полученных по функциям (9) и (10) с результатами численных расчетов, видно, что они практически совпадают.

Выводы

Для изучения влияния щитовой проходки тоннелей на осадки поверхности земли в условиях плотной городской застройки весьма эффективным является применение разработанной модели, основанной на пространственном моделировании системы «грунтовый массив — щит — тоннель». При этом учитываются такие геометрические и конструктивно-технологические факторы, как диаметр щита, глубина заложения тоннеля, давление пригруза в забое и нагнетания раствора за обделку, степень заполнения раствором строительного зазора и нагрузка от зданий, передаваемая на грунтовый массив.

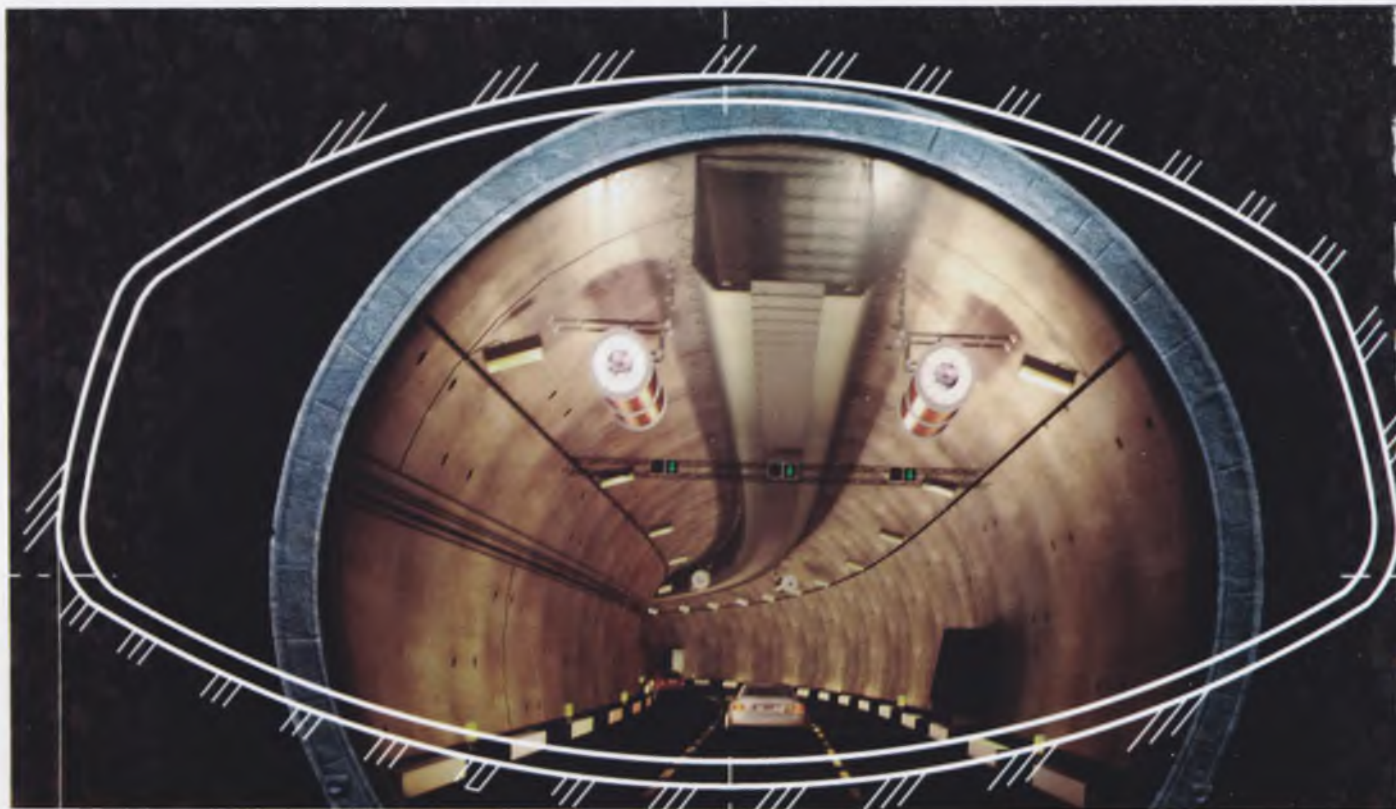
Проведены и проанализированы 23 серии численных экспериментов, в которых получены осадки поверхности земли в рассматриваемом поперечном сечении. По результатам выполненных численных расчетов построены кривые нормального распределения Гаусса для описания кривых полученных осадок, что дало возможность определить параметры их мульды. Кривые по результатам расчетов и по функциям Гаусса практически совпадают.

Методом нелинейного отклика найден ряд функций, в которых учитывается совокупность рассматриваемых влияющих факторов, позволяющих определить параметры мульды осадок поверхности земли для любых уровней изменяемых факторов применительно к щитовой проходке тоннелей к условиям городов Ханоя и Хошимина (Вьетнам). Хорошая сходимость полученных функций подтверждена критерием R^2 , установленным методом наименьших квадратов.

Разработанные функции дают возможность оперативно теоретически определять параметры мульды осадок поверхности земли при щитовой проходке в городах Ханое и Хошимине, и тем самым, оценивать степень повреждения наземных зданий в зависимости от значений рассматриваемых факторов. **МТ**

ОВАЛЬНОЕ СЕЧЕНИЕ АВТОДОРОЖНОГО ТОННЕЛЯ: ВОЗМОЖНО ЛИ ДОБИТЬСЯ ЭТОГО ПРИ ЩИТОВОЙ ПРОХОДКЕ?

В. А. Субботин, Московский государственный горный университет
Р. И. Касапов, Тоннельная ассоциация России



В настоящее время во всем мире наблюдается все большее внедрение в подземное пространство тоннелей и различных объектов. Прежде всего, это касается крупных городов и промышленных центров.

Ведущие мировые фирмы (Lovat, Herrenknecht, Mitsubishi и др.) выпускают щитовые комплексы (ТПМК) для различных горно-геологических условий с гидро- или грунтопригрузом забоя с роторным рабочим органом (планшайбой).

Необходимо отметить, что ширина дорожной полосы в автодорожных тоннелях составляет 4 м, а высотный габарит должен быть 5 м. По этой причине оптимальным поперечным сечением тоннеля для многополосного движения транспортных средств должно быть сечение, вытянутое вдоль горизонтальной оси.

Однако в настоящее время продолжается выпуск щитовых комплексов с наибольшим диаметром 14,2 м, например, немецкой фирмы «Herrenknecht» с гидропригрузом забоя для сооружения автодорожных тоннелей круглого поперечного сечения площадью 158,28 м².

Этим щитовым комплексом пройден Лефортовский автодорожный тоннель на 3-м транспортном кольце в Москве. Понятно, что в этом круглом тоннеле поперечное сечение используется нерационально и в нем размещается только три усеченных

От редакции: Не так давно в печатных и электронных средствах массовой информации появилось сообщение о том, что Тоннельно-ассоциацией России совместно со специалистами Московского горного университета разработан и вынесен на рассмотрение проект по строительству протяженных до 20 км тоннелей под Москвой.

Данные сообщения носят не совсем точный характер. Суть вопроса заключается в том, что предлагается к рассмотрению совершенно новая конструкция тоннелепроходческого комплекса, позволяющая уйти от «ущербного» круглого сечения автодорожных тоннелей к более рациональному — овалной формы.

На сегодняшний день это является всего лишь изложением инженерной мысли, не имеющей конкретного приложения. Тем не менее тема, затронутая авторами в данной статье, является безусловно интересной и заслуживающей внимания специалистов-тоннельщиков.

(шириной 3,75 м) полосы для движения транспортных средств.

В настоящее время этой же фирмой ведутся работы по проектированию и изготовлению щитового комплекса диаметром 17,5 м, площадь сечения выработки, сооружаемой им, будет 240,72 м².

Японские фирмы выпускают щитовые комплексы с двумя или тремя планшайбами.

При проходке тоннелей этими комплексами получаются сечения, вытянутые вдоль горизонтальной оси в виде двух или трех пересекающихся окружностей. Поэтому в таких местах приходится ставить колонны для поддержания обделки «соседних» тоннелей, что усложняет технологию проходки, снижает скорость и повышает стоимость строительства. Кроме того, колонны перекрывают сво-

НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ И СПОСОБ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ЗЕМЛИ

А. А. Сухостат, канд. ист. наук

5 сентября 2006 г. в Тоннельной ассоциации России состоялась лекция инженера П. А. Поля на тему «Новый подход к принципу строения Земли и необходимость разработки проекта тоннеля в ее внутреннюю сферу». Помимо практиков-тоннельщиков присутствовали проектировщики, ученые, преподаватели вузов, представители СМИ.

Первый заместитель председателя президиума правления ТАР С. Н. Власов, представляя автора, отметил, что Петр Александрович Поля – человек необычной судьбы. Большую часть жизни он прожил в России, в Сургуте. В середине 80-х гг., занимаясь в институте НИПИнефть (на Федоровском месторождении) исследованием скважин, увлекся геологией, стал размышлять, как могли появиться нефть и газ. В дальнейшем, собирая и анализируя информацию, высказал сомнение относительно их биологического происхождения.

Будучи потомком немцев, П. А. Поля вскорее уехал на историческую родину, в Германию, где продолжил изыскания. Был принят в Европейскую академию наук, на сайте которой опубликовал свою оригинальную концепцию строения нашей планеты, подвергшуюся острой критике со стороны приверженцев официальной теории.

Как подчеркнул С. Н. Власов, не вступая в споры по существу концепции автора, оставляя это на усмотрение ученых, в ТАР посчитали возможным выступать его аргументы в пользу необходимости сооружения тоннеля к центру Земли, полностью отдавая отчет в том, что на данный момент этот вопрос представляет собой больше общечеловеческий, чем практический интерес. При этом инициаторы приглашения руководствовались тем, что идеи подобного масштаба будоражат мысль, заставляют более критически воспринимать сложившиеся учения и подходы. Совсем еще недавно сумасшедшей считалась сама возможность полетов в космос – стоит лишь напомнить о судьбе К. Э. Циолковского. Пустой фантазией называли и описанный А. Н. Толстым гиперболоид, который, однако, обернулся впоследствии лазером. О путешествии вглубь Земли, как о реальности, писал Ж. Верн, а Б. Келлерман еще в 1913 г. провидел тоннель под Атлантикой от Америки до Европы.

Принявший участие в обсуждении доклада д. т. н. проф. Московского геологоразведочного института Е. М. Пашкин не согласился с представлениями автора о строении Земли как о совокупности различных сфер (внешней и внутренней коры, внешней и внутренней мантий, гравитационной зоны, внешней и внутренней атмосферы, информационно-энергетического ядра, управляющего всеми процессами на планете). Вместе с тем он призвал адекватно оценивать предложенную версию, относиться

к ней как к одной из гипотез, не отвергать с порога саму необходимость ее проверки.

Как считает П. А. Поля, подтвердить или опровергнуть сформулированную концепцию можно только опытным путем – строительством тоннеля во внутреннюю сферу планеты. На сегодняшний день человечество имеет в этом плане все технические средства. Примерами могут служить уже реализованный грандиозный тоннель под Ла-Маншем длиной 53 км, а также планируемый к завершению в 2019 г. тоннель в альпийских горах между Швейцарией и Италией.

Воплощение в жизнь проекта о «путешествии» к центру Земли, позволит, по словам его автора, раскрыть многие тайны не только нашей планеты, но и других небесных тел, звезд, черных дыр и вообще всей Вселенной. Одновременно, помимо научных приобретений, откроется перспектива добираться до неисчерпаемой кладви различных ископаемых, в том числе, не исключено, таких, которых нет в верхних слоях земной коры.

Прежде чем приступать к подготовке детального проекта тоннеля, необходимо собрать, сопоставить, проанализировать имеющуюся в наличии разрозненную информацию. Если специалисты подтвердят отсутствие магмы у полюсов Земли, тогда станет возможной проходка тоннеля машинами с дистанционным управлением.

Как показывает Кольская сверхглубокая скважина, на глубине свыше 9,5 км существует пояс, где содержание золота равняется 7–8 г на тонну, тогда как промышленная добыча выгодна при 3–4 граммах. Промышленные разработки этих ископаемых позволят не только окупить затраты, понесенные при строительстве, но и продолжить дальнейшую проходку тоннеля за счет полученной прибыли. Не меньшей статьей доходов могут стать экскурсии, по значимости сопоставимые с полетами в космос, но доступней и в тысячи раз дешевле.

Возможность строительства тоннеля подтверждают многие данные, прежде всего карты сейсмической и вулканической активности на всей планете. Ее граница в северном полушарии доходит только до 77-й параллели, дальше к северу она отсутствует. В южном полушарии активность достигает только 42-й параллели, что обусловлено наличием на южном полюсе материка Антарктиды огромной толщи льда, которая давит на внешнюю кору, а та, в свою очередь, на внутреннюю, выдавливая между собой магму до 42-й параллели. Гравитационное воздействие Луны усиливает смещение зоны синтеза материи в экваториальную зону. Эта разница границ сейсмической активности подтверждает наличие внутренней коры, которая в районе полюсов соединяется с внеш-

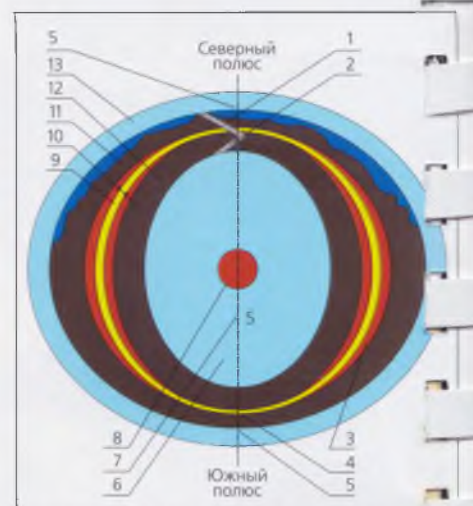


Рис. 1. Схема строения земного шара и расположения тоннеля (по представлениям П. А. Поля):

1 – тоннель во внешней коре (этап 1), 2 – тоннель во внутренней коре (этап 2), 3 – магма, 4 – сфера нулевой гравитации, 5 – вход во внутреннюю сферу, 6 – внутренняя сфера (атмосфера), 7 – ось вращения, 8 – информационно-энергетическая сфера, 9 – зона синтеза материи – гравитационная сфера, 10 – направление силы тяжести, 11 – внешняя кора, 12 – внутренняя кора, 13 – внешняя атмосфера

ней. Это говорит об отсутствии магмы у полюсов планеты. Прежде чем приступить к подготовке детального проекта и строительству тоннеля необходимо собрать, сопоставить, проанализировать уже имеющуюся в наличии разрозненную информацию. На основе произведённых расчётов и исследований специалисты смогут дать ответ: присутствует или нет у полюсов Земли магма. Если они подтвердят ее отсутствие, тогда станет возможной проходка тоннеля машинами с дистанционным управлением.

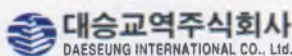
Экспедиция во внутреннюю сферу должна проходить в два этапа. Вначале тоннель необходимо построить до места соединения внешней и внутренней коры, в районе Северного полюса Земли, где расположена сфера нулевой гравитации. Изучение происходящих в ней процессов, возможно, позволит понять, как рождается гравитация и синтезируется материя. После обработки полученной информации о строении внешней коры можно приступить ко второму, более сложному этапу – добираться до ядра, где, по представлениям П. А. Поля, находится информационно-энергетическая сфера, управляющая жизнью планеты.

И чтобы приблизить время, когда строение Земли будет освоено практически, необходимо мобилизовать на данном направлении усилия ученых всех стран. Главным препятствием здесь, как считает автор, является отсутствие средств, а консерватизм и инерция современной науки.

BALUM Inc.

ГОРНО-ШАХТНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Эксклюзивный представитель в России и странах СНГ фирм:



Американская компания BALUM Incorporated на протяжении ряда лет занимается поставкой как новой так и бывшей в употреблении техники в Россию и страны СНГ. Опыт работы по всему миру и установившиеся связи с нашими партнерами позволяют нам предлагать технику широкого диапазона при кратчайших сроках доставки и по минимальным ценам. Наша компания является эксклюзивным дилером на поставки техники в Россию и страны СНГ многих заводов производителей из США, Канады, Австралии, Южной Кореи.

Оборудование для укладки бетона и набрызг-бетонирования фирмы Blastcrete (США)



Оборудование для укладки бетона и набрызг-бетонирования фирмы Reed (США)



Карьерные и шахтные локомотивы фирмы Republic Locomotive (США)



Тоннельные экскаваторы фирмы Daeseung Int. Co., Ltd. (Корея)



Оборудование для укладки, доставки бетона и бетонирования фирмы Jacon (Австралия)



Оборудование для работы в шахтах, подземных выработках, тоннелях фирмы Tracks&Wheels (Канада)



BALUM INCORPORATED

560 South Blvd., Troy, MI 48065 USA Tel: +1 (248) 703-5864 Fax: +1 (248) 879-3935

www.baluminc.com e-mail: info@baluminc.com

Президент Vitaly Ushin

СТАНЦИЯ «АЛМАЛЫ» АЛМАТИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАСЧЕТЕ ВЕСТИБЮЛЯ

М. Г. Зерцалов, проф., д. т. н.,

Д. В. Устинов, инженер, Московский государственный строительный университет

В. Е. Меркин, проф., д. т. н.,

Е. В. Щекудов, к. т. н., филиал ОАО ЦНИИС «НИЦ «Тоннели и метрополитены», Москва

М. Т. Укшебаев, к. т. н., АО «Алматыметрокурлыс»

К. К. Нурмаханбетов, инженер, Казенное государственное предприятие (Дирекция строящегося метрополитена), г. Алма



Строительство правого станционного тоннеля

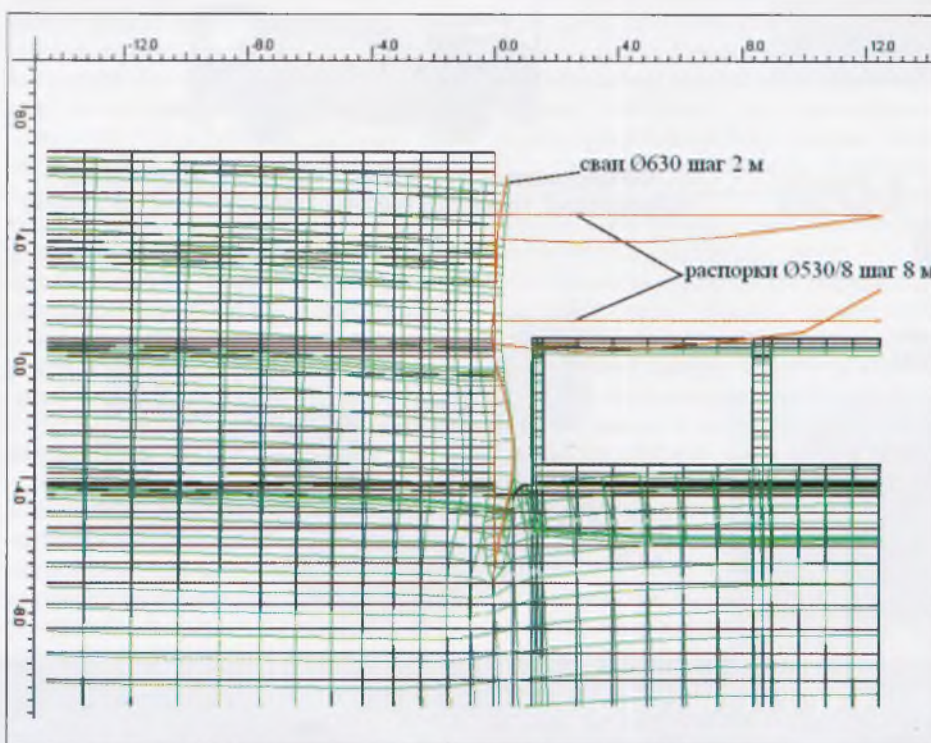


Рис. 1. Схема распределения перемещений на период возведения нижнего яруса

Станция «Алмалы» относится к первой очереди метрополитена г. Алматы. Первоначально проектом предусматривалось ее строительство в сборном железобетонном, который в дальнейшем (Учреждением «Метропроект» в 2006 г.) заменили на монолитный.

Станция заложена в массиве галечниковых пород аллювиально-пролювиального происхождения четвертичного возраста, влажных, плотных, с песчаным заполнителем и включением хорошо окатанных валунов размером до 500 мм, занимающих до 40 % от общего объема грунта. Принимая во внимание высокую расчетную сейсмичность района (9 баллов) и характер вмещающего массива условия строительства можно охарактеризовать как неблагоприятные.

Возведение вестибюля станции предполагается вести открытым способом с ограждением котлована буронабивными сваями диаметром 630 мм с шагом 2 м и двумя ярусами расстрелов из труб 530/8 с шагом 8 м.

Замена сборного варианта монолитным привела к необходимости изменения схемы установки распорных конструкций и соответственно, технологии. В частности,

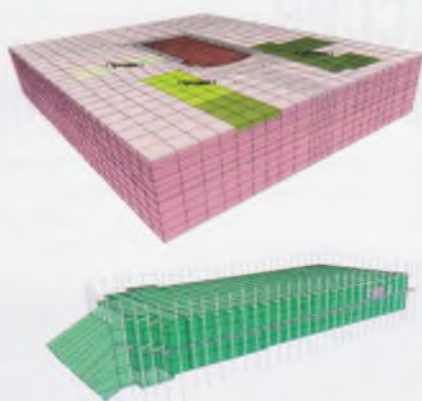


Рис. 2. Расчетная область и моделируемые конструкции

требовался перенос нижнего яруса распорных конструкций на отметку, превышающую отметку межэтажного перекрытия.

Для обоснования возможности переноса и оценки напряженно-деформированного состояния конструкций вестибюля совместно с вмещающим грунтовым массивом была проведена серия численных экспериментов, позволяющая оценить степень влияния строительства на перемещения «стены в грунте». В результате был выбран вариант расположения распорных конструкций, при котором величина максимальных смещений «стены в грунте» составила 6 мм (рис. 1).

Математическое моделирование осуществлялось методом конечных элементов в пространственной постановке с использованием современной компьютерной программы Z-Soil 3D (Швейцария).

Расчетная область размером $145 \times 27,75 \times 118$ м (соответственно по осям X, Y и Z) и моделируемые конструкции представлены на рис. 2.

При моделировании были учтены все основные технологические этапы, включающие: устройство ограждающих конструкций котлована, разработку котлована с устройством распорных конструкций, возведение конструкций вестибюля и обратную засыпку. На заключительной стадии моделирования были приложены эксплуатационные и сейсмические нагрузки.

Принимая во внимание тот факт, что строительство ведется в условиях плотной городской застройки, была выполнена количественная оценка влияния ведущегося подземного строительства на существующие сооружения. При этом было определено, что максимальная прогнозируемая дополнительная осадка для строения 1 (7 этажей) может составить 11 мм, строения 2 (5 этажей) – 20 мм, строения 3 (4 этажа) – 5 мм (рис. 3). Учитывая возможные нештатные ситуации, при возведении вестибюля рекомендуется предусмотреть мониторинг состояния окружающей застройки и крепления котлована, а также соответствующие защитные мероприятия.

Решая задачу взаимодействия строительства вестибюля станции с существующей застройкой в пространственной постановке, были определены возможные смещения стен котлована, составившие от 4 мм в среднем, до 5–6 мм в зоне непосредственной близости его от существующих строений (рис. 4). При этом максимальные значения изгибающих моментов достигали 254, 384 и 315 кН·м, соответственно, в пролете фундаментной плиты, под колонной и внутренней стеной; в перекрытии – 62 кН·м; в колонне – 831 кН·м; для внутренней стены 448 кН·м и 285 кН·м для внешней; максимальное значение величины момента в перекрытии: в пролете – 575 кН·м, под колонной и внутренней стеной – 341 и 295 кН·м. Наибольшие изгибающие мо-

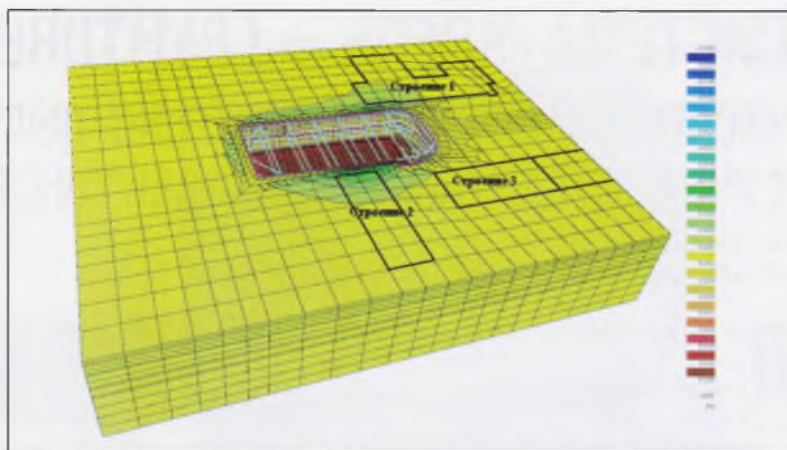


Рис. 3. Распределение вертикальных перемещений на период отрывки котлована (уровень низа фундаментов)

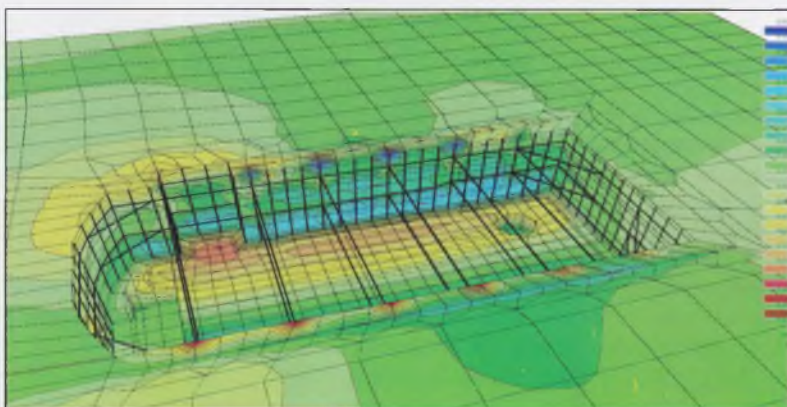


Рис. 4. Распределение горизонтальных перемещений на период разработки котлована

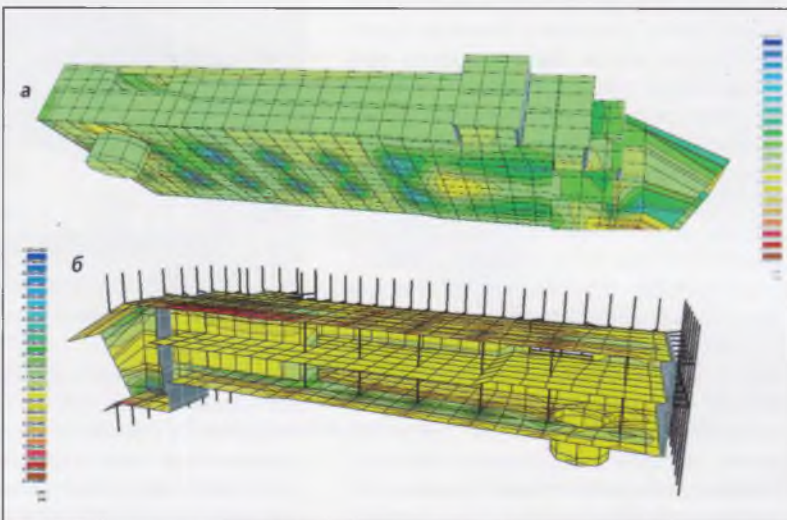


Рис. 5. Распределение моментов в конструкциях в процессе эксплуатации: а – в поперечном направлении (вид снизу); б – в продольном направлении

менты зафиксированы в зоне наклонного участка и составили 1114 кН·м в продольном направлении и 256 кН·м – в поперечном (рис. 5).

Дополнительно проведенное моделирование при помощи программного комплекса SCAD подтвердило полученные результаты.

Таким образом можно констатировать, что решение пространственной задачи, учитывающей совместную работу ограждения котлована и конструкций вестибюля станции с вмещающим грунтовым массивом при учете влияния окружающей застройки и поэтапности строительства, позволило:

- выбрать оптимальный вариант расположения распорных конструкций, при котором максимальные перемещения «стены в грунте» не превышают 6 мм;
- определить возможное влияние на окружающую застройку процесса возведения вестибюля;
- установить наиболее нагруженные части сооружений и выработать рекомендации по армированию.

СИСТЕМА «КРЕПЬ – ГРУНТОВЫЙ МАССИВ»

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИИ ПРОХОДКИ ТОННЕЛЯ

Ю. С. Фролов, СПбГУПС

Ю. А. Мордвинков, ООО «Тоннельдорстрой»

При сооружении тоннелей горным способом выбор и обоснование типа и конструкции крепи являются одним из ключевых вопросов, тесно связанных с методом раскрытия выработки (на полное сечение или по частям, если по частям, то в какой последовательности). Тип и конструкция крепи, обеспечивая безопасность проходки, являются факторами, в значительной степени определяющими трудоемкость работ и темпы проходки тоннеля. В проектной практике, зачастую, применяется так называемый «метод аналогий», согласно которому известные проектные решения механически переносятся из одних условий в другие. Результатом является в одних случаях перерасход материалов, в других – недостаточная прочность крепи с последующими затратами на ее усиление или ликвидацию аварийной ситуации. В частности, при сооружении тоннелей в сильнотрещиноватых слабых скальных грунтах большепролетные выработки крепят стальными арками, пространство между которыми заполняют бетоном. Арочно-бетонная крепь была внедрена при строительстве тоннелей БАМа и широко практикуется на прокладке транспортных тоннелей на Кавказе в весьма широком диапазоне инженерно-геологических условий. Такая крепь требует значительного расхода дорогостоящего проката, ее устройство весьма трудоемко и занимает большую часть времени в проходческом цикле. Опыт, приобретенный в начальный период строительства автодорожного тоннеля на обходе города Сочи, показал, что несущая способность принятой в проекте временной арочно-бетонной крепи на многих участках неоправданно завышена. В связи с этим было принято решение исключить из бетона стальные арки, заменив их конструктивными арматурными стержнями, поддерживающими стальную сетку до установки опалубки после продвижения забоя на очередную заходку.

Для обоснования принятого решения необходимо было провести анализ несущей способности крепи во взаимодействии с грунтовым массивом на всех этапах проходческого цикла: от раскрытия забоя калотты до устройства бетонной крепи по всему периметру сечения тоннеля, обеспечив соответствие конструктивных параметров временной крепи инженерно-геологическим условиям и принятой технологической схеме сооружения тоннеля.

Поставленная цель определила необходимость решения следующего круга задач:

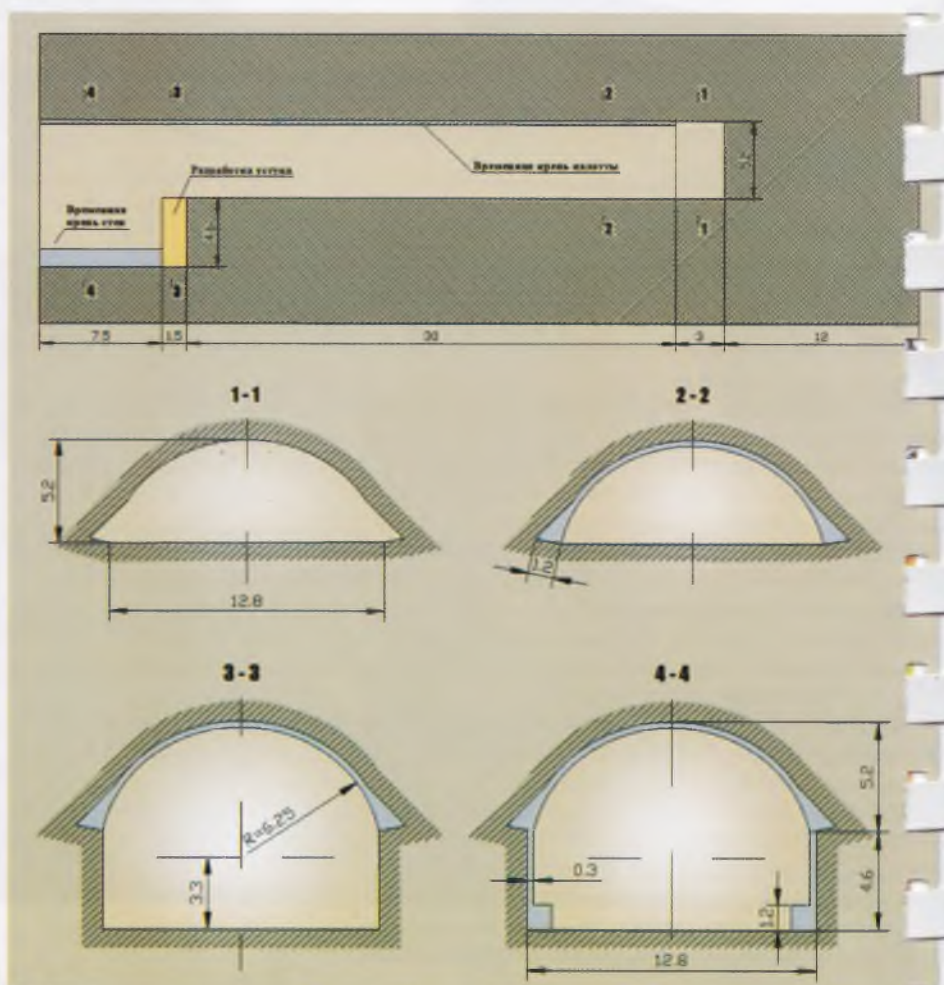


Рис. 1. Схема к построению математической модели

- на основе анализа инженерно-геологических условий по трассе тоннеля выделить для исследования те участки, где прочностные и деформационные свойства грунтов, а также глубина заложения выработки требуют дифференцированного подхода к оценке ее устойчивости;

- обосновать исходные параметры, определяющие размеры поперечного сечения выработки, прочностные и деформационные свойства грунтов с учетом их естественной трещиноватости и влияния взрывных работ, а также аналогичные характеристики бетона временной крепи на различных этапах производственного цикла;

- выбрать и обосновать геомеханическую модель грунтового массива для математического моделирования;

- выбрать и обосновать расчетную схему для исследования напряженно-деформированного состояния грунтового массива и временной крепи из монолитного бетона на различных этапах проходки: раскрытие калоттной части сечения, бетонирование

временной крепи, разработка уступа, бетонирование стен;

- по результатам математического моделирования оценить степень устойчивости незакрепленной выработки и определить напряженно-деформированное состояние временной крепи из монолитного бетона с учетом технологии ее возведения при проходке тоннеля в инженерно-геологических условиях, соответствующих глубине заложения 210 м.

Автодорожный тоннель длиной 2 607 м сооружается, в основном, в коренных породах. Выделенный для исследования участок стороны Южного портала протяженностью 1000 м (ПК 140 – ПК 150) расположен на глубине от 60 до 215 м. Инженерно-геологические условия проходки тоннеля здесь, за исключением зоны разлома, относительно благоприятные. Грунты представлены аргиллитами с прослойками песчаников. На всем протяжении отмеченного участка они слабо вентрильные. Физико-механические характерис-

грунтов следующие: плотность $\rho = 23 \text{ кН/м}^3$; коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$; прочность образцов на сжатие $R_{сж} = 30 \text{ МПа}$; модуль упругости $E = 9000 \text{ МПа}$; модуль объёмной деформации $E_0 = 2000 \text{ МПа}$; коэффициент внутреннего трения грунта $\varphi_k = 70^\circ$.

Сооружение тоннеля ведется уступным способом с разработкой грунта буровзрывным способом.

Калотта высотой 5,2 м имеет циркульное очертание. На уровне пят свода ее пролет равен до 14 м. Проходка калотты осуществляется на все сечение заходками по 3 м. С отставанием от забоя на величину заходки устраивается временная крепь (первая обделка) из монолитного бетона класса В25, а с отставанием на 33 м разрабатывается грунт уступа высотой 4,6 м заходками по 1,5 м с немедленным возведением бетонной крепи (рис. 1).

Для решения задачи использована удобная в практическом отношении методика конечного элемента, а именно, метод конечных элементов (МКЭ). При этом обделка и грунтовый массив моделировались объемными конечными элементами. Расчеты выполнены с применением программного комплекса COSMOS/M версии 2.5.

Для расчета выделена область грунтового массива в форме параллелепипеда. Размеры определены в соответствии с поставленными задачами и с учетом продвижения забоя и зоны влияния выработки. Высота и ширина массива составили, соответственно, 50 и 40 м, что превышает три пролета выработки; протяженность массива – 54 м – позволила учесть влияние призабойной зоны (12 м) и воспроизвести поэтапно, как проходки выработки, так и возведение временной крепи. В массиве размещен фрагмент крепи переменного сечения, моделирующей с отставанием от забоя (рис. 2).

Положив симметрию задачи относительно плоскости YZ, в расчетную схему включены половина сечения выработки и выделенной части грунтового массива шириной 20 м. Основные характеристики бетона временной крепи, принятые в модели, соответствуют показателям, полученным при испытании образцов в лаборатории Тоннельдорстрой: плотность $\rho = 24 \text{ кН/м}^3$; коэффициент Пуассона $\nu = 0,2$. Плотность образцов бетона на сжатие нарастает от 22 МПа на вторые сутки твердения до 35 МПа через десять дней. В соответствии с этим модуль упругости бетона принят переменным в зависимости от времени его твердения – от $2,1 \cdot 10^4$ на вторые сутки до $3,5 \cdot 10^4$ МПа по истечении 28 суток.

Временная крепь установлена на расстоянии 3 м от забоя калотты. Прочностные и деформационные свойства бетона заданы с учетом времени его твердения, определенным согласно существующей циклограмме проходки. Приведенная на рис. 3 шкала соответствует поэтапному увеличению жесткости крепи при твердении бетона по мере продвижения забоя калотты заходками по 3 м.

В 33-х метрах от забоя калотты выработка раскрыта на полное сечение. На расстоянии

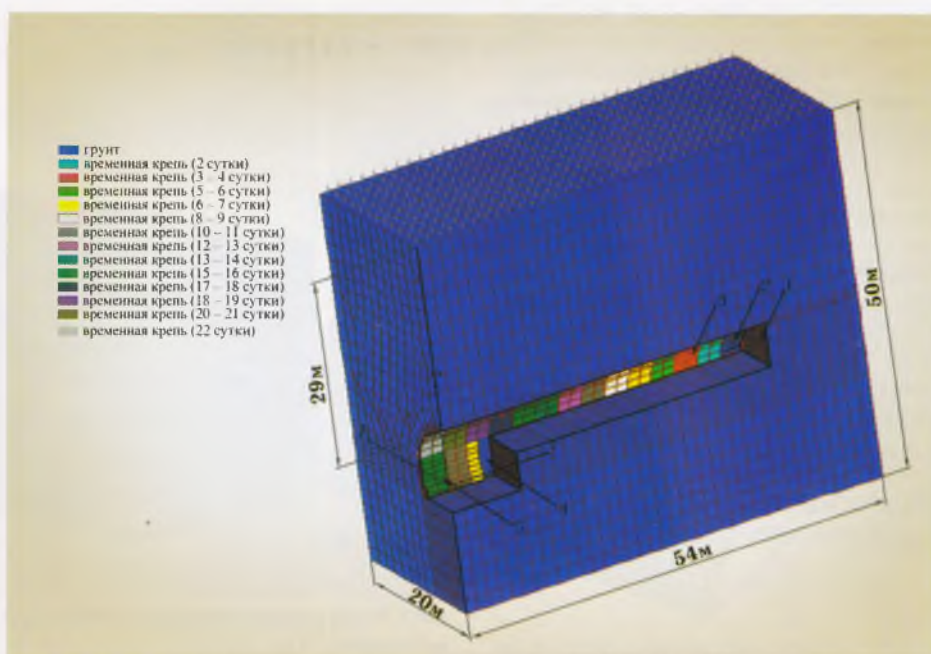


Рис. 2. Геомеханическая модель метода конечных элементов: 1 – лоб забоя; 2 – раскрытие калотты; 3 – бетонирование свода; 4 – разработка уступа; 5 – бетонирование стен

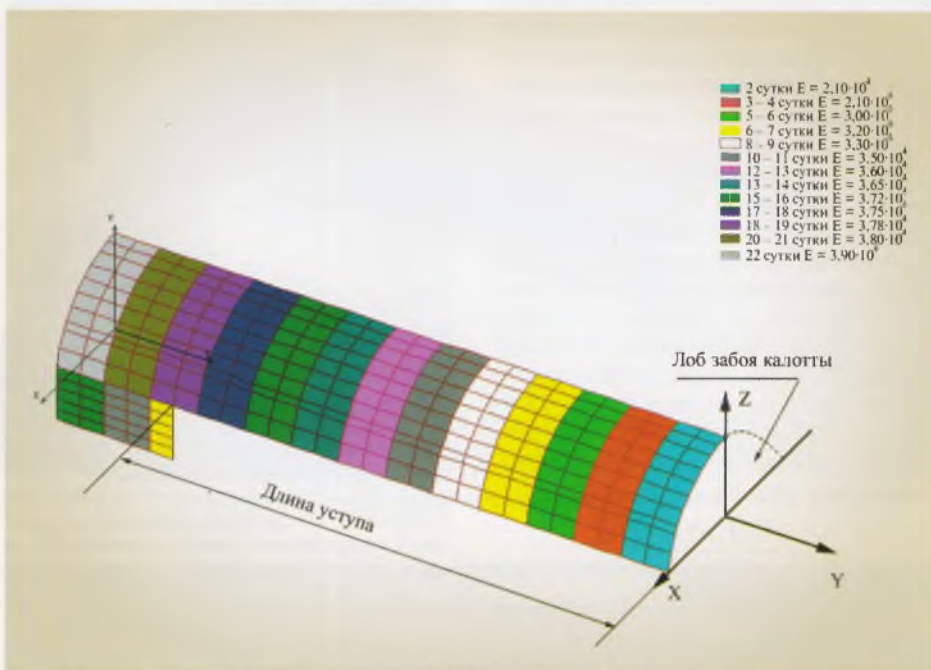


Рис. 3. Изменение модуля упругости бетона в модели первичной обделки по длине тоннеля (МПа)

1,5 м от забоя уступа под свод подведены стены из монолитного бетона с соответствующими его возрасту деформационными характеристиками.

Физико-механические характеристики окружающего выработку массива приняты в соответствии с приведенными выше показателями грунтов, скорректированными с учетом структурного ослабления и влияния взрывных работ.

Величина коэффициента структурного ослабления, вызванного естественной трещиноватостью, определена по известной зависимости Г. Л. Фисенко:

$$K_0 = \frac{1}{1 + k \cdot \ln(1/\eta)},$$

где $k = 0,7$ – эмпирический коэффициент для трещиноватых грунтов.

Для трещиноватых аргиллитов коэффициент $\eta = 0,1$, чему соответствует коэффициент структурного ослабления $K_0 = 0,38$. Тогда прочность грунтов в массиве можно принять $R_{сж}^* = 11,4 \text{ МПа}$.

Взрывные работы приводят к развитию степени трещиноватости прилегающего к выработке массива. Глубина этой области определялась по эмпирической формуле:

$$h_{вз} = \frac{Z}{\sqrt{R_{сж}}},$$

(Z – коэффициент, учитывающий длину шпура l), и при заходке 3 м составила 0,99 м.

Модуль деформации грунтов в области повышенной трещиноватости принят в соответствии с рекомендациями К. В. Руппелайта, как в раздробленном массиве:

$E_{вз} = 0,38E = 0,38 \times 9000 = 3420$ МПа. Коэффициент поперечной деформации – $\nu = 0,4$.

Вне зоны влияния взрывных работ грунтовой массив рассматривался как линейно-деформируемая однородная среда.

Внешняя по отношению к выработке область грунта разбита на 16554 объемных восьмиузловых элемента. Монолитный бетон временной крепи представлен 390 четырехузловыми оболочечными, а пяты свода и стен обделки моделировались с помощью 120 объемных восьмиузловых элементов.

Для математического моделирования был выбран участок тоннеля, расположенный на глубине $H = 215$ м.

Величина пригрузки грунтового массива принималась с учетом отставания крепи от лба забоя и, обусловленных этим, начальных смещений незакрепленного контура

$$P_y = \alpha^* \cdot \gamma H.$$

Расчет совместной работы временной бетонной крепи с окружающим ее грунтовым массивом выполнялся в два этапа. На первом – определялось значение коэффициента α^* . Величина пригрузки на грунтовой массив задавалась равномерно распределенной по верхней грани выделенной области пропорционально глубине заложения участка тоннеля. По результатам расчета была построена графическая зависимость изменения вертикальных смещений U_y узлов массива в уровне шельги свода крепи вдоль оси тоннеля. Анализ этой зависимости показал, что вне зоны влияния выработки смещения в ненарушенном массиве составили $U_m(\gamma H) = 0,98$ см. На расстоянии 3 м от забоя калотты начальные смещения незакрепленного контура в уровне шельги свода составили $U_0 = 1,37$ см. Полагая, что в ненарушенном грунтовым массиве коэффициент $\alpha^* = 1$, при величине заходки $W = 3$ м, получим

$$\alpha^* = \frac{U_m(\gamma H)}{U_0} = 0,7.$$

На втором этапе были проведены непосредственно расчеты напряженно-деформированного состояния системы «временная крепь – грунтовой массив» с учетом изменения напряженного состояния массива, вызванного смещениями незакрепленного контура выработки. При этом величина пригрузки на грунтовой массив задавалась неравномерной, пропорционально фиктивной весовой характеристике грунта $\alpha^* \gamma$. Величина пригрузки изменялась от $P_y = 4945$ кН/м² в ненарушенном массиве до $P_y = 3460$ кН/м² в сечении, где начинают бетонирование крепи и далее на всем протяжении участка тоннеля.

По результатам второго этапа расчетов определены значения главных напряжений σ_1 и σ_3 в грунтовой массиве вблизи выработки, главных и нормальных тангенциальных напряжений в бетоне крепи. На рис. 4 приведены картины распределения главных напряжений σ_1 в грунтовой массиве, прилегающем к незакрепленной (в забое калотты) и закрепленной выработке.

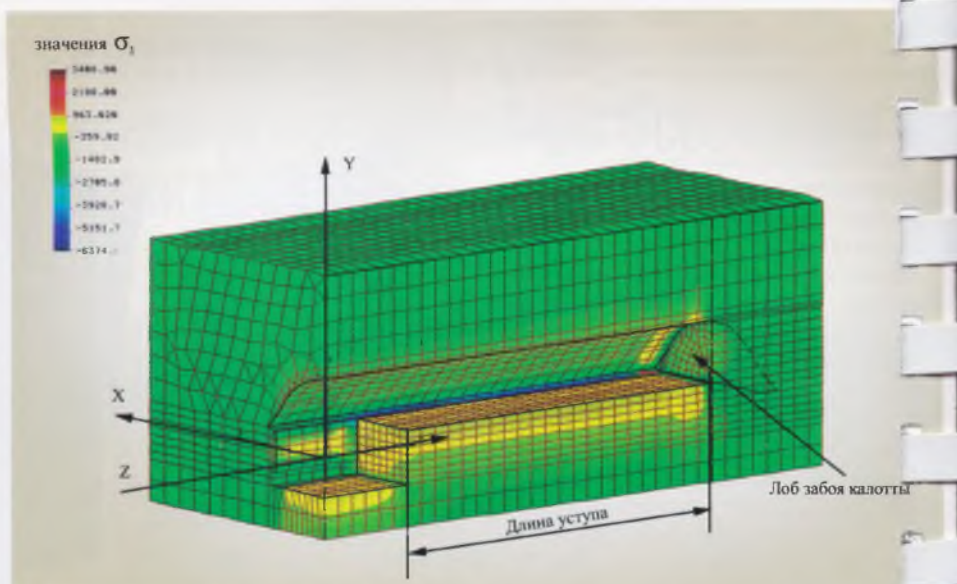


Рис. 4. Распределение главных напряжений σ_1 (10^{-3} МПа) в грунтовой массиве при глубине заложения тоннеля 215 м

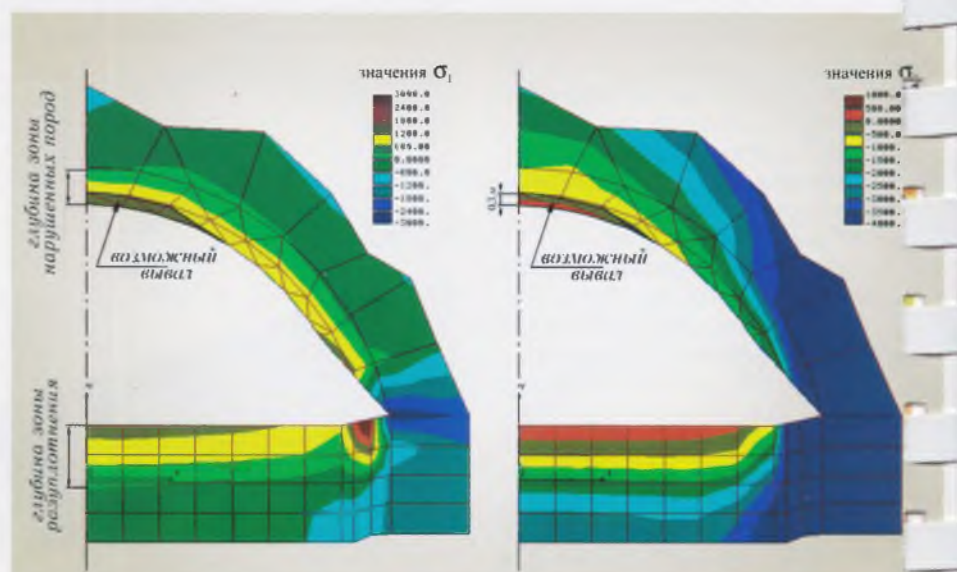


Рис. 5. Распределение главных напряжений σ_1 и σ_3 (10^{-3} МПа) в грунтовой массиве в сечении на расстоянии 1,5 м от забоя при глубине заложения тоннеля 215 м

Наибольшие сжимающие напряжения в грунте зафиксированы под пятами свода крепи. Уровень их в забое, в сводовой части незакрепленной выработки и за стенами крепи не превышает 11,3 МПа. В сечении калотты вблизи забоя нижнего уступа сжимающие напряжения под пятами свода достигают 18,2 МПа. Сопоставление результатов расчета с прочностными характеристиками грунтов показывает, что уровень сжимающих напряжений в массиве вблизи выработки не превышает предела их прочности на сжатие ($R_{сж} = 30$ МПа), что подтверждает правомерность применения линейно-деформируемой геомеханической модели.

Уровень напряжений под пятами бетонного свода вблизи забоя нижнего уступа может быть выше $R_{сж}$. При последующей разработке и подведении под свод бетонных стен этот уровень в данных сечениях существенно снижается и не достигает 4,8 МПа.

Наибольшие растягивающие напряжения, зафиксированные в сводовой части калотты

на призабойном участке, составляют 1,8 МПа. Глубина зоны растягивающих напряжений колеблется в пределах 1,0–1,2 м.

При этом на незакрепленном участке свода калотты, где все компоненты главных напряжений – растягивающие, возможно образование вывала протяженностью 5 м по периметру свода и 1,5 м вдоль оси выработки. Глубина возможного вывала достигает здесь 0,3–0,6 м (рис. 5). На рис. 6 приведены картины распределения нормальных тангенциальных напряжений по наружной и внутренней поверхностям бетонной крепи.

На всем протяжении рассматриваемого участка тоннеля напряжения в бетоне крепи сжимающие. В калотте их значения достигают 26 МПа, а в стенах – 34 МПа и не превышают нормативной прочностной характеристики бетона, соответственно, на 10-е и 26-е сутки. Кроме этого, на призабойном участке обделки калотты протяженностью 9 м, а также в некоторых сечениях

обделки зафиксированы сжимающие напряжения, хотя и не превышающие нормативной прочности бетона, но несколько выше прочностных характеристик образцов бетона, соответствующего возрасту на этом этапе проходки.

Следует отметить, что полученные в результате расчета значения напряжений в стенах обделки несколько завышены, поскольку расчетная схема не учитывает пластичности раскрытия нижнего уступа и сдвигания стен под бетонный свод временной крепи.

Растягивающие напряжения в бетоне крепи ориентированы, в основном, вдоль оси туннеля и их уровень не более 0,7 МПа.

Заключение

По результатам численного анализа напряженно-деформированного состояния бетонной крепи туннеля установлено, что при глубине заложения автодорожного туннеля 15 м, пройденного в слабых полускальных грунтах:

- непосредственно вблизи забоя калотты при глубине заходки 3 м незапланированная выработка в основном сохраняет устойчивость;

- на расстоянии, превышающем 1,5 м от забоя, возникает зона незначительных растягивающих напряжений (1,8 МПа или 18 кг/см²). При продвижении на одну заходку отдельные вывалы достигали глубины до 0,6 м;

- нормальные тангенциальные напряжения в сечениях бетонной крепи – сжимающие. В некоторых сечениях крепи они могут высить прочностные характеристики бетона соответствующего возраста. С учетом времени твердения бетона до проектной прочности разработку уступа производили с оставанием не менее 60 м;

- незначительные растягивающие напряжения (до 0,7 МПа или 7 кг/см²), ориентированные вдоль оси туннеля, зафиксированы в бетоне временной крепи вблизи забоя калотты и на участках примыкания свода к стенам вблизи забоя уступа. Эти напряжения не превышают расчетной прочности бетона на растяжение.

Результаты исследований, выполненных на математических моделях, позволили при проходке туннеля исключить из бетона временной крепи стальные арки, изготовленные из прокатного профиля, и выполнить её из монолитного бетона. Это привело к существенному снижению трудоемкости работ и сокращению времени проходческого цикла до 42 ч вместо 48 ч, предусмотренных в проекте. В результате среднемесячная скорость сооружения калотты составила 50 м/мес.

Результаты численного анализа дают также основание считать, что при разработке туннеля комбайном со стреловым исполнительным органом в условиях, близких к изложенным в статье, целесообразно крепь из монолитного бетона заменить на облегченную набрызг-бетонную с анкерами. С этой целью Тоннельдорстрой приобрел необходимое оборудование.

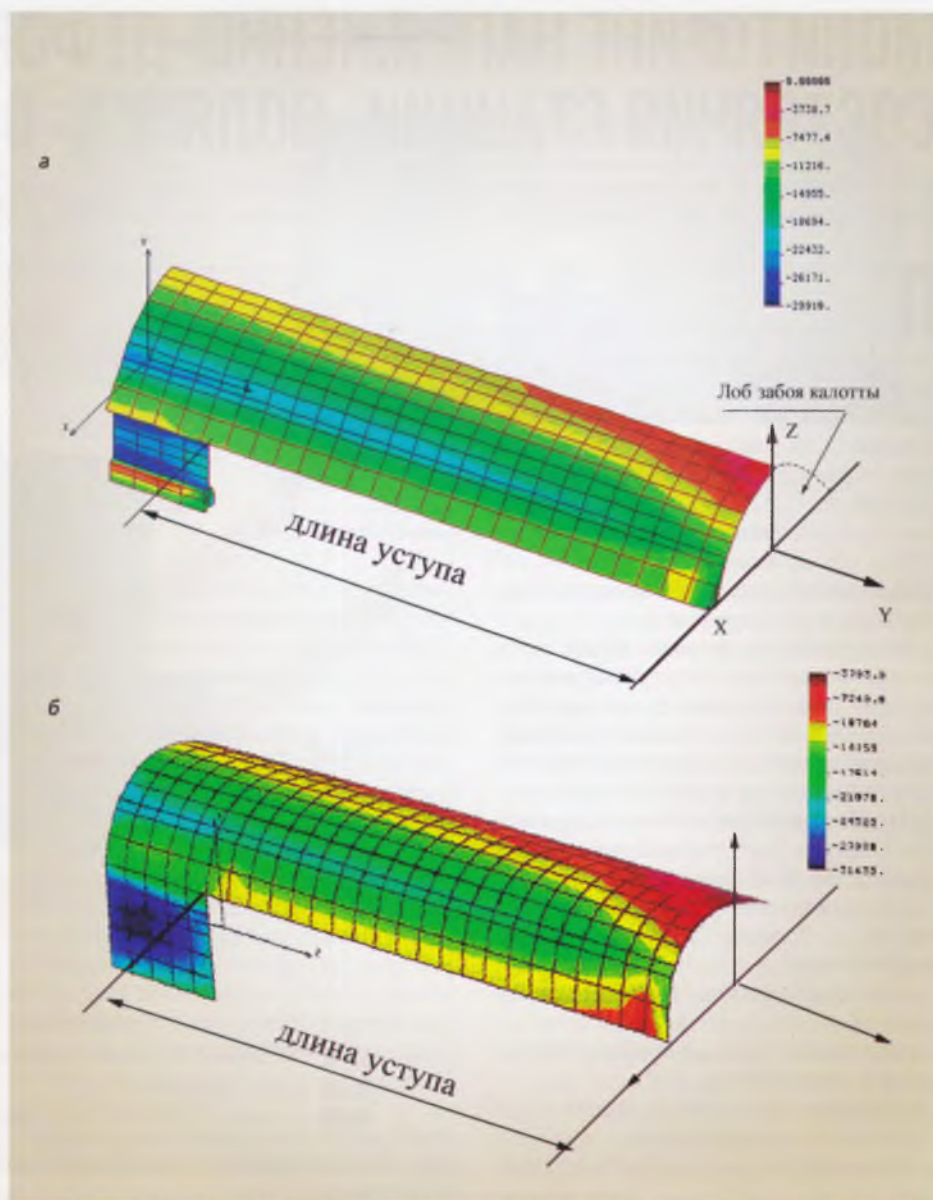


Рис. 6. Распределение нормальных тангенциальных напряжений по наружной (а) и внутренней (б) поверхностям бетонной крепи

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТА ИНЖИНИРИНГ» ПО ЗАКАЗУ НП «РОБТ» ВЫПУСТИЛО В СВЕТ НОВЫЙ СПРАВОЧНИК «БЕСТРАНШЕЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РОССИИ»



Составители справочника собрали обширную информацию по производителям различного оборудования, строительным организациям, сопутствующим материалам и технике.

Справочник создавался максимально удобным для пользователей.

Представлены 20 разделов на более чем 300 страницах.

Формат издания А5 в мягком переплете.

По вопросам приобретения обращаться:

ООО «ТА Инжиниринг»
127051, Москва, Цветной бульвар, 17, оф. 215
тел.: (495) 797-5851, 775-9934
факс: (495) 797-5851
e-mail: metrotunnels@gmail.com

МОНИТОРИНГ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТАНЦИИ «ПОЛЯНКА» В МОСКВЕ

В. В. Чеботаев, Е. В. Щекудов, А. А. Кубышкин, кандидаты техн. наук,
Л. А. Воробьев, А. М. Страхов, Д. А. Мосолов, инженеры, филиал ОАО ЦНИИС «НИЦ «Тоннели и метрополитен»

При строительстве в Москве нового хирургического корпуса НИИ неотложной детской хирургии и травматологии (бывшая детская клиническая больница № 20 им. К. А. Тимирязева) сооружения станции «Полянка» Московского метрополитена попадали в зону его влияния. Лаборатория горного давления и норм расчета НИЦ ТМ по заданию «ТУКС-7» выполнила мониторинг состояния этих сооружений.

Цель его заключалась в обеспечении надежности конструкций действующих объектов Московского метрополитена.

Возводимый хирургический корпус имеет размеры в плане 70 × 62 м с глубиной котлована около 16,2 м. Ограждение его – буросекущие сваи глубиной 20,7 м. В проекте предусматривается строительство хирургического корпуса по технологии «up-down» («сверху-вниз»).

На рис. 1 представлен генплан хирургического корпуса с контурами сооружений метро, попадающих в зону влияния:

- платформенный и подплатформенный участки ст. «Полянка» Серпуховско-Тимирязевской линии;
- участок ст. «Полянка» с вентиляционной камерой;
- перегонный тоннель к ст. «Серпуховская» по I и II главным путям;
- эскалаторный тоннель ст. «Полянка»;
- силовая тяговая подстанция.

Перед началом строительства было проведено:

- натурное инженерно-инструментальное обследование технического состояния эксплуатируемых сооружений метрополитена, находящихся в зоне влияния работ по возведению хирургического корпуса;
- геофизическое (сейсмоакустическое) обследование контакта грунтового массива и обделки подземных сооружений;
- дана оценка фактической несущей способности конструкций метрополитена.

Мониторинг выполнялся с учетом рекомендаций «Методики комплексного обследования состояния строительных конструкций сооружений метрополитена, попадающих в зону влияния строительства городских объектов», разработанной филиалом ОАО ЦНИИС «НИЦ «Тоннели и метрополитен» и согласованной ГУП «Московский метрополитен».

По результатам этих работ составлено Заключение и разработаны Рекомендации по обеспечению эксплуатационной безопасности (надежности) конструкций действующих сооружений Московского метрополитена в процессе строительства хирургического корпуса.

Ст. «Полянка» сдана в эксплуатацию в 1986 г. Авторы её проекта – М. Л. Тренин, С. А. Севастьянов, Е. С. Барский; начальник строительства – В. И. Ефимов. Станция представляет со-

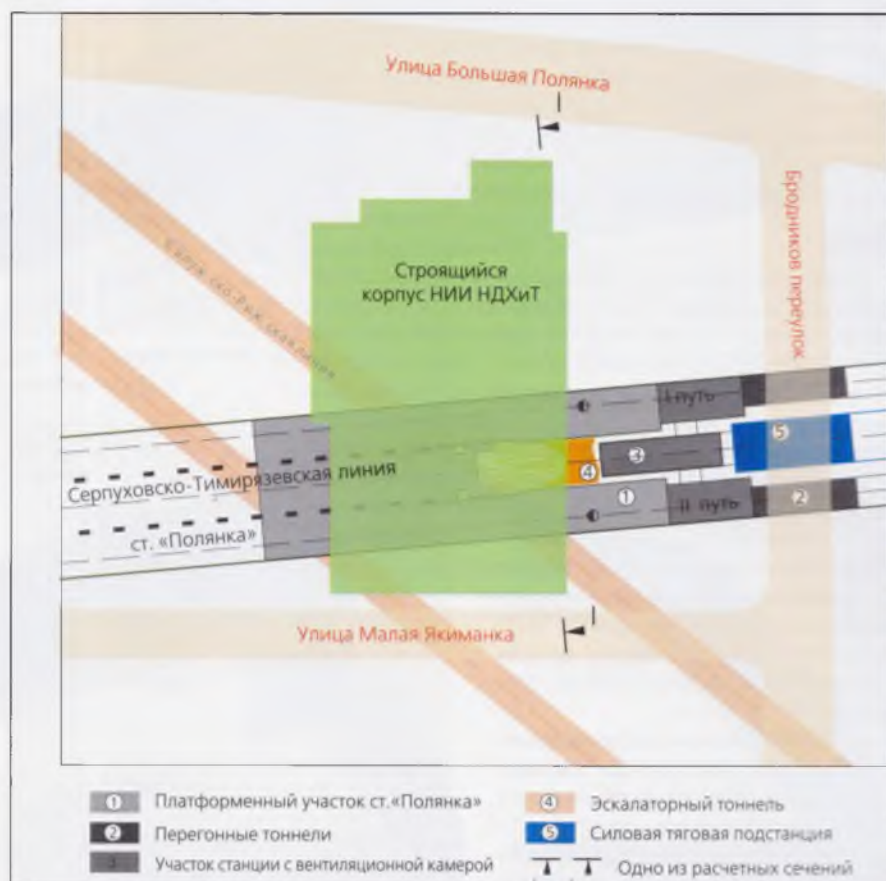


Рис. 1. Генплан хирургического корпуса НИИ НДХиТ с контурами сооружений метро, попадающих в зону влияния

бой трехсводчатую колонную конструкцию, возводимую закрытым способом из чугунных тубингов $D_{\text{н}}/D_{\text{в}} = 8,5/7,8$ м. Верхняя часть сводов опирается через клинчатые перемишки на металлические составные колонны. Пролет станции 20,78 м. Диаметр боковых тоннелей 8,5 м, среднего зала ≈ 9,8 м.

Станция заложена в известняках, толща которых над ней составляет 6–7 м. Выше идут: мергель, карбонная глина, известняк средней прочности (сильнотрещиноватый, водоносный), суглинки, супеси, песок, насыпной грунт. Уровень грунтовых вод располагается на глубине 6–7 м от поверхности.

Детальное обследование платформенного и подплатформенного участков ст. «Полянка» требовалось выполнить на длине 74 м (предполагаемая зона активного влияния строительства). Фактически при обследовании принималось во внимание состояние конструкций на всей станции с тем, чтобы путем сопоставления в намеченной зоне активного влияния и на остальных участках можно было определить влияние собственного строительства.

Платформенный участок (длиной 74 п. м) был детально обследован от конца станции

(со стороны эскалаторного тоннеля) и до седьмого ряда колонн.

Для оценки фактических поперечных мером станции было выбрано четыре характерных сечения. В пределах каждого из них назначили три размера, отражающие основные эксплуатационные параметры станции.

Измерения производили лазерным дальномером модели DISTO pro (фирма Leica, Швейцария № 1605868) с цифровым отсчетом, который обеспечивал точность ± 1,5 мм. Для повышения достоверности измерений использовали фиксированные точки на конструкции и проводили многократные замеры.

Обследование станции показало, что в ней практически отсутствуют течи. К дефектам можно отнести наличие трещин в мраморной облицовке и в потолочных конструкциях.

По опыту проведения обследований мониторинг и развитие трещин на поверхности конструкций – один из эффективных индикаторов, который позволяет обнаружить и оценить влияние различных воздействий на сооружение. В данном случае развитие трещин в мраморной облицовке мог-

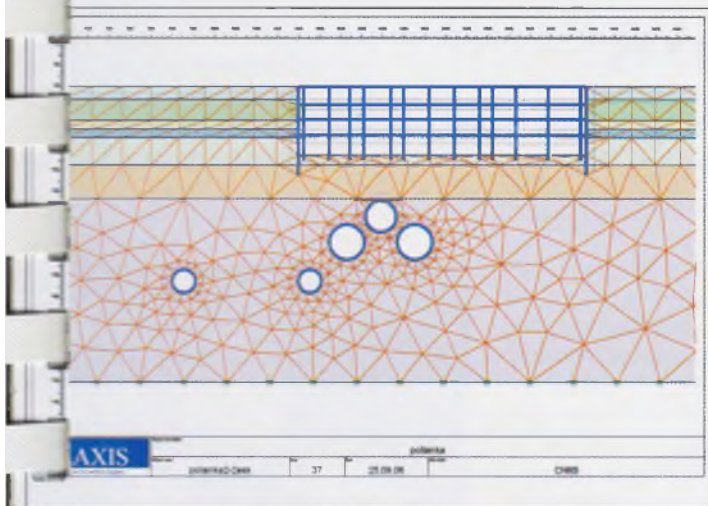


Рис. 2. Фрагмент расчетной схемы I-I

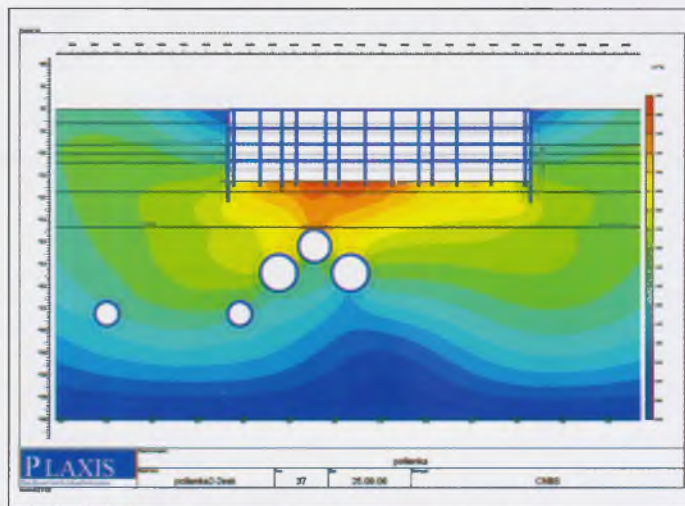


Рис. 3. Изополя полных деформаций грунтового массива

до быть вызвано рядом причин (кроме влияния строительства хирургического корпуса), из которых перепады температуры (воздействие вентиляции), особенности мрамора как природного материала (хрупкость, неоднородность, потенциальные трещины), результаты технологического воздействия при изготовлении и креплении облицовки). Анализ распределения количества трещин позволил установить, что причина их развития – резкие температурные перепады. Для сохранения архитектурной выразительности и долговечности мраморной облицовки станций следует учитывать режимы вентиляции.

Для определения влияния строительства хирургического комплекса на состояние эксплуатируемых конструкций метрополитена выполнялось расчетное моделирование сложившейся геотехнической ситуации в зоне расположения ст. «Полянка», а также проводились прочностные расчеты конструкций тоннелей на воздействие нагрузок от строящегося объекта. Моделирование и расчеты велись с помощью специализированных современных вычислительных комплексов.

Для моделирования работы грунта была использована нелинейная упругопластическая модель Мора-Кулона. Для грунта она реализуется в виде зависимостей бесконечно малых приращений эффективных напряжений (скорости эффективных напряжений) и бесконечно малых приращений деформации (скорости деформации). Основной принцип решения упругопластических задач заключается в том, что деформации скорости разделяются на упругие и пластические составляющие.

Оценка влияния строительства хирургического комплекса выполнялась путем сравнения напряженно-деформированных состояний конструкций метрополитена до начала работ и после их завершения.

В качестве расчетного средства использован комплекс программ «PLAXIS», разработанный компанией «PLAXIS b.v.» (лицензия НИЦ ТМ № 031015-C01 от 15.10.2003), предназначенный для решения задач инженерной геотехники. В основу комплекса положен метод конечных элементов.

Программа позволяет прослеживать изменения напряженно-деформированного состояния грунтового массива и конструкций сооружений на каждом этапе строительства. Расчеты напряженно-деформированного состояния (НДС) тоннелей производились в два этапа: на первом определяется НДС тоннелей от воздействия собственного веса вмещающих грунтов и рядом расположенных сооружений (до выемки грунта из котлована); на втором – после разработки котлована на проектную глубину.

Исходя из опыта возведения подобных объектов, наиболее неблагоприятная обстановка для подземных конструкций метрополитена (максимальные значения деформаций обделок тоннелей и наибольшие изменения в них силовых факторов) складывается после разработки грунта в котловане до проектной отметки.

Фрагмент расчетной схемы I-I представлен на рис. 2 (сечение I-I см. на рис. 1). Изополя полных деформаций грунтового массива после сооружения нулевого цикла показаны на рис. 3.

Расчеты станционных конструкций показали, что строительство хирургического комплекса незначительно влияет на их напряженно-деформированное состояние (смещения от 4 до 5,1 мм при запасе по прочности не менее чем четырехкратном). Расчетные смещения эскалаторного тоннеля – порядка 5 мм, оси – около 4 мм, деформации диаметра не превысили 4 мм.

Температурные деформации зонта среднего зала станции практически не сказались на изменении размеров контрольных сечений.

Силовых деформаций сечений, связанных с влиянием строительства корпуса НИИ, не обнаружено.

Обследование левого (I путь) и правого (II путь) перегона «Полянка» – «Серпуховская» Серпуховско-Тимирязевской линии проводили на 15-метровом участке. Конструкция тоннелей – кругового очертания сборная из чугунных тубингов $D_{\text{н}}/D_{\text{в}} = 5,5/5,1$ м. Тоннели сооружались (в основном в известняках) закрытым способом. Их обделка на обследуемом участке находится в хорошем состоянии.

Наблюдения показали, что обводненность перегонных тоннелей в значительной степени определяется погодой. После продолжи-

тельных дождей их обводненность (капез, намочение) заметно возрастала, а при отсутствии дождей – снижалась, что указывает на поступление воды от «верховодки».

Обследование эскалаторного тоннеля проводили по всей длине в 42 м. Его обделка – кругового очертания сборная из чугунных тубингов $D_{\text{н}} = 8,1$ м и шириной 1 м. Эскалаторный тоннель также сооружался закрытым способом.

В ходе обследования было обнаружено, что обделка тоннеля (у горизонтального диаметра, в области, доступной для непосредственных наблюдений) на всем его протяжении заметно повреждена коррозией. Причина столь сильной коррозии объясняется сильной обводненностью тоннеля. Течи, большие наплывы (в том числе наледь в зимний период) и сталактиты, образованные выносами из заобделочного пространства через стыки в обделке (главным образом кольцевые), – следствие дефектов строительного периода. Вместе с тем, здесь накладываются, по-видимому, и температурно-климатические воздействия.

Выводы

Мониторинг состояния подконтрольных конструкций ст. «Полянка» Московского метрополитена в зоне влияния строительства хирургического корпуса НИИ неотложной детской хирургии и травматологии показал следующее.

1. Повреждений подконтрольных конструкций метрополитена, связанных с воздействием строительных работ, не произошло – возведение корпуса НИИ на самом опасном этапе не оказало сколько-нибудь существенного влияния на состояние сооружений станционного комплекса.

2. Проектное решение по сооружению нулевого цикла хирургического корпуса (так называемый способ «up-down») обеспечило безопасность эксплуатации метрополитена, несмотря на опасную близость котлована от эскалаторного тоннеля.

3. Обследование состояния подконтрольных конструкций станционного комплекса подтвердило результаты ранее выполненных аналитических исследований.

140 ЛЕТ РУССКОМУ ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБЩЕСТВУ

В 2006 г. исполнилось 140 лет Русскому научно-техническому обществу — общественному объединению инженеров-специалистов, направленному на активное участие в ускоренном развитии науки, техники и промышленности в России.

Возникновение первого отечественного научно-технического объединения — Русского технического общества — относится к началу эпохи «великих реформ» — времени отмены крепостного права, введения гласного суда, земского и городских положений, реформы школы, сокращения военной службы.

В 1866 г. инициативным комитетом был разработан окончательный проект Устава Русского технического общества.

Предварительное согласование этого документа длилось около двух лет. Кабинет министров России 12 апреля 1866 г. рассмотрел представленный проект Устава и передал его на утверждение императору Александру I. Тот не стал далее оттягивать решение вопроса, и уже через десять дней 22 апреля 1866 г. Устав был утвержден.

Через месяц, 24 мая 1866 г., состоялось первое общее собрание РТО в Петербурге в доме промышленника А. Е. Бенардаки. На тот момент в состав Общества записались 332 человека. Это позволило легитимно начинать работу в соответствии с провозглашенными уставными задачами и основной целью РТО. Торжественное открытие РТО состоялось в Петербурге 20 ноября 1866 г.

Первым председателем РТО несколько позднее был избран генерал-майор инженерного корпуса барон Андрей Иванович Дельвинг. 22 апреля 1874 г. Русское техническое общество удостоилось наименования «Императорского».

РТО ставило своей целью свободное развитие производственных сил России, поднятие ее промышленности с помощью техники и широкого распространения научных и технических знаний.

Создание РТО положило начало активному участию научно-технической общественности в ускоренном развитии науки, техники и промышленности России, в укреплении ее экономического потенциала. РТО выступало как поборник независимого промышленного развития, активно содействовало становлению основных отраслей промышленности, изысканию и использованию отечественного сырья для промышленности. Оно занималось коренными техническими проблемами промышленного развития страны — созданием угольно-металлургической базы на юге России, строительством нефтепроводов Баку — Батуми, Транссибирской железнодорожной магистрали. Вместе с тем РТО вело активную работу по распространению технических знаний и развитию профессионально-технического образования.

В промышленных городах России открывались отделения РТО. В работе Общества

и его отделений принимали участие почти все ведущие ученые и инженеры страны.

В отраслевых отделах РТО (15 отделов) проводили свои исследования видные представители отечественной науки и техники.

После создания РТО были образованы и другие научно-технические общества — уже по отдельным отраслям знаний.

К 1916 г. РТО имело 33 иногородних отделения, издавало 21 журнал, библиотеку (около 11 тыс. томов, 200–300 журналов ежегодно), фотографический павильон, химическую лабораторию, музей технических производств. В ведении Постоянной комиссии по техническому образованию состояло 57 училищ. В декабре 1918 г. возникла Всероссийская ассоциация инженеров (ВАИ), объединившая все дореволюционные технические общества при сохранении самостоятельности каждого из них в своей работе.

Несмотря на серьезные экономические затруднения, государство находило возможности оказывать поддержку обществам.

25 августа 1921 г. принято Постановление Совета народных комиссаров «О мерах к поднятию уровня инженерно-технических знаний в стране и к улучшению условий жизни инженерно-технических работников РСФСР», которым поощрялось создание научно-технических обществ, носящих специально научно-технический характер. Руководство деятельностью НТО, регистрация их уставов поручалось Главнауке при Наркомпросе. ВЦСПС поручалось содействовать развитию инженерно-технических объединений внутри профсоюзов и при межсоюзных организациях.

В декабре 1922 г. в Москве состоялся I Всероссийский съезд инженеров. На II съезде инженеров (1924 г.) было принято решение о приеме в состав инженерных секций техников.

К 1923 г. было зарегистрировано 13 НТО.

В 1924 г. при президиуме ВАИ был образован Центральный научно-технический совет (ЦНТС), который руководил научно-технической деятельностью ассоциаций, организовывал совещания по промышленно-техническим вопросам, создавал специальные комиссии для разработки конкретных вопросов, руководил издательской деятельностью, поддерживал научные контакты с зарубежными организациями.

В апреле 1929 г. IV Всесоюзный съезд инженеров и техников выдвинул идею создания массовых научно-технических обществ. Одновременно съезд обратился к правительству с предложением о ликвидации ВАИ. В 1929 г. по постановлению СНК СССР ВАИ была ликвидирована, а ее учреждения переданы в ведение ВМБИТ ВЦСПС.



Первый председатель РТО, сенатор, инженер-генерал-лейтенант барон Андрей Иванович Дельвинг

В ноябре 1966 г. в стране широко отмечалось 100-летие научно-технических обществ, ведущих свое развитие от РТО, а в апреле 1973 г. они были награждены высшей государственной наградой — орденом Ленина.

В наши дни прямыми наследниками и продолжателями традиций РТО и ВСНТО выступают Международный и Российские союзы научно-технических объединений (Союзы НИО). В непростых условиях изменения социально-экономического уклада жизни и распада союзных связей они сумели не только сохранить бесценное общенациональное наследие РТО и ВСНТО, но и с успехом применили его при выстраивании системы новых взаимоотношений в научно-технической среде стран СНГ, консолидировав их в единый общественный союз, установили широкие и исключительно плодотворные связи в международном сообществе.

Они достойно представляют наше научно-техническое сообщество в руководящих структурах (WFEO), поддерживают тесные контакты с другими международными организациями.

Для транспортных строителей образование Русского технического общества имело особое значение. Ведь именно оно учредило в 1890 г. комиссию «по вопросу строительства железной дороги через всю Сибирь».

Скорости ее сооружения, не знавшие себе равных в мире протяженность, сложности производственных работ, трудности преодоления тяжелейших природных условий показали высочайшую подготовленность инженерного корпуса страны.

вание Транссибирской магистрали не только способствовало экономическому развитию Сибири и Дальнего Востока, выявило целую плеяду талантливых ученых и высококвалифицированных специалистов в разных областях транспортного строительства.

Большая роль Русского технического общества в быстром прогрессе российских и инженерных школ, распространении технических знаний, в организации проведения съездов, конгрессов, выставок по различным направлениям техники и производства. Среди многих дел развития транспортного строительства, его технических проблемы всегда занимали одно из ведущих мест.

Транспортные строители проложили сотни километров железных и автомобильных дорог, возвели сотни уникальных мостов и тоннелей, морских портов и аэропортов.

Стало реальностью и то, о чем в позапрошлом веке только мечтали: построен северный Транссиб – Байкало-Амурская магистраль. С ней Россия получила второй выход к океану и дорогу к богатейшим запасам ископаемых.

Союз НИО ведет большую работу по формированию и ведению реестра профессиональных инженеров, целью которой является поддержка на общественном уровне качества инженерного образования, повышение престижа инженерного труда, обеспечение знания статуса инженера.

Наши дни наследниками и продолжателями дела и традиций РТО выступают Международный и Российский Союзы научно-технических объединений, которые провели в Санкт-Петербурге торжественные мероприятия, посвященные этой знаменательной дате.

В начале 1990 г. по инициативе наиболее крупных проектных и строительных организаций, занятых сооружением тоннелей других подземных объектов, была организована Всесоюзная ассоциация тоннельщиков, впоследствии преобразованная в Тоннельную ассоциацию России.

Это – общественное, профессиональное объединение организаций коллективных членов и отдельных специалистов, работающих в России в области научных исследований, проектирования, строительства и эксплуатации тоннельных сооружений различного назначения – транспортного, гидротехнического, коммунального.

Инициаторами создания такого общественного объединения выступили Корпорация «Трансстрой», Мосметрострой, Мосгазстрой, Метрострой Санкт-Петербурга, Мосспецстрой, Трансинжстрой, Бамтоннельстрой, Спецтоннельстрой (Санкт-Петербург), Тоннельстрой (г. Тула), ряд научных институтов – Метрогипротранс, Метротранс, Мосинжпроект, Ленининжпроект, Гидроспецпроект. Тоннельная ассоциация входит в состав Международного и Российского Союзов научно-технических объединений и представляет Рос-

сию в Международной тоннельной ассоциации, являясь ее членом.

Основной целью создания ТАР является содействие разными формами и методами ускорению научно-технического прогресса, повышению эффективности и качества строительства и эксплуатации подземных сооружений. И потребность в таком содействии постоянно возрастает, т. к. в нашей стране продолжается прокладка метрополитенов, новых железных и автомобильных дорог с тоннельными пересечениями, в городах активно ведется освоение подземного пространства.

В настоящее время ТАР объединяет более 80 организаций России по проектированию, строительству и эксплуатации подземных сооружений из 38 городов России, а также Белоруссии, Украины, Грузии, Азербайджана, Казахстана, Франции, Германии и Канады. Свыше 300 специалистов являются членами ассоциации. Это большой инженерно-технический потенциал, способный активно работать по ускорению научно-технического прогресса по строительству тоннелей и подземных сооружений в России.

Для осуществления своих уставных задач Тоннельная ассоциация выполняет ряд работ и услуг, среди которых:

- проведение конференций, совещаний, семинаров по обмену опытом и обсуждению технических проблем;
- содействие в ознакомлении и передаче на договорной основе технической документации или сведений о новых технологиях, строительных горнопроходческих машинах и механизмах, конструкциях и материалах, используемых в других ведомствах и организациях страны, необходимых для возведения подземных сооружений;
- организация разработки различных нормативных документов (регламентов, инструкций, рекомендательных норм и пр.);
- проведение с привлечением высококвалифицированных специалистов вневедомственных экспертиз промышленной безопасности проектов строительства подземных сооружений и тоннелей и консультации по научно-техническим вопросам;
- организация временных творческих коллективов (ВТК) для выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских, проектных и внедренческих задач.

Коллективные члены бесплатно получают материалы конференций, совещаний, симпозиумов (доклады, рекомендации, решения, обзоры), проводимых ТА, и информационные материалы о деятельности Международной тоннельной ассоциации (МТА). Тоннельная ассоциация России издает журнал «Метро и тоннели» и рассылает его своим членам.

Организации и специалисты – члены ТАР активно участвуют в различных мероприятиях, проводимых ассоциацией, и активно способствуют в решении главной задачи – повышении технического прогресса в строительстве и эксплуатации тоннелей и подземных сооружений.



г. Санкт-Петербург, главный фасад здания училища барона Штиглица, где в XIX веке располагалось Русское техническое общество



**ДИСКИ, РЕЗЦЫ И ОСНАСТКА
РЕЖУЩИЕ ОРГАНЫ ДЛЯ ТПК
РЕЖУЩИЕ ОРГАНЫ ДЛЯ МИКРОТОННЕЛЬНЫХ МАШИН
ЗАМЕНЯЕМЫЕ РЕЖУЩИЕ ОРГАНЫ ДЛЯ БУРОШНЕКОВЫХ МАШИН
ТОННЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ЗАЩИТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ
ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ
СИСТЕМЫ ПРОДАВЛИВАНИЯ ТРУБ**

Представительство в России ПАЛМИЕРИ СПА ООО «Торговый Дом «Развитие»
192007 Россия Санкт-Петербург ул. Днепропетровская, 14
Тел.: (812) 909-81-29 Тел./Факс: (812) 766-47-58 e-mail: tdrazvitie@mail.ru

ССТ специальная строительная техника

ПРОДАЕТСЯ специальное строительное оборудование:

Буровые установки:

Raptor TWS 1400 (2002) 199 000 Евро
IPC Drill 830 L (2006) 283 000 Евро
IPC Drill 830 BB (2005) 199 000 Евро

Цементировочные насосы

высокого давления:

Tecniwell TW 400/S (2002) 177 000 Евро
Tecniwell TW 351 (2003) 191 000 Евро
Tecniwell TW 352 (2006) 250 000 Евро

Миксерные станции:

Tecniwell TWM 20 (2003) 86 000 Евро
Coughi LL 500 A (1999) 38 000 Евро

Иньекционный комплекс

IPC GI ET 4 (2006) 54 000 Евро

Малогабаритные буровые станки

СБГ2, СБГ ПМ2 "Стерх"

Буровые насосы НБ1, НБ3

Растворосмесители

PM750, PM1500, CO46B

Тел./факс: (342) 219-61-03, 219-63-61, 293-14-05 www.cct.perm.ru e-mail: cct@perm.ru

**БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИЕ
БЕЗУСАДОЧНЫЕ
СУХИЕ БЕТОННЫЕ СМЕСИ,
ГЕРМЕТИКИ, ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ,
АНТИКОРЫ**

АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА • ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ • ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ШВЫ • НАБЕЛЫ-ДЕТАЛИ • УСИЛЕНИЕ Ж/Б КОНСТРУКЦИЙ • НАПРАВЛЯЮЩИЕ

НОВТЕХСТРОЙ

НТ

тел./факс: (495) 933-27-54, 937-65-68
info@novtehstroy.ru
www.novtehstroy.ru

www.novtehstroy.ru

www.novtehstroy.ru

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 бетонитовым пригрузом диаметром 14,87 м и массой 10 т успешно завершил проходку тоннеля длиной 1,5 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 ТПК 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 ТПК диаметром 8,16 м. Лучшая скорость проходки – 930 м в месяц.



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

Wirth Maschinen – und Bohrgeräte-Fabrik GmbH

Генеральный представитель в России М. М. Орданский:
тел.: (495) 998-82-22, тел./факс: (495) 252-19-48, e-mail: polinordan@mail.ru



ВСЕГДА НА ШАГ ВПЕРЕДИ

Проект – Крольский тоннель, Россия: машина сконструирована досрочно



LOVAT Inc.

Ловат Инк. представлен в России

«Интерторг Инк.»: 123056, Москва, Грузинский пер., 3, оф. 63
тел.: (495) 250-0367, 254-2008, 254-6924, 254-3162
факс: (495) 253-9771

