Дорога открыта...

Самая современная техника для строительства тоннелей

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

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

Свет в будущее в конце каждого нового тоннеля!

ТПМК для Лефортовского тоннеля ∅ 14,2 м

Щит с грунтопригрузом, Мадрид, Испания, ∅ 9,33 м

ТПМК для скальных пород, Готтард, Щвейцария ∅ 8,83 м

HERRENKNECHT
Tunnelvortriebstechnik

HERRENKNECHT AG
D-77963 SCHWANAU

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

ЗАО «ХЕРРЕНКНЕХТ ТОННЕЛЬСЕРВИС»
107497, Москва, Россия,
ул. Бирюсинка, д. 4
телефон: (+7) 095 462 38 78
факс: (+7) 095 462 57 44

HTTP://WWW.HERRENKNECHT.DE

Метро и тоннели

Учредители журнала

Тоннельная ассоциация России
Московский метрополитен
Московский метрострой
Мосинжстрой

Редакционный совет

Председатель совета
В. А. Брежнев

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

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

Редакционная коллегия:

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

Главный редактор
С. Н. Власов

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

Издатель
ООО «ТА Инжиниринг»
Лицензия ИД № 04404
тел.: (095) 929-6482, 929-6574
факс: (095) 929-6548
Отдел рекламы: (095) 929-6673
127051, Москва,
Цветной бульвар, 17, оф. 217
e-mail: tunnels@metrostroy.ru

Генеральный директор
О. С. Власов

Редактор
Г. М. Сандул

Компьютерный дизайн и верстка:
М. Б. Брилинг, А. В. Попов

Фотографы:
А. В. Попов, М. Б. Брилинг

Журнал зарегистрирован
Минпечати РФ ПИ № 77-5707

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

ТА Инжиниринг
РЕКЛАМНО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

СОДЕРЖАНИЕ

№ 4 2005

Панорама 2

Новый метрополитен России

Использование высокоточного и современного оборудования на Казанском метрополитене 8
А. Г. Галявов

Архитектура станций Казанского метрополитена 9

Горные тоннели

Краснополянский тоннель 12
В. В. Балыкин

Строительство Лагар-Аульского тоннеля 16
А. В. Яковлев, В. Г. Лозин

Щитовая проходка

Кондиционирование грунта 18
Ларс Лангмаак

Технологии

Новая техника для строительства шахтных стволов 22
М. К. Гивлеткильдеев

Коммунальные тоннели

Двухстадийная технология проходки железобетонного тоннеля диаметром 2,5 м 24
А. С. Чусов

Опыт строительства тоннелей отечественными механизированными щитовыми комплексами в Москве 27
С. И. Кузнецов, А. Н. Семенов, П. В. Тананакин

Метрополитены

Харьковскому метрополитену 30 лет 30
М. Д. Пилипчук

Содержание встроенных конструкций односводчатых станций в режиме длительной эксплуатации 34
Д. В. Кунец

Автоматизированная система учета электроэнергии на Московском метрополитене 38
Н. Н. Комиссаров, Е. И. Лифанов, В. Я. Пахомов

Виброзащитная конструкция верхнего строения пути 41
М. А. Дашевский, Н. А. Антонов, М. В. Мамажанов, Е. М. Миронов, В. В. Моторин, Е. Д. Ройфман, В. В. Котов, А. М. Насибов, В. Р. Савельева, А. В. Жигарев

ФОТО НА ОБЛОЖКЕ:
Станция «Кремлевская» Казанского метрополитена

СЕДЬМОЙ МЕТРОПОЛИТЕН РОССИИ

М. А. Пузырев, начальник Управления по строительству метрополитена администрации г. Казани

Ко дню 1000-летия столицы Республики Татарстан жители г. Казани получили прекрасный подарок – 27 августа 2005 г. был введен в эксплуатацию 1-й участок линии метрополитена протяженностью 8,7 км с пятью станциями и депо.

Торжественная церемония открытия с участием Президента России Владимира Путина, Татарстана – Минтимера Шаймиева, Казахстана – Нурсултана Назарбаева, мэра Казани Камиля Исхакова и других официальных лиц произошла около 13:00, а в 14:30 все пять станций были открыты для всех желающих. Первый поезд от станции «Кремлёвская» в сторону станции «Горки» отправился в 14:45.

Первоначально функции заказчика по прокладке метрополитена были возложены на Управление капитального строительства администрации г. Казани (УКС), которое я возглавлял. Затем в составе УКС был создан отдел по строительству метрополитена. Он начал подбирать необходимые кадры, имеющие опыт работы по проектированию и возведению подобных сооружений.

За сравнительно небольшой период времени (с 2000 по 2005 гг.) проделан огромный объем работы по проходке тоннелей, возведению станций и электродепо.

Учитывая трудности, связанные с прохождением тоннелепроходческих комплексов в сложных инженерно-геологических условиях, переносом огромного количества подземных инженерных коммуникаций из мест прокладки тоннелей, подобные сроки сооружения метрополитена просто фантастичны. И, тем не менее, жители г. Казани получили новый вид общественного транспорта в установленные сроки.

Весь объем работ по созданию столь грандиозного и важного для столицы Республики Татарстан объекта производился под контролем сравнительно небольшого коллектива службы заказчика – Управления по строительству метрополитена.

Первый участок линии метро сооружался с применением технологии на уровне мировых стандартов. Прекрасно выполненные в национальном стиле станции Казанского метро радуют глаз своей неповторимостью и изяществом.

В строительстве метрополитена г. Казани принимали участие свыше 80 субподрядных организаций из различных городов и республик России, стран ближнего и дальнего зарубежья.

Для контроля за ходом проведения работ за два месяца до пуска мэр г. Казани каждый день в 5 часов утра на станциях (в понедельник на ст. «Горки», во вторник на ст. «Аметьево» и т. д.) проводил планерки, а в субботу подводились итоги.

Все трудились без выходных круглые сутки.

Необходимость дальнейшего строительства Казанского метрополитена очевидна. В период с 2005 по 2010 гг. планируется ввод пускового комплекса первого участка первой линии, включающий в себя восемь станций и пересадочную «Площадь Тукая», протяженностью более 12 км в двухпутном измерении.

В 2006 г. предполагается сдать в эксплуатацию станцию «Проспект Победы» и в 2007 г. – «Ленинскую». Эти станции будут обслуживать густонаселенный спальный район.

В 2010 г. намечено начать строительство второго пускового комплекса второй линии метрополитена в направлении жилых кварталов Советского района г. Казани.

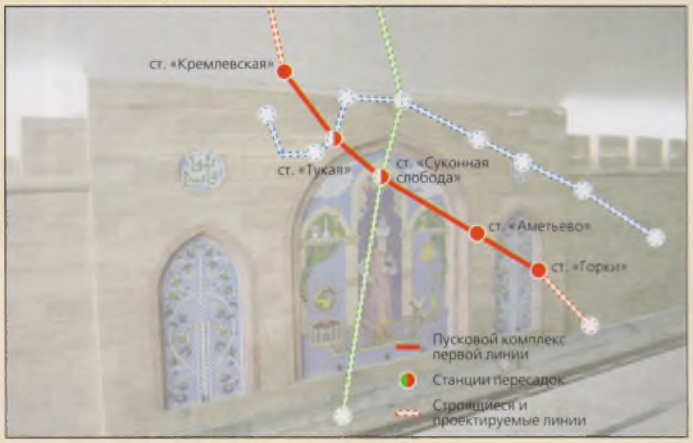
Специалистами Управления уже накоплен уникальный опыт работы по созданию такого сложного инженерно-технического сооружения как метрополитен. И при четком и планомерном финансировании эти задачи будут выполнены. МТ

Фото: Андрей Сурников, «Транспорт в России» (www.tr.ru)

Вход на станцию «Кремлевская» на фоне Казанского кремля

Памятная ротонда, установленная в честь начала строительства метрополитена

Схема линий метрополитена



«ДЕЛОВОЙ ЦЕНТР» – НОВАЯ СТАНЦИЯ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

В соответствии с Генеральным планом развития Москвы и схемой развития Московского метрополитена на период до 2010 г. для обеспечения транспортных связей в историческом центре Москвы предусмотрено сооружение нового участка Филевской линии.

В соответствии с Постановлением правительства Москвы от 19.10.1999 г. № 970 функции заказчика осуществляет ГУП «Московский метрополитен». Генеральный подрядчик строительства – ЗАО «Объединение «ИНГЕОКОМ», генеральный проектировщик – ОАО «Метрогипротранс».

Сооружение первоочередного участка Филевской линии протяженностью 2,72 км имеет целью обеспечить соединение строящегося Московского международного центра (ММДЦ) «Москва-Сити» с существующей сетью Московского метрополитена, а также с пересадочным узлом намечаемых на ближайшую перспективу новых видов скоростных транспортных пассажирских систем: скоростной транспортной системой (СТС) между аэропортами Шереметьево, Внуково и ММДЦ «Москва Сити» и скоростным рельсовым транспортом по Малому кольцу Московской железной дороги (СРТ по МК МЖД).

Новый участок включает два пусковых комплекса, первый из которых до станции «Деловой центр» был введен в эксплуатацию в сентябре 2005 г., второй – до станции «Международная» будет сдан в 2006 г.

Строительство перегонного тоннеля от станции «Деловой центр» в сторону станции «Киевская» Филевской линии было осуществлено с применением механизированного тоннелепроходческого комплекса Ловат КМЕ 232 8Е серии 14600 с грунтовым пригрузом. Протяженность тоннеля составила 1836 пог. м, длина кривых радиусом 150–200 м с уклоном 0,048 на участке 535 м.

Станция «Деловой центр» размещается в Центральном ядре ММДЦ «Москва-Сити», выходы из которой предусмотрены к Выставочному центру и пешеходному мосту «Багратион» через Москву реку.

На станции «Деловой центр» впервые в отечественном метростроении применена современная технология виброизолирующих рельсовых путей на пружинных виброизоляторах, что позволяет максимально защитить сооружения Центрального ядра ММДЦ «Москва-Сити» от вредного воздействия вибраций, возникающих при движении поездов метрополитена.

Станция «Международная» размещается вблизи проектируемых остановочных пунктов 3-го транспортного кольца, скоростной транспортной системы (СТС) и скоростного рельсового транспорта (СРТ).

Основные параметры пускового участка:

- провозная способность – 25–30 тыс. пас./ч;
- пассажиропоток – 10–15 тыс. пас./ч;
- подвижной состав серии «Русич» (четыре сочлененных вагона по 27 м);
- максимальная скорость – 70 км/ч;
- скорость сообщения – 25–30 км/ч;
- число станций – 2;
- длина платформы – 120 м.

Для обеспечения взаимодействия новой линии метрополитена с существующей Филевской предусмотрена интеграция на участке от ст. «Киевская» до ст. «Александровский сад».

Уникальным по организации работ и конструктивным решениям явилось сооружение примыкания построенных тоннелей к действующим тупикам Филевской линии за станцией «Киевская».

Отстой и обслуживание подвижного состава будет осуществляться в электродепо «Фили». Создание ремонтной базы предусмотрено за счет реконструкции существующих сооружений электродепо.

По расчетным данным проекта на первый год эксплуатации при задействовании первого пускового комплекса до станции «Деловой центр» ожидаемая суточная посадка достигнет 31 тыс. чел., а годовой объем пассажироперевозок – 11,3 млн чел. Максимальный пассажиропоток в утренний час пик составит 4,7 тыс. чел., а на участке «Студенческая» – «Киевская» Филевской линии – 19 тыс. чел.

При полном развитии комплекса ММДЦ ожидаемая суточная посадка на двух станциях составит 79 тыс. чел. или 28,8 млн чел в год. При этом планируется ввести в эксплуатацию участки Митинско-Строгинской линии до станций «Кунцевская» и «Строгино». Филевская линия будет эксплуатироваться от ст. «Александровский сад» до ст. «Кунцевская», в связи с чем пассажиропоток на перегоне «Студенческая» – «Киевская» в час пик снизится до 12 тыс. чел.

На станции «Кунцевская» будет организован пересадочный узел между Филевской и Митинско-Строгинской линиями.

В дальнейшем планируется продление Филевской линии в район застройки «Ходынское поле» и соединение с радиальными направлениями действующей сети метрополитена на станциях «Полежаевская», «Динамо» и «Савеловская», что позволит «продублировать» Кольцевую линию метрополитена и разгрузить существующие пересадочные узлы. МТ

Торжественный митинг, посвященный пуску станции «Деловой центр»

Станция «Деловой центр», платформа

Второй ярус — балкон над путями станции

ОТКРЫТИЕ ВТОРОГО ВЫХОДА СТАНЦИИ «МАЯКОВСКАЯ»

Д. В. Гаев, Г. Я. Штерн и Ю. М. Лужков на открытии второго выхода «Маяковской»

В Москве 2 сентября 2005 г. в 15:00, в канун празднования Дня города, состоялось торжественное открытие комплекса сооружений второго выхода станции «Маяковская» Замоскворецкой линии.

Так сложилось, что уже достаточно давно Московский метрострой не строил и не сдавал в эксплуатацию такого сложного объекта метрополитена, каковым является второй выход станции метро «Маяковская». Работы пришлось вести в крайне стесненных условиях центра Москвы в непосредственной близости от административной и жилой застройки, в очень сложных геологических условиях, в том числе на примыкании к действующей станции, в своде которой для того, чтобы избежать осадок поверхности при проведении горных работ, пришлось сооружать защитный экран из труб. К тому же конструкции станции, сданной в эксплуатацию еще в 1938 г., требовали дополнительного обследования по их сохранности. Также необходимо было не нарушить уникального архитектурного облика станции, автором которой является известный архитектор А. Н. Душкин, как в процессе проведения строительных, так и архитектурно-отделочных работ. Потребовалось провести и очень большой объем работ по подключению инженерных коммуникаций вновь сооружаемого комплекса второго выхода к уже существующим коммуникациям.

К сооружению второго выхода станции метро «Маяковская» Московский метрострой приступил в далеком 1995 г. Но из-за возникших вскоре проблем с финансированием строительства метрополитена и сложностями с поставками запроектированной для сооружения конструкций чугунной обделки, сооружение велось невысокими темпами. Однако, несмотря на объективные трудности, полностью работы не останавливались. Пересогласовав замену сборной чугунной обделки на монолитную железобетонную с металлоизоляцией, силами коллектива СМУ-10 Метростроя (директор Бокучава Г. П.) была сооружена подземная двухуровневая понизительная подстанция ПП-252. Также в железобетоне были пройдены и подходные выработки шахты.

И только в 2003 г., с привлечением для строительства (впервые в практике метростроения Москвы) в том числе и частных инвесторов, сооружение второго выхода станции «Маяковская» обрело второе дыхание. Головной организацией по выполнению комплекса работ по строительству второго выхода стало СМУ-8 Метростроя (директор Сорокин Н. А.). Строительство под общим руководством технического директора Максимова В. В. вели два участка: Бойкова И. В. и Файзрахманова Н. Г., которые в очень короткие сроки выполнили огромный объём строительно-монтажных работ и возвели все основные конструкции двух наклонных тоннелей, четырех подходных коридоров и вестибюля станции. Значительную часть работ по сооружению железобетонных конструкций выполнил также, под непосредственным руководством Чуднецова А. А. и Стрельникова С. В., коллектив СМУ-1 Метростроя (директор Иванов А. В.).

В связи с тем, что вестибюль станции является встроенным в возводимое впоследствии здание, фундамент вестибюля сооружен на свайном ростверке. Сваи ростверка, а также ограждающие буросекущиеся сваи котлована с анкерным креплением стен и разработка грунта в котловане выполнены силами СМУ-9 Метростроя (директор Захаров А. В.).

Проходка большого наклонного тоннеля в сложных геологических условиях была осуществлена с применением замораживания грунтов и водопонижения, выполненных ОАО «ВИЗБАС».

Внутренние конструкции подходных коридоров, за исключением четвертого, пройденного СМУ-10, сопряжения с действующей станцией, наклонных ходов и основную часть вестибюля сооружало СМУ-8.

Силами коллектива СМУ-4 Метростроя (директор Хрусь В. П.) под непосредственным руководством главного инженера Рознатовского А. П. в очень сжатые сроки выполнен весь объем монтажных и наладочных работ по понизительным подстанциям, высоковольтным кабельным линиям, силовой сети и освещению, вентиляции, водопроводу, канализации, эскалаторам, системам связи, громкоговорящему оповещению и другим системам жизнеобеспечения станционного комплекса. Работы вели участки Шикина А. П., Нечаева А. Н., Борк В. А., Золотова И. Н., Малышева А. Н. Весь коллектив поработал очень активно.

Архитектурно-отделочные работы, сложность которых заключалась еще и в том, что необходимо было максимально сохранить архитектурный стиль станции, награжденной за свою конструкцию и архитектуру премией «Гран-при» на Международной выставке в Нью-Йорке в 1938 г., реализованы силами УСР Метростроя (директор Мышенков А. И.), при непосредственном руководстве главного инженера Мельникова О. Н. и начальника участка № 3 Петренко А. С.

Сооружение и ввод в эксплуатацию такого сложного комплекса второго выхода действующей станции метрополитена еще и источник огромного опыта для коллектива Московского метростроя, который, безусловно, пригодится при сооружении центрального участка Люблинско-Дмитровского радиуса, строительство которого сейчас активно возобновляется, а также других объектов метростроения. МТ

Общий вид нового вестибюля

Подходные коридоры к малому наклону

НОВАЯ СТАНЦИЯ НОВОСИБИРСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

25 июня 2005 г. в преддверии Дня города Новосибирска была пущена в эксплуатацию станция «Берёзовая Роща» с левым перегонным тоннелем до станции «Маршала Покрышкина».

Излишне объяснять, что означает метро для полуторамиллионного города, центр которого перегружен наземным транспортом. Поэтому ввод каждой станции – это событие. Основным исполнителем такого значимого для города события стало ОАО «Бамтоннельстрой» – генеральный подрядчик строительства второй очереди Новосибирского метро. Специалисты крупнейшей тоннелестроительной компании составляют костяк ООО «Новосибирскметрострой-БТС» – дочернего предприятия ОАО «Бамтоннельстрой». В кратчайшие сроки освоена техника и получены хорошие результаты проходки – свыше 12 пог. м готового тоннеля в сутки.

Торжественному дню открытия станции метро «Берёзовая Роща» предшествовала огромная и сложная работа, итогом которой стало челночное движение поездов метро на участке между станциями «Берёзовая Роща» и «Маршала Покрышкина», которое обеспечило проезд жителей Дзержинского района подземным транспортом до вокзала «Новосибирск-Главный», а также в центральную и левобережную части города.

Помимо станции метро были выполнены и сданы работы по восстановлению проезжей части и благоустройству ул. Кошурникова и развязки ул. Гоголя, проспекта Дзержинского, открыто полноценное движение городского транспорта, которое было прекращено 17 лет назад в период начала строительства станции.

За 2,5 года генеральной подрядной организацией ОАО «Бамтоннельстрой» была проведена колоссальная работа по реанимации заброшенных из-за отсутствия финансирования объектов метростроения: демонтаж старого проходческого комплекса КТ-5,6Д2; переборка и восстановление деформированной чугунной обделки левого перегонного тоннеля с предварительным химическим закреплением заобделочного пространства; строительство посадочной платформы, вестибюлей, камеры съездов, четырех входов; проходка двух перегонных тоннелей проходческим комплексом «LOVAT» с высокоточной железобетонной обделкой диаметром 5,8 м общей длиной 1,2 км. Проведены работы по отделке служебных помещений станции, СТП, архитектурной отделки входов № 1, 2, посадочной платформы станции.

Для выполнения специальных работ были привлечены предприятия холдинга ОАО «Бамтоннельстрой», для изготовления высокоточных железобетонных блоков круговой обделки был задействован завод железобетонных изделий ОАО «Бамтоннельстрой» в г. Красноярске, который оснащён высокоточными металлическими формами французского производства. Кроме того, активное участие в строительстве пускового комплекса принимали такие компании как ООО «Метрополис», ООО «ВестСтрой», ООО «НМУ-53», ООО «Обь-Инвест», ООО «Сфера-Ленд», ООО «Агрокомплект», ООО «Противопожарные технологии», которые отвечали за «начинку» станции.

Всего на строительстве пускового комплекса за период строительства было освоено около 850 млн руб. финансовых средств.

Торжественное вручение ключа от станции метро «Берёзовая Роща»: председатель Новосибирского областного совета депутатов В. В. Леонов, мэр города Новосибирска В. Ф. Городецкий, начальник Новосибирского метрополитена В. М. Кошкин

Губернатор Новосибирской области В. А. Толоконский, заместитель генерального директора ОАО «Бамтоннельстрой» О. Б. Фердман, генеральный директор ООО «Новосибирскметрострой-БТС» А. П. Северин

Было пройдено 1200 пог. м перегонных тоннелей, уложено в конструкции около 12,5 тыс. м^3 бетона, переработано около 3,5 тыс. т арматуры, около 1,5 тыс. т металла для крепления котлованов. Выполнено около 15 тыс. м^2 гидроизоляции. Разработано и вывезено около 150 тыс. м^3 грунта, уложено 800 пог. м верхнего строения пути. Облицовано листами из нержавеющей стали около 4 тыс. м^2 поверхностей, облицовано стен лестничных спусков природным камнем около 5 тыс. м^2.

Пуск станции метро «Берёзовая Роща» не раз переносился по банальной причине недофинансирования. Но открытия ждали все горожане, и это стало достойным подарком для всех новосибирцев.

Для дальнейшей реализации программы по строительству метро необходимо немедленно начать работы по строительству монтажной камеры на пикете 84 перегона ст. «Берёзовая Роща» – ст. «Гусинобродская» для монтажа ТПМК «LOVAT». Кроме того, приступить к освоению строительной площадки на станции метро «Гусинобродская», подготовить строительную площадку открытым способом работ для обеспечения разворота ТПМК «LOVAT» на пикете 76 у ст. «Гусинобродская». Длина перегонных тоннелей на данном участке в однопутном исчислении составляет 1200 м. Согласно тем темпам, которые были достигнуты на строительстве предыдущих перегонных тоннелей, можно твёрдо сказать: строительство этих тоннелей будет оперативным, несмотря на все трудности, которые могут возникнуть из-за сложных гидрогеологических условий. Только ОАО «Бамтоннельстрой» сможет в кратчайшие сроки и на деле ещё раз доказать, что строительство метро в Новосибирске возможно. Необходимо преодолеть лишь одну сложность – изыскать постоянные источники финансирования, чтобы продолжить столь необходимое для жителей города строительство.

Общий вид станции

9,5-метровый ТПМК ФИРМЫ «ЛОВАТ» ГОТОВ К ПРОХОДКЕ КРОЛЬСКОГО ТОННЕЛЯ

Совсем недавно «МиТ» писал о том, что ТПМК фирмы «Ловат» RME375SE серии 21400 находится в пути на строительную площадку, сейчас же он практически готов приступить к проходке.

ОАО «Бамтоннельстрой» совместно с дочерним предприятием ООО «Красноярскметрострой» и фирмой «Ловат» выполнит заказ ОАО «Российские Железные Дороги». Крольский тоннель расположен на границе Курагинского и Манского районов Красноярского края. Предстоит построить второй железнодорожный путь и осуществить капитальный ремонт действующего тоннеля. Тоннель протяженностью 2253,6 м пройдет в скальных породах: гранитах, известняках, сланцах с водопритоком до 100 м³/ч.

Еще в начале апреля 2004 г. началась подготовка строительной площадки, а 20 июля 2005 г. специалисты ОАО «Бамтоннельстрой», ООО «Красноярскметрострой», ООО «Новосибирскметрострой-БТС» и фирмы «Ловат» приступили к монтажу. На настоящий момент монтаж ТПМК практически завершен. Столь быстрых темпов удалось достичь за счет высокого профессионализма российских и зарубежных специалистов и качественной предварительной подготовки. Обделка для этого тоннеля будет производиться на заводе в г. Красноярске, с использованием форм и карусельной установки, поставленной французской фирмой «СВЕ».

Этот масштабный проект стал пятой совместной работой ОАО «Бамтоннельстрой» и «Ловат, Инк», пуск которого намечен на первые числа октября 2005 г. Завершение строительства тоннеля планируется на август 2006 г., после чего ТПМК будет доставлен на Манский тоннель, расположенный в Красноярском крае, строительство которого ОАО «РЖД» доверило ОАО «Бамтоннельстрой». МТ

АВТОМАТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗА ДЕФОРМАЦИЕЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

При строительстве железнодорожного тоннеля и станционного комплекса к аэропорту Внуково горные работы производились в непосредственной близости от зданий технических служб аэропорта. В некоторых местах свайное ограждение котлована было расположено в 2 м от зданий. Естественно, при такой близости от котлована (глубина которого достигала 20 м) неизбежны деформации стен котлована, а стало быть, и зданий. Возникла необходимость оперативного контроля за деформацией зданий и стены в грунте.

Для этих целей инженерами маркшейдерами Стафеевым Г. М. и Леоновым А. Г. была разработана и запатентована программа «Геодезический мониторинг» (GeoMonitoring). Суть автоматического наблюдения за деформацией состоит в следующем. Рядом со зданиями (желательно в пределах 100 м) устанавливают высокоточный электронный тахеометр, имеющий сервопривод и систему автоматического точного наведения на призму. Этот тахеометр управляется программой «Геодезический мониторинг», которая установлена на компьютере. Компьютер может располагаться рядом с тахеометром либо в другом месте, но для этого надо создать радио- или проводную связь между компьютером и тахеометром.

На зданиях, находящихся вне зоны деформации, закрепляют «жесткие опорные» призмы, от которых периодически происходит самоопределение положения тахеометра и его ориентирование.

На зданиях, находящихся в зоне деформации, крепят «деформационные» призмы.

После запуска программы на выполнение производятся циклические измерения «деформационных» призм с периодичностью, заданной в программе.

Наблюдательная станция с высокоточным электронным тахеометром

Программа в процессе своей работы заполняет таблицу деформации, по которой автоматически строятся любые диаграммы, визуально отображающие деформацию здания в любом направлении, в том числе и по высоте.

Возможен просмотр диаграмм в реальном времени на другом компьютере, находящемся в любой точке Земли с использованием модемной связи. →

Установленная «деформационная» призма

Также есть возможность оповещать автоматически по телефону о превышении деформации выше заданного предела – сигнал тревоги.

Этот метод наблюдения за деформацией любых объектов имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционным инструментальным способом:

- оперативность получения результатов деформационных наблюдений на данный момент времени в любое время суток;
- возможность отследить и проанализировать влияние тех или иных факторов природного или технологического характера на деформационный процесс наблюдаемого объекта;
- после монтажа и запуска наблюдательной станции необходим минимум обслуживающего персонала для обеспечения процесса наблюдения (один инженер в смену);
- при производстве компенсационного нагнетания в основание фундамента здания появляется возможность управлять процессом нагнетания в автоматическом режиме;
- одновременное получение плановых и высотных деформаций наблюдаемого объекта. МТ

В третьем номере журнала «Метро и тоннели» за 2005 год таблицу № 8 на с. 37 в статье А.Н.Деревнина «Пути сокращения расхода энергии на метрополитене» следует читать так:

Таблица 8

Перегон	Теория			Автор			t, сек*
	ПП, сек	ОП, сек	Энергия, кВт.ч	ПП, сек	ОП, сек	Энергия, кВт.ч	
«Бабушкинская» – «Свиблово»	62,44	23,6	28,53 31,45	35,44	24,45	27,76 23,09	25 38
«Свиблово» – «Ботанический сад»	56,92	20,0	24,08 27,92	29,33	19,84	21,88 18,64	19 25
«Ботанический сад» – «Свиблово»	61,2	21,94	26,52 30,43	39,6	21,89	24,31 22,68	20 33
«Свиблово» – «Бабушкинская»	54,46	20,88	25,24 27,92	30,98	23,17	25,43 19,7	20 30

* – время по секундомеру

Химические добавки для торкретирования

MEYCO® - оборудование для торкретирования

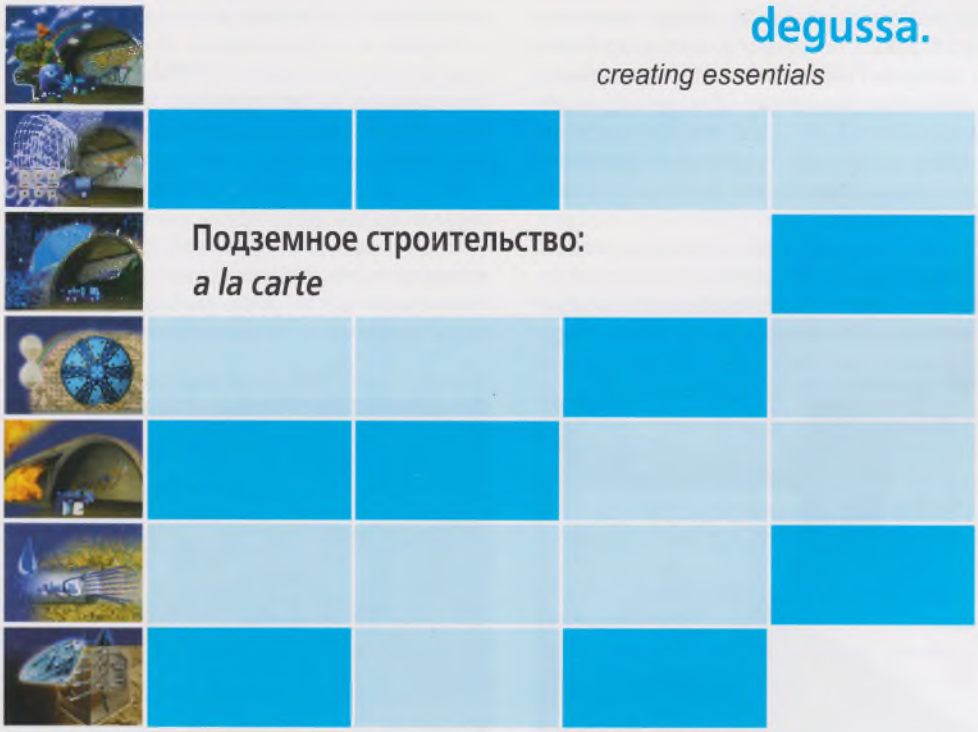
Гидроизоляция

Материалы для щитовой проходки и ТПМК

Противопожарная защита

Инъекционные материалы

Материалы и оборудование для горнодобывающей промышленности



Штаб-квартира:

UGC International
Подразделение Degussa (Швейцария)
Вулканштрассе 110
8048 Цюрих Швейцария

телефон +41-44-4382210
факс +41-44-4382246

Европейское подразделение:

Degussa Construction Chemicals (Europe) AG
Вулканштрассе 110
8048 Цюрих Швейцария

телефон +41-44-4382210
факс +41-44-4382246

Оборудование:

MEYCO Equipment
Подразделение Degussa
Хегматтенштрассе 24
8404 Винтертур Швейцария

телефон +41-52-2440713
факс +41-52-2440707

Construction Chemicals

www.degussa-ugc.com

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОТОЧНОГО И СОВРЕМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА КАЗАНСКОМ МЕТРОПОЛИТЕНЕ

А. Г. Галявов, генеральный директор МУП «Казанский метрополитен»

Эксплуатирующее Казанскую «подземку» предприятие МУП «Казанский метрополитен» было организовано в конце 2004 г., а первый поезд с пассажирами прошел по тоннелям уже 27 августа 2005 г., накануне тысячелетнего юбилея города.

Предприятие изначально было задумано как полностью автоматизированное, использующее современное высокотехнологичное оборудование. Для многих систем и технологий, внедренных на Казанском метрополитене, применимо слово «впервые».

Впервые в метрополитенах России и СНГ:

- внедрена комплексная система энергоснабжения метрополитена с микропроцессорным управлением, диагностикой и самодиагностикой оборудования;
- внедрена комплексная система обеспечения безопасности и автоматизированного управления движением поездов;
- для обеспечения поездной радиосвязи использовано активное оборудование современного цифрового международного стандарта ТЕТРА и щелевой радиоизлучающий кабель, проложенный на всем протяжении тоннелей. Это позволяет обеспечить передачу не только голосовой информации, но и данных для технологического управления системами;
- для всех систем управления, автоматики, сигнализации и связи внедрена централизованная система гарантированного электропитания, обеспечивающая автономную работу всех систем от 1 до 4 часов при отсутствии внешнего электропитания;
- системы безопасности включают в свой состав технические средства обнаружения взрывчатых веществ и наркотиков;
- станция метрополитена «Аметьево» гармонично встроена в природный ландшафт с учетом городской инфраструктуры и выполнения всех проектных требований, предъявляемых к станциям метрополитена.

Впервые в Европе (на третьем метрополитене в мире) система оплаты проезда построена только на смарт-технологиях с применением многократно используемого смарт-жетона для оплаты разовых поездок.

Впервые в мире для обеспечения безопасности управления движением поездов использованы принципиально новые бесстыковые резонансные рельсовые цепи с многозначным цифровым кодированием. На особо ответственных участках пути метрополитена применена технология укладки рельсов на лежневом основании (около 2 км).

Впервые в метрополитенах России уровень технических средств позволяет применить технологию технического обслуживания автоматизированных систем на основе дистанционного контроля их состояния.

Отдельно стоит сказать о подвижном составе Казанского метро. Оснащенные асинхронным приводом электропоезда, потребляющие вполовину меньше электроэнергии и при этом имеющие мощность двигателя в 1,5 раза больше традиционного, не имеют аналогов в России. Выпускает их Санкт-Петербургский завод «Вагонмаш». Технические характеристики и современный дизайн позволяют их назвать поездами XXI века. При оформлении интерьера пассажирского салона использованы антивандальные негорючие материалы, значительно повышающие уровень его «живучести», но в то же время отвечающие современным эстетическим требованиям. Значительно изменилась и кабина машиниста. Теперь все параметры состава, а также сбои и отказы оборудования можно увидеть на мониторе. Основной функцией машиниста стало наблюдение за работой автоматики.

Пока по первой линии Казанского метрополитена курсируют всего четыре 4-вагонных поезда, интервал движения составляет 8–10 мин. Теперь за 12 мин. можно безопасно и комфортабельно пересечь весь центр города.

Конечно, создание такого сложнейшего инженерного сооружения потребовало вложения громадных усилий и средств, но результатом можно гордиться. Казанское метро стало достойным подарком тысячелетней столице Татарстана.

Казанское метро продолжает развиваться, выделены федеральные средства на открытие еще двух станций, в результате первая линия метро свяжет два крупных жилых массива и это будет еще одним подарком жителям города.

Кабина машиниста

Внутренний интерьер вагона Казанского метрополитена

АРХИТЕКТУРА СТАНЦИЙ КАЗАНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

«Кремлевская»

Станция «Кремлевская» расположена между Кремлем и пересечением с улицами Профсоюзной и Чернышевского.

Основной идеей при разработке проекта интерьеров станций было создать легенду о времени Казанского ханства. В связи с этим путевые стены на платформе оформлены в виде «оборонительных стен» с десятью башнями (по пять с каждой стороны платформы), условно символизирующими башни татарского кремля. Облицовка стен выполнена из мраморных плит под «белый камень» – «Джанина». Арочные проемы башен оформлены сюжетными композициями из мозаики на исторические темы Казанского ханства.

Цилиндрический свод украшен мозаичными композициями в виде розеток – «картушев» и летящего змея «Зиланта».

По оси платформы установлены миниатюрные башенки-светильники, символизирующие башню Сююмбике, минарет мечети Кул Шариф и оборонительную башню татарского кремля. Башенки выполнены из железобетона с последующей обработкой высококачественной штукатуркой под мрамор. По периметру башен устроены сиденья из дерева. Верхняя часть и арочные проемы башенок оформлены цветными витражами. Между башенками размещены современные светильники с подсветкой платформы и потолка. За «зубцами» «оборонительных стен» устроена подсветка свода.

Пол выполнен из прямоугольных гранитных плит с полированной и термообработанной поверхностью. Гранит темный – «Куртинский», светлый – «Джильтау».

Вестибюли № 1 и 2 оформлены аналогично платформе с применением камней тех же пород пола и стен. Для освещения использованы современные светильники.

Станция «Площадь Тукая»

Кованые ограждающие изделия изготовлены из стали с последующей покраской в цвет графита, золота и серебра.

Авторы проекта архитектурно-художественного решения станции Р. М. Нургалиева и С. А. Мамлеева, художник Н. Т. Хазиахметов.

«Площадь Тукая»

Станция «Площадь Тукая» располагается в центре города на пересечении улиц Пушкина, Баумана и Петербургской. Она имеет два противоположных вестибюля, один из которых с выходом на улицу Петербургскую и в магазин «Новый Детский мир». Второй вестибюль, посредством перехода, соединяется с подземным переходом и остановками общественного транспорта на «Площади Тукая». Помимо этого переход имеет два выхода-входа в подземный этаж гипермаркета «Кольцо».

Проектное решение интерьера построено на сочетании архитектурных элементов исторической Казани с декоративными настенными панно по сюжетам произведений татарского поэта Габдуллы Тукая. В отделке интерьера использованы такие материалы, как мрамор, гранит, цветная мозаика, нержавеющая сталь.

Конструкция станции – монолитная железобетонная, двухпролетная с продольным расположением ряда колонн по центру с шагом 6 м.

Полы выполнены из полированного гранита «Старобабанский», «Габбро» и «Мансуровский», которые образуют богатый рисунок из переплетения полос данных цветов. Композиция рисунка пола станции «завязана» на расположении колонн. Путевые стены облицованы полированным мрамором «Коэлга» и «Индиана Грин» с идентичными вестибюлю пилястрами стрельчатого вида, расположенными в створе с колоннами станции. Между пилястрами имеются 22 декоративных панно (2,4 × 3,2), выполненные из цветной мозаики по сюжетам произведений Габдуллы Тукая.

Колонны облицованы мрамором «Коэлга» и «Индиана Грин». Геометрия и декор колонн обусловлены их диагональным расположением и геометрией потолка.

Потолок монолитный железобетонный белого цвета с глубокими, ярусными кессонами, развернутыми под 45 градусов. В некоторых из них вмонтированы светильники квадратной формы с матовым стеклом.

Два подземных вестибюля связаны с платформенной частью широкими лестницами. Вестибюли представляют собой большепролетную конструкцию колонного типа из монолитного железобетона с шагом 4,5 м.

Станция «Кремлевская»

Станция «Суконная слобода»

Полы вестибюля выполнены из полированного гранита «Старобабанский» и «Мансуровский», в сочетании создающими характерный национальный орнамент вдоль стен и вокруг колонн. Стены вестибюлей облицованы полированным мрамором «Коэлга» и «Индиана Грин», которые образуют стрельчатые арки на пилястрах и колоннах.

Освещают вестибюли светильники, равномерно расположенные в кессонах потолка.

Авторы проекта архитектурно-художественного решения станции М. Е. Быков, В. Н. Кудряшов, Р. И. Сафин.

«Суконная слобода»

Станция «Суконная слобода» располагается в историческом центре г. Казани, под местом, где некогда находилась Суконная мануфактура и при ней слобода, которые явились свидетелями многих исторических событий.

Решение интерьера строится на обыгрывании темы архитектуры XVIII в., как периода наибольшего расцвета мануфактуры и слободы.

Трассировка современной улицы Петербургской совпадает с направлением старой Ногайской дороги, некогда ведущей в Золотую Орду. В проекте предпринята попытка средствами архитектуры наложить на основную тему станции тему дороги, тему пути.

Конструктивная схема станции – трехпролетная с двумя промежуточными опорами в поперечном сечении. Шаг колонн – 7,5 м. Конструкции выполнены из монолитного железобетона.

Полы выложены полированным гранитом, основной фон – гранитом «Джильтау-Надежда», дополнительный – гранитами «Куртинский», «Мансуровский» по специальному рисунку. Отделка элементов путевых стен и колонн – природным камнем – мрамором «Боттичино» и гранитами «Куртинский» и «Джильтау-Надежда».

Потолок окрашен по технологии Tex-Color.

Детали светильников и декоративные решетки изготовлены из кованого металла.

Два подземных вестибюля и платформа станции соединяются между собою лестницами. Входы в вестибюли организованы из подуличных подземных переходов. Вестибюль № 1 имеет выход на ул. Петербургскую, вестибюль № 2 – на ул. Эсперанто.

Конструктивно вестибюли решены трехпролетными с шагом колонн 4,5 м. Полы выполнены из полированного гранита «Джильтау-Надежда» и «Куртинский» по специальному рисунку. Стены вестибюлей облицованы мрамором «Боттичино», колонны и пилястры – природным камнем – гранитами «Куртинский» и «Джильтау-Надежда».

Основное освещение вестибюлей – светильники, расположенные равномерно в кессонах потолка, на лестницах применены открытые декоративные светильники.

Авторы проекта архитектурно-художественного решения станции А. М. Мустафин, Т. Г. Ксенофонтова, Н. Г. Муравьева.

«Аметьево»

Станция расположена над оврагом, разделяющим жилые районы Ометьево и Танкодром, в непосредственной близости с южным направлением железной дороги.

Станция решена в виде мостового перехода между откосами оврага с транзитным пешеходным переходом над ней. Это дало возможность соединить жилые районы Ометьево и Танкодром между собой, организовать пропуск транзитного движения по проходящей по дну оврага магистрали и пешеходов в разных уровнях в наиболее удобных для них режимах.

Близость к железнодорожной ветке продиктовала необходимость организации при вестибюле № 1 ж.-д. платформы для пригородных электропоездов.

Данное решение позволило превратить станцию «Аметьево» в мощный транспортно-пересадочный узел с масштабом влияния не только на внутригородские пассажирские перевозки, но и на весь казанский мегаполис в целом.

Образное решение станции – интегральное транспортное сооружение XXI в. с его сложной структурой, высокими технологиями, значительными скоростями движения и в тоже время высокой комфортностью и безопасностью пассажиров.

Решение архитектуры станции в стиле Hi-Teck как нельзя лучше подходило для реализации данной идеи, позволило наиболее полно раскрыть авторский замысел и создать объемно-пространственную доминанту в той части городской среды, которая наиболее обделена им.

Платформенная часть станции решена в виде мостового перехода. Его несущая конструкция – стальные фермы пролетом до 39 м на железобетонных опорах. Ограждающие конструкции платформенной части решены в виде сплошного остекленного фасада малированными стеклопакетами, что дает возможность зрительного проникновения внутрь станции и включение поездов метро в визуальную жизнь экстерьера. Материал в стеклопакетах – стекло «санэрджи» с солнцезащитными и теплоизоляционными свойствами.

На станции два вестибюля, «врезанных» в существующие откосы оврага. Вестибюль № 1 имеет выход на ул. Моторная (пос. Ометьево) и связь с транспортной магистралью. Кровля вестибюля используется в качестве павильона ожидания при платформе пригородных электропоездов. И через вестибюль № 1 осуществляется пересадка пассажиров с пригородного ж.-д. транспорта на линию метрополитена.

Вестибюль № 2 имеет выход на ул. Даурская и связь с транспортной магистралью. Кровля вестибюля используется в качестве павильона попутной торговли.

Конструкции вестибюлей и служебно-технологических помещений – монолитный железобетон и металлический каркас.

В наружной отделке стен вестибюлей использованы современные высокопрочные материалы: керамогранит, Alukobond, стеклопакеты.

Авторы проекта архитектурно-художественного решения станции А. М. Мустафин, Н. В. Ромашкин-Тиманов.

«Горки»

Станция «Горки» располагается в центре обширного жилого массива, сложившегося

в 70–80 гг. прошлого столетия, с характерной индустриальной (панельной) и, отчасти, модульно-кирпичной архитектурой.

Проектное решение интерьера станции построено на сочетании тем, характеризующих ее местоположение и название, с названием ассоциируются плавные очертания путевых и торцевых стен платформенной части, скамеек для отдыха пассажиров. Этому способствует и цвет облицовочного материала этих элементов – мрамор «Индиана Грин». Архитектуру месторасположения характеризуют модульная разбивка потолков вестибюлей и платформенной части станции, а также решение стен и полов. Если интерьер выполнен в современной архитектуре, то цветовое решение – в традиционной для казанских татар полихромной цветовой гамме – бело-зелено-золотистой. Это, несомненно, привносит в «стерильную» архитектуру международного стиля национальный колорит.

Станция «Горки» с двумя вестибюлями располагается на месте пересечения ул. Р. Зорге и Родина. Выходы и входы в вестибюли станции организованы из подуличных подземных переходов, один из которых имеет прямую коммуникационную связь с остановкой городского электротранспорта.

Конструкция станции – железобетонная монолитная гладкая арка, опирающаяся на монолитные стены.

Полы – из полированного гранита – «Мансуровский» с включением гранита «Старобабанский» по специальному рисунку.

Путевые торцовые стены облицованы полированным мрамором «Индиана Грин».

Потолок окрашен по технологии Tex-Color в белый цвет.

Светильники расположены в верхней точке свода, а также скрыты у его основания. Это дает возможность зрительно «облегчить» свод, добиться эффекта «парения» его оболочки.

Подземные вестибюли и платформа соединяется между собой лестницей.

Вестибюли колонного типа из монолитных железобетонных конструкций. Шаг колонн – 4,5 м.

Полы выполнены из полированного гранита «Мансуровский» с включением гранита «Старобабанский». Стены облицованы керамогранитом светлых тонов; колонны и пилястры – мрамором «Индиана Грин».

Авторы проекта архитектурно-художественного решения станции А. М. Мустафин, Р. М. Хисамов, Т. Ф. Мухаметзянов.

Рабочие проекты архитектурно-художественного оформления станций «Кремлевская», «Суконная слобода», «Горки» выполнены институтом «Казгражданпроект». Генеральный директор – М. А. Кафиатуллин, главный архитектор института – А. Р. Гилязетдинов, главный архитектор проекта – А. М. Мустафин.

Рабочие проекты архитектурно-художественного оформления станций «Площадь Тукая», «Аметьево» выполнены институтом «Ленметрогипротранс». Генеральный директор – Н. И. Кулагин, начальник АСО – В. Г. Хильченко.

Станция «Аметьево»

Станция «Аметьево», общий вид мостового перехода

Станция «Горки»

КРАСНОПОЛЯНСКИЙ ТОННЕЛЬ.
РЕКОНСТРУКЦИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ АДЛЕР – КРАСНАЯ ПОЛЯНА НА УЧАСТКЕ 32–35 км СО СТРОИТЕЛЬСТВОМ ТОННЕЛЯ

В. В. Балыкин, главный инженер ЗАО «ЮГСК»

В августе 2005 г. завершилась реконструкция участка автомобильной дороги Адлер – Красная Поляна протяженностью 4012 м со строительством тоннеля.

Геоморфологические, гидрологические, физико-геологические условия участка строительства характеризуются высокой степенью сложности.

Весенние и летние обильные дожди, при малой продолжительности и площади распространения, давали слой осадков до 120–130 мм и более в сутки.

Они вызывали бурные паводки и подъем воды в реке, что создавало критические ситуации на Северной площадке строительства в районе поселка Кепша, где зимой снежный покров порой держался 80–90 дней и достигал 1,5–1,7 м. В пределах всего участка имели место такие опасные физико-геологические явления, как обвалы, оползни, лавины, карсты, эрозия.

Основным, самым сложным, материалоёмким и протяженным сооружением на сданном участке дороги является тоннель, проходку которого с Южного портала до середины осуществляла ЮГСК, с Северного – ТО-44, а с пикета ПК20 до ПК22 – ООО «Тоннельдорстрой». Сбойка тоннеля состоялась в канун Дня строителя, в августе 2002 г.

Тоннель проложен в северном макросклоне массива горы Кепша, на правом берегу реки Мзымта на 30–40 м выше уровня воды.

По высоте Северный портал расположен на 27 м ниже Южного.

Исходя из удобства производства работ, а также с учетом высотных отметок примыкания к автодороге на порталах, тоннель выполнен двухскатным с переломом профиля в 300-х метрах от Южного портала. Проходка тоннеля здесь велась под уклон, а со стороны Северного портала – на подъем.

Учитывая, что коэффициент крепости грунтов колебался в широком диапазоне от 1

Краткая характеристика объекта

Автодорожный тоннель с галереей имеет длину 2600 м, в том числе:
- его подземная часть – 2475,16 м;
- противообвальная галерея, примыкающая к тоннелю с южной (морской) стороны – 125,75 м;

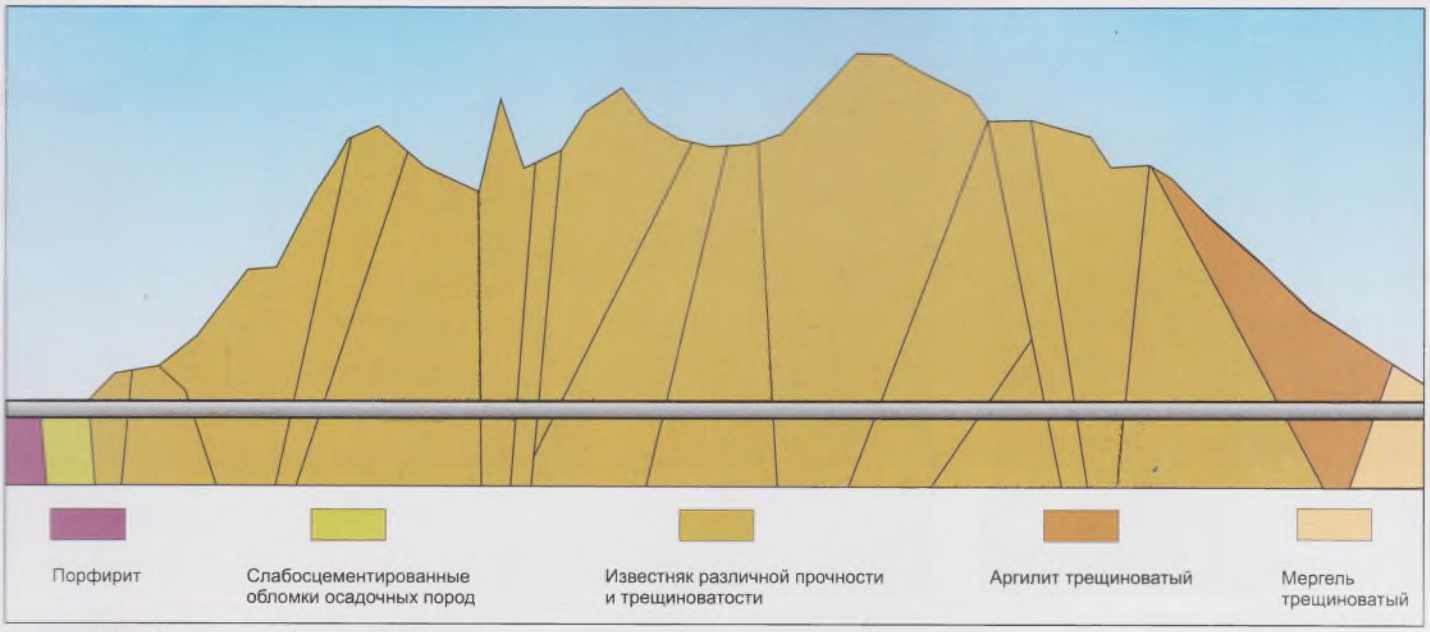
Кроме того, на сданном объекте сооружены:
- противооползневая верховая подпорная железобетонная стена до существующего тоннеля – 580 м;
- мост через реку Кепша – 79 м;
- подходы к мосту и тоннелю, включая развороты – 1332,1 м.

Начало подготовительных работ – ноябрь 1998 г.

Окончание строительства – август 2005 г.

Заказчик – Государственное учреждение «Дирекция по строительству и реконструкции автомобильных дорог Черноморского побережья» Федерального дорожного агентства Министерства транспорта Российской Федерации.

Генпроектировщик – ОАО «Ленметрогипротранс».



Продольный профиль с геологическим разрезом

Породопогрузочная машина ПНБ-4: слева — на уборке грунта в забое, справа — общий вид

до 10 по шкале Протодьяконова, применялся буровзрывной способ проходки. Для бурения шпуров, наряду с отечественной техникой, использовались станки и установки зарубежных фирм (буровые станки японской фирмы «Фурукава», финские станки фирмы «Тамрок», в том числе – буровые установки на колесном ходу «Максиматик» и др.). Уборка взорванной породы выполнялась погрузочными машинами ПНБ-4. Откатка породы в отвал – автопоездами МоАЗ.

На неблагоприятных, с точки зрения инженерно-геологических условий участках, проходка была возможной только с применением усиленного крепления свода и лба забоя, а на отдельных участках – с закреплением грунта спецспособом, в т. ч. химическим. Врезка как с Южной стороны (здесь порода была сильнотрещиноватой, средней прочности, слабой устойчивости), так и с Северной (здесь залегали делювиальные глинисто-щебенистые отложения) осуществлялась под защитой экрана из труб с цементацией. Центральный участок тоннеля сооружался способом нижнего уступа. Здесь слоистые мергели и аргиллиты пересекались с прочными известняками. На некоторых сложных участках проходка велась с разработкой забоя по частям.

Для уточнения инженерно-геологических условий строительства применялось бурение разведочных скважин с отбором керна станком «Диамек» (Швеция).

Работы по выполнению гидроизоляции тоннеля

При сооружении тоннеля использовался аркобетонный тип временного крепления, хорошо зарекомендовавший себя при проходке автодорожных и железнодорожных тоннелей на БАМе, в Сочи, в Туапсинском районе.

Для исключения возможности проникновения в тоннель грунтовых вод по всей его длине выполнена гидроизоляция из водонепроницаемой полиэтиленовой пленки, которая установлена между постоянной и временной бетонными обделками.

Для обеспечения отвода воды от свода и стен обделки и защиты пленки от повреждe-

Стальная передвижная опалубка

Инженерный корпус, в котором располагается АСУ ТП

ния, между временной крепью и пленкой установлен дренирующий слой геотекстиля толщиной 4 мм. Водоотвод в тоннеле организован самотеком по боковым закрытым лоткам в стороны порталов. Гидростатическое давление на обделку снимается через установленные в водоотводных лотках дренажные скважины с шагом 1 м.

Возведение постоянной железобетонной обделки тоннеля производилось с помощью стальной передвижной опалубки. Подача бетона и укладка его за опалубки осуществлялась пневмобетоноукладчиком и бетононасосами.

Толщина постоянной железобетонной обделки с учетом изменений геологических условий выполнена по трассе в шельге свода от 500 до 880 мм, стен – от 500 до 1100 мм, лотковая плита – по всей длине 600 мм.

В плане тоннель сооружен по прямой и на кривых R 2100 и 20000 м. Минимальный радиус кривой вне тоннеля 400 м принят для обеспечения заданной скорости движения автотранспорта – 100 км/ч в горной местности. В непосредственной близости от Северного портала предусмотрена площадка для разворота транспортных средств.

Движение по тоннелю – двухполосное. Ширина проезжей части – 7,5 м. Габариты тоннеля – Г-8,5. С каждой стороны движения имеются служебные проходы шириной 0,75 м, возвышающиеся над проезжей частью на 40 см.

По всей длине тоннеля, по обеим его сторонам в шахматном порядке расположены 23 камеры размером 2 × 2 × 2,5 м, а между ними, – 54 ниши, которые служат для размещения специального оборудования.

Через 750 м предусмотрены семь уширений проезжей части с площадками длиной по 53 м и шириной 2,75 м для аварийной остановки транспортных средств.

Три штольни размером 4,3 × 4,15 м и длиной 195, 218, 275 м, расположенные примерно в 600 м друг от друга и от порталов, предназначены для эвакуации людей в случае пожара. Для системы противодымной защиты путей эвакуации в штольнях № 1 и 3 предназначены установки с осевыми вентиляторами. Кроме того, штольня № 2 используется для проветривания тоннеля. Для этих целей в ней сооружена вентиляционная камера с двумя осевыми агрегатами диаметром 1,8 м. Она же обеспечивает дымоудаление из тоннеля.

Все три штольни имеют выход на существующую извилистую дорогу, которая будет использоваться только для вывода людей из штольни в случае пожара, аварии в тоннеле, а также для обслуживания действующей ЛЭП-110.

Вблизи Северного и Южного порталов размещены резервуары с водой с насосными станциями для пожаротушения, а на Северном портале для стоков из тоннеля и инженерного корпуса предусмотрены очистные сооружения.

Тоннель оборудован следующими семью инженерными системами жизнеобеспечения на уровне европейского стандарта.

1. *Вентиляционная система* для проветривания транспортного отсека, которая обеспечивается шестью парами струйных вентиляторов, оснащенных шумоглушителями; система дымоудаления; противодымной защиты путей эвакуации; управления вентоборудованием.

2. *Система энергоснабжения:* три трансформаторные и две дизельные подстанции.

3. *Противопожарная система:* автоматическая пожарная сигнализация; противопожарный водопровод, обеспечивающий тушение огня в любой точке тоннеля; посты с огнетушителями; система дымоудаления; устройство противодымных путей эвакуации по штольням № 1, 2, 3; система оповещения.

4. *Охранная сигнализация.*

5. *Заградительная сигнализация:* перед въездами в тоннель установлены светофоры с информационным табло и автоматический шлагбаум.

6. *Теленаблюдение* за движением транспорта с помощью 52 управляемых телекамер.

7. *Связь телефонная:* аппараты установлены в закрытых шкафах у обоих порталов, а также в самом тоннеле на расстоянии 150 м один от другого, громкоговорящее оповещение.

Для автоматизации функций контроля и управления эксплуатационными технологическими системами, а также для обеспечения эффективного функционирования тоннеля и примыкающих к нему участков дороги предусмотрена *автоматизированная система управления технологическими процессами.*

АСУ ТП позволит:

- обеспечить оперативный контроль над движением транспорта, состоянием всех инженерных систем;
- повысить среднюю скорость движения автотранспорта по тоннелю;
- снизить количество возможных ДТП и средний ущерб от одного происшествия;
- улучшить условия труда обслуживающего персонала тоннеля.

Служебные и бытовые помещения персонала АСУ ТП расположены в трехэтажном инженерном корпусе на Северном портале, где установлено оборудование, обеспечивающее жизнедеятельность тоннеля, а также санитарно-бытовой комплекс, пост охраны, вспомогательные помещения.

Проектом и техническими условиями строительства предусмотрены мероприятия по охране окружающей природной среды, как на период строительства, так и эксплуатации объекта, в том числе по охране атмосферного воздуха, защите рыбных запасов в реке Мзымта, относящейся к водоемам высшей рыбохозяйственной категории, охране поверхностных и подземных вод от загрязнения, мероприятия по укреплению берегов, снижению шума и вибрации.

С пуском автотранспорта по тоннелю воздействие автодороги Адлер – Красная Поляна на окружающую природную среду значительно уменьшится, повысится безопасность дорожного движения, существенно сократится время проезда по Федеральной трассе.

С вводом в эксплуатацию последнего участка автодороги с 32 по 35 км реконструкция Федеральной автомобильной трассы Адлер – Красная Поляна завершается. МТ

III МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

ПОДЗЕМНЫЙ ГОРОД

салон «ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ»

15-17 МАРТА 2006

ЦВЗ «МАНЕЖ»

WWW.U-CITY.RU

ОРГАНИЗАТОРЫ: Выставочная компания «Глобал Экспо»,
Тоннельная ассоциация России
При организационной поддержке Правительства Москвы

ПРИ СОДЕЙСТВИИ: Министерства промышленности и энергетики РФ,
Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству,
МГТУ, МГРУ, НИИОСП им. Н.М. Герсеванова

ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПОНСОРЫ

Метро тоннели · МЕТРО ИНВЕСТ · Строительные материалы, оборудование, технологии XXI век · Перспектива

119019, Москва, Гоголевский бульвар, 23, оф. 17
Тел: +7 (095) 101 2274 Факс: + 7 (095) 291 2175
www.u-city.ru, info@global-expo.ru

СТРОИТЕЛЬСТВО ЛАГАР-АУЛЬСКОГО ТОННЕЛЯ

А. В. Яковлев, В. Г. Лозин, ПИИ «Бамтоннельпроект»

Проект строительства нового однопутного Лагар–Аульского тоннеля на Дальневосточной железной дороге разработан в 1999 г. проектно–изыскательским институтом «Бамтоннельпроект» с привлечение субподрядной организации — института ОАО «Дальгипротранс».

Сооружение тоннеля началось в 2000 г. Генеральным подрядчиком строительства является ОАО «Бамтоннельстрой».

Лагар-Аульский тоннель был построен в 1914 г. под два пути. В связи с электрификацией ДВЖД существующий тоннель реконструировали в 1976–1981 гг. под электровозную тягу. Обделка выполнялась из железобетонных блоков. Непосредственно после возведения конструкции на некоторых участках стали проявляться деформации. Для того чтобы предотвратить их развитие деформированные кольца усилили стальными шпренгелями, установленными на замковых блоках. Однако это не остановило развитие деформаций. В связи с этим был разработан проект капитального ремонта, который предусматривал следующие виды работ:

- установку металлических подхватов из швеллера № 14, предварительно изогнутого по контуру обделки и прикрепленного к железобетонным блокам клинощелевыми анкерами диаметром 36 мм;
- установку ребер жесткости из того же швеллера, соединяющих между собой подхваты;
- на наиболее деформированных кольцах установку в сводовой части глубинных анкеров длиной 5050 мм;
- заполнение пустот в заобделочном пространстве путем нагнетания цементно-песчаного раствора.

Подхваты из швеллера и продольные ребра жесткости усилили обделку, а на ряде колец полностью восприняли на себя нагрузку от горного давления и собственного веса обделки. Однако проведенные работы лишь замедлили развитие деформаций. Смещения внутреннего контура в сводовой части обделки продолжаются. Таким образом, несмотря на проведенные ремонтные работы, не обеспечивается безопасное движение поездов по существующему тоннелю. Аварийное состояние обделки существующего тоннеля предопределило необходимость проектирования и строительства нового.

Проектируемый однопутный железнодорожный тоннель протяженностью 1282 п. м расположен на перегоне Облучье – Хабаровск (Дальневосточной ж. д.) в юго-восточных отрогах Малого Хинганского хребта. Район представляет собой мелкосопочную гряду с пологими склонами сопок и межсопочными логами с заболоченными тальвегами. Учитывая высотные отметки на подходах, тоннель запроектирован односкатный с уклоном 5 ‰ в сторону Западного портала. Перелом продольного профиля предусматривается на пикете Восточного портала. В плане 13,7 % длины тоннеля расположены на кривой R = 1200 м. Внутреннее очертание тоннельных обделок назначено с учётом размещения габарита приближения строений «С» для прямых и кривых по ГОСТ 9238-83 для электрифицированных железных дорог с контактной подвеской с несущим тросом, а также с учётом размещения за пределами габарита приближения строений системы водоотвода, устройств СЦБ и связи, светильников и кабельных сетей, путевых ящиков, волновода.

В связи с удаленностью Лагар-Аульского тоннеля от объектов стройиндустрии, созданы временные строительные площадки, имеющие весь комплекс сооружений и обустройств, обеспечивающие нормальный процесс строительного производства в забоях и на поверхности.

Основной комплекс временных зданий и сооружений размещается на стройплощадке Восточного портала.

Инженерно-геологические изыскания, на основании которых разрабатывался проект, выполнены институтом «Дальгипротранс» в 1995–1997 гг., при этом также использовались материалы изысканий для стадии ТЭО 1989–1990 гг.

Коэффициент крепости грунтов колеблется от 1,5 до 6 по шкале Протодьяконова. Наиболее сложные условия – на припортальных участках, где развиты алювиальные породы.

Сооружение тоннеля ведется с двух порталов.

Для предотвращения обрушения лобового откоса врезка в горный массив выполнялась с предварительным закреплением свода над тоннелем металлическими трубами, устанавливаемыми в скважины с прокачкой их цементным раствором.

Проходка ведется уступным способом с использованием японских горнопроходческих комбайнов «Мицуи S-200» с избирательным принципом действия. Величина заходки составляет 1 м.

Проходка верхней части тоннеля в породах с коэффициентом крепости пород по Протодьяконову f = 1,5–2 велась с устройством опережающего крепления свода из железобетонных анкеров диаметром 32 мм длиной 3 м. Временное крепление выработки – арка из двутавра № 30 с «черновым» бетоном В25, уложенным по внутренним полкам арки.

В породах с коэффициентом крепости пород по Протодьяконову f = 2–4 сооружение велось с временным креплением выработки – арка из двутавра № 30 с «черновым» бетоном В25, уложенным по наружным полкам арки.

Доставка и укладка бетона производится пневмобетоноукладчиком «Фусо».

Первичное и контрольное нагнетание за «черновой» бетон осуществлялось согласно ВСН 132-92.

Для уточнения горно-геологических условий по трассе тоннеля с опережением забоя велось бурение разведочных скважин с отбором керна станком «Диамек-250» на глубину 50 м.

Откатка породы и доставка в забой оборудования и материалов производится автопоездами МоАЗ-64011

Со стороны Восточного портала участок тоннеля длинной 28,9 м был сооружен открытым способом.

Данный участок был построен в котловане, отрабатываемом послойно (толщина слоя 2 м). После отработки каждого слоя было осуществлено крепление лобового и боковых откосов железобетонными анкерами длиной 4 м, и устройство на высоту слоя железобетонной стяжки. Скважины под анкеры бурились буровым станком фирмы «Кокен-Боринг». После доработки котлована до проектных отметок устраивалась бетонная подготовка основания, и бетонировался теплозащитный слой из керамзитобетона.

Проходка тоннеля при помощи комбайна «Мицуи S-200»

Монтаж опалубки «Сага-Когио». Западный портал Лагар-Аульского тоннеля

С раскреплением в откосы выставлялась опалубка и бетонировалась защитная стенка, на которую изнутри наклеивалась пленочная гидроизоляция.

Защитная стенка, впоследствии, используется в качестве наружной опалубки для бетонирования постоянной обделки.

В центральной части тоннеля геологические условия проходки относительно благоприятные. На этом участке был применен передовой способ, используемый наиболее развитыми в области тоннелестроения странами (Япония, Германия, Австрия, Швейцария), новоавстрийский. Для выполнения данного вида работ ОАО «Бамтоннельстрой» было закуплено новейшее импортное оборудование, что позволило повысить эффективность работ, значительно увеличить скорость проходки данного участка и получить значительную экономию материалов.

Для механизированной укладки бетона при возведении постоянной обделки используются передвижные японские механизированные опалубки «Сага-Когио» L = 12 м. Подача бетона в тоннель и укладка его за опалубку и в обратный свод осуществлялась пневмобетоноукладчиками «Фусо».

Ведение гидроизоляционных работ (контрольное нагнетание, водоподавление) производится с технологических тележек, позволяющих иметь доступ к любой точке сечения, оснащенных комплексом грузоподъемных устройств.

Благодаря совместным усилиям всех структурных подразделений, участвующих в строительстве, 20 апреля 2005 г. произошла сбойка при проходке калоттной части тоннеля.

После сдачи тоннеля в постоянную эксплуатацию намечена реконструкция «Царского» двухпутного тоннеля. Задание на разработку проектной документации подписано в мае 2005 г.

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ГРУНТА. ПЕРЕДОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ПРОХОДКИ ТОННЕЛЕЙ ЩИТАМИ С ГРУНТОВЫМ ПРИГРУЗОМ ЗАБОЯ

Ларс Лангмаак, менеджер проектов ТПМК, Degussa, Underground Construction Group, Цюрих, Швейцария

Способ проходки тоннелей с использованием щитов с грунтовым пригрузом забоя хорошо известен, тем не менее, есть процессы, которые требуют более глубокого изучения. В частности, это касается различных добавок для кондиционирования грунта, их свойств и возможности применения на стройплощадке. Необходимо держать под контролем все ключевые факторы, чтобы добиваться как требуемых результатов кондиционирования, так и высоких темпов проходки.

Устойчивость забоя

Наиболее важная задача, и это не только при использовании технологии грунтового пригруза забоя, – сбалансировать давление грунта на роторе встречным давлением в рабочей камере. В статье рассказывается, в том числе и о том, как рассчитать необходимое давление в зависимости от реальных свойств грунта.

Устойчивость забоя в гранулированных, несвязных или слабо связных грунтах

В несвязных или слабо связных грунтах минимальное необходимое давление для обеспечения устойчивости забоя может быть определено с использованием трехмерной модели предельного равновесия (рис. 1).

Устойчивость забоя в связных грунтах

При оценке устойчивости забоя в связных грунтах используется так называемый фактор устойчивости.

Фактор устойчивости – величина относительная к величине обрушения забоя в состоянии предельного равновесия. Впервые это было определено Бромсом и Беннемарком (1967 г.) как отношение давления вышележащих грунтов, уменьшенного на величину давления, поддерживающего забой на уровне оси тоннеля, и сопротивления сдвигу водонасыщенных грунтов.

Общепринятые показатели *фактора устойчивости:*

$N < 2$ – незначительные подвижки грунта;

$2 < N < 4$ – щит обычно сдерживает подвижки грунта;

$4 < N < 6$ – увеличение подвижек грунта;

$N > 6$ – забой может быть неустойчивым, глины могут выдавливаться в сторону забоя.

Почему применяется кондиционирование грунта при использовании технологии грунтового пригруза забоя

Чтобы сформировать необходимое давление на забой, грунт должен быть непроницаемым для воздуха. Три основных технологии проходки были разработаны, исходя из вышеназванного принципиального требования.

1. Щитовая проходка под сжатым воздухом

Эта технология применима в тех случаях, когда грунт сам по себе почти непроницаем для воздуха. Такое встречается редко.

2. Щитовая проходка с бентонитовым пригрузом забоя (Slurry TBM)

Рабочая камера заполняется бентонитовой суспензией, большой воздушный пузырь в верхней части рабочей камеры контролирует давление на забой. Эта технология может быть применена в широком спектре грунтов. Но она имеет также и недостатки, прежде всего, это необходимость масштабного и дорогого сепарационного хозяйства на поверхности

3. Щитовая проходка с грунтовым пригрузом забоя (EPB TBM)

Рабочая камера заполнена разрабатываемым грунтом, вращающийся ротор ответственен за создание однородной и непроницаемой грунтовой пасты. Чтобы получить такую грунтовую пасту, в большинстве случаев необходимо использовать специальные добавки для кондиционирования грунта, тип их зависит от реальных свойств грунта. Иногда достаточно только воды, чаще необходима пена для формирования пастообразной консистенции и для введения определенного количества воздуха с целью обеспечения необходимого давления на забой. Для крупнозернистых грунтов, в основном, необходимы полимеры, для плотных глин могут быть полезными добавки, препятствующие налипанию и заштыбовке.

На рис. 2 показана общая картина грунтовых условий для кондиционирования грунта.

При использовании технологии проходки с грунтовым пригрузом забоя нет необходимости ни в бентоните, ни в специальном сепарационном хозяйстве, и выдаваемый на поверхность разработанный грунт близок к естественному. При использовании таких добавок, как пена или полимеры, имеются биодеградирующие версии, 95 % которых разрушаются через 28 дней. Грунтовый пригруз забоя может быть весьма привлекательной альтернативой бентонитовому. Важную роль играет правильный выбор добавок для кондиционирования грунта. Этот выбор должен быть сделан специалистом после лабораторных исследований. Лучше, если грунт будет взят непосредственно со стройплощадки.

Добавки для кондиционирования грунта

Выбор типа пены и полимеров зависит, в первую очередь, от свойств грунта и гидрогеологических условий строительства, а также от особенностей проходческого щита (открытый или закрытый тип, точки инъекции, тип пеногенератора).

Основные кондиционеры грунта – пены и полимеры. Есть также продукты, препятствующие налипанию грунта и снижающие износ режущего инструмента.

Пена

Главное требование к пене, как к кондиционирующей добавке, – обеспечить пастообразную консистенцию грунта, способствовать созданию и поддержанию необходимого давления в рабочей камере щита и препятствовать резким колебаниям давления. Маленькие пузырьки, создаваемые пеной, в пастообразном грунте обеспечивают такой же эффект, как и большой воздушный пузырь в технологии проходки с бентонитовым пригрузом. Пена, как правило, обеспечивает и удовлетворительные реологические свойства грунта. Снижение сопротивления при вращении ротора, снижение износа режущего инструмента – важный дополнительный эффект при ее использовании.

Пена может быть создана турбулентным смешиванием поверхностно-активных веществ (ПАВ) и воздуха (рис. 3).

Главными результатами использования ПАВ являются:

- разжижение грунта, как следствие снижения поверхностного натяжения. Частицы грунта более удерживаются связанной водой
- действует эффект электростатического отталкивания, который может отделить частицы, связанные электростатическими силами

Эффект может различаться в зависимости от типа ПАВ.

ПАВ – это комбинация гидрофобной цепочки и гидрофильной головки. Оба параметра могут варьироваться: возможны раз-

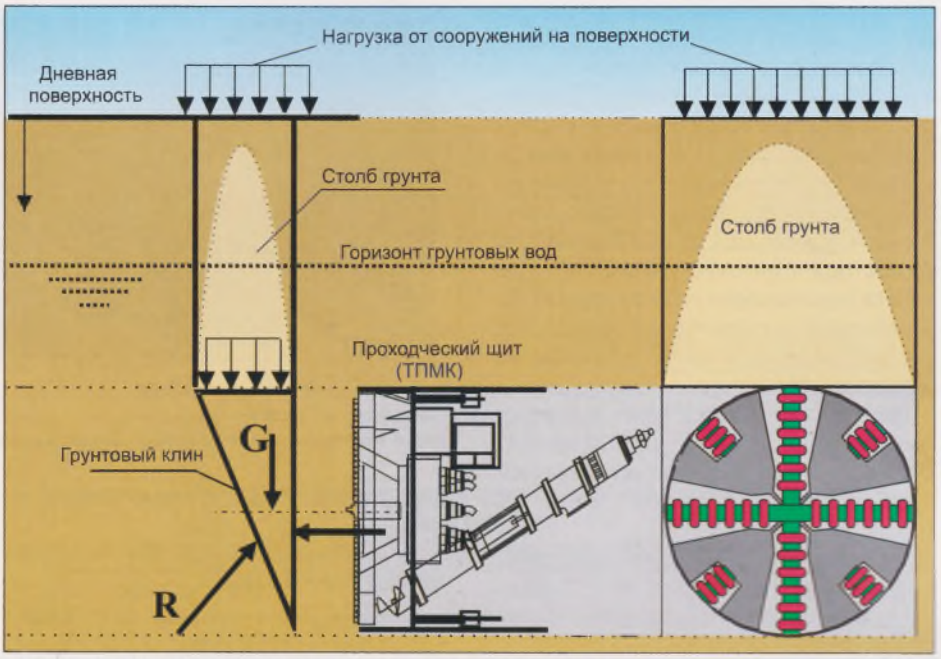


Рис. 1. Трехмерная модель предельного равновесия для несвязных грунтов

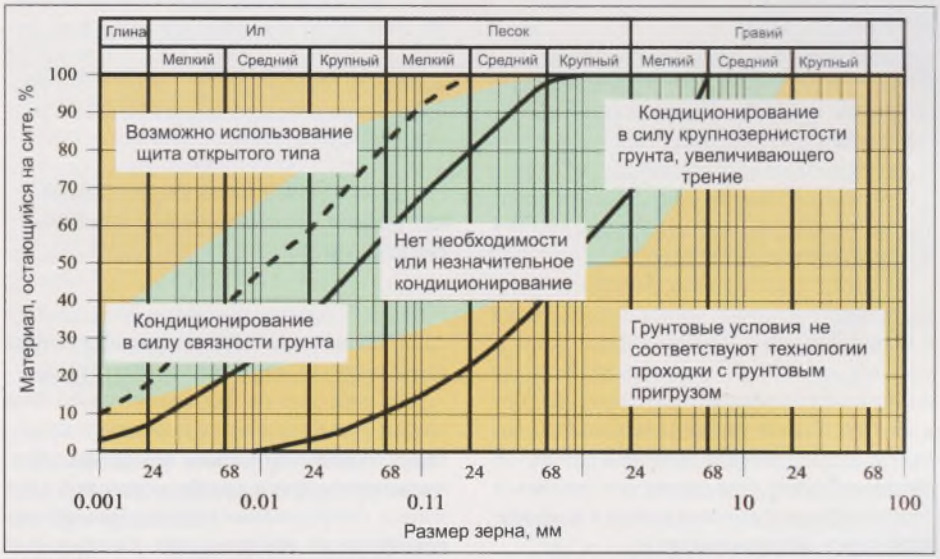


Рис. 2. Общая схема кондиционирования грунтов при щитовой проходке с грунтовым пригрузом

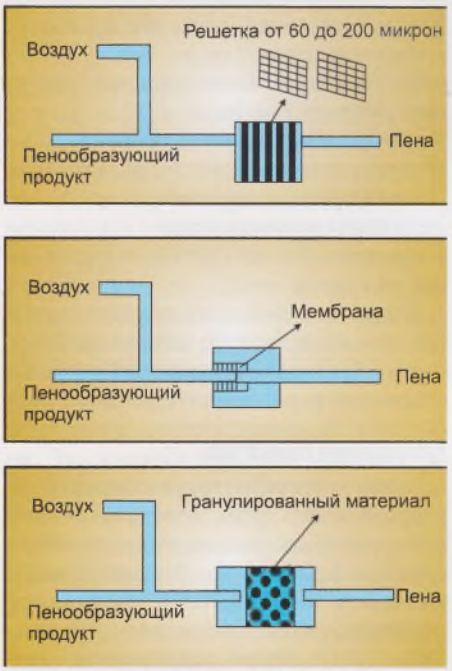


Рис. 3. Различные типы пеногенераторов

личные конструкции цепочки (длина, пространственная структура) и различные показатели головки (анионный, катионный и т. д.). Эти различия химической структуры приводят к различиям в свойствах.

Каждый тип грунта, от плотных глин до гравелистых песков, требует несколько отличающейся пены, чтобы добиться максимальной эффективности. Оптимальный для конкретных грунтовых условий тип ПАВ должен быть подобран в лаборатории. ПАВ в большинстве случаев используются в виде пены, но могут быть применены также и в виде жидкости.

Пена должна использоваться в конкретных условиях, которые характеризуются особыми параметрами. При использовании проходческих щитов наиболее важны три параметра:

- концентрация ПАВ-агентов в пенообразующем продукте;
- соотношение пенообразующего продукта и воздуха;
- соотношение пены и грунта.

Полимеры

В дополнение к тому, что полимеры оказывают стабилизирующий эффект на пену, по своим функциональным особенностям они бывают двух основных типов:

- связывающие воду полимеры;
- полимеры, изменяющие структуру грунта, что необходимо для несвязных грунтов для предупреждения сегредации.

В основе некоторых полимеров – углеводородные цепочки, и они производятся с использованием бактериальной закваски. Эти полимеры растворимы в воде и после использования биологически разлагаются. Любой тип используемых полимеров безопасен для пеногенератора и, следовательно, они могут смешиваться с пенообразующими продуктами и проходить через пеногенератор.

Полимеры обеспечивают более стабильное поддерживающее давление в рабочей камере, как в момент проходки, так и при коротких остановках.

Использование полимеров может обеспечить следующий эффект:

- увеличить стабильность пены;
- придать грунту большую пластичность;
- предупредить сегредацию;
- предупредить налипание;
- улучшить условия проходки в сильно пористых грунтах.

Предпочтительнее использование полимеров в жидком виде, чтобы избежать проблем с дозированием и не устанавливать дополнительного оборудования для их растворения.

Распускающие глину агенты

Чтобы выполнить указанную работу, диспергирующие грунт молекулы должны расположиться на поверхности частиц грунта и разделить их. Эту работу могут выполнить как ПАВ, так и диспергенты, последние – более эффективны. Распускающие грунт агенты используются, главным образом, в глинах для усиления диспергирующих свойств пены, но могут применяться и без пены.

Гравелистый песок

Гравелистый песок с пеной

Рис. 4. Изменение свойства грунта, иллюстрируемое изменением осадки конуса

Антиабразивные добавки

Антиабразивные добавки разработаны для сильно абразивных грунтов и скальных пород с целью защиты ротора, режущего инструмента и шнекового конвейера. Эти продукты могут вводиться за ротор, в рабочую камеру или в шнековый конвейер. Добавки могут быть инъектированы в концентрированную пену или разбавлены водой.

Результаты исследований кондиционирующих добавок в лаборатории и на строительных площадках

Пена

Лабораторные тесты на осадку конуса для Измирской стройплощадки (Турция)

Для определения реологии грунта, что крайне важно при использовании технологии проходки с грунтовым пригрузом забоя, очень важны тесты по определению осадки конуса. Оборудование для тестирования используется то же, что и при тестировании обычного бетона.

Результаты тестов сильно разнятся и являются показателями реологии грунта. Рис. 4 показывает влияние пены на гравелистые пески и иллюстрирует изменения в поведении грунта и важность тестов на осадку конуса.

Пластическая консистенция грунта может быть получена даже при низком содержании воды. Если не добавлять пену, грунт будет слишком жестким, что нежелательно для ТМПК. Частицы самого тонкого материала (илистые и глинистые) изменяют реологические свойства грунта, и нередко в этом случае необходимости в добавке полимеров нет, достаточно пены.

Анализ результатов Измирского проекта

Измир с населением около 3,5 млн человек – третий из крупнейших городов Турции. Из общей длины 11,3 км новой трассы – 1,375 км приходится на щитовую проходку с грунтовым пригрузом, 1,7 км – на НАТМ, 1,1 км тоннеля построено открытым способом, остальное – открытые участки и эстакады.

Для проходки тоннеля был использован щит с грунтовым пригрузом фирмы «Херренкнехт» диаметром 6,52 м. Проходка была начата в августе 1997 г. и успешно завершена в декабре 1998 г. без происшествий и сверхнормативных осадок поверхности.

Геологические условия строительства

На первом участке трассы между станциями Басмане и Чанкайя проходка велась в основном в несвязных грунтах, на втором участке между станциями Чанкайя и Конак – в связных и водонасыщенных грунтах. Исследования грунта проводились как на стройплощадке, так и в лаборатории.

Проходку тоннеля удалось выполнить в трех различных группах грунтов: гравелистых и илистых песках, глинистых и песчанистых илах и в глинах.

Проходка тоннеля в илистых грунтах с прослоями песка на участке первых 250 колец велась параллельно морскому побережью на расстоянии 150 м. Грунты были слабые, водонасыщенные, содержание органического материала составляло ориентировочно 20 %. Проходка щитом с грунтовым пригрузом забоя велась без осложнений; необходимость в кондиционировании грунта требовалась лишь на отдельных участках. Позднее были повреждены отдельные узлы машины, и появилась необходимость «облегчить» проходку для ТПМК, что, в данном случае, означало необходимость кондиционирования грунта для снижения сопротивления при работе ротора.

Результаты лабораторных исследований при использовании полимеров

Лабораторные исследования могут быть необходимы, чтобы подобрать верные продукты и технологии, позволяющие снизить проницаемость грунта. Ниже приведены результаты исследований с пористыми грунтами с проекта BPNL Lyon (Франция). Грунты эти водопроницаемы и давление воды составляло 0,4 бар (рис. 5). Добавление бентонита уменьшало проницаемость грунта, поскольку тонкие частицы закрывали имевшиеся в грунте поры. При использовании полимера получали аналогичный результат в глинистых илах. Цепочки полимера изменяли структуру грунта, слегка склеивая мелкие частицы.

Пример проекта Авилес (Испания)

На проекте Авилес проходка выполнялась щитом с грунтовым пригрузом фирмы «Ловат» диаметром 4 м. После проходки участка

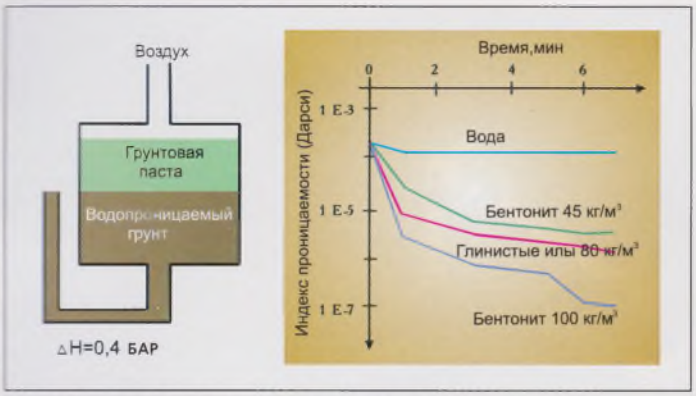


Рис. 5. Динамический показатель грунтового теста

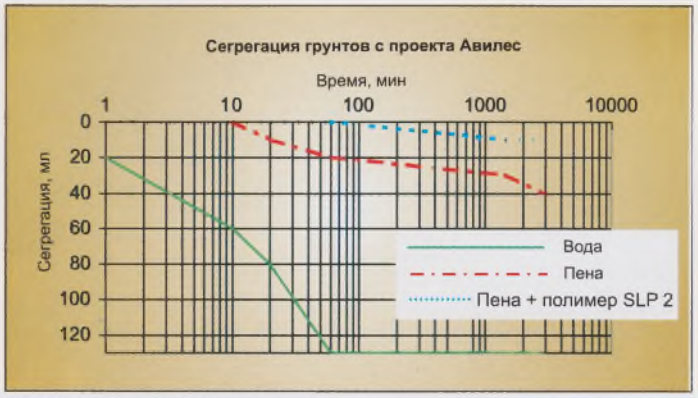


Рис. 6. Тесты на сегрегацию

плотных илистых глин на длине около 1000 м проходка велась в чистых песках с гравием, давление грунтовых вод в которых составляло 3,5 бар. Лабораторные исследования включали тесты на проницаемость и сегрегацию с использованием грунтов с площадки Авилес и полимера SLP 2.

На рис. 6 показано, какие проблемы возникают в несвязных грунтах, смешанных с водой. Происходит почти полная сегрегация, не позволяющая работать. Очень стабильная пена улучшает результаты, но все равно 20% сегрегация происходит через 15 мин, что является слишком большим показателем для нормальной работы ТПМК. Сегрегацию, как и гомогенность грунта, удалось контролировать только после добавления биополимера.

Вспенивающие агенты обеспечивают разжижающий эффект (большую глубину проникания конуса), и зависит это от концентрации ПАВ. Связывающие воду полимеры, как SLF P1 в тех же грунтах и при том же содержании воды, обеспечивают меньшую глубину проникания конуса за счет эффекта связывания воды.

Результаты использования кондиционирующих добавок для проекта Авилес

На объекте используют очень стабильную пену, вводимую перед ротором щита, к которой добавляется 2–4 % биополимера для получения стабильного и пластичного грунтового теста. Имея такое тесто, щит способен обеспечить необходимое давление в камере и избежать попадания воды внутрь. По соображениям безопасности на стройплощадке решили инъектировать связывающий воду полимер как в рабочую камеру, так и в шнековый конвейер.

Лабораторные исследования диспергации глины и сцепления

Эффективность диспергации глин путем введения добавок может быть определена конусом-пенетрометром. Глубина проникновения характеризует пластичность грунта. Имея в виду глины, эффективные диспергирующие добавки приводят к большой глубине проникновения.

Этот тест не подходит для тестирования сцепления. Для определения сцепления используется тест скольжения, позволяющий определить изменение сцепления при введении добавок.

Таблица

Результаты измерений износа режущего инструмента и пластин конвейера при проходке тоннеля BPNL Lyon

Недели	1	2	3
Способ кондиционирования	17 % воды	17 % воды +0,5 % ABR 1	17 % воды
Скорость щитовой проходки, м/неделю	72	68	94
Продолжительность одного цикла, мин	85	82	79
Общий износ дисков (шарошек), мм	15	9,8	12,2
Общий износ пластин, г	90	15	100
Результаты по дискам (шарошкам)			
Износ, мм/м проходки тоннеля	0,21	0,14	0,13
Скорость щитовой проходки, мм/мин	23,5	24,4	25,3
Усилие резания, kW	957	1497	1226
Отношение, %	*100*	*42,7*	*45,2*
Результаты по пластинам			
Износ, г/м проходки тоннеля	1,25	0,22	1,06
Вращение шнекового конвейера, об/м проходки тоннеля	425	164	183
Отношение, %	*100*	*46*	*183*

Иследования антиабразивных свойств добавок и фактические результаты при проходке

Следующие лабораторные исследования были выполнены с сильно абразивными гнейсами с Лионской стройплощадки (Франция). Вводились антиабразивные добавки различной концентрации, и измерялась потеря массы вращающегося латунного диска. Износ инструмента снижается при использовании водной суспензии. Количество воды существенно влияет на интенсивность износа.

Было определено влияние добавки Meyco Fix ABR 1 на износ режущего инструмента. Исследования показали, что ее введение снизило износ инструмента до 50 % по сравнению с тем случаем, когда вводилась только вода.

Интересен побочный результат исследований: увеличение объема мелких частиц (до 4 мм диаметром) увеличивает износ инструмента.

Реализация проекта Лион (Франция) началась в 1995 г. и была завершена в 1997 г., при этом использовался щит с грунтовым пригрузом фирмы «NFM» диаметром 11 м – самый большой в мире для щитов такого типа.

Результаты проходки тоннеля BPNL Lyon (Франция)

Геологические условия по трассе тоннеля были следующие:

- 1250 м – кристаллические породы;
- 450 м – чередование аллювиальных отложений и кристаллических пород;
- 1552 м – осадочные породы.

Антиабразивные добавки тестировались в трещиноватых гнейсах.

Как видно из табл., период испытаний составлял три недели. В течение первой – использовалась только вода, в течение второй – 0,5-% водный раствор ABR1, в течение третьей недели – опять использовалась только вода. Полученные результаты не столь просто сравнивать в силу изменявшихся геологических условий и режима работы ТПМК. Но, рассматривая в совокупности все параметры работы машины: скорость проходки, величину давления на забой и др., которые зависят от геологических условий, результаты испытаний показывают многократное снижение износа пластин шнекового конвейера. Что касается дисковых шарошек, то уменьшение износа их менее значительно, но также имеет место. Стоит обратить внимание на большую разницу в давлении на забой.

Автор выражает признательность доктору М. Сари, Родиа, Париж и П. Элленбергеру, MBT International, Цюрих.

НОВАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ШАХТНЫХ СТВОЛОВ

М. К. Гивлеткильдеев, главный механик, ООО «Струйные технологии и строительство»

Создание стволопроходческих агрегатов, позволяющих совмещать процессы механического разрушения породы, выемку горной массы, возведение постоянного крепления ствола, имеет давнюю историю. Прообраз стволопроходческого бурового агрегата создал в 1894 г. Хонингман (Германия). В СССР с 1938 г. создавались различного вида установки для роторного бурения скважин большого диаметра (УЗТМ–7,5 и т. д.) с использованием оборудования, которое в своей основе применялось при бурении нефтяных скважин. В 1952 г. создан стволопроходческий агрегат ПД–2 с двухдисковым планетарным рабочим органом, пневматическим эжектором горной массы и механизмом перегруза в подземные сосуды. Постоянная крепь возводилась при помощи опалубки.

Проходка шахтных стволов составляет небольшую долю в общем объеме работ при сооружении тоннельных коллекторов и метрополитенов, однако быстрое и успешное её проведение сокращает общие сроки строительства, поскольку через шахтные стволы осуществляется разворот основных подземных работ.

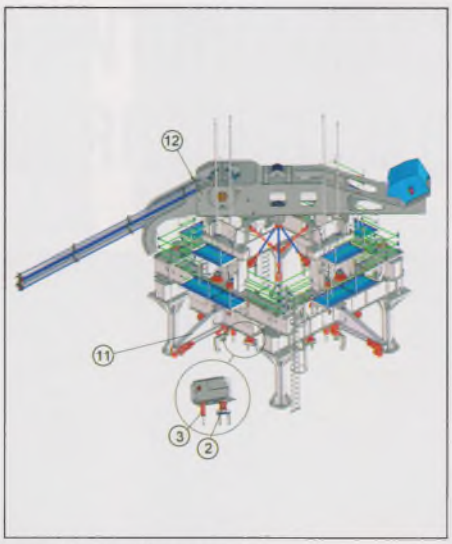
В Западной Европе для проходки стволов диаметром до 8,5 м используются роторные буровые установки с последовательным расширением ствола и извлечением породы через бурильные трубы эрлифтом или способом восстающего бурения.

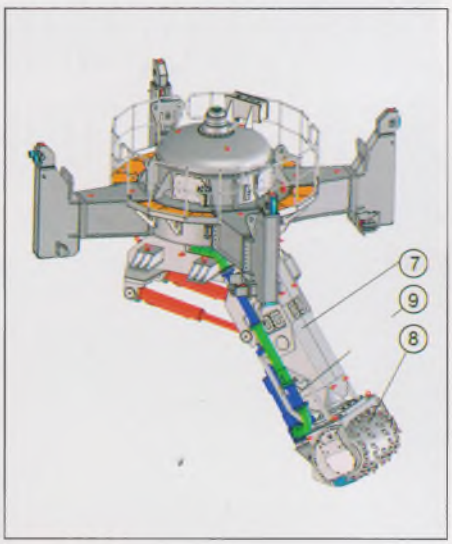
Однако концепции создаваемого стволопроходческого оборудования не решали проблему строительства шахтных стволов в неустойчивых породах и забоях с большим дебетом воды. При насыщении водой илистых грунтов забой становится неустойчивым – происходит вынос водоносного грунта из-под крепления забоя в выработку. Изменение физико-механических свойств грунта с помощью специальных способов его стабилизации (искусственное замораживание, цементация, водопонижения и т. д.) может дать хороший эффект, но шахтные стволы пересекают обычно разнородные слои с различными реологическим свойствами, водоотдачей, поэтому эффективность выбранного способа закрепления может быть значительно снижена. Не говоря уже о том, что существующие методы длительны по времени или экономически затратны – контроль за целостностью создаваемого закрепленного массива ведется по косвенным признакам.

Уравновешивание гидростатического напора водоносных горизонтов заполнением шахтного ствола водой усложняет применение механизмов для выемки грунта, а в некоторых регионах, например, в Санкт-Петербурге, где уровень грунтовых вод может быть на 2–3 м ниже поверхности и наличие валунов на всех горизонтах делает это невозможным.

Однако горная техническая мысль движется вперед. На наш взгляд, интересное решение предложено специалистами немецкой фирмы «Herrenknecht AG». Совмещение нескольких технологий проходки в одном агрегате обещает положительный результат. Немецкими инженерами используется идея сооружения шахтных стволов способом погружения крепи в тиксотропной оболочке, являющимся одним из классических методов, описанных в учебниках. Он заключается в следующем.

На балочные пакеты *1* передается нагрузка от гидроцилиндров *2* задавливания ствола. На этих же балках установлены удерживающие гидроцилиндры *3*, сквозь полые штоки которых проходят резьбовые штанги, соединяющие бетонное стартовое кольцо с конструкцией балочных пакетов.





Конструктивные решения стволопроходческого комплекса фирмы «Херренкнехт»

Подобная структура позволяет постоянно контролировать процесс «движение – удержание» погружаемого ствола. В стартовом кольце *4*, снабженном мощной стальной режущей кромкой *5*, расположена собственно проходческая машина *6*. Её рабочий орган представляет из себя телескопическую стрелу *7* с вращающимся фрез-барабаном *8*. На стреле расположен насос 160 кВт *9*, откачивающий разработанный грунт. Стоит заметить, что машина рассчитана на глубину подводной экскавации до 85 м, таким образом будет уравновешено гидростатическое давление водонапорных слоев.

Разработка грунта идет секторами по всей площади забоя. При необходимости, например, при встрече с крепкими породами, большими валунами возможно перерезание за периметр режущей кромки. Также в зависимости от физико-механических свойств грунта предусмотрены три фиксированных высотных положения машины относительно забоя. Гидротранспорт разработанного грунта осуществляется на расположенный на поверхности сепараторный узел производительностью 300 м³/ч и позволяющий отделять частицы до 20 мк.

Вода после сепарации возвращается обратно в ствол.

Оператор, управляющий комплексом при помощи компьютера, располагает всей информацией, необходимой для выполнения всего технологического цикла:

- контроль за положением рабочего органа;
- производительностью насосов;
- усилием продавливания и удержания;
- контроль за точностью сборки сегментов крепи и т. д.

Высокий уровень компьютеризации не исключает и ручные режимы управления.

Кольцо обделки состоит из четырех высокоточных железобетонных сегментов *10* толщиной 350 мм с закладными деталями для крепления:

- направляющей шины для подъема и опускания машины по стволу в случае необходимости;
- труб для зонда навигационной (инклинометрической) системы;
- рукавов высокого давления для подачи бентонитовой суспензии к форсункам стартового кольца.

Сборка сегментов крепи погружаемого ствола ведётся на поверхности с помощью четырех монтажных кранов *11*, инсталлированных в балки узла продавливания *12*. Точность сборки кольца обеспечивается лазерными приборами, установленными на раме балочных пакетов. На ней же смонтирована конструкция с лебедками *13*, обеспечивающими подъем и опускание проходческой машины, а также транспортно-энергетической линии.

И, что интересно, эти две системы гидравлически связаны с общей системой управления движением ствола. Лазерная измерительная система является частью общей системы стволопроходческого комплекса. Она используется для наблюдения за положением тюбингов при их установке. Для этого на балочной раме размещены восемь лазеров для измерения расстояния до верхнего тюбинга с точностью ±0,6 мм на 1 м. Данные отображаются на компьютере, что дает возможность корректировать ход ствола шахты.

Чтобы учесть все возможные отклонения ствола, стартового кольца и машины, выполняются измерения:

- позиции машины с помощью инклинометрической измерительной системы, установленной внутри машины,
- ствола и положения стартового кольца с машиной с помощью зонда, опускаемого в измерительные трубы.

Погрешности измерений до 4 мм на 80 м.

При достижении стволом проектной отметки машина выдается наверх, а в случае отсутствия водонапорных слоев производится подводное бетонирование. Затем через систему подачи бентонитовой суспензии нагнетается цементный раствор за стартовое кольцо и обделку ствола. После осушения ствол готов к дальнейшим работам.

Первый стволопроходческий комплекс подобного типа фирмы «Herrenknecht AG» уже показал высокую эффективность в песчаных обводненных грунтах. В агрегате, приобретенном ООО «СТИС», немецкие инженеры учли пожелания практиков. Возросла общая мощность основных узлов. Резцы фрез-барабана позволяют разрушать валуны с прочностью до 120 МПа.

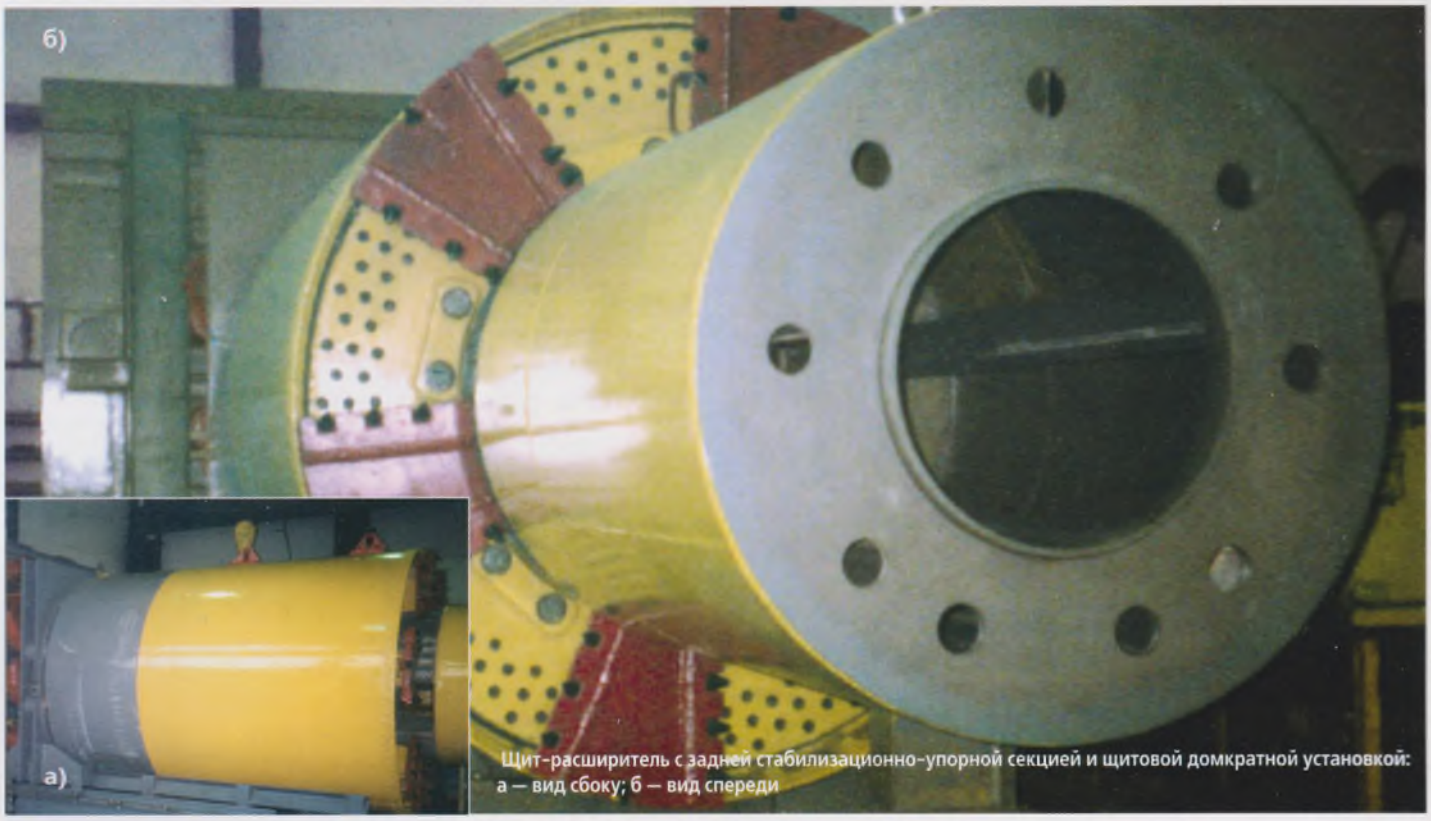
Проходка с применением VSM-7700/5500 будет осуществлена на строительстве приемных шахт на объекте «Продолжение Главного коллектора канализации Северной части Санкт-Петербурга» и намечена на вторую половину октября 2005 г.

Технические данные стволопроходческого комплекса VSM-7700/5500

Внутренний диаметр ствола, мм	5500–7700
Наружный диаметр ствола, мм	6200–8400
Максимальный диаметр резания, мм	8500
Глубина ствола, м	до 85
Стволопроходческая машина	
Вращающий момент, кНм	до 81
Скорость вращения, об/мин	до 80
Диаметр режущей части, мм	1200
Ширина режущей части, мм	1540
Поворот стрелы, град	±190
Наклон стрелы, град	48
Удлинение стрелы (телескоп), м	1
Производительность насоса, м³/ч	275
Максимальная скорость выдачи грунта, м³/ч	60
Поверхностный комплекс	
Удерживающие гидроцилиндры, кН	8 × 3000 ход 1200 мм
Задавливающие гидроцилиндры, кН	8 × 2300 ход 1500 мм
Лебедка подъема машины:	
- сила тяги (без полиспаста), кН	150
- вращающий момент привода (дин.), кНм	81,7
- вращающий момент привода (стат.), кНм	130,8
Сепараторная установка	
Производительность, м³/ч	300
Степень отделения, мк	20
Плотность перекачиваемой пульпы, кг/дм³	1,3
Питающий насос 90 кВт, м³/ч	400
Суммарная установленная электрическая мощность комплекса, кВт	994

ДВУХСТАДИЙНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОХОДКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ТОННЕЛЯ ДИАМЕТРОМ 2,5 м

А. С. Чусов, главный механик ООО «Трансстройтоннель-99»



Щит-расширитель с задней стабилизационно-упорной секцией и щитовой домкратной установкой: а — вид сбоку; б — вид спереди

В связи с возрастающей потребностью прокладки коммунальных тоннелей наружным диаметром 2,5 м в сложных гидрогеологических условиях специалистами ООО «Трансстройтоннель–99» был предложен и выполнен новый метод прокладки трубопроводов двухстадийным способом. Данный способ проходки был применен с помощью комплекса КЩР 1500/2500 на объекте сооружения тоннелей для сифонного дренажа подземных вод на транспортной развязке Волоколамского шоссе и ул. Свободы в Москве.

На первой стадии с помощью микрощита AVN 1200C фирмы «Херренкнехт» намечалось проложить лидерный трубопровод диаметром 1500 мм, а на второй – с помощью специально создаваемого агрегата с гидроприводом готовую выработку расширить до нужного размера и в нее продавить микротоннель диаметром 2500 мм. Следует отметить, что задача двухстадийной прокладки тоннеля такого большого для микротоннелирования диаметра решалась практически впервые.

Было предложено два варианта конструкции основного расширительного щитового агрегата, размещаемого за лидерным трубопроводом.

По первому предложению щитовой агрегат предлагалось оснастить роторным рабочим органом лучевого типа, закрепляемым на центральном валу. Его опорами являются две муфты с подшипниками небольшого диаметра, передняя из которых размещена на съемной торцевой части последней стабилизационной секции лидерного трубопровода, а задняя – в центральной части герметической диафрагмы, закрепляемой внутри оболочки агрегата с возможностью удаления ее при необходимости выполнения ремонтных работ (рис. 1). На задний конец центрального вала за пределами призабойной камеры по этому предложению насаживалась шестерня, приводимая во вращение с помощью соответствующих шестерен одного или двух мотор-редукторов.

Продольное усилие от щита передается на торцевую часть стабилизационной секции и далее на весь выдавливаемый лидерный трубопровод через посредство радиальных соединительных ребер, приваренных снаружи на щитовой оболочке агрегата и на торцевой части стабилизационной секции. Замену резцов предполагалось осуществлять через окна, имеющиеся в герме-

Рис. 1. Рассматриваемые конструкции основного расширительного щитового агрегата

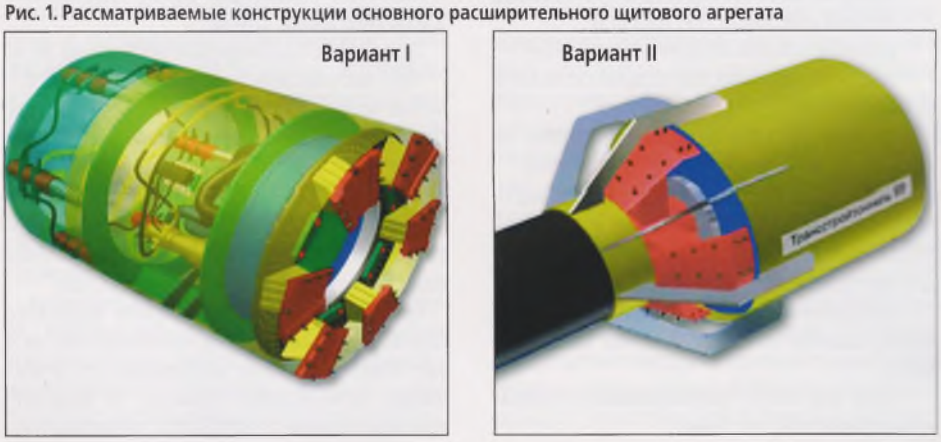


Рис. 2. Щитовая домкратная установка диаметром 2500 мм

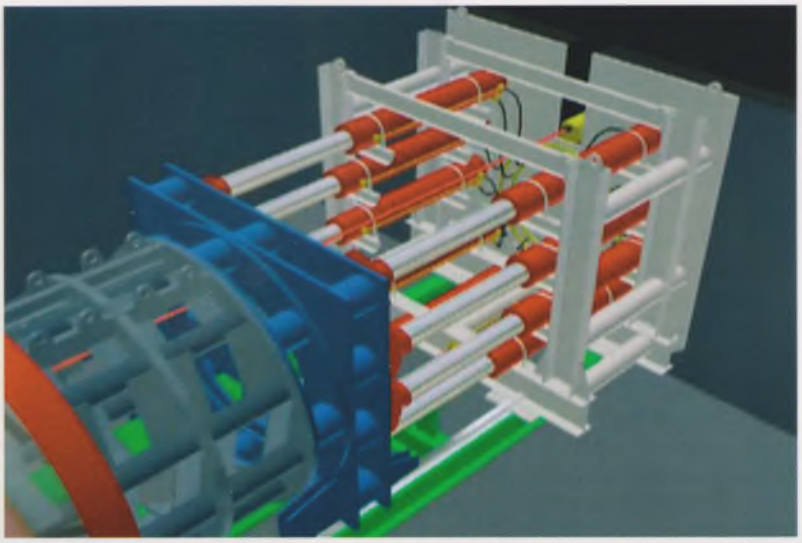


Рис. 3. Конструктивная схема основной домкратной установки

тической диафрагме и закрываемые съемными защитными листами.

Для возможности разрушения глинистых грунтов тугопластичной или полутвердой консистенции, особенно в местах расположения радиальных соединительных ребер, внутри передней части щитовой оболочки намечено было поместить кольцевой трубопровод с форсунками для подачи в забой воды высокого давления. Для защиты подшипников предусмотрены уплотнения небольшого диаметра.

По второму предложению щит-расширитель оснащался рабочим органом кольцевого типа, включающим режущую головку (ротор) с шестью тумбами с лобовыми заостренными лопастями, оснащенными спереди стоечными резцами, роликовый опорно-поворотный круг диаметром около 1 м, устанавливаемый между задней опорой и передним корпусом, кольцевое водило с основанием, на котором крепится режущая головка, и два ряда кольцевых полиуретановых уплотнений, предназначенных для недопущения проникновения воды и частиц грунта из призабойной камеры к роликам опорно-поворотного круга, играющего роль главного подшипника (рис. 1).

Передача продольного усилия от щита-расширителя на задний торец последней стабилизационной секции лидерного трубопровода должна была осуществляться в основном через неподвижные элементы опорно-поворотного устройства. Вращение внутреннего его кольца, водила и основания, на котором закреплена режущая головка, также должно было производиться с помощью двух мотор-редукторов, укрепленных на задней опоре опорно-поворотного устройства, вваренной в переднее опорное кольцо корпуса щита.

С учетом того, что в щитовом расширительном агрегате по II предложению отсутствовали перед режущей головкой элементы, препятствующие продвижению щита в достаточно твердых грунтах и возможно с валунами, к реализации была принята конструкция щита-расширителя по этому варианту.

Комплекс КЩР 1500/2500 разработан и изготовлен в ООО «Транссстройтоннель-99», при этом некоторые узлы и агрегаты были поставлены отечественными и зарубежными производителями.

Щит-расширитель, помимо двух приводных мотор-редукторов, оснащен системой подачи в призабойную камеру напорной воды и выдачи из нее пульпы. Эта система включает переходники, гибкие рукава, трубы подвода, а также аварийный кран с насосом, патрубки, штуцера, тройники и байпасное устройство для возможности промывки пульпопровода. Байпасное устройство включает три шаровых крана, два гидроцилиндра с рычагами, четыре патрубка и основную плиту.

Щитовая домкратная установка диаметром 2500 мм состоит из передней и задней секций, телескопически соединенных друг с другом, набора кольцевых уплотнений, пяти гидроцилиндров с диаметром поршня 200 мм и переднего фигурного уплотнения (рис. 2).

Задняя стабилизационно-упорная секция имеет четыре опорных кольца и пять коробчатых продольных элементов, снабженных твердосплавными наплавками. Задний фланец этой секции с помощью болтов крепится на переднем корпусе опорно-поворотного устройства щита-расширителя, конструкция которого была описана выше.

Каждая передняя стабилизационная секция представляет собой пространственную стальную конструкцию круглого очертания, состоящую из двух опорных колец, наружной обечайки и пяти продольных двутавровых балок. Опорные кольца снабжены втулками для соединения указанных секций друг с другом, спереди – с промежуточной домкратной станцией, сзади – с задней стабилизационно-упорной секцией.

Промежуточная домкратная установка диаметром 1500 мм имеет конструктивное устройство, аналогичное щитовой домкратной установке диаметром 2500 мм.

Стальная маршевая труба лидерного трубопровода с наружным диаметром 1500 мм и полезной длиной 3000 мм для обеспечения надежной и быстрой стыковки снабжена приваренными к ней выступающей вперед наружной кольцевой обечайкой и радиальными внутренними ребрами с передним наружным скосом, объединенными внутренней обечайкой. Для нагнетания за лидерный трубопровод бентонитовой смазки каждая маршевая труба снабжена втулками.

Важными элементами основной домкратной установки, служащей для создания продольного усилия продавливания, являются горизонтальная опорная рама, вертикальная домкратно-упорная рама, передвижная нажимная плита с адаптерными кольцами, два нажимных патрубка для прокладки лидерного трубопровода, два нажимных патрубка для прокладки ж/б тоннеля и десять силовых гидроцилиндров, укрепленных на домкратно-упорной раме (рис. 3).

Каждый из двух нажимных патрубков для продвижения секций ж/б тоннеля представляет собой незамкнутую внизу сварную конструкцию длиной в 1000 мм, состоящую из двух фланцев и 11 трубных распорок.

Питание рабочей жидкостью силовых гидроцилиндров осуществляется от регулируемой насосной станции, установленной в операционном контейнере, оснащенном аппаратурой для дистанционного контроля и управления процессом прокладки лидерного трубопровода и работой гидротранспортных сетей лидерного трубопровода и основного ж/б тоннеля. Подача воды в призабойную камеру щита-расширителя осуществляется с помощью питательного насоса, располагающегося на поверхности, а выдача пульпы из щита-расширителя производится с помощью грунтового насоса, находящегося в шахте.

Для возможности точной прокладки лидерного трубопровода используется лазер, устанавливаемый в задней части основной домкратной установки.

Прокладываемый с помощью комплекса КЩР 1500/2500 тоннель включает железобетонные секции длиной по 3000 мм при наружном диаметре и толщине стенок, равных соответственно 2500 и 250 мм.

Задний конец секции был оснащен стальной манжетой толщиной 10 мм, выступающей за пределы тела секции на 150 мм. На передний ее конец, имеющий снаружи ступенчатое очертание, натягивается кольцо

фигурного резинового уплотнения, которое при монтаже обделки в шахте входит внутрь стальной манжеты предыдущей секции обделки. Три передние секции и каждая третья последующая монтируемого тоннеля имеют в среднем створе по три отверстия с установленными в них втулками, в которые вставляются штуцера для нагнетания за обделку бентонитового раствора.

Масса секции обделки составляет около 15 т.

В соответствии с проектом участок прокладки тоннеля длиной 110,7 м, залегает в глинистых грунтах и водонасыщенных супесях и песках на глубине 10,5 м. Уклон трассы составляет 4,4 ‰.

Прокладка лидерного трубопровода, который собирался из специально изготовленных маршевых труб, осуществлялась с использованием головной микромашины AVN 1200C, системы питательных и транспортных стальных труб и гибких рукавов, питательного и грунтовых насосов микротоннелепроходческого комплекса. Управление процессом проходки осуществлялось оператором, находящимся в операционном контейнере. Щит-расширитель опускался в стартовую шахту по частям – вначале сам щит, а затем ротор, который закреплялся на щите с помощью соединительных болтов. Вслед за щитом устанавливалась щитовая домкратная установка рис 4.

К щитовой системе подачи воды в призабойную камеру и выдачи из нее образовавшейся пульпы с помощью гибких шлангов подсоединялись питательная и транспортная трубы, располагающиеся в секциях ж/б обделки тоннеля.

К заднему концу опущенной секции перемещалась с помощью силовых гидроцилиндров основной домкратной установки нажимная плита, оснащенная спереди специальным адаптером, обеспечивающим, после его прижатия, передачу продольного усилия на задний торец секции через предварительно установленное кольцо из прессованной древесины.

Перед продвижением секции оператор включал насосы гидротранспортной системы и подачи рабочей жидкости в гидродвигатели мотор-редукторов щита и силовые гидроцилиндры основной домкратной установки. С началом продвижения щита-расширителя выключался байпас, в результате чего в призабойную камеру начавшего двигаться щита нагнеталась вода, образующая вместе с разработанным грунтом пульпу, которая по транспортным трубам поступала на сепарационную установку. Скорость движения секций тоннеля вместе со щитом-расширителем и лидерным трубопроводом в зависимости от свойств проходимых грунтов изменялась в пределах от 30 до 60 мм/мин. Во время процесса прокладки лидерного трубопровода и ж/б тоннеля, а также при вынужденных остановках проводилось нагнетание бентонитового раствора, выполняющего роль смазки на контакте внешней поверхности тоннеля и грунта. Приготовление бентонитового раствора пластично-текучей консистенции и нагнетание его в тоннель и далее за тоннельную обделку осуществлялось с помощью установки, находящейся на поверхности. Эта установка включала смеситель фирмы «Херренкнехт» и отечественный растворонасос марки СО-114. Приготовленный раствор подавался в лидерный трубопровод и тоннель по шлангам, которые в тоннеле подключались к штуцерам, их вставляли в отверстия, имеющиеся в маршевых трубах и секциях тоннельной обделки. Каждый штуцер снабжался запорным краном. Давление нагнетания составляло обычно порядка 5–6 кг/см^2.

Рис. 4. Щит-расширитель в стартовой шахте

Рис. 5. Прокладываемый железобетонный тоннель

В техническом плане результаты прокладки ж/б тоннеля длиной 210 м и диаметром 2,5 м позволяют сделать следующие выводы.

1. Прокладка микротоннеля диаметром 2,5 м с применением проходческого комплекса КЩР-1500/2500 проведена успешно, скорость проходки на этапе работы щита-расширителя достигала 1 м/ч, при этом потребляемая электрическая мощность составила около 150 кВт, т. е. была равной электропотреблению при проходке лидерного трубопровода.

2. Впервые практически доказана возможность двухстадийной прокладки микротоннеля диаметром 2,5 м, включающей прокладку лидерного трубопровода меньшего диаметра с помощью дистанционно управляемого микрощита с гидропригрузом и последующее продавливание ж/б тоннеля с применением щита-расширителя. При этом было предусмотрено использование перед ним нескольких стабилизационных секций, позволяющих осуществлять прохождение щита-расширителя и секций тоннеля точно по трассе предварительно проложенного лидерного трубопровода.

3. Прокладка тоннеля на указанном объекте велась в тяжелых для щитовых машин с роторным рабочим органом и гидропригрузом геологических условиях, представленных на верхней подавляющей площади забоя плотными песчанистыми глинистыми грунтами тугопластичной и полутвердой консистенции с редкими валунами на контакте с нижним слоем водонасыщенных супесей и мелких песков.

Следствием проходки в этих условиях явился сильнейший износ резцов, установленных как на режущей головке щитовой микромашины, так и на передних лопастях ротора щита-расширителя, появление заметных вмятин на двух последних стабилизационных секциях, очень медленный размыв грунта в призабойной камере щитовой машины и особенно щита-расширителя и малые скорости продвижения лидерного трубопровода и ж/б тоннеля.

4. Для повышения эффективности прокладки тоннелей двухстадийным способом в условиях, подобных описанным выше, рекомендуется обязательное применение способа разрушения и размывки плотных глинистых грунтов с помощью водяных струй высокого давления через специальные форсунки, устанавливаемые в ножевом кольце щитовой микромашины и щита-расширителя.

ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫМИ МЕХАНИЗИРОВАННЫМИ ЩИТОВЫМИ КОМПЛЕКСАМИ В МОСКВЕ

С. И. Кузнецов, ООО «Фирма Крот»
А. Н. Семенов, ООО «Крот инжиниринг»
П. В. Тананакин, ООО «Компания Крот»

ООО «Компания Крот» в настоящее время ведет работы по проходке тоннелей различного назначения, их ремонту и восстановлению и возведению тоннельных сооружений в г. Москве.

Наибольшей сложностью по решению инженерных задач отличается строительство тоннелей и шахтных стволов на объекте «Усиление Филевского канализационного коллектора» на Карамышевской набережной.

Сооружение этого объекта ведется поэтапно, отдельными участками на глубинах 18–25 м в сложных гидрогеологических условиях в непосредственной близости от Москвы-реки и на пересечениях с другими инженерными сетями: водостоками, водоводами, канализационными.

Проходка тоннелей осуществляется механизированными комплексами с проходческими щитами диаметрами 3,6 и 4 м с применением новых технологий и конструкций по возведению тоннельной обделки.

Так, сооружение участка тоннеля протяженностью 300 м (от перекрестка ул. Д. Бедного и ул. Карамышевская наб. в направлении течения Москвы-реки вдоль набережной) осуществлялось обычным экскаваторным щитом диаметром 3,6 м с проведением мероприятий по осушению и с обделкой из обычных блоков со стыками в поперечном сечении «зуб-паз».

Для продолжения этого строительства на участке, где по геологическому разрезу трасса тоннеля проходит в плывунных грунтах и, согласно проекту, проходка должна была вестись с помощью замораживания, было решено вести работы новым отечественным комплексом «Малахит», созданным в ООО «Компания Крот». В комплексе «Малахит» проходческий щит диаметром 3,6 м оборудован экскаваторными рабочими органами в герметизированной забойной камере и устройством для возведения монолитно-прессованной обделки.

Это решение было принято с учетом положительного опыта сооружения тоннеля из высокопрочного монолитно-прессованного бетона под ул. Б. Дмитровка в 2000–2002 гг. комплексом «Топаз-4», где были пройдены обводненные участки длиной до 35 м.

Учитывая необходимость оперативного изменения составов бетонной смеси в зависимости от условий проходки, было решено отказаться от привозной и использовать бетонную смесь, приготовляемую на месте строительства. Для этого в одном из шахтных стволов на этой трассе тоннелей был оборудован автоматизированный бетоноприготовительный узел, подобный шахтному бетонному узлу при строительстве тоннеля под ул. Б. Дмитровка.

Проходческий комплекс «Малахит» был смонтирован через шахтный ствол глубиной 22 м, сооруженный в сложных гидрогеологических условиях, усугубленных непосредственной близостью водовода и канализации.

Щитовой проходческий комплекс «Малахит» на сборочном стенде на промбазе ООО «Компания Крот»

Этим комплексом был пройден участок тоннеля из монолитно-прессованного бетона длиной 244 м, в том числе 110 м в плывунных грунтах, где ранее предполагалось применить замораживание.

В устойчивых грунтах разработка забоя в герметизированной забойной камере выполнялась гидравлическими экскаваторными рабочими органами.

В случае появления зон неустойчивых пород экскаваторы при выдвижении телескопических стрел с опущенными лопатами выполняли роль забойных плит для крепления забоя.

Для проведения ремонтных работ в призабойной камере экскаваторных рабочих органов, а также для извлечения крупногабаритных валунов под сжатым воздухом в тоннеле, по предложению специалистов Тоннельной ассоциации (Власов С. Н.), с целью повышения безопасности проведения работ вместо малообъемной шлюзовой камеры в проходческом щите была возведена тоннельная железобетонная перемычка перед вхождением комплекса в плывунные грунты. На этой перемычке, при необходимости, монтировалась мобильная кессонная камера для шлюзования людей, материалов и инструмента.

Таким образом, существенно увеличенные объемы шлюзовых зон и зон проведения работ под сжатым воздухом обеспечивали надежную безопасность для работающих в кессоне.

Для обследования проходчиков и специалистов во время проведения работ под сжатым воздухом был оборудован медицинский пункт с постоянным дежурством медперсонала.

Для снабжения кессона сжатым воздухом была смонтирована станция с резервными компрессорами в специально возведенном капитальном здании.

Для осушения забоя с целью обеспечения его надежной устойчивости давление сжатого воздуха в тоннельном пространстве поднималось до 1,1 атм. При этом во время проведения работ в кессоне давление сжатого воздуха в тоннеле оставалось стабильным при периодическом кратковременном включении пятикубового компрессора, что свидетельствовало практически об отсутствии его утечек из зоны проведения работ через обделку тоннеля и породу забоя.

Проведение работ на объекте «Усиление Филевского канализационного коллектора» существенно затрудняется из-за

Готовый участок коллектора из монолитно-прессованной обделки

весьма сложных горно- и гидрогеологических условий, в частности, при сооружении шахтных стволов.

Характерной особенностью геологического сложения пород по трассе строительства после проходки участка тоннеля длиной 130 м комплексом «Малахит» в устойчивых юрских глинах является то, что забой оказался как бы рассеченным по вертикали на две половины. Половина забоя со стороны Москвы-реки, как это не парадоксально, состояла из плотно сложенных супесей с прослойками известняков, а противоположная – из плывунных грунтов под давлением в среднем до 1,1 атм. В процессе проходки щит имел тенденцию смещаться влево по ходу проходки, т. е. в сторону плывунных грунтов, но путем маневрирования положения головной части щита комплекс оставался на проектной трассе.

Разделение по гидрогеологии забоев на две части сохранилось и при проходке стартового и сбоечного шахтных стволов на трассе сооружения очередного участка тоннеля.

Для выхода роторного проходческого щита модернизированного комплекса «Топаз-4» после проходки следующего участка длиной 440 м, у места стыковки с тоннелем из монолитного пресс-бетона, сооружен шахтный ствол глубиной 24,5 м. Шахтные стволы построены методом «опускного колодца», стены которого собирались из железобетонных плит с металлоокантовкой и последующей их сваркой между собой.

До глубины 10–12 м разработка забоя велась с помощью экскаватора типа «Поклен». На больших глубинах применялся челюстной пневматический грейфер от стволового комплекса КС-3 с подводной разработкой забоя. Особой сложностью отличаются работы по проходке шахтных стволов на глубинах начиная с 14–15 м, когда одна половина сечения забоя сложена мягкими разжиженными суглинистыми грунтами, а вторая – прочными пластами окварцованных известняков прочностью до 500 кг/см^2 толщиной от 500 до 800 мм, перемежающиеся водонапорными песчано-гравийными прослойками.

Разработка известняков выполнялась отбойными молотками при интенсивном водоотливе.

Обильные водопритоки, нередко сопровождающиеся внезапными выбросами водогрунтовой смеси объемами до 30–45 м^3, затрудняли проведение необходимого окопнуривания забоя под ножевой частью опускного колодца, что приводило к зависанию его на стороне прочных пород и перекосу всего колодца при его посадке.

В таких случаях для выравнивания шахтных стволов сторона зависания пригружалась бетонными плитами, а в случаях увеличенных сопротивлений при посадке применялась домкратная гидравлическая система.

Для ускорения проведения работ на объекте было решено осуществлять проходку тоннеля протяженностью 440 м модернизированным роторным щитом комплекса «Топаз-4».

Модернизации подверглась гидравлическая система привода ротора. Так как пресс-бетон был заменен блочной железобетонной крепью, на щите был смонтирован роторный цевочный блокоукладчик с гидромеханическим проводом. Принципиально изменена защитная уплотнительная система главных опорных подшипников ротора. Предполагаемые напорные и обильные водопритоки при проходке тоннеля потребовали применения железобетонных блоков повышенной точности (±2), прочности (В40) и водонепроницаемости (≤8). Блоки на месте строительства оснащаются комбинированными гермоуплотнителями.

Железобетонные блоки изготавливаются и поставляются на объект ОАО «Первомайский завод ЖБИ», Тульская обл.

Ввод щита в забой осуществлялся поэтапно.

Экскаваторы во время разработки устойчивого забоя

Мобильная шлюзовая камера

На начальном этапе электропитание и питание гидросистемы щита осуществлялось с технологических платформ, расположенных рядом со стартовым шахтным стволом.

Модернизированный щитовой комплекс «Топаз-4М» прошел два этапа приемочных испытаний. На первом, согласно программе приемочный испытаний, комплексом должны были осуществить проходку, для принятия его в эксплуатацию, тоннеля длиной 75 м.

По данному этапу испытаний в акте комиссией отмечалось, что низкая эксплуатационная производительность комплекса – 2,4 м/сут обуславливалась:

- недостаточным качеством породоразрушающего инструмента для работы в породах с коэффициентом прочности по Протодьяконову f≤6 и повышенной образивностью (окварцованные известняки и включения валунов и галечника в прослойках вязкой глины);
- недостаточностью мощностных параметров гидравлической системы привода ротора;
- недостаточной надежностью блокоукладчика и редукторов привода ротора.

По результатам испытаний комиссия решила продлить приемочные испытания комплекса с проходкой тоннеля на длину 50 м для устранения отмеченных недостатков.

Во время проведения второго этапа приемочных испытаний было уделено особое внимание:

- повышению мощностных параметров гидравлической системы привода ротора путем замены гидронасосов с электродвигателями и установки высокоэффективных охладителей рабочей жидкости привода ротора;
- повышению эффективности работы породоразрушающего инструмента за счет замены его вновь разработанным в компании и изготовленным на специализированном предприятии ООО «ДИО» в г. Нижний Тагил.

Были устранены и другие недостатки, в частности, по блокоукладчику, редукторам привода ротора и пр.

В результате проведенных работ на втором этапе испытаний комиссией отмечено, что среднесуточная скорость проходки поднялась до 2,88 м/сут, несмотря на усложнившиеся условия проходки. Известняк поднялся до половины забоя, а с левой стороны выше горизонтальной оси щита – на 500–600 мм, что затруднило управление направлением проходки головной частью. Щит смещался вправо за счет отжатия его известняком слева.

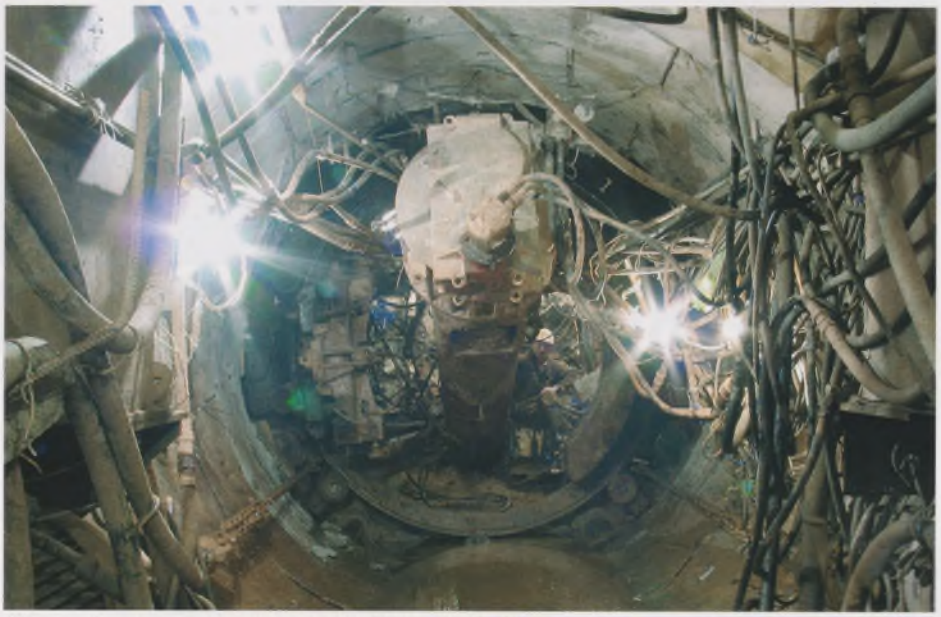
Был проведен ряд мероприятий для предотвращения смещения и улучшения его управляемости. В результате примерно со 125 м проходки управляемость улучшилась.

С нарастанием длины проходки увеличивался и приток грунтовой воды в тоннель. Начиная от ствола при водопритоке ~40 м³/ч, к 250 м проходки водоприток возрос до ~300 м³/ч.

На 178 м забой по всему сечению занял известняк, который пришлось проходить на длине 11 м. Далее работы продолжались по прослойкам глины с известняком и гравийными водонасыщенными линзами.

К 250 м среднесуточная скорость проходки составляла 3,37 м/сут при ежесуточном тампонаже за обделку в течение 2–2,5 ч. МТ

Сооружение шахтного ствола с применением домкратной гидравлической системы



Шнековый конвеер проходческого комплекса «Топаз-4М»

Готовый участок тоннеля из железобетонных блоков

Фотографии в статье Леонид Куликов

ХАРЬКОВСКОМУ МЕТРОПОЛИТЕНУ 30 ЛЕТ

М. Д. Пилипчук, начальник Государственного предприятия «Харьковский метрополитен»

Представить сегодня полуторамиллионный Харьков без метро невозможно. Его услугами ежедневно пользуется каждый второй житель города. Три линии с 28-ю станциями протянулись под землей более чем на 35 км. Они пересекаются, образуя три пересадочных узла. Самый быстрый, надежный и комфортный вид городского транспорта – метрополитен, за 30 лет своей работы перевез почти 7 млрд пассажиров – больше, чем все население Земли. Его доля в общегородских транспортных перевозках составляет 50 %. Точно по графику, рассчитанному до секунды, движутся поезда, за считанные минуты соединяя Холодную Гору с ХТЗ, центр города с жилыми массивами, промышленные районы с Павловым Полем. Только за минувший год перевезено более 277 млн пассажиров. Такой ритм обеспечивают более четырех тысяч профессионалов высокого класса. Машинисты и диспетчеры, тоннельные мастера и электромеханики, работники служб движения и доходов, ремонтно-механической и автоматики, телемеханики и связи сменяют друг друга, чтобы ни на минуту не нарушался четкий ритм подземных артерий. И 30 лет каждый день с 5.30 до 24 часов длится беспрерывный рейс поездов подземки.

Но так было не всегда. В 1962 г. численность населения Харькова превысила миллион. Примерно столько же, включая жителей пригородной зоны, работающих на предприятиях города, перевозили за сутки троллейбусы, трамваи, автобусы. Город задыхался, а развивать эти виды транспорта не позволяла низкая пропускная способность улиц. Тогда и родилась в городе идея строительства метро. Три года ушло на то, чтобы убедить в необходимости его сооружения в областном центре руководителей ЦК, Совета Министров, Госплана Украины и СССР. Два года шли проектные проработки, в результате которых харьковчанам предложили построить... скоростной трамвай. А когда первый секретарь обкома партии Г. И. Ващенко и председатель горисполкома Г. Е. Власенко отстояли все же вариант метрополитена, столичные проектировщики предложили совместить его с пригородным железнодорожным транспортом. И только в 1967 г. Совет Министров СССР утвердил проектное задание, а в конце апреля 1968 г. выдал Распоряжение о начале строительства метрополитена в Харькове.

В мае-июне этого же года началось формирование коллективов проектировщиков в созданном филиале института «Метрогипротранс» – «Харьковметропроект» из специалистов его филиалов и харьковских проектных институтов; строителей – в организуемом управлении «Харьковметрострой» – из горняков Донбасса и Подмосковья, специалистов Баку и Киева; проходчиков тоннелей из Красноярска; дирекции строительства Харьковского метрополитена при горисполкоме; харьковской строительно-промышленной базы метростроения (завод ЖБК, автобаза управление механизации и энергетики и др.)

Первые полгода проектировщики практически полностью провели в Москве, используя в работе богатый опыт, накопленный при проектировании других метрополитенов страны, изучая новейшие достижения науки и техники.

На первых порах метростроевцы испытывали острый недостаток в сборном железобетоне. Конструктивные элементы приходилось доставлять из Москвы, а это очень сдерживало темпы работы. Тогда-то и возникла идея использовать монолитный железобетон. Был разработан проект односводчатой станции, сооружаемой с помощью передвижной металлической опалубки с гидравлическим приводом подъема и опускания. Это позволило сократить общую длину станционного комплекса на 36 м. В Харьковском метро сооружено семь таких станций. Технические решения односводчатых станций разработаны и внедрены впервые в практике отечественного метростроения. Позже они применялись также при прокладке метро в Ташкенте, подземных участков скоростного трамвая в Волгограде и Кривом Роге.

Ко многим разработкам харьковских проектировщиков и метростроителей относится определение «первый». Здесь впервые предложили проект сооружения перегонных тоннелей в открытом котловане с монтажом цельных

Николай Яковлевич Бессонов, начальник Харьковского метрополитена с 1974 по 1984 гг.

Леонид Алексеевич Исаев, начальник Харьковского метрополитена с 1984 по 2002 гг.

Михаил Дмитриевич Пилипчук, начальник Харьковского метрополитена с 2002 г.

секций. Работа была выполнена в содружестве с Центральным НИИ Минтрансстроя. Внедрение этого способа позволило ввести индустриальные методы строительства, снизить трудоемкость работ. Цельные секции получили широкое распространение в метростроении.

В Харькове рождались новые объемно-планировочные и конструктивные решения, увязанные с унифицированными элементами конструкций. Прежде всего, это касается единства шагов и пролетов несущих конструкций. Впервые в практике строительства электродепо была предусмотрена организация ремонта вагонов агрегатно-поточным способом. Харьковчане первыми начали возводить станции глубокого заложения под защитой водопонижения, выполненного установками в сложных гидрогеологических условиях.

Впервые в практике строительства отечественных метрополитенов ОАО «Харьковметропроект» разработал конструкцию закрытой двухпутной галереи. Метромост между станциями «Киевская» и «Академика Барабашова» создал условия, максимально приближенные к тоннельным. Длина его – 988 м. Конструкции переходных отрезков – сборные, железобетонные. Авторы предложили жесткое основание из несущих железобетонных плит, которые одновременно являются лотком галереи. Эстакада также выполнена из сборных железобетонных конструкций, несущими элементами являются стальные рамы. Высота стен на переходных участках переменная, а на остальной части галереи – постоянная. Первыми харьковчане стали применять металлоэмалевые элементы для облицовки путевых стен.

Архитектурное решение и художественное оформление станций Харьковского метрополитена дополняет ансамбли улиц и площадей, составляет с ними единую композицию.

Индивидуальные черты станций закладывались в конструктивных схемах. Изначально для раскрытия объема станций мелкого заложения применена схема с 6-, 9- и 12-метровыми пролетами и 6-метровым шагом колонн. Чередовались станции колонного, пилонного и односводчатого типа. Но единство объемно-планировочного и архитектурного решения для станций одинаковой конструкции оставалось обязательным при всем многообразии форм.

Творческие коллективы харьковских проектировщиков и строителей удостоены трех премий Совета Министров СССР.

Но вернемся к первым дням Харьковского метро.

15 июля 1968 г. в переулке Славянском возле Южного вокзала на торжественном митинге была заложена его первая шахта.

11 августа 1969 г. начал работать первый проходческий щит, изготовленный на предприятиях Харькова.

10 апреля 1970 г. прошла первая сбойка в перегонном тоннеле станции «Советская».

12 мая 1973 г. уложены первые метры постоянного пути.

30 июля 1975 г. прошел первый поезд.

21 августа 1975 г. Государственная комиссия под председательством Николая Конарева, в последующем министра транспорта СССР, почетного гражданина Харькова, с оценкой «отлично» подписала акт о приемке в эксплуатацию первого участка первой линии Харьковского метрополитена.

Харьковский метрополитен стал шестым в СССР и первым, построенным в городе областного подчинения. Первый участок 1-й очереди метрополитена протяженностью 10,4 км с восемью станциями соединил между собой три железнодорожных вокзала, автовокзал, две автостанции, десятки промышленных предприятий с многотысячным пассажиропотоком, торговые, спортивные, культурно-развлекательные центры. С начала строительства

Станция «Исторический музей»

Метромост

метростроители перевыполняли план по проходке стволов, тоннелей, сооружению станций, что позволило ввести пусковой участок на четыре месяца раньше намеченного срока.

Немало трудностей пришлось преодолеть строителям. Более 19 % тоннелей пройдено под сжатым воздухом, станция «Южный вокзал» и ее вестибюль сооружались с применением замораживания грунтов. Станции «Проспект Гагарина», «Спортивная» и перегон от ст. «Спортивная» до ст. «Завод им. Малышева» – при искусственном водопонижении. Много хлопот доставили подземные коммуникации – перекладка различного назначения кабеля, канализации, ливнестоков, водоводов, а также трамвайно-троллейбусных путей. В районе застроек, под городскими коммуникациями и реками применялась проходка тоннелей в кессонном забое. Для этого в уже пройденном тоннеле устанавливались мощные перемычки со шлюзовыми устройствами для пропуска людей, выдачи породы и доставки материалов. За перемычку подавался сжатый воздух, который сдерживал поступающую из грунтов воду. При помощи кессонного способа были пройдены участки тоннелей в поймах рек и под речками Харьков и Лопань.

В строительстве Харьковского метрополитена участвовали десятки тысяч трудящихся города. Крупнейшие заводы города – турбинный, авиационный, транспортного машиностроения им. Малышева, тракторный – изготовили перегонные щиты, технологическое и нестандартное оборудование и др. Более трехсот предприятий страны поставляли различные материалы и оборудование: из Днепропетровска и Ленинграда – чугунные тюбинги, из Москвы, Баку, Киева – механизмы, инструменты, железобетонные конструкции, с заводов Урала – трубы и прокат, из различных регионов страны – гранит, мрамор, изделия, конструкции, электрооборудование, механизмы. Большую помощь оказывали строительству Министерство транспортного строительства СССР, Главтоннельметрострой и их предприятия. Строители в срок получали сложные узлы, механизмы, оборудование, что способствовало досрочному вводу в строй Харьковского метрополитена.

В течение последующих лет трудовыми коллективами объединения «Харьковметрострой» были сооружены и введены в эксплуатацию еще четыре пусковых комплекса: второй участок Холодногорско-Заводской линии с пятью станциями (1978 г.), Салтовская линия с восемью станциями (1984 г.), электродепо «Салтовское», два участка Алексеевской линии с семью станциями (1995 и 2004 гг.).

Коллектив метрополитена начал формироваться с октября 1974 г. из специалистов и рабочих служб Южной железной дороги, предприятий «Горэлектротранс» и промышленных предприятий города. И вот уже 30 лет каждый день без праздников и выходных, днем и ночью работает Харьковский метрополитен. Точность выполнения графика движения – 99,99 %. Интервал в часы пик – 2–2,5 мин.

Первым начальником метрополитена был назначен Николай Яковлевич Бессонов, 10 лет возглавлявший коллектив. Он сумел не только четко организовать работу нового для города вида транспорта, под его руководством закончено строительство Холодногорско-Заводской и первой очереди Салтовской линии. За большие трудовые достижения Николай Яковлевич награжден тремя орденами Трудового Красного Знамени, девятью медалями, ему присвоено звание «Почетный железнодорожник». Наряду с производственными вопросами, Н. Я. Бессонов уделял большое внимание социальным проблемам, строительству жилья для тружеников предприятия, медицинскому обслуживанию, реконструкции санатория-профилактория.

Немало из пришедших в метрополитен в 1975 г. работают здесь семьями. По всем ступенькам профессионального роста прошли нынешние начальники служб, руководители подразделений и предприятия. Леонид Алексеевич Исаев начинал свой трудовой путь кочегаром паровоза, потом водил электропоезда, учился, стал заместителем начальника ЮЖД. Возглавляя в течение 18 лет метрополитен, много занимался созданием и внедрением комплексной системы автоматизации управления перевозками, созданию единого диспетчерского центра.

В 2002 г. начальником метрополитена был назначен Михаил Дмитриевич Пилипчук, до этого 14 лет занимавший высшие выборные должности в городе, а в 1996–2002 гг. – Харьковский городской голова. Мэр много внимания уделял строительству метро, и именно за ввод в эксплуатацию первого пускового участка третьей линии метрополитена ему присвоено звание «Заслуженный строитель Украины», а за ввод второго участка – он награжден орденом «За заслуги» II степени. Под его руководством предприятие уверенно наращивает объемы перевозок пассажиров, внедряет новейшие технологии, обновляет станции и материальную базу, развивает социальную сферу.

Харьковский метрополитен сегодня – это сложнейший комплекс многочисленных инженерных сооружений, обеспечивающих скоростное безопасное движение поездов и массовые перевозки пассажиров. Ежедневно метрополитеном пользуются около 800 тыс. человек. Организация движения поездов, управление стрелками и сигналами, устройствами электроснабжения, эскалаторами, инженерно-техническими установками жизнеобеспечения осуществляется автоматизированными системами из единого диспетчерского центра, аналогов которому нет в странах СНГ. Он

Электродепо

создан на базе современной микропроцессорной и вычислительной техники. Автоматизированные рабочие места диспетчеров позволяют оперативно контролировать технологические процессы, вмешиваться в работу оборудования и исправлять отклонения от норм, протоколировать события, при необходимости – воспроизводить их. Все станции метрополитена оборудованы системами теленаблюдения на базе компьютерной техники, что обеспечивает видеоконтроль состояния пассажирских перевозок и возможность оперативного вмешательства в экстремальных ситуациях. На станциях и в тоннелях создан необходимый микроклимат. Все эскалаторы оснащены системами безопасности и контроля параметров их работы. Разработки харьковчан пользуются большим спросом у коллег других подземок. Харьковский метрополитен первым освоил эксплуатацию поездов одним машинистом без помощников, возложив их обязанности на автоматику.

Началась плановая замена стальных трубопроводов и арматуры трубопроводами из поливинилхлоридных материалов, внедряется универсальное насосное оборудование, принципиально новые на электронной базе панели управления эскалаторами, современные технологии проведения капитально-восстановительного ремонта вагонов и др.

Харьковский метрополитен – член Международной Ассоциации «Метро», которая объединяет 15 подземок СНГ, а также – действительный член Международного союза общественного транспорта.

Недавно создана служба доходов, которая направляет свои усилия на пополнение бюджета предприятия. Вдвое больше стало рационализаторов и изобретателей, совершенствующих технические средства. Впервые в Украине в депо «Салтовское» установлен отечественный вагономоечный комплекс с оборотной системой водоснабжения. На предприятии открыт цех по капитальному ремонту подвижного состава, где ежегодно получают вторую жизнь до 20 вагонов. В трудные годы вхождения в новые условия хозяйствования Харьковский метрополитен не отказался от социальной сферы. Работают санаторий-профилакторий, детский оздоровительный лагерь, поликлиника, оздоровительные комплексы в депо, спортивные залы, библиотека, коллективы художественной самодеятельности, духовой оркестр, выходят сборники стихов членов литературной студии.

В августе 2004 г. Харьков отметил свое 350-летие. Главным событием празднования стало открытие двух новых станций: «Ботанический сад» и «23 Августа». На подземные трассы в тот день вышли три новых поезда метро, изготовленные Мытищинским объединением «Метровагонмаш», с которым тесно сотрудничает Харьковский метрополитен.

Через два года на этой же линии планируется ввод в эксплуатацию станции «Алексеевская», а чуть позже – «Проспект Победы». Генеральным планом развития г. Харькова на период до 2026 г. предусмотрено развитие линий метрополитена до 52,6 км, а количество станций возрастет до 37.

Станция «Пушкинская»

Ночные работы в тоннеле

Одна из двух новых станций, открытых в 2004 г., – «23 Августа»

СОДЕРЖАНИЕ ВСТРОЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОДНОСВОДЧАТЫХ СТАНЦИЙ В РЕЖИМЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Д. В. Кунец, гл. инженер Службы тоннельных сооружений ГУП «Петербургский метрополитен»

Подземные сооружения метрополитена – это комплекс объектов, строительство и эксплуатация которых – одна из технически сложных и трудоемких отраслей экономики с высоким уровнем стоимости.

Наиболее сложными и ответственными объектами на линиях метрополитена являются станционные комплексы. Они занимают значительный объем работ при строительстве линии: при открытом способе на них приходится 18–20 % стоимости линии, при закрытом – 30–35 %. Проектирование и сооружение станций – технически сложные и трудоемкие процессы современного строительства.

В период эксплуатации станции в значительной степени характеризуют работу всего метрополитена. На них производится посадка, высадка и пересадка пассажиров, а также выполняются необходимые операции по их обслуживанию и организации движения поездов.

Инженерно-геологические, рельефные и градостроительные особенности, неравномерность пассажиропотоков на линиях метрополитена Санкт-Петербурга обусловили различные объемно-планировочные и конструктивно-технологические решения станционных комплексов.

Станции глубокого заложения первой линии были колонного и пилонного типов со сборной чугунной обделкой и, несмотря на удачные объемно-планировочные решения, отличались довольно большой металлоемкостью и значительными трудозатратами при строительстве.

В связи с необходимостью поиска путей внедрения в строительство сборного железобетона и экономии черных металлов проектировщиками и строителями метрополитенов были созданы новые типы пилонных станций из сборного железобетона.

Вначале железобетонная обделка возводилась только в глухих частях станции, а затем и в проемной части боковых тоннелей. Однако опыт оказался неудачным: простая механическая замена чугунных тюбингов на железобетонные вызвала ряд серьезных осложнений. Требовалось создание иной конструктивной схемы станции пилонного типа.

Дальнейшее развитие шло по пути разработки полносборной конструкции станции и снижения трудозатрат на устройство пилонов и проходов.

Достаточно широкое распространение получили станции колонного типа.

Первые конструктивные решения таких станций, несмотря на удачные объемно-планировочные решения, отличались довольно большой металлоемкостью и значительными трудозатратами при их возведении.

В Ленинграде станции колонного типа со сборной чугунной обделкой сооружались только на первой очереди строительства. Из трех колонных станций этой очереди две аналогичны московским, а «Кировский завод» отличается принципиально новым конструктивным решением с использованием клинчатых перемычек, которое легло в основу современных колонных конструкций и нашло широкое распространение на Московском метрополитене.

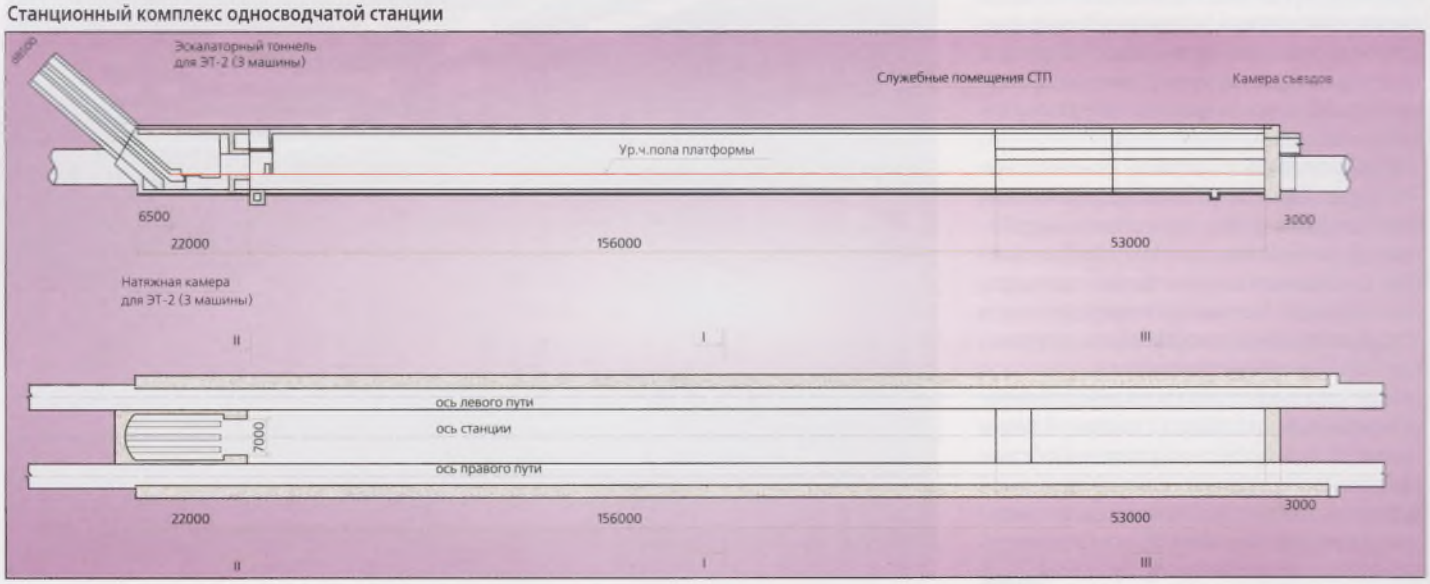
Совершенствование конструктивных решений шло в направлении снижения расхода металла. Одним из первых шагов явилось создание станций без боковых посадочных платформ («Парк Победы»). Они отличаются оригинальностью инженерного решения и сравнительно низкой строительной стоимостью, но не получили дальнейшего распространения из-за больших затрат на ремонт и обслуживание электродвигателей приводов станционных автоматических дверей и стесненностью пассажиропотоков.

Односводчатые станции – это особый этап в строительстве Ленинградского – Петербургского метрополитена. Но проектированию и возведению станций такого типа предшествовал длительный научный и опытный поиск.

Методы строительства односводчатых станций первого поколения отличались значительной сложностью, огромными затратами ручного труда, малыми темпами. Эти факторы явились причиной отказа от односводчатой конструкции в отечественном метростроении на значительный период времени. Внедрение в зарубежной и отечественной практике сборных железобетонных и бетонных обделок кругового очертания с обжатием их в породу выявило большие преимущества такой технологии работ для выработок малого и, особенно, большого поперечного сечения.

В процессе сооружения первых односводчатых станций глубокого заложения в соответствии с Рабочей программой ЦНИИСа в 1971 г. были организованы натурные исследования. Ввиду их большого объема и разнообразного характера к ним было

Станционный комплекс односводчатой станции



привлечено несколько организаций, в том числе ЛенНИЛ ЦНИИС, ЛИИЖТ, ВНИМИ, Ленметропроект, подразделения Ленметростроя и Ленметрополитена. Характер деформаций конструкций станционных комплексов контролировался как во время строительства маркшейдерскими службами метростроя, так и геодезическими службами метрополитена в режиме длительной эксплуатации. Графики нивелирования путейских реперов (выполненные инженерными службами метрополитена в процессе длительной эксплуатации), расположенных вдоль станции, косвенно характеризовали достаточно высокую степень деформативности конструкций односводчатых станций.

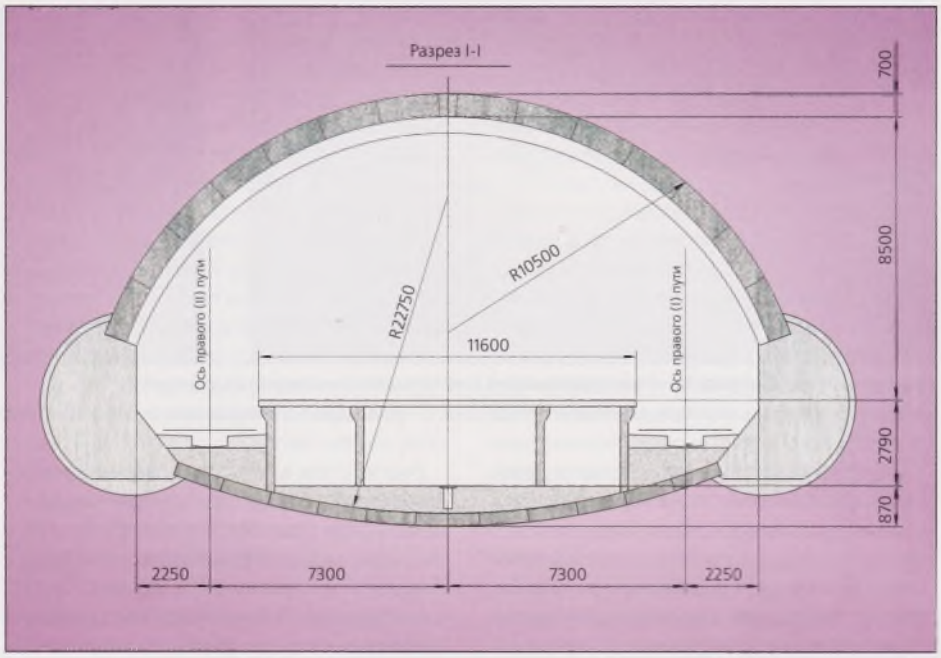
Первые односводчатые станции глубокого заложения – «Площадь Мужества» и «Политехническая» со сборным железобетоном были впервые сооружены в 1974 г.

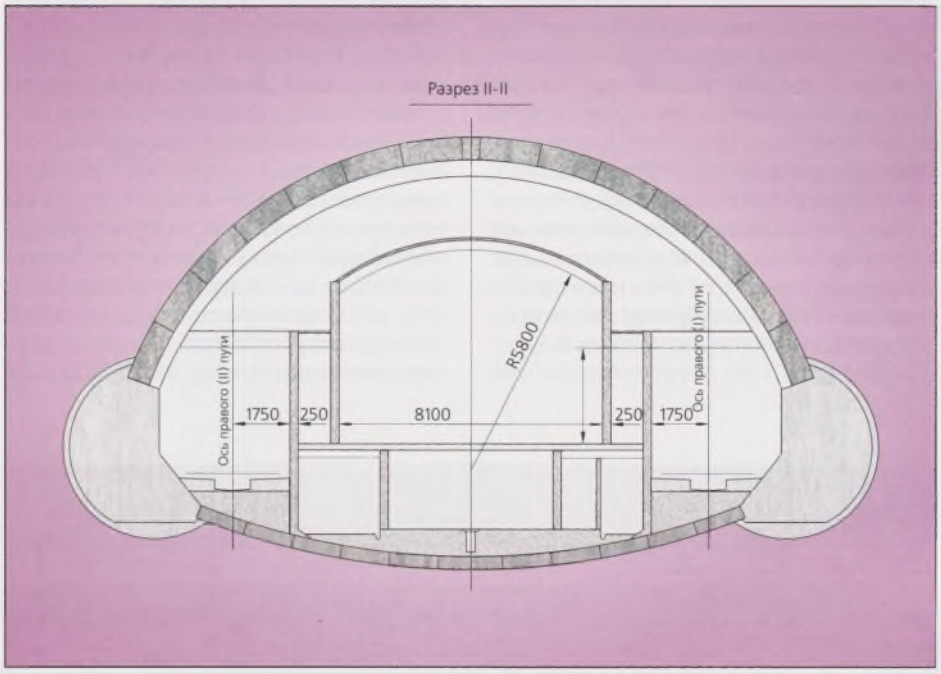
По результатам многочисленных натурных и аналитических исследований отечественных и зарубежных ученых и специалистов, а также руководствуясь данными, полученными при возведении первых односводчатых станций в условиях Ленинграда, была доказана возможность и целесообразность строительства станционных комплексов, расположенных под единым сводом на значительной глубине.

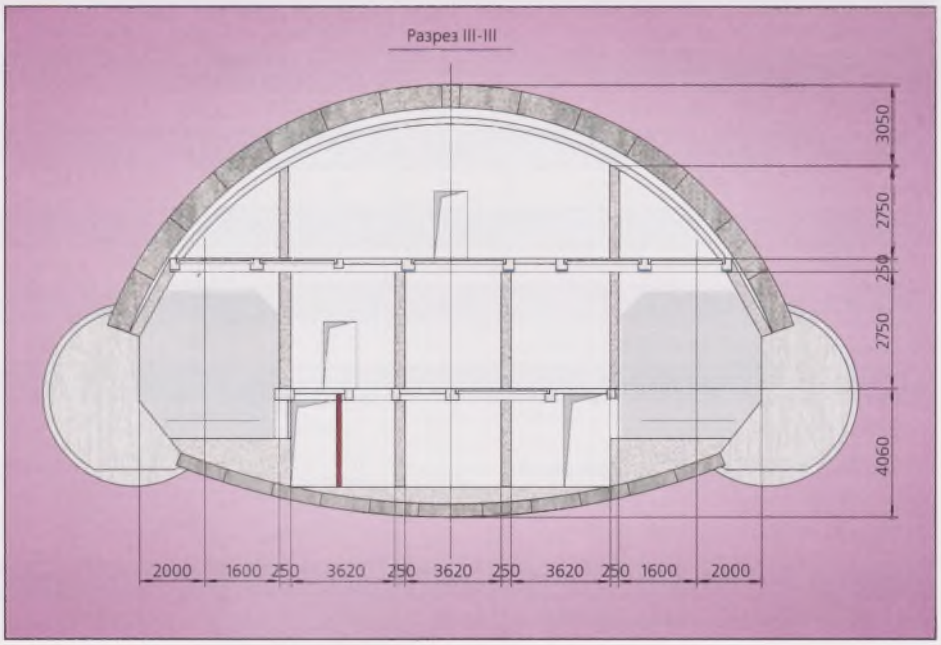
Впервые были сформулированы основные достоинства и недостатки таких конструкций.

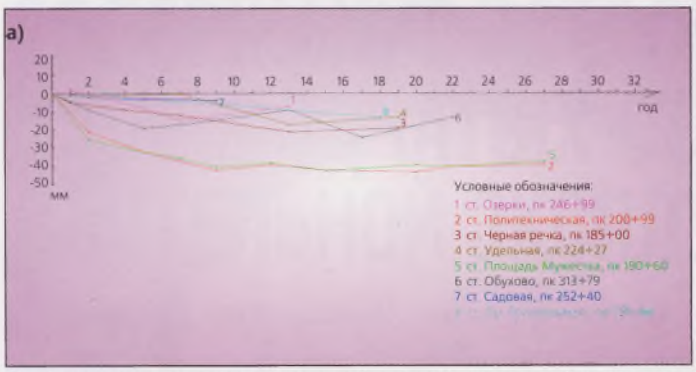
К *достоинствам* можно отнести следующее: податливость сводов (как прямого, так и обратного), представляющего собой шарнирную цепь, выравнивающую возможные неравномерности горного давления. Количество шарниров и конструкция стыков выбраны таким образом, чтобы свести до минимума изгибающие моменты в элементах свода, исключив в них растягивающие напряжения. При этом, как ни в одной другой конструкции обделки, максимально используется наиболее важное свойство бетона – высокое сопротивление при работе на сжатие. Распор свода в породу непосредственно после монтажа препятствует смещению контура выработки. Величину усилия разжатия можно регулировать в зависимости от конкретных условий строительства, добиваясь стабилизации горного давления и уменьшения осадок поверхности. К моменту сдачи в эксплуатацию станций Ленинградского метрополитена осадки в шельге свода не превышали 120 мм. Осадки поверхности земли составили в среднем 60–80 мм, в то время как над трёхсводчатыми конструкциями, сооружаемыми в аналогичных условиях, они достигали 250 мм.

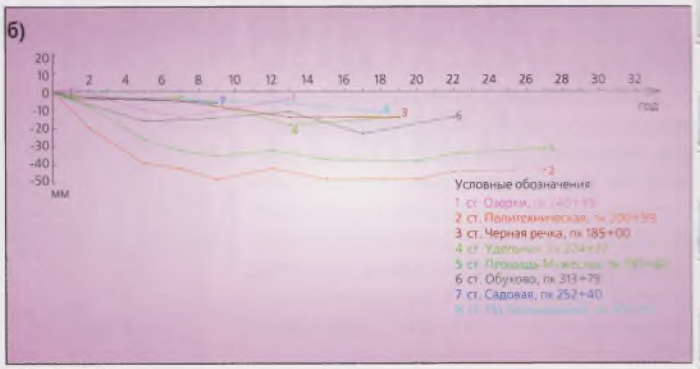
Многошарнирная конструкция сводов, преднапряжённых в породу, обеспечивает чёткость статической работы, то есть наибольшее соответствие расчётной схемы реальным условиям работы сооружения. Это соответствие придаёт достаточную достоверность теоретическим расчётам конструкций такого типа, что в свою очередь позволило оптимизировать пролёты и конфигурацию сводов, форму и размеры опорных элементов конструкции.











Графическая форма представления деформаций конструкций односводчатых станций:

а - по центру платформы в режиме длительной эксплуатации; *б* - в зоне служебных помещений в режиме длительной эксплуатации

Конструктивное решение обделки станций в виде единого свода позволяет объединить под этим сводом в последовательной схеме все пристанционные сооружения: натяжную камеру эскалаторов, совмещённую тягово-понизительную подстанцию, служебные помещения, а при необходимости и тупики, камеры съездов, перспективную пересадочную камеру. Общая длина станционного комплекса, включающего все перечисленные сооружения, составляет при шестивагонной платформе станции 250 м, а при восьмивагонной – 290 м. Такое решение значительно снижает трудозатраты на строительство комплекса пристанционных сооружений и упрощает работы, сводя их к двум видам: проходка опорных тоннелей и сооружение сводов. При строительстве опорных тоннелей такой протяжённости становится рентабельным применение механизированных щитов с последующей ручной переборкой узлов перехода на границе станции.

Вместе с тем имеется ряд объективных *недостатков*: стремление к полной механизации за счёт транзитной проходки опорных тоннелей механизированными щитами поставило в подчинённое положение вопрос о конструкции опорного узла. Это обусловило традиционное его решение, остающееся неизменным с момента постройки первой, по существу, экспериментальной, станции подобного типа. Сечение опорного тоннеля остаётся постоянным независимо от пролёта свода станции; размеры поперечного сечения опоры требуют значительного расхода монолитного бетона: крепь опорного тоннеля, призванная обеспечить устойчивость выработки на весьма короткий срок, выполняется из дорогостоящих типов конструктивных элементов, большая часть которых остаётся в бетоне опор, остальные повреждаются при разборке.

Дальнейшее совершенствование конструкций односводчатых станций ведётся в различных направлениях, однако, неизменной остаётся теоретически и практически обоснованная принципиальная конструктивная схема, её многошарнирная, преднапряжённая обжатием в грунт, обделка. Это обстоятельство обуславливает повышенную деформативность конструкций станции, что, в свою очередь, влияет на состояние встроенных конструкций в процессе длительной эксплуатации.

Из 59 станций, эксплуатируемых в настоящее время на метрополитене Санкт-Петербурга, 15 являются односводчатыми. Из них 13 станций сооружены со встроенными конструкциями, включающими СТП (совмещенную тяговую подстанцию), пост централизации, камеру съездов. Краткие технические характеристики односводчатых станций метрополитена Санкт-Петербурга представлены в таблице.

Конструкция односводчатой станции метрополитена рассчитана на длительный срок

Технические параметры односводчатых станций

Технические параметры	«Площадь Мужества»	«Политехническая»	«Обухово»	«Черная речка»	«Пионерская»	«Удельная»	«Проспект Большевиков»
Дата ввода в эксплуатацию	31.12.1975	31.12.1975	10.07.1981	06.11.1982	06.11.1982	06.11.1982	31.12.1985
Пролёт верхнего свода, В, м	19,0	19,0	19,0	20,5	20,5	20,5	20,5
Пролет обратного свода, В, м	16	16	16	17,5	17,5	17,5	17,5
Радиус верхнего свода,R, м	9,8	9,8	9,8	10,5	10,5	10,5	10,5
Радиус обратного свода, R, м	15,0	15,0	22,75	22,75	22,75	22,75	22,75
Подъемистость верхнего свода	1,94	1,94	1,94	1,95	1,95	1,95	1,95
Подъемистость обратного свода	1,07	1,07	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
Количество блоков верхнего свода	13	13	15	15	15	15	15
Количество блоков обратного свода	10	10	11	11	11	11	11
Толщина блоков верхнего свода, мм	700	700	700	700	700	700	700
Толщина блоков обратного свода, м	700	700	400	400	400	400	400
Диаметр опорного тоннеля, м	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Расстояние между осями главных путей,м	13,58	13,58	13,58	14,68	14,7	14,69	14,54
Ширина островной платформы, м	10,7	10,7	10,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Наличие встроенных служебных помещений, расположенных выше уровня платформы	нет	нет	Помещения ДСП, линейный пункт, санитарно-бытовые помещения, СТП	Помещения ДСП, линейный пункт, санитарно-бытовые помещения, СТП	Помещения ДСП, линейный пункт, санитарно-бытовые помещения, СТП	Помещения ДСП, линейный пункт, санитарно-бытовые помещения, СТП, камера съездов	Помещения ДСП, линейный пункт, санитарно-бытовые помещения, СТП
Глубина заложения, м	57	53	55,6	58	57	56	62
Кровля протерозоя над верхним сводом, м	6,50	7,00	10,00	24,00	28,00	18,00	12,00

эксплуатации (более 100–150 лет), в течение которого она должна отвечать требованиям эксплуатационной надежности, обеспечивая безотказность, долговечность, сохраняемость и ремонтопригодность. Опыт эксплуатации односводчатых станций, в том числе со встроенными внутренними конструкциями, в условиях Санкт-Петербурга в режиме длительной эксплуатации позволил выявить следующие особенности: за первые 5–10 лет эксплуатации возникли серьезные повреждения элементов конструкций и эксплуатационного оборудования, обусловленные деформациями обратного свода станции. В особенности многочисленные дефекты были выявлены на станциях, имеющих в своем объеме встроенные служебные помещения. Подтверждением тому являются результаты работы комиссии, созданной совместным приказом Министерства транспортного строительства и Путей сообщения в октябре 1986 г. Задачей комиссии являлось определение причин и характера деформаций конструкций односводчатых станций глубокого заложения на Ленинградском метрополитене и установление степени эксплуатационной надежности.

Комиссией при обследовании девяти односводчатых станций был выявлен ряд дефектов, выразившихся в следующем: отставании облицовки путевых стен, повреждениях стен и перегородок СТП и блока служебных помещений, в отдельных местах вывалы кирпичной кладки стен и др.

Указанные дефекты показывают, что при проектировании внутренних встроенных конструкций не были учтены особенности работы конструкции односводчатой станции как многошарнирной и, как следствие, склонной к повышенной деформативности.

К сожалению, характер наблюдений по определению деформаций конструкций односводчатых станций при возведении и в режиме длительной эксплуатации сильно различался. При строительстве замерялись деформации непосредственно конструкции свода; в режиме длительной эксплуатации, согласно Правилам технической эксплуатации метрополитенов Российской Федерации, замеры производились сплошным нивелированием путейских реперов при сроках:

- до 5 лет – не реже одного раза в год;
- от 5 до 10 лет – не реже одного раза в три года;
- более 10 лет – не реже одного раза в пять лет.

И только последние пять лет организовано наблюдение за процессами деформаций несущих конструкций односводчатых станций, а также за деформациями встроенных в их объем конструкций. Кроме того, совместно с кафедрой тоннели и метрополитены ПГУПСа, были проведены обследования технического состояния некоторых станций, в результате которых был выявлен обширный комплекс дефектов и повреждений встроенных конструкций. Часть обследованных встроенных конструкций в результате оценки их технического состояния была признана ограниченно работоспособной или недопустимой. По результатам обследований возникла оперативная необходимость в выполнении дорогостоящего капитального ремонта.

Таким образом, уже сейчас можно сделать вывод о том, что в проектных решениях конструкций служебных помещений односводчатых станций не удалось в достаточной степени учесть повышенную деформативность несущих конструкций самой станции (прямого и обратного сводов) в процессе длительной эксплуатации.

Поэтому из-за высокой сложности конструкций односводчатых станций и встроенных в их объем помещений, различных условий строительства и эксплуатации (различные геометрические параметры, разная глубина заложения, разная кровля устойчивых протерозойских глин над шелыгой свода), отсутствия эффективных методов наблюдения очень трудно предсказать ситуации, возникающие в течение длительного срока эксплуатации.

Потребность в постоянном визуальном и инструментальном контроле, анализе выявляемых изменений напряженно-деформированного состояния несущих и встроенных конструкций односводчатых станций определяет целесообразность поиска нового подхода к организации проектирования, строительства и эксплуатации таких сооружений. Одним из направлений для решения этой задачи является комплексный мониторинг за состоянием несущих и встроенных конструкций.

На основе системы комплексного мониторинга необходима разработка конкретных рекомендаций, учитывающих влияние деформативной многошарнирной конструкции станции на статическую работу встроенных конструкций в течение длительной эксплуатации в режиме действующего метрополитена.

Таблица

Санкт-Петербургского метрополитена

«Новочеркасская»	«Лиговский проспект»	«Озерки»	«Старая Деревня»	«Чкаловская»	«Спортивная»	«Садовая»	«Ладожская»
31.12.1985	29.12.1991	18.08.1988	15.01.1999	15.01.1999	15.09.1997	15.09.1997	31.12.1985
20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5
17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
10,5	10,5	9,7	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
22,75	22,75	15	22,75	22,75	15	15	22,75
1,95	1,95	2,11	1,95	1,37	1,95	1,95	1,95
0,77	0,77	1,17	0,77	0,77	1,17	1,17	0,77
15	15	15	15	15	17	15	15
11	11	11	11	11	13	11	11
700	700	700	700	700	700	700	700
400	400	400	400	400	400	400	400
5,5	14,54	14,54	14,54	14,54	14,54	14,54	14,54
14,54	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7
11,7	5,5	5,5	5,5	5,5	9,5	5,5	5,5
Помещения ДСП, линейный пункт, санитарно-бытовые помещения, СТП	Помещения ДСП, линейный пункт, санитарно-бытовые помещения, СТП	Помещения ДСП, линейный пункт, санитарно-бытовые помещения, СТП	Помещения ДСП, линейный пункт, санитарно-бытовые помещения, СТП	Помещения ДСП, линейный пункт, санитарно-бытовые помещения, СТП	2 уровня платформенных участков со служебно-бытовыми встроенными пом., ДСП, линейный пункт, СТП	Помещения ДСП, линейный пункт, санитарно-бытовые помещения, СТП	Помещения ДСП, линейный пункт, санитарно-бытовые помещения, СТП
52	59	58	55	47	48	57,5	55
8,00	16,00	7,50	30,00	10,00	10,00	20,00	11,00

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА МОСКОВСКОМ МЕТРО

Н. Н. Комиссаров, заместитель начальника Московского метрополитена, начальник Службы электроснабжения
Е. И. Лифанов, директор по проектам и системам АСКУЭ «Эльстер Метроника», к. т. н.
В. Я. Пахомов, инженер электротехнической лаборатории Московского метрополитена

Московский метрополитен является крупнейшим потребителем электрической энергии мегаполиса, перерабатывая около 1,8 млрд кВтч электроэнергии в год. Стоимостная доля потребляемой электрической энергии в общих расходах метрополитена составляет более 13 %. Контроль и анализ при планировании и потреблении электроэнергии, а также совершенствование экономических отношений с ее поставщиками в сфере купли-продажи позволило бы значительно снизить затраты на покупку электроэнергии.

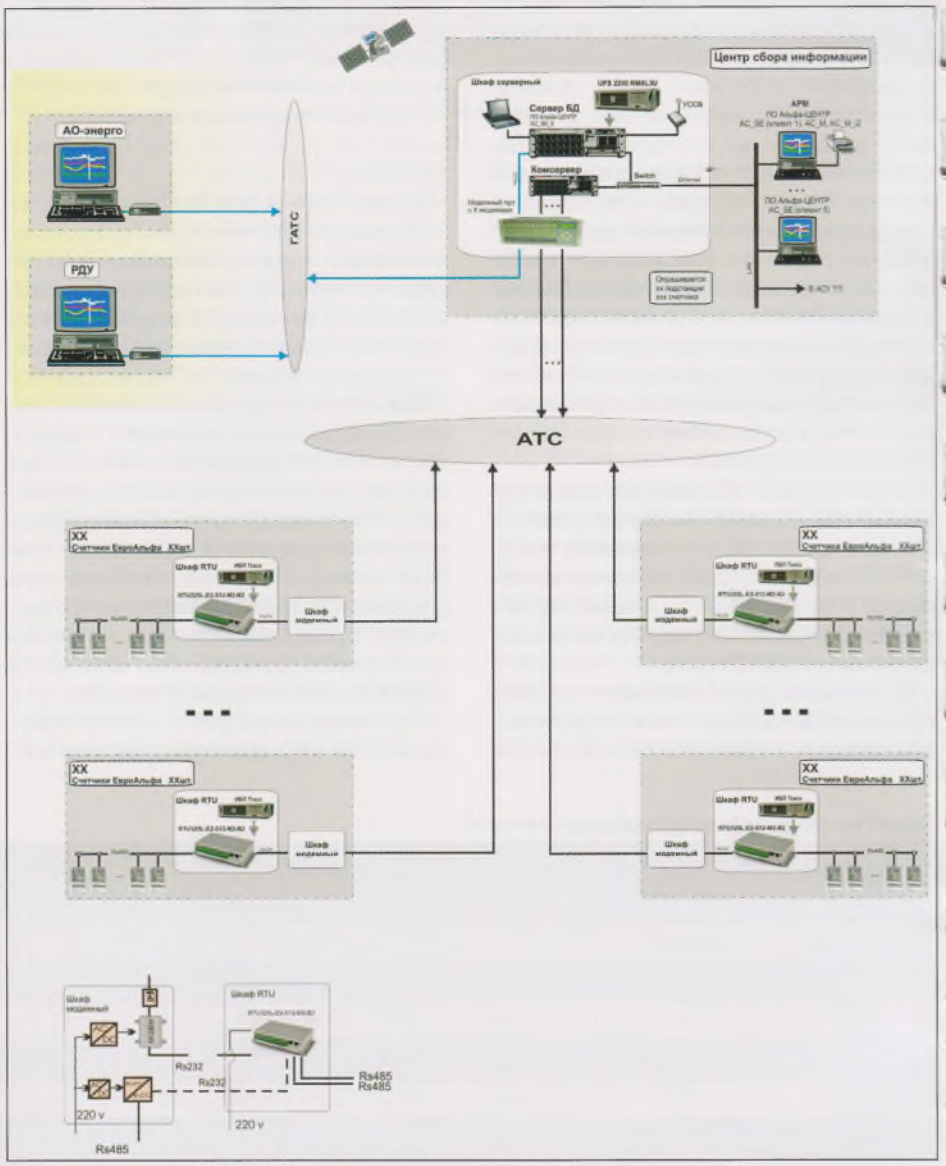
Совершенствование экономических отношений в энергетике тесно связано с появлением Федерального оптового рынка электроэнергии и мощности (ФОРЭМ), куда устремились предприятия энергоемких потребителей. Производители избыточной энергии могут продавать ее по более низкой цене, используя электрические сети АО-ЭНЕРГО.

Постановлением Федеральной энергетической комиссии (ФЭК) предусмотрено, что квалификация потребителя при рассмотрении вопроса о выходе его на ОРЭ определяется только суммарным годовым потреблением электроэнергии 100 млн кВтч. Таким образом, даже отдельные линии метрополитена подходят под этот параметр.

Основным препятствием выхода любого предприятия на ОРЭ является снижение доли расходов в перекрестном субсидировании после выхода на оптовый рынок. В связи с этим АО-ЭНЕРГО ограничивает выход потребителей на ОРЭ.

На Сокольнической линии Московского метрополитена внедрена современная система АСКУЭ Альфа центр, созданная на базе оборудования «Эльстер Метроника». Монтаж ее осуществлен фирмой ООО «Русэнергосбыт» после проведения специального конкурса на право производства работ. При разработке АСКУЭ Сокольнической линии была использована «Концепция построения автоматизированной системы коммерческого и технического учета электроэнергии для Московского метрополитена», подготовленная компанией «Эльстер Метроника», а также опыт работы фрагмента АСКУЭ, созданного на тяговой подстанции Т-4 («Парк культуры») Московского метрополитена. Система внедрена с перспективой дальнейшего выхода электроснабжения Московского метрополитена на ОРЭ.

Наладка системы АСКУЭ осуществлялась специалистами компании «Эльстер Метроника».



Структурная схема АИИС КУЭ Сокольнической линии Московского метрополитена

Характеристика Сокольнической линии

Сокольническая линия – это первая линия Московского метрополитена. Она продлена от ст. «Сокольники» до ст. «Улица Подбельского» и от ст. «Парк культуры» до ст. «Юго-Западная». На линии протяженностью 26,2 км 19 действующих станций, каждый час по ней пропускается 35 пар семивагонных поездов.

Электроснабжение линии осуществляется восемью тяговыми, пятью совмещенными тягово-понизительными и семнадцатью понизительными подстанциями. Общее потребление электрической энергии составляет более 200 млн кВтч в год. Для учета электрической энергии установлено 25 коммерческих счетчиков и 256 счетчиков технического учета типа Альфа А1700.

Описание процесса деятельности

АСКУЭ представляет собой комплекс программно-технических средств, состоящих:

- из первичных преобразователей – трансформаторов тока и напряжения;
- первичных средств учета – цифровых счетчиков электроэнергии;
- устройства сбора и передачи данных:
- каналов связи УСПД с первичными средствами учета;
- каналов связи УСПД с сервером базы данных и субъектами обработки коммерческой информации;
- сервера базы данных, предназначенного для долговременного хранения коммерческой информации по учету электроэнергии;
- средства синхронизации системного времени;
- средств программного обеспечения счетчиков, УСПД, сервера БД.

В АСКУЭ применяются технические и программные средства, производимые компанией «Эльстер Метроника». Они имеют сертификаты соответствия к использованию в составе автоматизированных систем учета электроэнергии, а сами автоматизированные системы, построенные на их базе, отвечают всем требованиям нормативных документов.

В состав ИВК АСКУЭ входит сервер базы данных с установленным на нем ПО Альфа ЦЕНТР, где осуществляется обработка и хранение данных по учету электроэнергии, настройка параметров функционирования системы. Сервер базы данных располагается в Центре сбора данных Сокольнической линии.

В функции ИВКЭ, имеющем в своем составе 30 УСПД RTU-325, входит сбор данных о выдаче и потреблении электрической энергии по 30 подстанциям, их хранение и предоставление по запросу на вышестоящие уровни.

Функционирование АСКУЭ Сокольнической линии осуществляется следующим образом.

Каждые 3 мин УСПД производят опрос цифровых счетчиков. Полученная информация записывается в энергонезависимую память. Далее, по запросу с сервера базы данных, с периодичностью один раз в 3 мин, эта информация предоставляется на вышестоящий уровень. Данные поступают в базу ИВК. Вышеописанные процедуры происходят автоматически, а время и частота опроса настраиваются вручную на этапе пуско-наладки системы. На этом этапе также согласуются время и последовательность опроса направлений «УСПД-счетчики».

Для обеспечения работоспособности АСКУЭ вводятся штатные единицы, и формируется оперативно-эксплуатационный персонал АСКУЭ. Специалисты, обслуживающие АСКУЭ, проходят курсы обучения на заводе изготовителе ООО «Эльстер Метроника».

Размещение шкафов АСКУЭ на подстанции Сокольнической линии Московского метрополитена

Расположение счетчиков на панелях подстанций

Структура системы и способы связи для информационного обмена

АСКУЭ является многоуровневой, с иерархической распределённой обработкой информации.

Система состоит из следующих уровней:

- I (проведение измерений) – включает 267 информационно-измерительных комплексов точек измерения (ИИК);
- II (сбор и обработка результатов измерений, диагностика средств измерений в пределах одной электроустановки) – включает 30 информационно-вычислительных комплексов электроустановки (ИВКЭ);
- III – информационно-вычислительный комплекс (ИВК) АСКУЭ;
- система обеспечения единого времени (СОЕВ).

ИИК служат для автоматического проведения измерений в точке измерений. В их состав входят:

- счетчики электрической энергии;
- измерительные трансформаторы тока и напряжения;
- вторичные измерительные цепи.

ИВКЭ обеспечивают:

- автоматический сбор информации по учету электроэнергии от ИИК;
- автоматический сбор и обработку информации о состоянии средств измерений.

В состав ИВКЭ входят:

- специализированные промконтроллеры, обеспечивающие интерфейс доступа к ИИК и ИВК;
- технические средства приёма-передачи данных (каналообразующая аппаратура).

ИВК обеспечивает:

- автоматизированный сбор и хранение результатов измерений;
- автоматическую диагностику состояния средств измерений;
- контроль достоверности результатов измерений.

В состав ИВК входят:

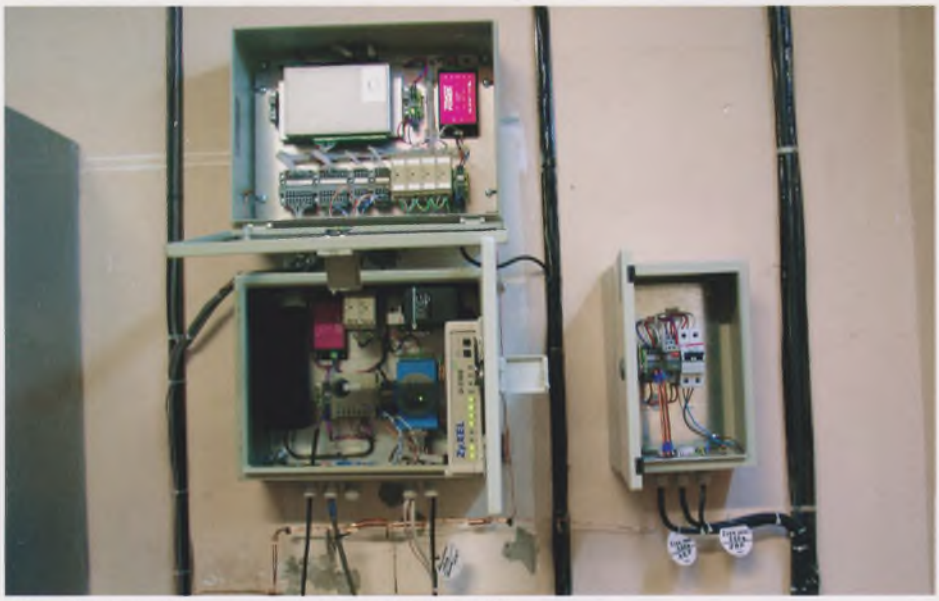
- технические средства приёма-передачи данных (каналообразующая аппаратура);
- компьютер в серверном исполнении для обеспечения функции сбора и хранения результатов измерений, установленный в специализированном шкафу для обеспечения механической защиты с возможностью пломбирования;
- технические средства для организации локальной вычислительной сети и разграничения прав доступа к информации.

СОЕВ обеспечивает синхронизацию времени всех уровней системы.

Структура системы АСКУЭ, а также используемый для её создания программно-технический комплекс ООО «Эльстер Метроника», соответствуют стандартам для автоматизированных систем.

Объектами сбора первичной учетной информации являются счетчики электроэнергии, установленные на панелях учета, в ячейках.

Подключение счётчиков к шкафам модемному и RTU осуществляется по интерфейсу RS-485. Так как монтаж и контроль комплексной работы устройств шкафов производится на заводе «Эльстер Метроника», обеспечивается простота монтажа и наладки оборудования на объекте, так как для ввода шкафов в эксплуатацию необходимо произвести лишь подключения линий связи к внешним клеммникам шкафа НКУ. НКУ позволяют разместить оборудование в промышленных помещениях, пре-



Обеспечение удобного доступа к оборудованию АСКУЭ

дотвращают несанкционированный доступ к оборудованию, обеспечивают климатическую защиту оборудования.

Мощность сервера БД, количество портов УСПД на каждом из уровней рассчитаны с учетом возможного добавления в систему дополнительных точек учета.

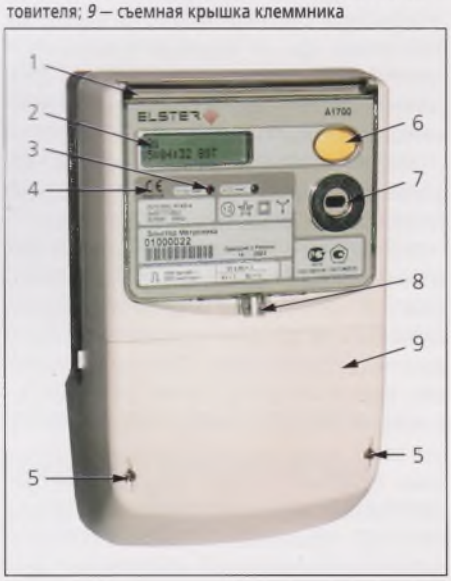
Информационный обмен данными между уровнями ИВКЭ и ИВК осуществляется посредством модемных коммутируемых соединений через телефонную сеть.

Общие аспекты надежности

Надежность и готовность АСКУЭ определяют многие факторы. Показатели надежности и резервирование оборудования являются наиболее важными факторами обеспечения надежности системы. АСКУЭ проектируется с учетом удовлетворения строгих требований надежности в следующих аспектах:

Конструкция счетчика Альфа А1700:

1 — прозрачное стекло; *2* — жидкокристаллический дисплей (ЖКИ); *3* — светодиодные индикаторы LED; *4* — шильдик; *5* — винты крепления крышки клеммника и места установки пломб; *6* — кнопка ALT; *7* — оптический порт; *8* — места установки пломб завода-изготовителя; *9* — съемная крышка клеммника



· применение конструкции оборудования и электрической компоновки, отвечающих требованиям IEC-Стандартов;

· стойкость к электромагнитным воздействиям.

Заложенное в проект АСКУЭ оборудование разработано для удовлетворения жестких требований надежности и готовности в следующих аспектах:

· прочная механическая конструкция;

· защищенность от электрических помех;

· высококачественные компоненты;

· проверенные в эксплуатации электронные блоки;

· полностью проверенное программное обеспечение;

· полный комплект документации на систему;

· отображение сообщений об ошибках;

· быстрая замена дефектных модулей;

· гарантийное и послегарантийное обслуживание.

Высокая гибкость системы обеспечивает резервирование на следующих уровнях:

· линии связи;

· электропитание;

· хранение данных.

Меры по обеспечению надежности

Для обеспечения заданного уровня надежности и ее улучшения необходимо:

· собирать и анализировать данные об отказах;

· проводить проверку показателей надежности, полученных на стадии проектирования с показателями надежности, полученными в результате сбора данных об отказах;

· производить профилактические работы во время эксплуатации.

Для увеличения надежности системы во время эксплуатации необходимо разработать и выполнять программу обеспечения надежности (ПОН).

По результатам расчетов можно сделать следующие заключения:

· вероятность безотказной работы для большинства функций системы в данном случае определяется надежностью счетчиков. Это наиболее уязвимое место в системе, так как характеризуется наибольшим временем восстановления и большим количеством счетчиков;

· при небольшом количестве счётчиков в ЗИПе среднее время восстановления системы сокращается.

Внедрение системы АСКУЭ, помимо решения основной задачи – точного учета и анализа потребляемой энергии, позволяет вплотную подойти к практической реализации автоматического регулирования мощности в устройствах электроснабжения метрополитена и, как следствие, экономии потребляемой энергии.

Решение новой задачи стало возможным в результате замены масляных и электромагнитных выключателей 10 кВ вакуумными, имеющими исключительно высокие коммутационные показатели, в частности, до 50 тыс. вкл./откл. при номинальном токе.

Как правило, на подстанциях метрополитена в работе постоянно находятся все выпрямительные агрегаты. При этом после окончания часов «пик» тяговые трансформаторы подстанций существенно недогружены, работая с очень низким значением $\cos\varphi \approx 0{,}2—0{,}3$. В результате линии питания загружаются некомпенсированным индуктивным током и ухудшается качество электроэнергии.

Поскольку ресурс вакуумных выключателей высок, представляется возможным в автоматическом режиме отключать отдельные выпрямительные агрегаты вместе с тяговыми трансформаторами.

Таким образом, целью автоматического регулирования мощности в устройствах электроснабжения метрополитена является минимизация электрических потерь при изменяющейся нагрузке, разгрузка питающих центров и линий от генерации индуктивных токов за счет отключения излишней мощности выпрямительных агрегатов и работы оставшихся в режиме, близком к номинальному.

Выводы

1. Необходимо продолжить планомерное внедрение АСКУЭ на всех линиях метрополитена и монорельсовой дороге.

2. Для мониторинга в системе реального времени целесообразно использовать оптоволоконные каналы связи совместного предприятия «Макомнет», сеть которого проложена по тоннелям метрополитена и имеет выход на внешнюю сеть. Также требуется модернизация существующих коммутируемых каналов связи.

3. Для реализации задачи автоматического регулирования мощности в устройствах электроснабжения необходимо ускоренными темпами завершить замены масляных и электромагнитных выключателей 10 кВ вакуумными. При этом следует решить вопрос интеграции АСКУЭ с телемеханикой.

4. Необходимо рассмотреть вопрос об организации структурного подразделения по поддержанию автоматизированных систем в работоспособном состоянии, а также круглосуточному мониторингу за экономичной работой всего электротехнического оборудования метрополитена.

WIRTH

NFM TECHNOLOGIES

WIRTH GROUP

ТПМК для всех типов грунтов

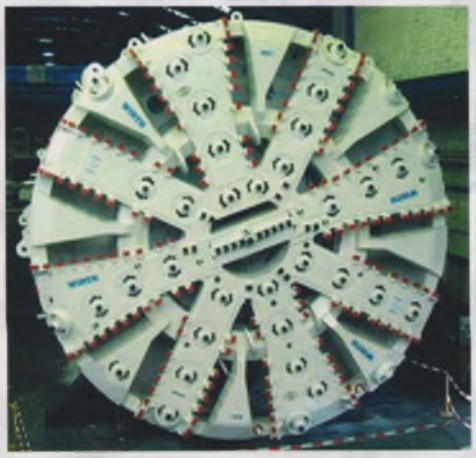
ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ С ГРУНТОПРИГРУЗОМ. ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ С ГИДРОПРИГРУЗОМ. У НАС ЕСТЬ ВСЕ!

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

Штаб-квартира в Эркеленце, Германия (200 тыс. м^2)

Завод НФМ в Ле Крезо, Франция (38 тыс. м^2)

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



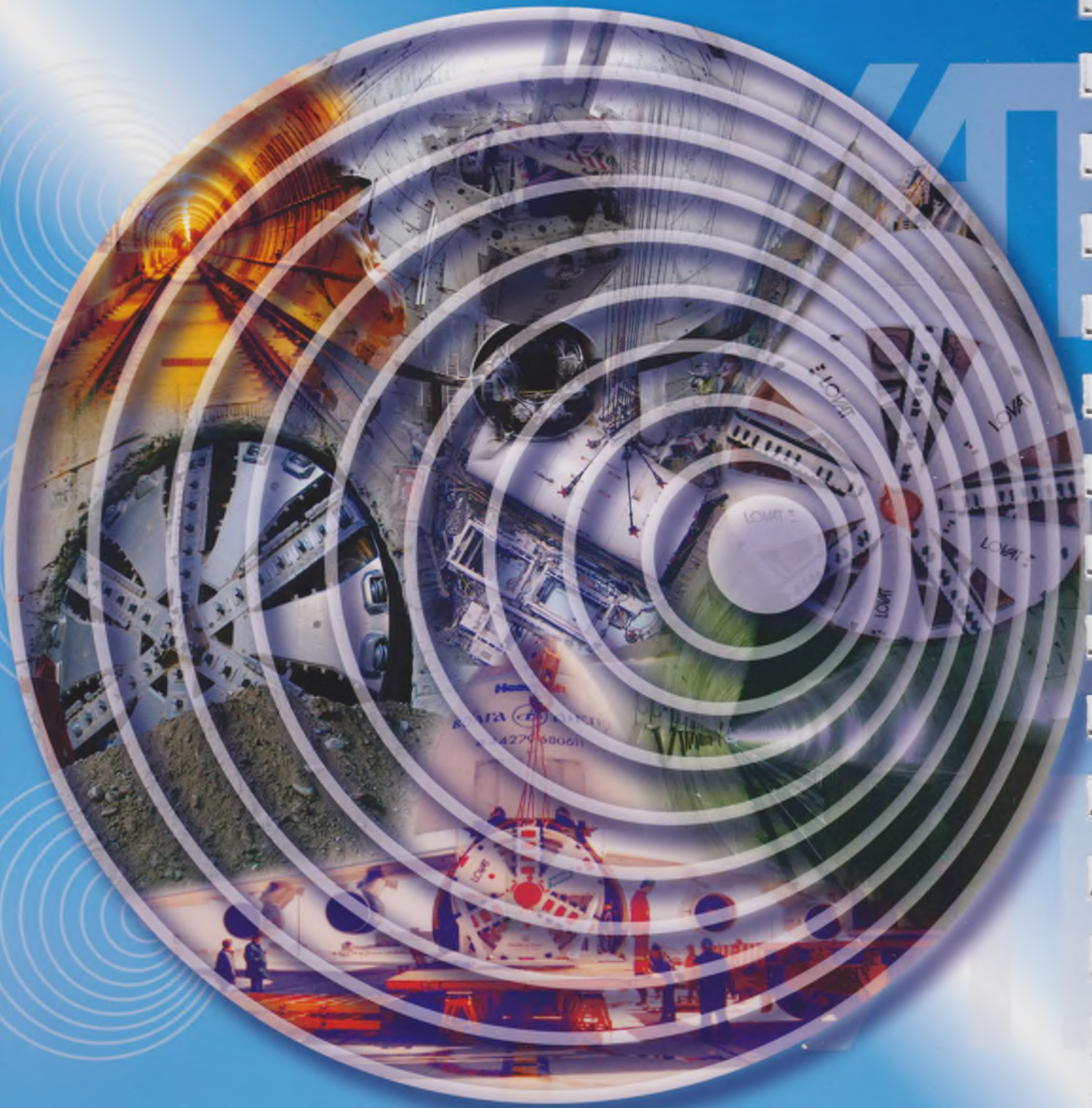
Завершение проходки ж/д тоннеля под Ла Маншем длиной 2x4,7 км. Применялись два ТПМК диаметром 8,16 м. Лучшая скорость проходки – 930 м в месяц.

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

Wirth Maschinen – und Bohrgerate-Fabrik GmbH

Генеральный представитель в России М. М. Орданский:
тел.: (095) 998-82-22, тел/факс: (095) 252-19-48, e-mail: polinordan@mail.ru

Тоннелепроходческие комплексы



LOVAT Inc.

Ловат Инк. представлен в России

«Интерторг Инк.»: 123056, Москва, Грузинский пер., 3, оф. 63
тел.: (095) 250-0367, 254-2008, 254-6924, 254-3162
факс: (095) 253-9771

ИНТЕРТОРГ