

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. Пуголоков,
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.: (495) 208-8032, 208-8172
факс: (495) 207-3276
www.tar-rus.ru
e-mail: rus_tunnel@mtu-net.ru

Издатель

ООО «Метро и тоннели»

тел.: (495) 265-7951, 775-9934
факс: (495) 265-7951
107078, Москва,
Новорязанская, 16,
подъезд 5, кв. 20
e-mail: metrotunnels@gmail.com

Генеральный директор

О. С. Власов

Редактор

Г. М. Сандул

Компьютерный дизайн и верстка

М. Б. Брилинг

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 «Метро и тоннели», 2007

№ 2 2007

Панорама 2

Новые материалы

**Прогрессивный гидроизоляционный материал
«Монофлекс Френкеля»** 8

Поздравления 11

Юбилеяры отрасли

СМУ-158 ОАО «Трансинжстрой» — 50 лет 12
В. И. Грибов

Строительство метрополитенов

**Трансинжстрой завершил проходку
первого тоннеля на Митинско-Строгинской линии** 16
С. Г. Елгаев

Екатеринбургский метрополитен:

**Проходка тоннелей в сложных
горно-геологических условиях** 18
А. А. Красноборов

Щитовая проходка

**ТПМК «Ловат» на строительстве метро в Челябинске.
Проходка тоннеля под ж/д путями с применением
грунтопригруза** 20
К. В. Абрамчук, В. Ф. Шишко, В. Л. Вьюхин

В Тоннельной ассоциации России 23

Интервью

**с генеральным директором СА «Интербудмонтаж»
Анатолием Петровичем Букань** 26

Большие проекты

**Сооружение дренажно-коммуникационного
тоннеля в Ашхабаде (Туркменистан)** 28
В. В. Беспалов

Специальные способы работ

**Об искусственном замораживании грунтов
с позиции сегодняшнего дня** 33
Б. М. Пржедецкий, Б. М. Бершицкий

**Цементация грунтов при строительстве
наклонного ствола в зоне четвертичных отложений** 35
А. Г. Малинин, П. А. Малинин

Геомеханика

**Прогнозирование деформаций грунтового массива
при сооружении тоннелей щитами с активным
пригрузом забоя (на примере Серебряноборских тоннелей)** 38
В. В. Чеботаев, Е. В. Щескудов, А. Г. Андриянов

Метрополитен

**Новые воздушные фильтры на базе
мотальных паковок специального назначения** 40
В. Ф. Иванов, С. Д. Николаев, И. Н. Панин

**Автоматическое регулирование мощности
выпрямительных агрегатов — источник энергосбережения** 42
Г. И. Криштафович, В. Я. Пахомов

ФОТО НА ОБЛОЖКЕ:

ТПМК фирмы
«Херренкнехт» завершил
проходку перегонного
тоннеля на участке
Митинско-Строгинской
линии (с. 16)

МЕГАПРОЕКТЫ ВОСТОКА РОССИИ

24 апреля 2007 г. в Москве состоялась Первая Международная конференция «МЕГАПРОЕКТЫ ВОСТОКА РОССИИ». Проведение ежегодных тематических конференций под таким названием обусловлено необходимостью реализации государственной политики, направленной на освоение уникального природно-ресурсного и геополитического потенциала восточных регионов России.

Конференции «МЕГАПРОЕКТЫ ВОСТОКА РОССИИ» призваны стать важнейшей экспертной трибуной для обсуждения ключевых задач развития восточных и северных регионов страны, вопросов реализации Федеральной целевой программы «Развитие Дальнего Востока и Забайкалья до 2013 года», стратегии развития транспорта России и других крупнейших инфраструктурных проектов экономики страны.

Центральной проблемой Востока и Севера России является неразвитость транспортной и энергетической инфраструктуры, что не дает стране возможность осваивать гигантский природно-ресурсный потенциал территории (нефть, газ, крупнейшие в мире гидроресурсы, металлические руды, уголь), а также превратить его в транзитный узел мировой экономики.

Именно поэтому первая конференция из намеченной серии посвящена обсуждению проекта создания транзитной Трансконтинентальной магистрали Евразия – Америка через Берингов пролив, объединяющей Европу, Россию, Азию и Америку единым мультитранспортным коридором.

Трансконтинентальная магистраль (ТКМ, World Link) длиной 6 тыс. км по маршруту Якутск-Магадан-Анадырь-Уэлен-Ном-Фербэнкс-Форт-Нельсон с тоннелем под Беринговым проливом предусматривает создание системы коммуникаций, включающей скоростную железную дорогу, автомобильную трассу, линии электропередач, газо- и нефтепроводы, оптоволоконные линии связи. ТКМ станет ключевым элементом стратегии социально-экономического развития Дальнего Востока и России в целом, опорным мультитранспортным коридором, который даст возможность Востоку России стать передовым промышлен-



Ведущий конференции академик А. Г. Гранберг

ном регионом страны и одним из важнейших транзитных узлов мировой экономики.

В Оргкомитет конференции вошли министерства и ведомства РФ, принимающие участие в реализации Федеральной целевой программы «Развитие Дальнего Востока и Забайкалья до 2013 года» и стратегии развития железнодорожного транспорта России на период до 2030 г. Среди них – полпред Президента РФ по ДФО, Совет по изучению производительных сил (СОПС), МЭРТ РФ, Минтранс РФ, ОАО «РЖД», ОАО «Трансстрой», ОАО «ГидроОГК», администрация Магаданской области, руководство Республики Саха (Якутия), ряд других субъектов и организаций РФ.

Высокий статус Первой Международной конференции «МЕГА-ПРОЕКТЫ ВОСТОКА РОССИИ» обеспечивал участие более 300 гостей и докладчиков, среди которых главы субъектов РФ, официальные лица министерств и ведомств РФ, политические деятели и представители бизнеса зарубежных стран.

Главными задачами Первой Международной конференции «МЕГАПРОЕКТЫ ВОСТОКА РОССИИ» являлись:

- комплексное рассмотрение проекта ТКМ – World Link как ключевого элемента в стратегии развития Дальнего Востока России;
- обсуждение первоочередных задач по практической реализации проекта ТКМ – World Link;
- получение государственной поддержки проекта ТКМ – World Link как важного международно-го инфраструктурного проекта;



В. Н. Разбегин, вице-президент Международной корпорации IBSTRG



Участники конференции

• привлечение внимания правительств стран мира, международных деловых кругов, экспертных сообществ и широких слоев общественности к Трансконтинентальной магистрали Евразия – Америка через Берингов пролив.

По итогам работы конференции было принято и подписано обращение к главам правительств США, Канады, Китая и других стран с предложением

инициировать межправительственное соглашение об изучении и реализации проекта World Link. Кроме этого был подписан Меморандум о взаимодействии в сфере строительства трансконтинентальной магистрали. В рамках конференции прошли также переговоры с акционерами компании-оператора проекта IBSTRG и утвержден объем долевого участия российских и американских инвесторов.

НОВОСТИ LOVAT

ТПМК «ЛОВАТ» ДЛЯ МИТИНСКО-СТРОГИНСКОЙ ЛИНИИ МЕТРОПОЛИТЕНА В МОСКВЕ

В июле 2006 г. ООО «СМУ Ингеоком» подписало контракт на поставку ТПМК «Ловат» для проходки перегонных тоннелей Митинско-Строгинской линии Московского метрополитена. Механизированный тоннелепроходческий комплекс модели MP254SE Series 16600 после полного восстановления и реконструкции начал прибывать в столицу в начале 2007 года.

Длина комплекса составляет 71 м, диаметр резанья 6,45 м, общая длина трассы 3545 м с максимальным уклоном 4 %. Геологические условия вдоль трассы тоннеля представлены преимущественно мелко- и крупнозернистыми грунтами с включениями глин и супесей. По оценкам проектировщиков, участок тоннеля длиной около 700 м пройдет в смешанных геологических условиях, включающих известняк и доломитовую породу.

Проходческие работы начаты в начале мая 2007 г.



ОТКРЫТ НОВЫЙ ВЕСТИБЮЛЬ СТ. «МАЯКОВСКАЯ»

15 мая 2007 г. Московский метрополитен отмечал 72-й День рождения. Сегодня столичное метро – это 12 линий, общая протяженность которых составляет 278,8 км. На них расположены 172 станции, услугами которых ежедневно пользуются около 8 миллионов человек.

К своему Дню рождения метрополитен подготовил несколько сюрпризов для пассажиров.

15 мая состоялось торжественное открытие южного вестибюля станции «Маяковская», закрытого на реконструкцию в сентябре 2005 г.

«Маяковская» – одна из самых красивых станций Московского метрополитена и это ее первая реставрация более чем за 60 лет.

В период реконструкции СМУ-8 Мосметростроя были демонтированы и возведены заново фундаменты эскалаторов, установлены современные эскалаторные машины, на полу вестибюля уложено новое гра-

нитное покрытие, обновлена мраморная облицовка стен и внешняя отделка фасада здания. Полностью заменены все кабельные, сантехнические и вентиляционные коммуникации, отремонтированы служебные помещения, установлены устройства пожарной и охранной сигнализации.

Во время проведения мероприятия по сложившейся на метрополитене традиции была перерезана символическая красная ленточка, а в кассе все желающие смогли приобрести билет на две поездки с изображением станции.

В планах Московского метрополитена – до конца текущего года появятся 15 км новых линий, 4 станции и 4 пересадки. Так, уже в августе откроется участок от ст. «Чкаловская» до ст. «Трубная», осенью – станция «Сретенский бульвар», а в декабре – Строгинский участок Арбатско-Покровской линии. 



Фото: А. Попов



Фото: А. Попов

Современные эскалаторные машины

КОЛЛЕКТОРНЫЕ ТОННЕЛИ МОСКВЫ

ЗАВЕРШАЮЩИЙ ЭТАП СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДВОДЯЩЕГО КАНАЛИЗАЦИОННОГО КОЛЛЕКТОРА К ЧЕРКИЗОВСКОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ В МОСКВЕ

Во втором квартале 2007 г. ОАО «СУПР» приступило к завершающей стадии строительства пятого этапа подводящего канализационного коллектора к Черкизовской насосной станции в Северо-Восточном округе города Москвы.

Напомним, что трасса проходит вдоль Ростокинского проезда, по краю зеленого массива Государственного природного национального парка «Лосиный остров». Вновь строящийся коллектор является дублером старого подводящего коллектора, проложенного еще в 40-х годах. После проведенных исследований выяснилось, что старый находится в аварийном состоянии, и существует опасность возникновения экологической катастрофы.

Сооружение нового подводящего коллектора было запланировано еще в 1992 г. Однако многие специализированные организации из-за исключительно сложных инженерно-геологических условий отказались от участия в строительстве.

И только в 1997 г. в связи с началом прокладки Восточного полукольца 3-го транспортного кольца г. Москвы, в зону которого вошел проектируемый канализационный коллектор, активировались действия заказчиков и строителей.

Подряд на прокладку коллекторного тоннеля взяло на себя ОАО «СУПР».

Длина трассы составляет более 2 км, из которых порядка 1,7 км пройдено щитовым комплексом французской фирмы «BESSAC».

Щитовая проходка на этом объекте осуществляется в песках различного гранулометрического состава (от пылеватых до мелких), с линзами прослойками супеси. Практически на всем протяжении участка подопыта щита располагается на контакте с супесями, обладающими низкими фильтрационными ($K_f = 0,05$ м/сут) и тиксотропными свойствами. Кроме того, грунты очень не устойчивы, а уровень грунтовых вод находится на уровне 4–5 м выше щита. При щитовой проходке тоннелей в подобных условиях возможны деформации поверхнос-

ти земли и находящихся на ней деревьев, зданий и сооружений.

Основываясь на данных фактах, руководство ОАО «СУПР» приняло решение вести щитовую проходку при помощи щитового комплекса «BESSAC» диаметром 4,3 м, в принцип работы которого заложен кессонный пригруз, обеспечивающий при подаче сжатого воздуха постоянное давление на забойную часть, что, в свою очередь, обеспечивает беспросадочную проходку. Помимо сжатого воздуха стабилизация грунтов достигается применением химического состава, благодаря которому пески становятся не такими текучими и пластичными. Данный состав не приносит вреда окружающей среде, так как состоит из минеральных веществ.

Трасса коллектора криволинейная, с разной степенью кривизны, но благодаря установленной лазерной системе, которая непрерывно считывает положение щитового комплекса и контролирует его осевую ориентацию, проходка ведется с высокой точностью, отклонения составляют не более 5 мм.

Конструкция коллектора выполнена из высокоточных водонепроницаемых железобетонных блоков на болтовом соединении. Рассматривается возможность применения блоков с полимерной футеровкой, что позволит, в свою очередь, отказаться от последующего устройства монолитной железобетонной обделки, и тем самым сократить сроки строительства и финансовые затраты.

Для выхода щита и его разворота для дальнейшей проходки была сооружена монтажно-демонтажная камера диаметром 12 м методом «стена в грунте».

Проведено закрепление грунтов методом забуривания грунтоцементных свай для ввода щита, а также ликвидации ослабленных зон и предотвращения выносов грунта.

Все перечисленные и многие другие работы, связанные с освоением подземного пространства, выполняются в основном молодыми специалистами ОАО «СУПР» при непосредственной поддержке своих опытных коллег.



Памятное фото специалистов ОАО «СУПР», 9 апреля 2007 г.

СТРОИТЕЛЬСТВО ДЮКЕРА ПОД Р. МОСКВОЙ В РАЙОНЕ ЗАПОВЕДНИКА «КОЛОМЕНСКОЕ»

В настоящее время в районе ГМЗ «Коломенское» под рекой Москвой работают 16 ниток дюкерных переходов ($12d = 1400$ мм, $4d = 1200$ мм), к которым подводят сточные воды от Южного, Юго-Западного и Северо-Восточного районов города Москвы три канала: ЮЗК, УЮЗК и подводящий канал к КСА.

Данные дюкеры построены с 40-го по 82-й годы. Согласно действующим нормам срок службы для стальных трубопроводов определен в 20 лет. Фактически же система дюкерных переходов юго-западных каналов через реку Москву находится в эксплуатации более 50 лет. Такой длительный срок эксплуатации сказывается на техническом состоянии трубопроводов. Специалистами МГУП «Мосводоканал» рассматривались различные варианты восстановления нормальной работоспособности системы дюкерных переходов юго-западных каналов.

Учитывая международный статус музея-заповедника «Коломенское», предпочтение отдавалось бестраншейным методам ремонта, которые минимизируют земляные работы и не приводят к перекрытию судоходного русла р. Москвы как в случае с открытой прокладкой дюкеров.

В итоге за основу был принят проект, предусматривающий реконструкцию ниток дюкера ме-

тодом «труба в трубе» с применением полиэтиленовых труб марки ПЭ-80 меньшего диаметра.

В 2004 г. была реконструирована шестая нитка дюкера $d = 1200$ мм канала ЮЗК.

В настоящее время ведется реконструкция пяти ниток.

Расчет пропускной способности дюкеров после реконструкции на существующий расход показал, что она снизится на 600 тыс. м³/сут, а с учетом перспективных расходов – на 1 млн м³/сут, поэтому было принято решение о прокладке дополнительной нитки, которая примет на себя оставшийся расход.

При разработке проекта было предусмотрено строительство дюкерного перехода с использованием тоннелепроходческого комплекса канадской фирмы «LOVAT» диаметром 4 м и длиной 1240 м с устройством в щитовом тоннеле железобетонной рубашки. Проходку ведут специалисты ЗАО «Геотон» и ООО «Спецтоннельстрой».

Глубина заложения дюкера колеблется от 5 до 50 м, что обусловлено существующим рельефом местности и гидрологическими условиями проходки под р. Москвой.

Тоннелепроходческий комплекс фирмы «LOVAT» представляет собой независимую систему, оснащенную конвейером для удаления разработанного грунта,



Гребенчатая рельсовая дорога для выдачи грунта на поверхность

устройствами для возведения обделки и интегральными блоками питания. Для обеспечения эффективного контроля забоя в смешанных и водонасыщенных грунтах с перемещающейся геологией применяется грунтопригруз. При работе щита разрабатываемая порода подается сначала в герметичную камеру грунтопригруза, из которой он удаляется с помощью шнекового конвейера (как в мясорубке) после того, как его давление в камере дойдет до уровня давления в забое. За этим следят специальные датчики. Таким образом, обеспечивается постоянное поддержание давления на забой как при движении щита вперед, так и при отводе его домкратов для монтажа очередного кольца обделки.

Тоннелепроходческий комплекс состоит из трех основных секций: передней оболочки, в которой заключены породоразрушающий исполнительный орган и главный привод; неподвижной оболочки, где расположены органы управления, электрические и гидравлические агрегаты питания; системы продвижения комплекса и конвейерной системы; хвостовой оболочки с системой монтажа обделки тоннеля.

Для разработки грунта, его транспортировки и монтажа обделки в проходческом комплексе используются гидравлические системы привода. Его продвижение обеспечивает также система гидравлических цилиндров, расположенных на кольце вокруг внутренней окружности неподвижной оболочки и действующих между нею и обделкой.

Управление направлением движения комплекса обеспечивается активной шарнирной системой, соединяющей переднюю и неподвижную оболочки.

Возможность отклонения породоразрушающего исполнительного органа на угол до 2° в любом направлении позволяет тоннелепроходческому комплексу проходить криволинейные участки трассы как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях со значительным углом наклона. Это явилось одним из определяющих факторов при выборе данного комплекса.

Ведение щитовой проходки по вертикальной кривой позволило отказаться от первоначального варианта проекта со «стаканом» глубиной до 30 м в верхней камере дюзера и существенно увеличило надежность её конструкции и возможность обслуживания.

Все органы управления, контрольно-измерительные приборы сосредоточены на операторском пульте, расположенном на неподвижной оболочке. Пульт оператора находится в положении, позволяющем визуально контролировать как выход грунта из породоразрушающего исполнительного органа, так и процесс монтажа обделки.

В целях безопасности тоннелепроходческий комплекс оснащен взрывозащищенными двигателями, кожухами, осветительной арматурой и трехфазным питанием.

Для предотвращения бокового опрокидывания служит устройство, которое при помощи электрических датчиков автоматически выключает комплекс при превышении заданных пределов.

Конструкция тоннеля принята из железобетонных блоков с резиновыми манжетами.

Проходка ведется заходками на ширину одного кольца обделки $L = 0,75$. Укладка блоков предусмотрена в обе стороны от лотка, при этом блоки с отверстия-



А. М. Морозов (Спецтоннельстрой) комментирует фильм о ходе строительства



Врезка щита фирмы «Ловат Инк.»

ми для нагнетания цементного раствора за обделку должны быть равномерно распределены по кольцу. Последним укладывается замковый блок. Швы обделки очищаются и заделываются раствором на расширяющем цементе. Нагнетание его производится сразу после монтажа секций обделки.

Впервые в Москве при строительстве инженерных коммуникаций была применена гребенчатая рельсовая дорога, позволяющая дизелевозу выработанную породу из забоя на поверхность земли перемещать по наклонной поверхности (до 20°).

12 апреля 2007 г. на участке строительства нового и реконструкции существующих дюкеров прошло выездное рабочее совещание Мосводоканала, на

котором рассматривался ход проведения работ и решались текущие вопросы. Специалисты ЗАО «Геотон», ООО «Спецтоннельстрой» рассказывали собравшимся о ходе строительства дюкера, о новых технологиях, которые здесь применяются.

Практика показывает, что проходка нового дюкерного перехода с использованием передовых технологий фирмы «Lovat», позволяющих прокладывать тоннели с высокой степенью качества и надежности, на многие годы исключит возможность возникновения аварийных ситуаций на данном участке сети, что немаловажно еще и потому, что проходят они в любимом месте отдыха москвичей – на берегу реки Москвы в Государственном музее-заповеднике «Коломенское».

В МОСКВЕ ПРОШЛА ВЫСТАВКА GEOFORM+'2007



С 13 по 16 марта 2007 г. в КВЦ «Сокольники» прошел 4-й Международный специализированный форум новейших технологий в области геодезии, картографии, геоинформационных систем, интеллектуальных транспортных систем и спутниковой навигации, инженерной геологии и геофизики, строительства тоннелей и подземных коммуникаций «GEOFORM+'2007».

Являясь эффективной бизнес-площадкой, на которой заинтересованные стороны получают информацию из первых рук и устанавливают перспективные контакты, форум заслуженно поддерживается Министерством Транспорта РФ, Федеральным агентством по недропользованию.

В этом году участие в форуме приняли 127 компаний из 13-ти стран мира. География «GEOFORM+» охватила Россию, Белоруссию, Украину, Германию, Францию, Великобританию, Китай, Японию, Финляндию, Нидерланды, Республику Словакию, США.

«GEOFORM+» объединил четыре специализированные выставки:

- «GeoMap» (геодезия, картография, геоинформационные системы, инженерные изыскания и проектирование, кадастр и землеустройство);

- «GeoWay» (интеллектуальные транспортные системы, спутниковая навигация);

- «GeoTech» (технологии и оборудование для инженерной геологии и геофизики);

- «GeoTunnel» (технологии и оборудование для строительства тоннелей и подземных коммуникаций).

В числе других направлений «GeoTunnel» представила проекты горных транспортных, гидротехнических и тоннелей специального назначения, построенных в России и за рубежом, геофизические методы изысканий и исследований, маркшейдерия и геодезию в тоннелестроении, новые методы и технологии строительства горных тоннелей различного назначения, мониторинг при ведении подземных работ.

Практика ЗАО «МВК» формировать насыщенную деловую программу была в очередной раз с успехом применена на «GEOFORM+'2007». 14 марта успешно



прошёл круглый стол «Технологии, оборудование и методы инженерно-геологических изысканий и исследований при строительстве подземных сооружений», организованный Тоннельной ассоциацией России.

Организаторами круглого стола при поддержке Департамента градостроительной политики, развития и реконструкции города Москвы выступили Тоннельная ассоциация России, ЗАО «Геологоразведка», Выставочный холдинг MVK.

Для оперативной организации и четкого проведения круглого стола в ноябре 2006 г. был создан Оргкомитет из представителей указанных организаций.

Оргкомитет разработал программу круглого стола, определил список потенциальных участников строительных, проектных, научно-исследовательских организаций, заказчиков и инвесторов, а также представителей Департамента градостроительной политики, развития и реконструкции города Москвы.

Были направлены письма-приглашения в более чем 70 организаций России, стран ближнего и дальнего зарубежья, включая программу круглого стола.

Эти мероприятия были одобрены Исполнительной дирекцией и Президиумом правления Тоннельной ассоциации России.

В адрес ТА России поступили тезисы 36 докладов от специалистов-тоннельщиков из России, Беларуси, Германии, Чехии, в частности, из Москвы, Санкт-Петербурга, Екатеринбурга, Новосибирска, Тулы, Перми, Сочи, Минска, Везеля, Праги.

Указанные тезисы изданы отдельной брошюрой (181 стр.) редакционно-издательским центром ТАР ООО «Метро и тоннели» и розданы при регистрации.

В заседании круглого стола приняли активное участие 60 специалистов из 31 организации указанных выше стран и городов.

Круглый стол прошел успешно. Заслушанные доклады вызвали большой интерес, о чем свидетельствуют отзывы и мнения участников, прозвучавшие в выступлениях и дискуссиях. Тоннельная ассоциация России за активное участие в подготовке и проведении форума и круглого стола награждена дипломом МВК, подписанным президентом МВК (А. В. Лапшин), председателем Совета директоров МВК (А. И. Шабуров) и президентом Федерального агентства геодезии и картографии (А. П. Бородко).

В принятом на круглом столе решении поручено Исполни-

тельной дирекции ТАР к следующему заседанию Президиума правления:

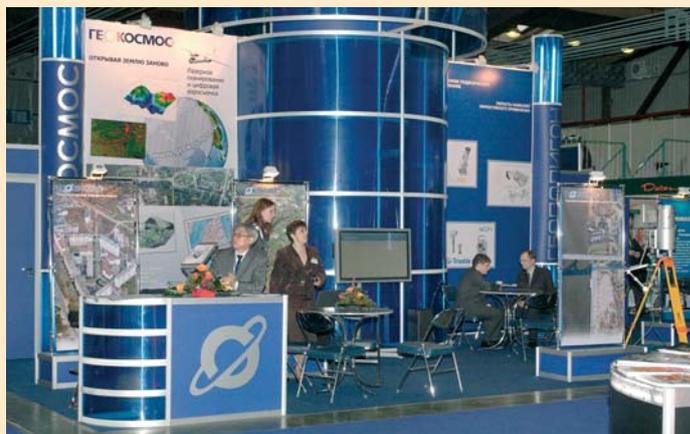
- выбрать из представленных тезисов несколько основных докладов для их опубликования в журнале «Метро и тоннели»;

- принять участие совместно с ведущими организациями в разработке и корректировке «Инструкции (регламента) по инженерно-геологическим и геофизическим работам для подземного строительства», а также «Инструкции по наблюдениям за сдвигами земной поверхности и расположенными на ней объектами при строительстве в Москве подземных сооружений».

За время работы выставки её посетило свыше 7000 специалистов, в том числе на «GeoTunnel» побывало около 1500 человек.

«Geoform+’2007» снова продемонстрировал новейшие разработки и технологии, появившиеся на георынке. Отразил тенденции развития отрасли, выявил и поставил на обсуждение наиболее актуальные из её вопросов. Посетители смогли лично ознакомиться с новинками, увидеть их в действии, получить исчерпывающую информацию, встретиться с непосредственными разработчиками, производителями и поставщиками продукции.

Международный промышленный форум сделал еще один шаг к тому, чтобы российская продукция в области геодезии, картографии, навигации и смежных отраслях была востребованной и конкурентоспособной на мировом рынке.



ИЖ ПроектСтрой

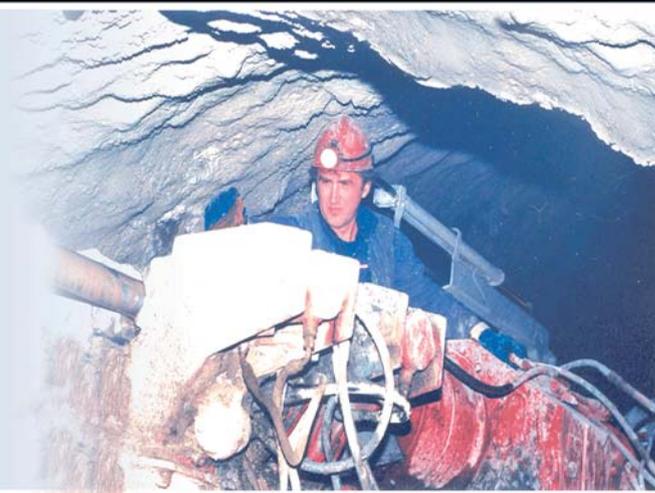
- Струйная цементация грунтов.
- Инъекционное закрепление трещиноватых скальных пород.
- Противофильтрационные завесы.
- Грунтовые анкера.
- Буровые сваи TITAN, MINIJET, CFA.

www.jet-grouting.ru

Тел.: (495) 253-02-75 e-mail: mvea@mail.ru

Представительство в Перми:

Тел./факс: (342) 219-61-03, 219-63-61, 293-14-05



ПРОГРЕССИВНЫЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ «МОНОФЛЕКС ФРЕНКЕЛЯ»

Руководителем компании ООО «НПК «Монофлекс Френкеля», кандидатом технических наук Френкелем Давидом Яковлевичем свыше 20 лет назад разработан гидроизоляционный материал «Монофлекс Френкеля» и технология его применения. Данный материал предназначен для чеканки стыков чугунных и железобетонных тоннельных обделок, а также для проведения контрольного нагнетания.

«Монофлекс Френкеля» на протяжении десятков лет широко используется для ремонта тоннельных сооружений на Минском, Санкт-Петербургском и Московском метрополитенах.

Применение материала «Монофлекс Френкеля» позволяет значительно повысить качество гидроизоляционных работ, увеличить в 3 раза производительность и сократить сроки их выполнения. Состояние осмотренных участков было хорошим. Об этом сви-

детельствуют нижеприводимые отзывы, справки и протоколы обследования состояния тоннельных обделок, где производились ремонтные работы по технологии «Монофлекс Френкеля». Положительные результаты говорят о необходимости дальнейшего внедрения данной технологии и гидроизоляционного материала «Монофлекс Френкеля», а также распространения его на других метрополитенах России и стран СНГ.

Материалы и технология «Монофлекс Френкеля» запатентованы Российской Федерацией, Беларуссией и США. Имеется полный комплект документации, Сертификаты соответствия, пожарной и экологической безопасности, Технологический Регламент, утвержденный Мосметростроем, Метрогипротрансом и Дирекцией строящегося метрополитена, а также Стандарт организации 2007 г.



Главный инженер Мосметростроя Б. И. Яцков (слева) и Д. Я. Френкель

ОТЗЫВ О РАБОТАХ, ПРОВЕДЕННЫХ ООО «НПК «МОНОФЛЕКС ФРЕНКЕЛЯ» ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

На протяжении 20 лет на различных объектах Московского метрополитена велись строительные работы с применением материалов и технологии «Монофлекс Френкеля» – вначале (1987–1997 гг.) в качестве экспериментального апробирования, а впоследствии осуществлялось более широкое их внедрение. При этом происходило усовершенствование самих материалов, отрабатывались технологические приемы и операции, внедрялось новое оборудование.

В настоящее время материалы и технология «Монофлекс Френкеля» используются на участке от ст. «Трубная» до ст. «Достоевская» Люблинско-Дмитровской линии СМУ-1, СМУ-3, СМУ-15, СМУ-6, Тоннельным отрядом № 6, Тоннельным отрядом № 40 и на ст. «Строгино» – ТО-2001.

Сегодня можно с уверенностью констатировать, что при обследовании состояния чеканки стыков обделки на перегонах станций «Киевская» – «Парк Победы» (ПК 46+75 – ПК 56+24), станций «Римская» – «Крестыанская застава» (ПК 44+94, левый путь) выявлено явное преимущество материала «Монофлекс Френкеля» в сравнении с ранее применяемым БУСом. Не обнаружено характерных выделов, отсутствуют деформации и протекания стыков в течение более десяти лет.

По технологии «Монофлекс Френкеля» выполнены были также гидроизоляция стыков, сборные железобетонные обделки, чугунные обделки, контрольные и уплотнительные нагнетания в заобделочное пространство, а также частичная замена заржавевших бол-

тов оригинальными приемами раскалывания гидравлическими инструментами на перегоне от станции «Трубная» до станции «Достоевская» (ППТ от ПК 35+77 до 36+52, ЛПТ ПК 28+48 до 25+90).

Учитывая огромные затраты времени и ручного труда на операции очистки стыков тубингов и поверхности их традиционными способами, следует особо отметить предложенный способ водопескоструйной очистки под высоким давлением, сокращающий время и трудоемкость процесса в десятки раз.

Крайне убедительна и эффективна предложенная замена свинцового шнура при стыковке чугунных тубингов, эксплуатирующихся в условиях особых нагрузок на припортальных участках и вблизи от вентиляционных сбоек на новое конструктивное решение, основанное на материале «Монофлекс Е» в сочетании с резиновыми и цементными материалами, которое обеспечивает надежные адгезионные характеристики к поверхности чугуна, демпферность и гидроизоляционную защиту.

Предложенный способ осушения тоннеля до нужной кондиции с применением уплотнительного нагнетания до обделку локальных водонасыщенных участков быстротвердеющего состава на безусадочном модифицированном цементе «Монофлекс Френкеля» должен найти самое широкое применение.

Главный инженер ОАО «Мосметрострой»

Б. И. Яцков

ОТЗЫВ НА РАБОТЫ, ВЫПОЛНЕННЫЕ СИЛАМИ ООО «НПК «МОНОФЛЕКС ФРЕНКЕЛЯ» ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛЮБЛИНСКО-ДМИТРОВСКОЙ ЛИНИИ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА ОТ СТАНЦИИ «ТРУБНАЯ» ДО СТАНЦИИ «ДОСТОЕВСКАЯ»

Утверждаю

Директор ООО «СМУ-3 Метростроя» **В. В. Сергиевский**

При строительстве Люблинско-Дмитровской линии Московского метрополитена от ст. «Трубная» до ст. «Достоевская» силами ООО «НПК «Монофлекс Френкеля» выполнены следующие работы:

- гидроизоляция стыков и отверстий сборной железобетонной обделки;
- перекладка, гидроизоляция стыков чугунной обделки;
- контрольное и уплотнительное нагнетание железобетонной и чугунной обделки.

Работы велись путем механизированной укладки с применением сжатого воздуха безусадочной смеси (торкрет-раствора) под давлением.

Предложенный ООО НПК «Монофлекс Френкеля» метод с использованием пескоструйных насосов высокого давления обеспечил высокую производительность очистки обделки, снизил трудоемкость подготовительных работ и значительно повысил культуру их производства.

Качество укладываемого торкрет-раствора («Монофлекс-А Френкеля» + «Монофлекс-Е Френкеля») определялось центральной лабораторией ОАО «Мосметрострой» и кафедрой химической технологии композиционных и вяжущих материалов РХТУ им. Д. И. Менделеева (акты испытаний прилагаются).

Контроль за качеством гидроизоляции и приемка выполненной работы осуществлялись инспектором Дирекции строящегося метрополитена, представителем администрации ООО «СМУ-3 Метростроя» и линейным инженерно-техническим работником участка шахты № 906.

В результате осмотра гидроизоляции стыков и отверстий на вышеупомянутых участках шахты № 906 и проведения гидростатических испытаний в соответствии с РСН 130-92 установлено, что материал не нарушен (сколы, трещины и другие видимые повреждения отсутствуют) и протечек нет.

Гидроизоляционные работы, выполненные по технологии «Монофлекс Френкеля», в 3 раза увеличивают производительность работ в сравнении с ранее применяемыми технологиями гидроизоляции стыков, превосходят их по качеству.

От дирекции строящегося метрополитена
От ООО «СМУ-3 Метростроя»
Начальник участка № 1
Ведущий сменный инженер

В. И. Жуков

А. К. Чижевский
А. И. Поливач

ПРОТОКОЛ ТЕХНИЧЕСКОГО СОВЕЩАНИЯ ПО ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕРИАЛА «МОНОФЛЕКС ФРЕНКЕЛЯ» ДЛЯ ЧЕКАНКИ ЧУГУННОЙ ОБДЕЛКИ БТП И ТПП-919 СТ. «СРЕТИНСКИЙ БУЛЬВАР» ЛЮБЛИНСКО-ДМИТРОВСКОЙ ЛИНИИ МЕТРОПОЛИТЕНА

г. Москва 15 декабря 2006 г.

Присутствовали:

От ДСМ
от ОАО «Метротранс»
от ОАО «Мосметрострой»
от ООО «НПО Монофлекс Френкеля»
от ООО «Тоннельного отряда № 6»

Бабушкин Н. Ф.
Барский Е. С.
Зайцев С. С.
Френкель Д. Я.
Макаревич Г. В.

На основании положительного опыта применения технологии «Монофлекс Френкеля» при чеканке стыков тоннельной обделки на

Арбатско-Покровской и Люблинско-Дмитровской линиях метрополитена и стандарта предприятия СТП 011-2000

Решили:

- произвести чеканку опытного участка 3-х тубингов лотковой части ТПП-919 от сопряжения с БТП на длину 30 п. м;
- провести испытание качества чеканочных работ на опытном участке;
- на основании полученных данных принять решение по применению технологии «Монофлекс Френкеля» при чеканке БТП и ТПП-919.

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНОЕ УПРАВЛЕНИЕ № 15 МЕТРОСТРОЯ» СПРАВКА

При строительстве перегонных тоннелей от ст. «Трубная» до ст. «Сретенский бульвар» возникла необходимость в ускорении гидроизоляционных работ железобетонной обделки. Для этого была использована гидроизоляция стыков и отверстий с применением технологии «Монофлекс». С сентября 2006 г. по февраль 2007 г. с помощью данного способа было зачеканено 130 п. м правого перегонного тоннеля (ПК 17+76—17+29) и 319 п. м в левом перегон-

ном тоннеле (ПК 17+70—14+57). Проведённое обследование выполненных работ показало высокое качество гидроизоляции. Темп работ доходил до 150 п. м обделки в месяц, что позволяет говорить о необходимости дальнейшего внедрения данного способа.

Главный инженер ООО «СМУ-15 Метростроя» **О. Г. Литовченко**

ПРОТОКОЛ ОБСЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ТОННЕЛЬНОЙ ОБДЕЛКИ С ЧЕКАНКОЙ СТЫКОВ ПО ТЕХНОЛОГИИ «МОНОФЛЕКС ФРЕНКЕЛЯ», ПРИМЕНЕННОЙ БОЛЕЕ 10 ЛЕТ НАЗАД

Утверждаю

Начальник ДСМ **Н. Ф. Бабушкин**

Для изучения состояния тоннельной обделки действующих линий Московского метрополитена, стыки которой при строительстве были герметизированы и укреплены материалом «Монофлекс Френкеля», комиссия обследовала участки Люблинско-Дмитровской линии на перегонах:

- ст. «Волжская» – ст. «Люблино» (ПК142+25 - ПК147+99);
- ст. «Римская» – ст. «Крестьянская застава» (ПК44+94, левый путь).

Работы производились в 1993–1995 гг. на унифицированной железобетонной обделке (типовые блоки 55М, 55Л, 55В) ТО-6 и СМУ-10 Мосметростроя, соответственно, в условиях мелкого и глубокого заложения. При этом на участке ст. «Римская» – ст. «Крестьянская застава» (ПК44+94, левый путь) торкретированием «Монофлекса» производился ремонт чеканки БУСом.

Обследование не выявило каких-либо деформаций и протечек на стыках обделки. Следов ремонта не обнаружено. «Высолов» мало, все старые, сухие. Количество их меньше, чем на участках такой же протяженности с классическим типом чеканки.

На основе обследования можно сделать общий вывод о том, что применённые на участке протяжённостью более 500 м технология чеканки механизированным способом и материал «Монофлекс Френкеля» для железобетонной обделки тоннелей, при временной составляющей более 10 лет показали себя хорошо.

Потапов Г. В. (ДСМ)

Головань Н. («Метрогипротранс»)

Френкель Д. Я. («Монофлекс»)

Шахлевич В. Е. («Монофлекс»)

Транспортное коммунальное унитарное предприятие
МИНСКТРАНС

ОТЗЫВ НА ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИИ «МОНОФЛЕКС ФРЕНКЕЛЯ» ПО ГИДРОИЗОЛЯЦИИ СТЫКОВ ЧУГУННЫХ ОБДЕЛОК МИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

На протяжении около 20-ти лет при строительстве Минского метрополитена с продолжительным экономическим и техническим эффектом для гидроизоляции стыков железобетонной и чугунной обделки закрытого способа работ, в т. ч. на припортовых участках тоннеля, на участках вблизи вентиляционных сбоек, а также подверженным температурно-осадочным деформациям, применяются материалы и технологии работ «Монофлекс Френкеля».

Применяемая технология значительно сокращает сроки выполнения работ по гидроизоляции и характеризуется высокими эксплуатационными качествами. Стыки чугунных обделок, в том числе стыки притоннельных участков и в районе вентсбок, гидроизо-

лировались по технологии «Монофлекс Френкеля» и на протяжении многих лет показали хорошие эксплуатационные характеристики: отсутствие в стыках водопроявлений, трещин, сколов и других повреждений.

Учитывая высокие эксплуатационные показатели данной технологии, Минский метрополитен рекомендует применять ее при строительстве метрополитенов.

Начальник УП «Минский метрополитен»

Начальник УП «Минскметрострой»

Директор ОАО «Минскметропроект»

Н. Т. Андреев

А. Г. Серегин

В. В. Чеканов

НИКОЛАЮ АЛЕКСАНДРОВИЧУ ПОЛИЩУКУ 70 ЛЕТ



Вице-президенту Группы компаний «Трансстрой» Николаю Александровичу Полищуку – 70 лет. Он родился 7 мая 1937 г. в г. Кагарлык Киевской области. В 1959 г. окончил строительный факультет Ростовского института инженеров железнодорожного транспорта по специальности инженер-механик. Работал механиком, главным механиком, главным инженером, начальником СМП-306 (г. Джамбул). С 1968 г. – главный

инженер треста «Целинтрансстрой», а с 1975 г. – управляющий трестом «Оренбургтрансстрой».

Н. А. Полищук непосредственно участвовал в сооружении вторых путей Целиноград – Павлодар. Возглавлял строительство новых железнодорожных линий Оренбург – Мурапталово, Погромное – Пугачевск, электрификацию железной дороги Оренбург – Орск. Руководил возведением вокзалов, аэропортов, общественных, культурных и спортивных сооружений в Целинограде, Оренбурге, Актюбинске, Уральске, Бузулуке.

Именно на этих стройках сформировались важнейшие черты характера Николая Александровича: преданность делу, дисциплина и добросовестное отношение к труду, интерес к новшествам. Эти собранные воедино качества во многом предопределили его дальнейшую производственную биографию: назначение на должности заместителя начальника – главного инженера Главжелездорстроя Казахстана и Средней Азии Минтрансстроя (1980–1988 гг.), заместителя начальника, а затем начальника Главного научно-технического управления – члена коллегии министерства (1988–1991 гг.).

В 1991 г. Н. А. Полищук возглавил Научно-технический центр Корпорации «Транс-

строй», созданной на базе структур Минтрансстроя. С 1997 по 2005 г. – ее вице-президент. После реорганизации Корпорации (май 2005 г.) становится вице-президентом Группы компаний «Трансстрой». В этот период под его руководством решаются сложные вопросы научно-технического развития транспортного строительства, уделяется большое внимание обновлению нормативно-технической документации, разработана и внедрена система научно-технического сопровождения строек, обеспечивающая высокие показатели строительно-монтажных работ.

Н. А. Полищук награжден орденом «Дружбы народов» и тремя медалями СССР, орденом Почета РФ и медалью «В память 850-летия Москвы», знаком «Ветеран транспортного строительства». Заслуженный строитель Российской Федерации. Дважды лауреат премии Совета Министров СССР. Почетный строитель России. Почетный строитель Москвы. Почетный гражданин г. Киева. Почетный работник транспорта России. Почетный транспортный строитель.

Тоннельная ассоциация России и редакция журнала «Метро и тоннели» поздравляют Николая Александровича с юбилеем и желают ему здоровья, долголетия и успехов во всех его начинаниях.

ЮРИЮ АНАТОЛЬЕВИЧУ КОШЕЛЕВУ ИСПОЛНИЛОСЬ 80 ЛЕТ



Ю. А. Кошелев родился 4 апреля 1927 г. в Рязани в бедной семье. После восьмилетки поступил в железнодорожный техникум и стал обладателем первого красного диплома. Второй – инженера путей сообщения по мостам и тоннелям он получил в 1951 г. в МИИТе.

В феврале 1952 г. Кошелев уже на берегу мыса Лазарева, на проходке тоннеля под проливом Невельского. Там он поработал старшим лаборантом, старшим прорабом Строительства № 6 МПС.

После смерти Сталина Верховный Совет страны в трехдневный срок ликвидировал стройку, распустив вольнонаемных специалистов. Так семья Кошелевых оказалась в Москве.

В октябре 1953 г. Ю. А. Кошелева зачислили в Метрострой. Непродолжительное время он был руководителем радиуса, заместителем начальника производственного отдела Управления. Вскоре Герой Социалистического труда И. А. Яцков пригласил Юрия Анатолевича главным инженером в СМУ-1 (переименованное затем в ТО-6). И там он трудился целых девять лет. Руководил строительством станций «Фрунзенская», радиальная «Таганская», правобережного вестибюля «Ленинских гор» и многих других сложных объектов.

В 1967 г. первый министр транспортного строительства Е. Ф. Кожевников назначает его главным инженером Главтоннельметростроя Минтрансстроя. А в 1972 г., после кончины В. Д. Полежаева, другой кандидатуры на должность начальника Московского метростроя даже не рассматривалось. С 1976 по 1986 г. он снова в Главтоннельметрострое, но уже на его высшей ступеньке. Юрий Анатолевич принимал самое активное участие в выработке технической политики строительства тоннелей, во внедрении последних достижений науки и техники, в поисках нестандартных выходов из «нештатных» ситуаций. В 1976 г. за внедрение новой техники на строительстве линий Московского метрополитена Кошелеву присвоено звание Героя Социалистического труда.

Большой вклад внес Юрий Анатолевич в создание подземных сооружений для Академии Наук, тоннелей БАМа, среди них – крупнейшего Северомуйского,



Указом Президента Российской Федерации 1 марта 2007 г. первому заместителю председателя Тоннельной ассоциации России Власову Сергею Николаевичу присвоено почетное звание «Заслуженный строитель Российской Федерации».

Коллектив ТАР и редакция журнала «Метро и тоннели» сердечно поздравляет Сергея Николаевича с присвоением этого почетного звания.

в строительстве большого числа тоннелей в Закавказье, в том числе Рикотского, соединяющего Восточную и Западную Грузию, в Армении, на трассе Раздан – Иджеван, в расширении сети метрополитенов страны с 6 до 14.

С 1986 г. по 1999 г. Кошелев вновь начальник Московского метростроя.

Тоннельная ассоциация России и редакция журнала «Метро и тоннели» поздравляют юбиляра и желают ему здоровья, благополучия и еще долгих лет жизни.

СМУ-158 ОАО «ТРАНСИНЖСТРОЙ» – 50 ЛЕТ

В. И. Грибов, начальник СМУ-158

В далеком 1957 г. в составе Управления строительства (ныне ОАО «Трансинжстрой») была образована монтажная организация, которой поручалось изготовление металлических конструкций, механизмов и изделий для ведения строительных и проходческих работ, а также монтаж проходческого оборудования, насосных станций, компрессорных для обеспечения строек сжатым воздухом, временных дизельных электростанций, трансформаторных подстанций, прокладка кабельных сетей и др.

В процессе строительства значительно возрастает объем работ по монтажу технологического оборудования, систем вентиляции, трубопроводов и электротехнических устройств. Организация, изначально призванная к выполнению сопутствующих строительного-монтажных процессов, перерастает в крупное специализированное Строительно-монтажное управление № 158, имеющее в своем составе электро- и механомонтажные участки, промышленную базу (участок № 5) с современными цехами, оснащенными металлообрабатывающими станками, кузнечным оборудованием, сварочным оборудованием, вальцами, кромогибочными станками, пресс-ножницами и т. д., а так же подъемными механизмами, мостовыми и козловыми кранами грузоподъемностью от 5 до 30 т.

Номенклатура изделий, выпускаемых участком № 5 СМУ-158, составляет сотни наименований, начиная от комплектации тубинговых болтов сферическими асбобитумными шайбами до изготовления шахтных клетей, укладчиков, опрокидывателей и другого оборудования для метрополитестроения, а также десятки типов и размеров армоблоков. Цехами СМУ-158 для возведения станции «Парк Победы» (тоннелей и вентшахт) Арбатско-Покровской линии Московского метрополитена

в рекордно сжатые сроки было изготовлено свыше 2 тыс. т армоблоков, колонн и других изделий. Более 40 лет участком производились все марки и типы затворов для метрополитенов Москвы, Санкт-Петербурга, Нижнего Новгорода, Екатеринбург, Новосибирска и других городов бывшего СССР.

После его распада значительно сократились капвложения в метростроение и, как следствие, значительно уменьшился спрос на изделия. В этот тяжелый период важнейшей задачей для руководства ОАО «Трансинжстрой» и СМУ-158 стало сохранение коллектива инженеров и рабочих и производственной базы. Но в последнее время внимание властей к метростроению изменилось к лучшему. СМУ-158 совместно с другими подразделениями ОАО «Трансинжстрой» в 2003 г. сдали в эксплуатацию ст. «Парк Победы» и перегон «Киевская» – «Парк Победы». В настоящее время ведутся интенсивные работы по сдаче в 2007 г. участка от ст. «Парк Победы» до ст. «Строгино». В связи с этим возросли объем и номенклатура изделий, необходимых для выполнения поставленных задач. В текущем году требуется изготовить более 80 комплектов затворов и клапанов, начиная с мощных перегонных затворов и кончая вентиляционными, произвести и смонтировать более 4 тыс. т металлоконструкций.

Следует вспомнить и выразить глубокую благодарность людям, которые зарождали производственную базу СМУ-158 (нач. СМУ Осколков В. Н., гл. инженер Новиков В. М.), расширили и модернизировали её, построив собственными силами главный корпус, оснащенный современным оборудованием и механизмами (нач. СМУ Рябцев В. Ф., гл. инженер Ермаков А. И., гл. технолог Карпета И. Е.), расширили номенклатуру выпускаемых изделий, увеличивали объем и количество новых эксклюзивных изделий и оборудования (нач. СМУ Грибов В. И., гл. инженер Разинков В. А., нач. участка Бокарев В. С.).

Все это позволило и дает возможность в настоящее время изготавливать на площадках производственной базы практически все необходимое оборудование и металлоконструкции для строительства новых и реконструкции действующих линий метрополитена (затворы, клетки, механизированные опалубки, эректоры, БМ, АМБ, МЖБ, м/к старта, проходческие комплексы и множество других изделий).

Другая задача, стоящая перед коллективом СМУ-158 – это организация механо- и электро-монтажа на строительных площадках ОАО «Трансинжстрой», реконструкция действующих линий и вентиляционных шахт метрополитена.

Для успешного выполнения этой задачи и все возрастающего объема электро- и механомонтажных работ на метростроении, гражданском и промышленном строительстве, увеличивается численный состав и количество монтажных участков. С целью оперативного руководства, каждому из них поручается выполнение всего комплекса работ на одном из СМУ ОАО «Трансинжстрой».

Передвижная механизированная опалубка для станции «Строгино»



Хочется, хотя бы кратко, осветить путь монтажников СМУ-158 за этот полувековой отрезок времени. Так, в 1-м и 7-м микрорайонах г. Одинцово смонтированы крупные тепловые станции, электроподстанции и ЦТП с разводящими тепловыми и электросетями; проложен многокилометровый водовод диаметром 800 мм от Рублевского водохранилища для обеспечения гарантированного водоснабжения г. Одинцово; выполнены электро-монтажные и сантехнические работы при сооружении больничных корпусов Медсанчасти № 123, комплекса общежитий, профилактория «Липки», в том числе с монтажом ЦТП, ТП и станции с тепловыми и электросетями, смонтировано оборудование комплекса сооружений Промбазы для Управления механизации, в том числе бетоносмесительное отделение, склад цемента и инертных материалов, компрессорная, мощная котельная, электроподстанция и другие технологические цеха. При сооружении пересадочного узла на станциях «Киевская» Кольцевой, Арбатско-Покровской и Филевской линий выполнен большой объем работ по установке эскалаторов, затворов, зонта наклонного хода, санитарно-технических устройств и др. Произведен комплекс санитарно-технических, механо- и электромонтажных работ, включая прокладку высоковольтных и низковольтных кабелей, а также кабелей постоянного тока и освещения при сооружении ст. «Баррикадная» и «Улица 1905 года» с перегонами на участке Таганско-Краснопресненской линии. При возведении ст. «Крылатское» Филевской линии специалисты СМУ-158 смонтировали армоблочную обделку камеры съездов, установили скульптурную группу при архитектурном оформлении станции, произвели демонтаж кранового оборудования передвижных опалубок.

Изготовлены с высоким качеством уникальные конструкции Ледового дворца спорта в г. Одинцово. Для производства металлических ферм перекрытия пролетом $L=46$ м были применены металлические трубы вместо традиционного проката, что, по мнению главного архитектора г. Одинцово, дало более цельное эстетическое восприятие зала, а с точки зрения изготовления это значительно усложнило работу и явилось своего рода проверкой на профессионализм руководителей, конструкторов и рабочих. Экзамен был сдан «на отлично».

Специалисты СМУ-158 рассчитали, обосновали и применили «блочный» монтаж металлических ферм $L=46$ м. Это значит, что одновременно осуществлялся монтаж блока размером 46×12 м в составе двух ферм $L=46$ м со всеми промежуточными связями и конструкциями. Монтаж велся на высоту 20 м двумя кранами. Вся операция занимала не более 35 мин, не смотря на сложный узел сопряжения ферм с колоннами. Ледовый дворец стал украшением г. Одинцово и памятником профессионализму рабочих и инженеров СМУ-158 в содружестве с СЭУ, выполняющего комплекс строительных работ.

В предпусковой период при сооружении станции «Парк победы» Арбатско-Покровской линии монтажными (начальники Вириякин В. К., Пузанов В. Н.) и электромонтажным участками (начальник Слепов М. М.) в крайне сжатые сроки смонтировано более 1000 т металлоконструкций вестибюля станции и пешеходного перехода, установлены и запущены станционные вентиляторы ВОВД 24, затворы, вентиляционные клапаны, проложены километры трубопроводов.



Контрольная сборка АМБ для ст. «Парк Победы»

В настоящее время монтажники СМУ-158 в тесном содружестве с другими подразделениями ОАО «Трансинжстрой» ударно трудятся на Строгинско-Митинской линии Мосметрополитена с тем, чтобы завершить все работы в декабре 2007 г. и пустить поезда до ст. «Строгино». Участки Бокарева В. С., Пузанова В. Н., Вириякина В. К., Слепова М. М., Котельникова Г. А. осуществляли изготовление и монтаж м/к старта и оборудования проходческого комплекса «Херренкнехт» на ст. «Кунцево». В том, что СМУ-162 при проходке тоннеля установило рекорд 635 м/мес, есть и значительная доля труда работников СМУ-158. В апреле-мае 2007 г. оно выполнило демонтаж проходческого комплекса, транспортировку и повторную его сборку на ст. «Кунцево» для проходки левого тоннеля. И здесь не обошлось без высокой квалификации и опыта инженеров и рабочих СМУ-158, которым были поручены наиболее ответственные работы установки кран для демонтажа, резка и последующая сварка ротора и др. На шахте 463а (генподрядчик СМУ-162) необходимо было изготовить и смонтировать металлоконструкции стартового стакана, а также произвести монтаж оборудования комплекса фирмы «Херренкнехт» для про-

Цех металлообработки





Ледовый дворец в г. Одинцово Московской области

ходки ствола, причем требовалось выполнить качественно и в сжатые сроки. И здесь специалисты СМУ-158 оказались в первых рядах, т. к. эта ответственная работа была поручена им.

На ст. «Строгино» (генподрядчик СМУ-155) для бетонирования сводовой части необходимо было запроектировать, изготовить и смонтировать механизированную передвижную опалубку, имеющую площадь свода, которой еще на Московском метрополитене не было. И эта задача была успешно решена. По проекту МГТ участок № 5 СМУ-158 изготовил опалубку, а № 6 смонтировал её на ст. «Строгино» и сдал в эксплуатацию. Результат – СМУ-155 в сжатые сроки забетонировало сводовую часть станции.

Наряду со строительством новых станций и линий, руководство Московского метрополитена обратилось к ОАО «Трансинжстрой» с просьбой произвести усиление и реконструкцию перегонных тоннелей и вентиляционных шахт на действующих линиях. Реконструкция отделки представляет собой наиболее сложную задачу, так как связана с необходимостью проведения работ в действующем тоннеле в ночное время в «окно», при этом в непосредственной близости от кабельных линий, линий связи, контактного рельса и других устройств.

Вести эти работы руководство Управления ОАО «Трансинжстрой» поручило СМУ-158, имеющему опыт и технические возможности для их выполнения. Впервые в практике СМУ в таких условиях произвело реконструкцию двух участков на перегоне «Шоссе Энтузиастов» – «Перово» Калининской линии и в настоящее время ведет усиление третьего и четвертого участков.

Для Московского метрополитена проблема предотвращения течи в вентиляционных шахтах имеет особую остроту, поскольку сеть его тоннелей оснащена сотнями вентиляционных стволов и их эксплуатация сопровождается непрерывным ремонтом гидроизоляции в крайне опасных и тяжелых условиях.

Проектная документация на реконструкцию вентиляционных шахт Московского метрополитена разрабатывается ООО «Метро-Стиль». К настоящему времени закончена реконструкция 23 шахт, ко-

торые успешно эксплуатируются, и начата вентиляция № 424, в процессе которой возникла проблема с подавлением шума при работе вентиляции. Специалистами СМУ-158 совместно с инженерами ОАО «Трансинжстрой», ООО «Метро-Стиль» и электромеханической службой Мосметрополитена после консультаций с сотрудниками Научно-исследовательского института строительных материалов (НИИСФ) Российской академии архитектуры и проведения испытаний научно-исследовательским институтом АО ЦНИИС, была создана и внедрена «Система глушения шума подземных выработок», на что получен патент на изобретение № 2197618 (патентообладатель ОАО «Трансинжстрой»). В процессе реконструкции вентиляционных шахт силами СМУ-158 смонтировано более 20 шумопоглощающих установок. Системы шумоглушения ОАО «Трансинжстрой» применены также в вентиляционных камерах при строительстве 3-го транспортного кольца в месте пересечения с Ленинским проспектом.

В настоящее время при разработке вентиляционных шахт институтом «Метротранс» и ООО «Метро-Стиль» в проектах предусматривается данное устройство шумоглушения.

В короткой статье трудно перечислить, тем более описать, тот громадный объем выполненных за 50 лет сложных работ, подчас уникальных, строительных-монтажных работ, в которых участвовали коллективы бригад: Пекина И. С., Вишневого Л. П., Кузнецова А. А., Барина А. С., Мифтахутдинова А. А., Козлова А. А., Русова С. М., Ревякина Н. И., Алешина П. К., Мишечкина А. С., Сорокина В. Н., Миронова П. А., Дегтева В. П., Гурьянова А. А., Трофимова Е. А., Сударева В. В., Беседина Н. В., Мартынюкова В. А., Грачева И. М., Папихина В. А.; инженерно-технические работники – Грыжина Ю. А., Болотникова И. И., Новикова П. С., Зобова Ю. А., Карпета И. Е.; участки, возглавляемые в разное время Ковалевым В. Ф., Трубиным Е. Я., Лемаевым И. С., Фокиным М. Д., Нефедовым В. П., Бирюковым Ф. М., Лесниковым Н. И., Суворовым А. А., Галаевым И. Г., Ширяевым А. А., Ручкиным В. С., Тимоновым В. М., Макаровым В. В., Толосовым П. Н.; инженерно-технические работники и служащие аппарата управления СМУ-158 – Новиков В. М., Кирдин В. В., Подвигин А. Д., Ермаков А. И. Руководителями (в разное время) были заслуженные строители – Осолоков В. Н., Рябцев В. Ф., Еркалов Г. В. За свой труд многие рабочие и инженерно-технические работники СМУ-158 удостоены высоких государственных наград и почетных званий. Славную эстафету от старшего поколения продолжает новое поколение рабочих и ИТР, которые и сегодня несут трудовую вахту, с честью выполняют поставленные задачи. Это коллективы участков Бокарева В. С., Пузанова В. Н., Вирыкина В. К., Слепова М. М., Котельникова Г. А., руководящий состав СМУ-158 – Соколов А. Л., Разинков В. А., Смирнов О. В., Мельников М. А., Горбатов В. Д., Федосов А. А., Яковлев В. А., Кудряшов В. Б., Карягин Ю. В., Харламова Л. Н., Шемонаева Т. П.

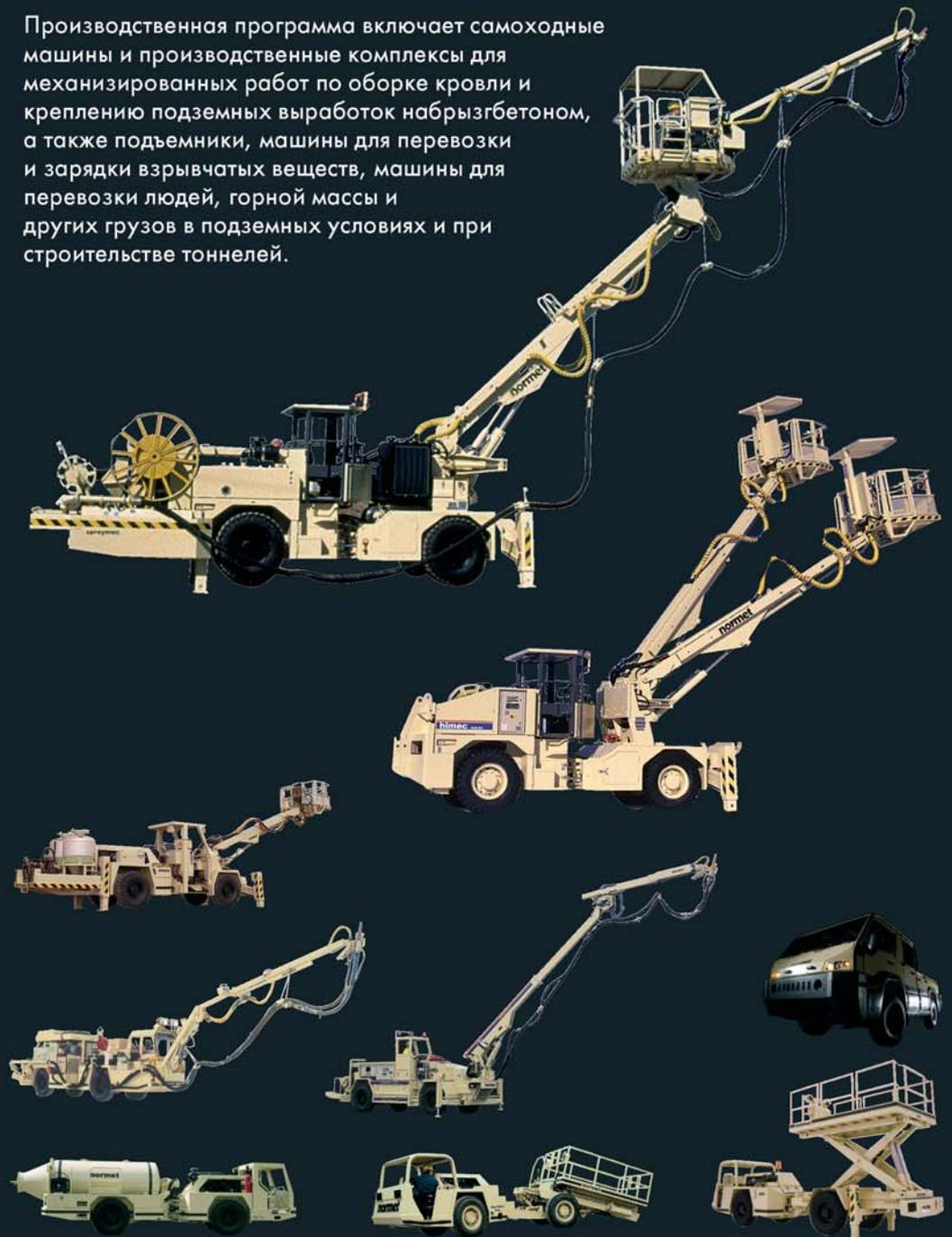
Специалисты СМУ-158 заслуженно пользуются большим авторитетом среди строительных организаций, заказчиков, проектных организаций, руководства ОАО «Трансинжстрой» и метрополитена и занимают достойное место в составе славного коллектива строителей ОАО «Трансинжстрой».



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

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

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

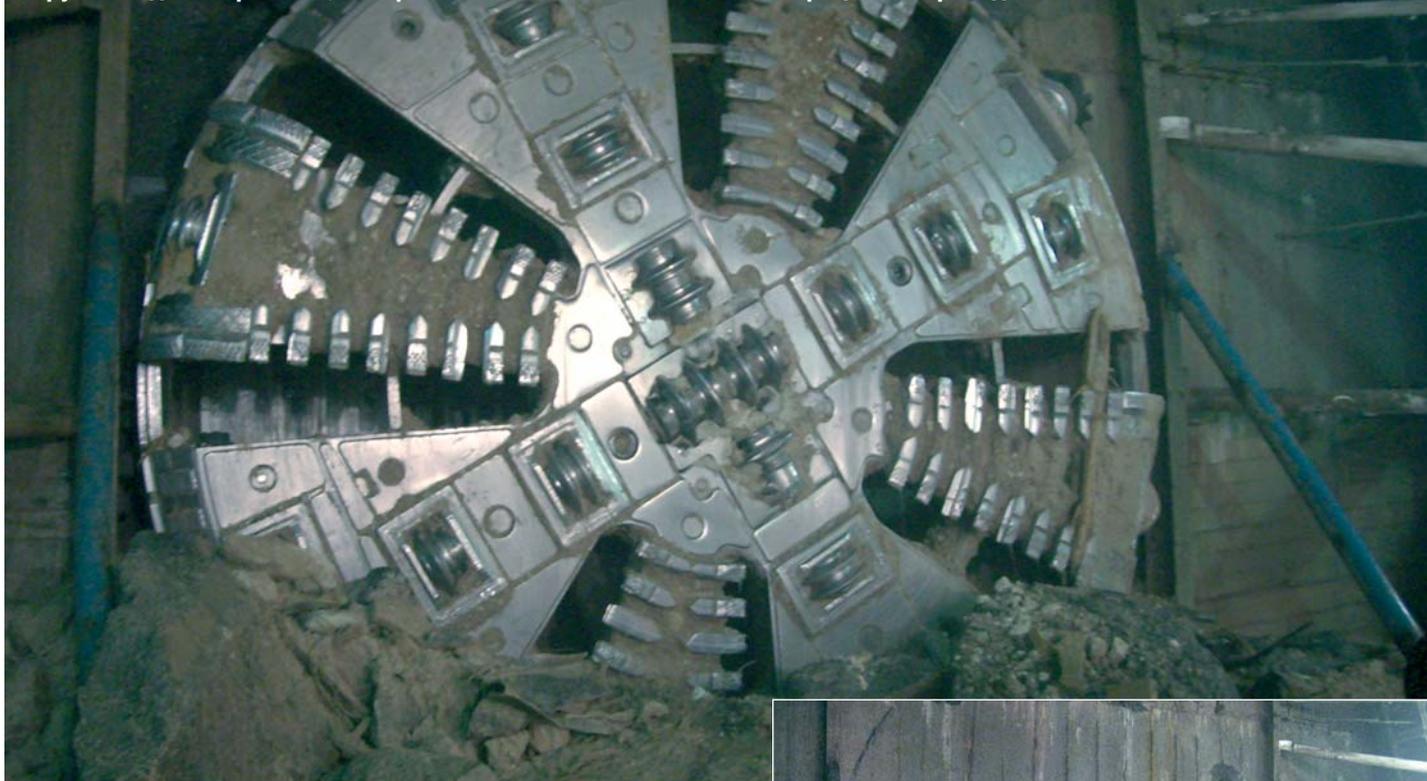


Представитель в Российской Федерации:
ООО «Интертехсервис», 119270, Москва, Фрунзенская наб., 50-509
тел. (495) 242 00 13, (495) 248 19 34, факс (495) 242 04 23

ТРАНСИНЖСТРОЙ ЗАВЕРШИЛ ПРОХОДКУ ПЕРВОГО ТОННЕЛЯ НА МИТИНСКО-СТРОГИНСКОЙ ЛИНИИ

С. Г. Елгаев, генеральный директор ОАО «Трансинжстрой», к. т. н., лауреат Государственной премии

26 марта 2007 г. тоннелепроходческий механизированный комплекс фирмы «Херренкнехт» EPB S-328 «Светлана» успешно завершил проходку 2932-х м и вышел в подземную монтажную камеру. Это знаменательное событие состоялось благодаря совместным усилиям и напряженной работе всего коллектива ОАО «Трансинжстрой» с участием специалистов «Herrenknecht AG», Дирекции строящегося метрополитена, ОАО «Метрогипротранс», НИЦ «Тоннели и метрополитены», ОАО «Моспромжелезобетон» и ЗАО «Интертрансстрой», которыми в процессе реализации проекта были решены сложные задачи конструирования и изготовления тоннелепроходческого комплекса и обделок тоннеля наружным диаметром 6 м, совершенствования технологических процессов проходки.



Всего около восьми месяцев потребовалось коллективу СМУ-161 ОАО «Трансинжстрой», возглавляемому начальником Михаилом Ильичем Алейником, для сооружения правого перегонного тоннеля на участке Митинско-Строгинской линии Московского метрополитена от станции «Парк Победы» до станции «Кунцевская»

Сложная градостроительная ситуация по трассе тоннеля и крайне сжатые директивные сроки строительства обусловили необходимость применения и максимального использования ТПМК. Проходка тоннеля протяженностью около 1600 м велась на мелком заложении от ст. «Кунцевская», включая участок в пределах ст. «Славянский бульвар», и затем на переходе к глубокому заложению длиной около 1400 м.

На переходном участке геологическое строение породного массива было весьма разнообразным: тоннель пересекал отложения четвертичного, юрского и каменноугольного возрастов, представленные водонасыщенными супесями, тугопластичными суглинками, твердыми карбонатными глина-

ми и трещиноватыми известняками средней прочности.

С удовлетворением можно констатировать, что выбранная изначально схема грунтопригрузки забоя в этих сложных условиях себя вполне оправдала. Увеличение протяженности сооружаемого тоннеля благодаря сквозному проходу ТПМК через станцию «Славянский бульвар» повысило эффективность механизированной проходки и позволило сократить сроки строительства.

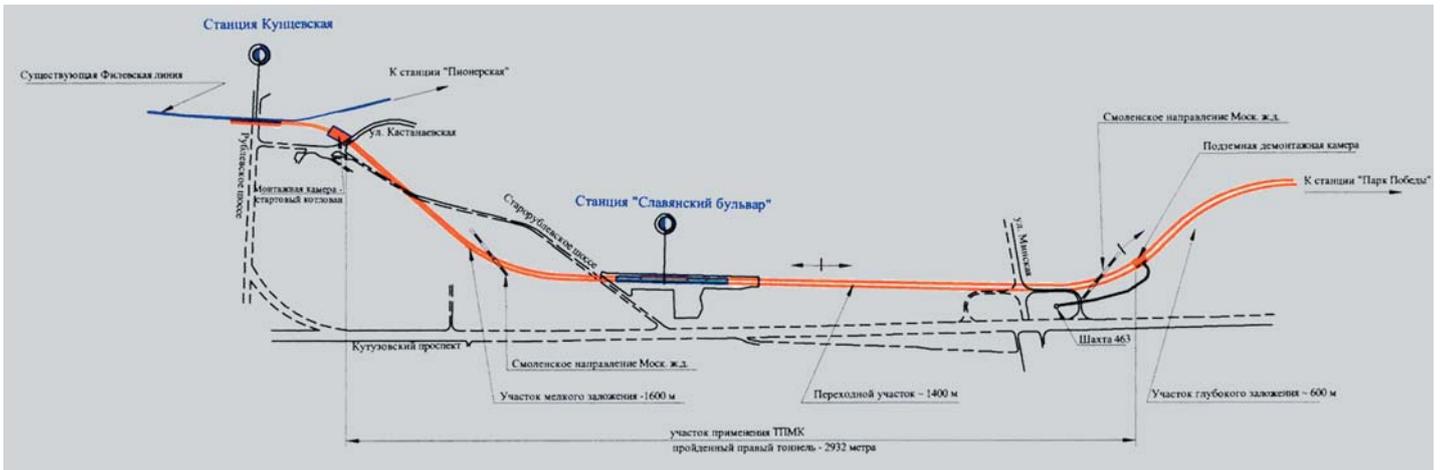
Выбранная при заказе оборудования оптимальная комбинация режущих инструментов на роторе позволила успешно обеспечить максимальную скорость резания породы на всех участках трассы. Можно в связи с этим отметить одну частности. При проходке в тугопластичных суглинках из-за налипания их



Памятное фото о сбойке: А. Г. Маноюков, С. Г. Елгаев (Трансинжстрой), М. И. Алейник (СМУ-164 Трансинжстрой)

на режущую плоскость могла возникнуть необходимость остановки комплекса для очистки режущих инструментов. Поэтому приходилось дополнительно подбирать различные компоненты к пенообразователю для эффективного кондиционирования разрабатываемой породы в грунтовой камере ТПМК.

Данные постоянного мониторинга за состоянием дневной поверхности и ответ-



Участок Митинско-Строгинской линии, пройденный коллективом ОАО «Трансинжстрой»

ственных инженерных сооружений вдоль трассы тоннеля, проводимого по заказу Дирекции строящегося метрополитена специалистами «КИПС-2», показали отличные результаты. Была успешно решена задача сохранения дневной поверхности и близлежащей телефонной канализации при старте ТПМК из монтажной камеры с малым заглублением путем выполнения пригруза поверхности – отсыпки по трассе грунтовой насыпи. Так же была обеспечена безосадочная проходка под дважды пересекаемыми железнодорожными путями Смоленского направления.

В настоящее время ТПМК находится в подземной демонтажной камере, размеры которой впечатляют даже бывалых метростроителей. Габариты подковообразного сечения камеры обусловлены необходимостью установки порталного крана и равны: ширина – 13,3 м, высота – 9,8 м.

Творческий инженерный подход к подбору конструкции тоннелепроходческого комплекса, схемы активного пригруза забоя, смелое и оправданное решение по применению конвейерного транспорта выдачи разработанной породы позволили не только достигнуть стабильных результатов при проходке перегонного тоннеля – свыше 500 м в месяц, но и получить запланированную прибыль. Максимальная суточная скорость проходки составила 30,8 м.

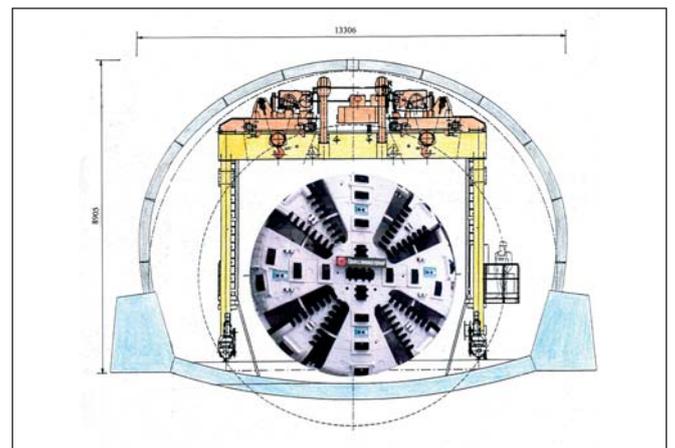
Сегодня перед коллективом ОАО «Трансинжстрой» стоят новые задачи – уже в начале июня ТПМК «Светлана» должен приступить к сооружению левого тоннеля протяженностью 1113 м на участке от ст. «Кунцевская» до ст. «Славянский бульвар». Для этого необходимо за два месяца, в соответствии с жестким графиком, освободить пройденный перегон от конструкций тоннельного транспортера, людского мостика, коммуникационных трубопроводов; разобрать комплекс на части транспортных размеров и доставить их в уже подготовленную монтажную камеру; смонтировать ТПМК и произвести санацию всех узлов и механизмов. С этой целью предусмотрена возможность разборки комплекса на элементы, габариты которых позволили бы транспортировать их по пройденному тоннелю в исходное положение – в стартовый котлован.



Первые метры проходки. Монтаж тоннельного ленточного конвейера

В демонтажной камере уже смонтирован кран RWS5 порталного типа фирмы «JOSEPH PARIS», который способен перемещаться по рельсовым путям вдоль камеры, и снабжен двумя подъемными механизмами: главным – с двумя крюками грузоподъемностью 300 кН каждый и вспомогательным – грузоподъемностью 150 кН. Портальный кран будет использоваться на демонтаже ротора, оболочки, шнека, эректора и щита, а также при погрузке элементов проходческой машины на транспортные тележки.

Параллельно с её разборкой будут демонтированы и доставлены по тоннелю в монтажную камеру на специальных приспособлениях шесть технологических тележек ТПМК, магазин для сегментов обделки и технологический мост. В последнюю очередь будут вывезены из демонтажной камеры крупногабаритные детали проходческой машины.



Портальный кран в демонтажной камере

Полученный опыт сооружения перегонного тоннеля позволяет сделать вывод об эффективности применения ТПМК в московских инженерно-геологических условиях и возможности достижения устойчивой среднемесячной скорости не менее 500 м при четкой организации основных и вспомогательных операций проходческого цикла.

Нет сомнений, что при строительстве левого тоннеля результаты будут такими же успешными.



ЕКАТЕРИНБУРГСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН: ПРОХОДКА ТОННЕЛЕЙ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

А. А. Красноборов, ООО «Метрострой-ПТС»

Одной из проблем подземного строительства метрополитена является сооружения тоннелей в сложных горно-геологических условиях. Инновационные технологии проходки тоннелей современными механизированными щитами вместе с экономичностью и высокой производительностью позволяют значительно снизить риски в условиях плотной городской застройки и развитой инфраструктуры.



ТПМК «ВИРТ» успешно завершил проходку правого перегонного тоннеля, февраль 2007 г.

В настоящее время в г. Екатеринбурге осуществляется строительство тоннелей на продолжении 1-й линии метрополитена между станциями «Геологическая», «Бажовская», «Чкаловская» и «Ботаническая» протяжённостью 3900 м в чугунной обделке диаметром 5,5/5,1 м. По трассе залегают преимущественно скальные породы, но встречаются небольшие участки слабых, неустойчивых и обводнённых грунтов.

К началу 2007 г. тоннелепроходческим комплексом фирмы «WIRTH» сооружено 3080 м левого перегонного тоннеля со средней скоростью 100 м/мес, проходка буровзрывным способом правого составила 1080 м, в связи с отсутствием второго аналогичного комплекса. Отставание может быть ликвидировано с началом работы ТПМК фирмы «HERRENKNECHT» уже в этом году.

Сбойка правого перегонного тоннеля в феврале 2007 г. стала завершением строительства перегона «Геологическая» – «Бажов-

ская». На рис. 1 показан неблагоприятный его участок с залеганием в скальных грунтах «кармана» выветривания протяжённостью 250–300 м, заполненного элювиальными суглинками и супесями. До начала работ благодаря водопонижению удалось снизить уровень грунтовых вод ниже лотка тоннелей. Исключение составил интервал в 30–50 м, где глинистые грунты в водонасыщенном состоянии имеют плавунные свойства и находятся в режиме постоянной подпитки из реки Монастырка. С целью обеспечения безопасной проходки в таких сложных горных условиях были использованы современные специальные способы.

ТПМК фирмы «WIRTH» при пересечении опасного участка по левому перегонному тоннелю в полной мере обеспечил необходимые требования безопасности, высокую скорость и снижение трудоёмкости работ. Только при выходе щита из слабых пород в скальные произошёл излишний перебор

грунта из забоя, в результате чего возникли локальные просадки дневной поверхности в пределах стройплощадки. Причинами потери управления горным давлением явились следующие факторы:

- отсутствие информации о точном положении и направлении контакта слабых и скальных пород;
- наличие крутопадающего контакта, по которому произошло сползание в забой водонасыщенных глинистых грунтов;
- острый угол атаки (12 градусов) рабочего органа щита к плоскости контакта скального грунта;
- ненадлежащий контроль объёма выпускаемой породы из ротора щита.

На сооружении сложного участка правого перегона частично использовали механизированный щит КМ-34. При этом учитывался опыт проходки левого тоннеля. С целью повышения устойчивости пород предварительно в водонасыщенных глинистых грунтах

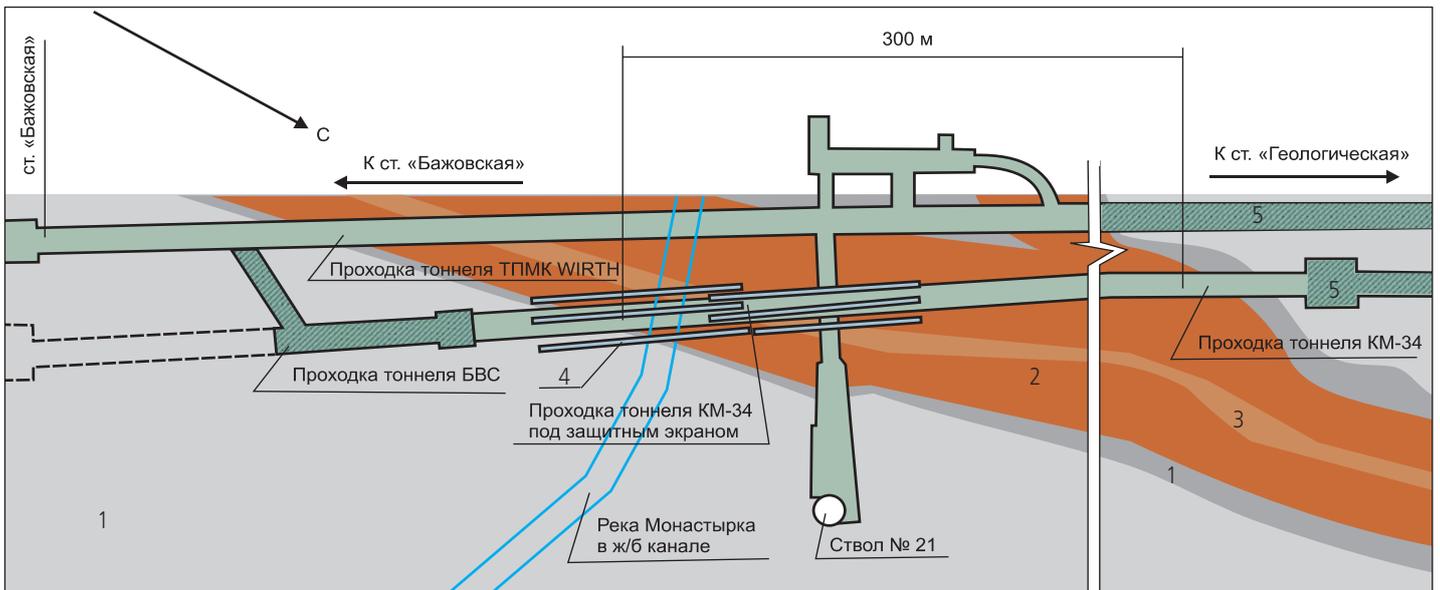


Рис. 1. План расположения горных выработок на пересечении участка слабых пород: 1 – скальные грунты различной прочности; 2 – суглинки; 3 – супеси; 4 – грунтоцементные сваи; 5 – выработки, пройденные перед началом проходки неблагоприятного участка ППТ

было решено устроить грунтоцементные горизонтальные сваи диаметром 400–500 мм (рис. 2). С помощью высокопроизводительного оборудования в сжатые сроки Инж-ПроектСтрой (г. Пермь) из подходной выработки ствола и демонтажной камеры щита выполнил 3 тыс. пог. м грунтоцементных свай. Благодаря использованию технологии струйной цементации удалось создать на протяжении 40 м защитный экран вокруг и в теле тоннеля в условиях ограниченного пространства горных выработок. Укрепленный горный массив способствовал безаварийной проходке и улучшению условий работы постоянной обделки тоннеля.

В табл. представлены характеристики различных способов проходки тоннелей на участке перегона «Геологическая» – «Бажовская» в аналогичных горно-геологических условиях.

Приведенные данные свидетельствуют, что современные ТПМК оправдывают высокие затраты на приобретение оборудования

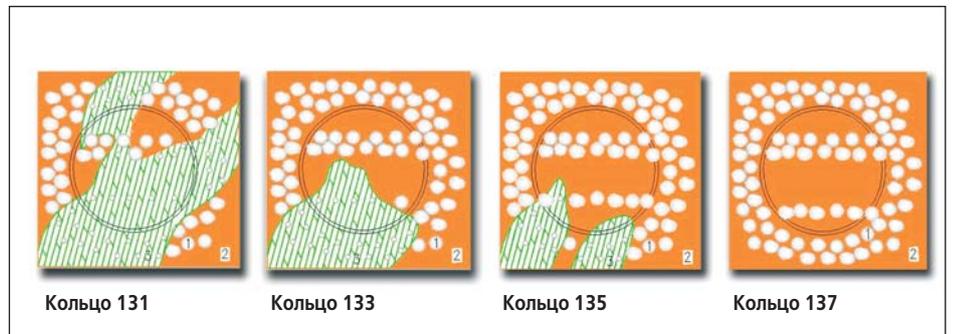


Рис. 2. Поперечное сечение тоннеля на контакте скальных и слабых пород; 1 – грунтоцементные сваи; 2 – глина; 3 – скала

для проходки протяженных тоннелей в различных горно-геологических условиях.

Опыт сооружения метрополитена в г. Екатеринбурге показал, что применение инновационных технологий обеспечивает качество и высокую скорость строительства, безопасность и охрану окружающей среды, экономическую эффективность.

Так, использование тоннелепроходческих комплексов является наиболее рациональным при проходке перегонных тоннелей, а укрепление грунтов струйной цементацией в неблагоприятных горно-геологических условиях способствует безопасности сооружения выработок небольшой протяженности.



Таблица

Технико-экономическое сравнение способов проходки тоннелей метрополитена в г. Екатеринбурге

Наименование показателей	Способ проходки перегонного тоннеля в чугунной обделке $d = 5,5/5,1$ м			
	ТПМК	Буровзрывной способ	КМ-34	Сочетание КМ-34 с защитным экраном
Возможность пересечения опасных участков слабых пород	да	нет	да, кроме плывунов	да
Типы горных пород	любые	устойчивые	неустойчивые	плывуны
Способ разработки грунта	механизированный	буровзрывной	немеханизированный	немеханизированный
Достигнутая среднемесячная скорость проходки, м	100	30	30	30
Прямые затраты при проходке 1 м тоннеля в текущих ценах, тыс. р.	307,5	245	291	639
Стоимость оборудования, млн р.	360	14	16	32
Эффективная протяжённость проходки тоннеля метрополитена, км	до 10	0,8	0,8	20 – 25 м

ТПМК «ЛОВАТ» НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕТРО В ЧЕЛЯБИНСКЕ. ПРОХОДКА ТОННЕЛЯ ПОД Ж/Д ПУТЯМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРУНТОПРИГРУЗА

К. В. Абрамчук, генеральный директор ОАО «Челябметрострой», доктор транспорта

В. Ф. Шишко, главный инженер

В. Л. Вьюхин, зам. главного инженера

Тоннель ветки в депо первой линии метрополитена г. Челябинска примыкает к ней в камере съездов станции мелкого заложения «Комсомольская площадь» (ПК 0,00). Он имеет протяженность около 900 м и залегает на глубине от 3 до 18 м от свода. Продольный профиль тоннеля приведен на рис. 1. Для определения величин и характера возможных деформаций грунтового массива по трассе были организованы экспериментальные наблюдения за вертикальными сдвигами земной поверхности в пределах 50-метровой полосы влияния проходки ветки в депо с заложением наблюдательных реперных станций.

Сооружение тоннеля велось «против пикетажа» из котлована портала депо (с ПК 9+23). Проходка первых 120 м ветки в депо осуществлялась под железнодорожными путями, что потребовало проведения специальных исследований для разработки рекомендаций по обеспечению безопасности ведения работ и сохранности железнодорожных путей. Этот участок трассы на глубине от 3 до 10 м пересекает насыпь с пятью железнодорожными путями основного направления Транссибирской магистрали, проходящей в районе г. Челябинска. Учитывая возможные просадки земной поверхности и, как следствие, просадки насыпи и железнодорожных путей, первоначальным проектом была предусмотрена установка в теле каждой насыпи инвентарных пролетных строений.

Конструктивно – это мостовой 24-метровый пролет из сварных балок высотой 1000 мм, опирающийся на фундамент –

опорные плиты, вынесенные за зону возможного сдвижения массива и насыпи (рис. 2).

Одним из обязательных условий безаварийной проходки под путями является ведение проходческих работ с максимально возможной скоростью, без длительных перерывов. Монтаж пролетных строений сразу на всех путях в подготовительный период – мероприятие очень дорогостоящее, перемонтаж с одного пути на другой по мере проведения работ – процесс длительный и сопряжен с необходимостью остановки проходческого цикла.

Тогда было принято решение: для усиления использовать 25-метровые разгружающие пакеты, значительно повышающие жесткость путей над тоннелем, и максимально использовать возможности ТПМК «ЛОВАТ» с грунтопригрузом. В этих условиях особое значение приобретал прогноз возможных просадок, выбор параметров разгружающих пакетов и расчет необходимой величины грунтопригруза.

На основании результатов натурных исследований состояния земляного полотна и конструкций железнодорожных путей были проведены расчеты возможных деформаций земной поверхности и прочности разгружающих пакетов для конкретных условий проходки ТПМК «ЛОВАТ» с применением обделки из чугунных тубингов наружным диаметром 5,5 м.

Грунты представлены суглинками и насыпными грунтами. Для расчета приняты следующие реальные характеристики грунтов:

объемный вес	$\gamma = 1,93 \text{ т/м}^3$
угол внутреннего трения	$\phi = 23^\circ$
кажущийся угол внутреннего трения	$\phi = 45^\circ$
удельное сцепление	$C = 22 \text{ кПа}$
модуль деформации	$E = 18 \text{ МПа}$
коэффициент крепости по Протоdjяконову	$f = 1,0$

Максимальное значение просадки земной поверхности определялось из условия недопущения относительных вертикальных прогибов разгружающих пакетов более $1/800$ (в соответствии с требованиями норм). Расчетная схема приведена на рис. 3.

Длина влияния зоны выработки В определялась по формуле:

$$V = 5,5 + (h + 5,5) \operatorname{tg} (45^\circ - \phi/2) = 5,5 + 9 \operatorname{tg} (45^\circ - 45^\circ/2) = 5,5 + 9 \times 0,41 = 9,19 \text{ м.}$$

Максимально допустимое значение вертикальной просадки:

$$\Delta \max = 9190 \text{ мм} / 800 = 11,5 \text{ мм.}$$

Расчет ожидаемых просадок земной поверхности в зоне влияния проходки тоннеля выполнен с применением программного комплекса «PLAXIS». Результаты приведены на рис. 4.

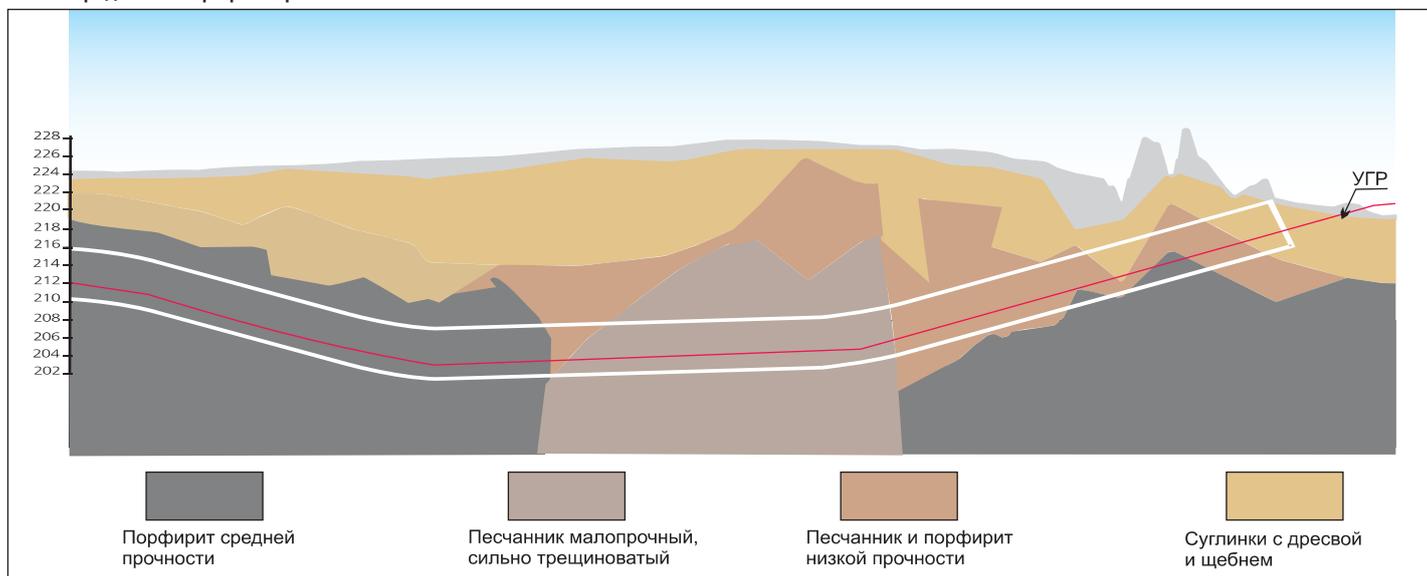
С учетом выявленных деформаций (по мульде просадок) был проведен расчет разгружающих пакетов на вертикальную нагрузку от железнодорожного подвижного состава С14 по программе SCAD.

Интенсивность нормативной эквивалентной нагрузки С14 при длине загрузки 7 м – 23,53 т/м.

Динамический коэффициент $1 + \mu = 1 + 18 / (30 + 7) = 1,49$.

Коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_1 = 1,28$.

Рис. 1. Продольный профиль трассы тоннеля



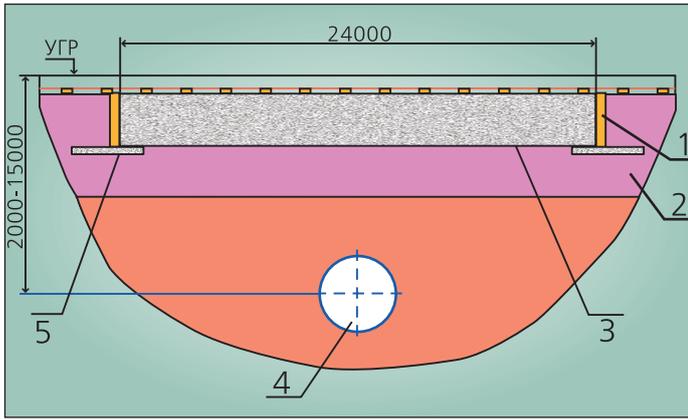


Рис. 2. Конструкция пролетного строения:

1 – брус; 2 – насыпь; 3 – инвентарное пролетное строение; 4 – тоннель; 5 – опорная железобетонная плита

Расчетная интенсивность эквивалентной нагрузки С14:

$$q^p = 1,49 \times 1,28 \times 23,53 = 44,9 \text{ т/п.м.}$$

Характеристики разгружающего пакета – 16 рельсов Р65, длина – 2,5 м.

$$I = 16 \times 3548 = 56768 \text{ см}^4 \text{ – момент инерции пакета.}$$

$$W_{\min} = 16 \times 359 = 5744 \text{ см}^3 \text{ – минимальный момент сопротивления.}$$

Результаты расчета по программе SCAD приведены на рис. 5 и 6.

Максимальное расчетное напряжение в разгружающем пакете:

$$\sigma = M_{\max} / W_{\min} = 15192000 / 5744 = 2645 \text{ кг/см}^2 < R_s = 3000 \text{ кг/см}^2 \text{ – сталь ХСНД.}$$

По конструкции рельсовые пакеты представляют собой систему рельсов Р65, объединенных уголками и металлическими листами при помощи сварки. Фрагмент конструкции разгружающего пакета на укрепление одного железнодорожного пути приведен на рис. 7.

Установка пакетов на всех железнодорожных путях по мере приближения щита «LOVAT» на расстояние не менее 10 м к крайнему рельсу, а также работы при передвижке щита производились в «окна» в движении поездов длительностью в 6 ч.

Соответственно демонтаж пакетов выполнялся при удалении щита не менее чем на 10 м от железнодорожного пути также в «окно» продолжительностью в 4 ч.

В этих условиях особое значение имел выбор величины давления грунтового пригруза.

Методика расчета была разработана филиалом ОАО ЦНИИС НИЦ «Тоннели и метрополитены» с участием ОАО «Челябметрострой» по резуль-

татам исследований (на физических моделях и в натурных условиях) устойчивости забоя при проходке тоннелей проходческими щитами с бентонитовым пригрузом (Slurry-щиты) и с грунтовым (EPB-щиты).

Цель определения требуемых параметров пригруза забоя – не допустить подвигек и опасного разуплотнения грунтов массива по трассе тоннеля, что может привести или к потере забоем устойчивости (при недостаточном давлении), или к поднятию (выпору) грунта над трассой. И то, и другое явление могут обусловить опасные ситуации как для собственно проходки, так и для близлежащих действующих наземных и подземных объектов.

При назначении давления пригруза следует учитывать:

- глубину заложения тоннеля;
- особенности сложения массива (однородность грунта, наличие пластов с разными физико-механическими свойствами, наличие локальных неоднородностей, коммуникаций и пр.);
- гидрогеологические свойства пород (грунтов), слагающих массив (наличие водоупорных и водоносных слоев);
- величину давления грунтовых вод (УГВ, действующих напорных горизонтов);
- физико-механические характеристики грунтов массива (в методике используются объёмный вес γ , угол внутреннего трения ϕ , сцепление c и коэффициент пористости e);
- возможные технологические отклонения в сторону уменьшения от номинального значения суммарного давления на забой домкратов передвижки щита.

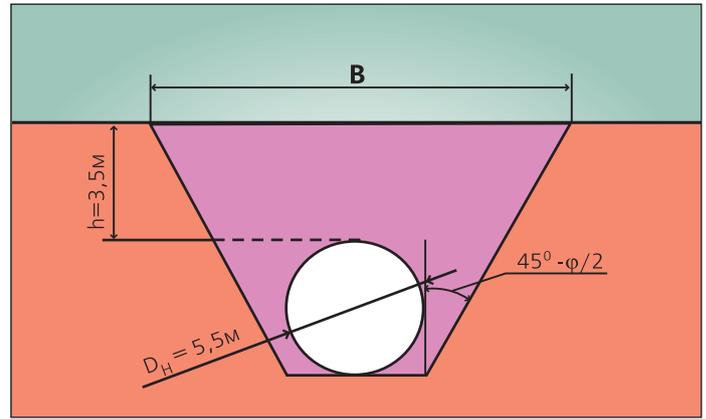


Рис. 3. Расчетная схема определения максимальных значений просадок земной поверхности

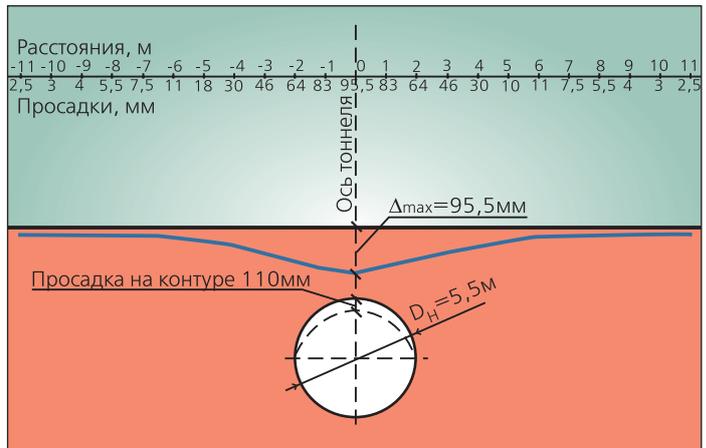


Рис. 4. Результаты расчета ожидаемых просадок земной поверхности

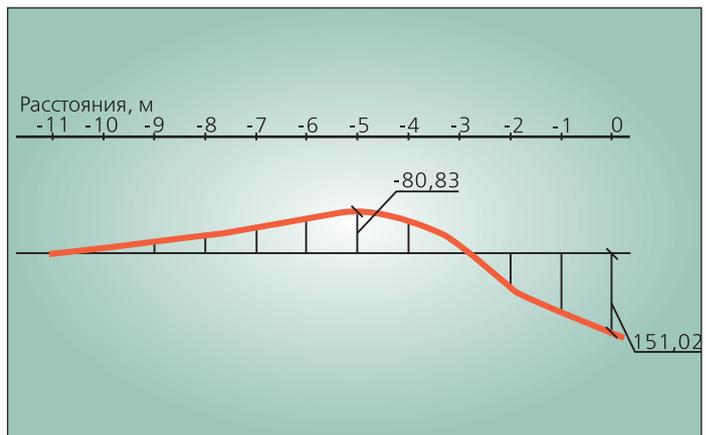


Рис. 5. Эпюра моментов M , т x м

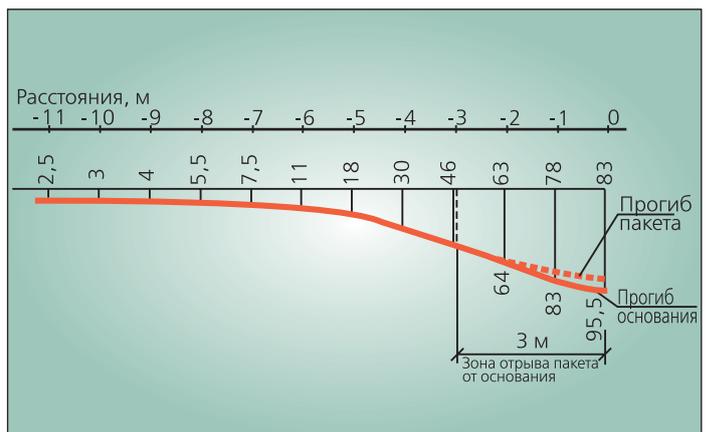


Рис. 6. Эпюра прогибов, мм

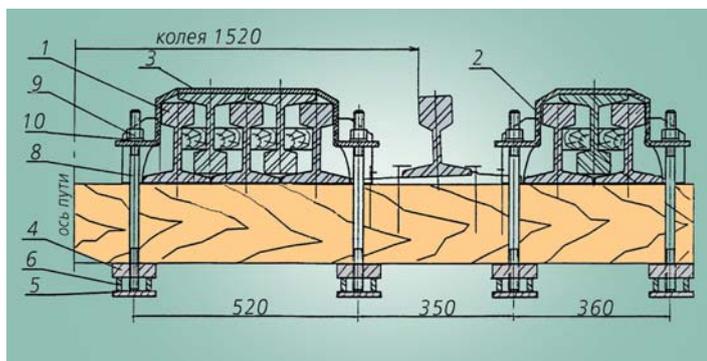


Рис. 7. Конструкция разгружающего пакета: 1 – рельсы железнодорожные Р 65; 2 и 3 – скоба хомута; 4 и 5 – планка хомута с резьбой; 6 – ограничитель планок; 7 – щека скобы; 8 – шпилька М24*400; 9 – гайка М24; 10 – шайба 24

Давление пригруза P назначают (по опыту эксплуатации щитов с активным пригрузом) по формуле:

$$P \geq P_W + P_{ГОР},$$

где P_W – расчетное значение давления грунтовых вод в забое на рассматриваемом уровне;

$P_{ГОР}$ – расчетное значение горизонтального давления грунта.

Значение P_W , которое должно быть уравновешено пригрузом, принимают (если нет других специальных требований) с коэффициентом надежности 1,1.

Величину горизонтального давления грунта вычисляют по формуле:

$$P_{ГОР} \geq \lambda \times R_{ВЕРТ},$$

где λ – коэффициент бокового давления грунта, определяемый по формуле $\lambda = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2)$ для жесткопластической и $\lambda = \operatorname{tg}^2(1 - \sin\varphi)$ для упругопластической среды в зависимости от условий заложения тоннеля и наличия в зоне проходки ответственных сооружений;

$R_{ВЕРТ}$ – вертикальное давление грунта на расчетном уровне в забое, для которого рассматривают значение $P_{ГОР}$.

Величину $R_{ВЕРТ}$ на уровнях выше шельги свода тоннеля в общем случае определяют, принимая вертикальное давление от вышележащих грунтов с учетом эффекта «зависания» грунта над забоем (или «арочного эффекта» по терминологии фирмы «LOVAT»).

Для щитов диаметром 5,5–6,5 м (с грунтовым пригрузом) в случаях, когда тоннель заложен на глубине менее двух-трех диаметров щита (считая от поверхности земли до оси тоннеля), фирма «LOVAT» рекомендует принимать вертикальное давление $R_{ВЕРТ}$ от веса этого столба вышележащего массива. При этом целесообразно проанализировать возможность образования над щитом выпора грунта (как ограничения на верхний предел давления пригруза).

Вертикальное давление $R_{ВЕРТ}$, с учетом эффекта «зависания», следует рассчитывать по модели Янсена-Кёттера по схеме «опускающегося столба пород». Рекомендуется использовать обобщенную его модель, предложенную специалистами НИЦ «Тоннели и метрополитены». Она позволяет учитывать изменения физико-меха-

нических характеристик грунтов по глубине трассы и анализировать несущую способность отдельных слоев, например, оценивать количественно защитные свойства горизонтов, содержащих более прочные породы (замечания фирмы «LOVAT» в Руководстве по эксплуатации щита с грунтовым пригрузом).

При вычислении вертикального давления грунтов массив разбивают на слои, в пределах которых характеристики грунтов (плотность, угол внутреннего трения, сцепление) принимаются не изменяющимися. Для каждого из этих слоев, задав вертикальное давление $R_{ВЕРТ}$ на верхней поверхности $Q_{ВЕРТ}$, находят его на нижней по формуле:

$$R_{ВЕРТ} = A - (A - Q_{ВЕРТ}) \exp(-h/z_0).$$

Переходя от слоя к слою (сверху вниз – в направлении от земной поверхности вглубь массива до шельги свода щита) вычисляют эпюру изменения давления $R_{ВЕРТ}$ в соответствии с глубиной.

Обобщенная модель «опускающегося столба грунта» по НИЦ ТМ позволяет также задавать глубину «уровня сохранения бытового состояния массива». При строительстве тоннелей это дает возможность учесть наличие ответственных подземных объектов, расположенных над трассой проходки и требующих обеспечения их нормального бесперебойного функционирования.

В пределах высоты забоя (диаметра щита) вертикальное давление в каждом из слоев массива по данной методике вычисляют от полного веса грунтов в этих слоях, то есть без учета эффекта «зависания». Этим учитывается возможность возникновения на поверхности забоя локальных вывалов, которые могут разрастаться и провоцировать вывалы грунта в забое больших объемов.

При вычислении вертикального давления грунта в слоях, проницаемость которых обуславливает свободный водный приток, объемный вес грунта учитывают во взвешенном состоянии по формуле:

$$\gamma_{ВЗВ} = (\gamma_{СК} - 1) / (e + 1),$$

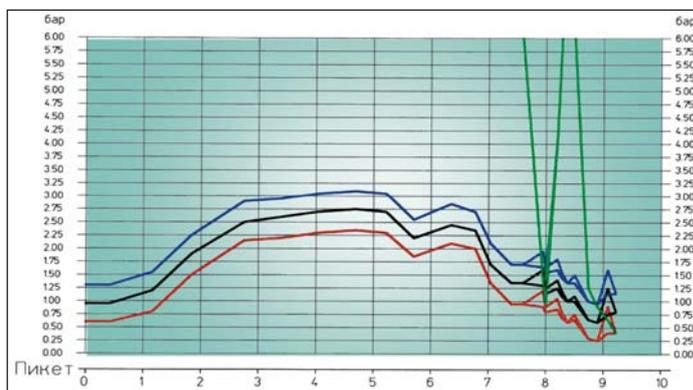


Рис. 8. Диаграмма давлений грунтопригруза по трассе тоннеля по результатам расчета (ПК 9+23 – ПК 8+00 участок под ж/д путями)

— — — — — требуемое давление пригруза в шельге свода;

— — — — — то же на оси щита;

— — — — — то же в лотке

Примечание. Двойные линии: верхняя – с учетом нагрузки от поезда, нижняя – без учета нагрузки от поезда.

— — — — — давление выпора (в шельге свода)

где $\gamma_{СК}$ – удельный вес скелета грунта, e – коэффициент пористости грунта.

Для расчета пригруза щита для условий Челябинского метрополитена использовали программу, разработанные НИЦ «Тоннели и метрополитены».

При назначении давления грунтопригруза (пеногрунтового) в расчет принято давление с коэффициентом надежности 1,2. При этом учитывались результаты проведенных исследований по подбору состава пригруза и указаний «Руководства...» фирмы по эксплуатации данной конкретной конструкции щита.

Всего было рассчитано 12 характерных участков трассы.

Результаты приведены в виде диаграммы давления грунтопригруза (рис. 8) по трассе тоннеля ветки в депо.

Из диаграммы видно, что на отдельных участках под железнодорожными путями (в районе ПК 9+23 – ПК 9+00 и ПК 8+00 – ПК 7+95) при учете нагрузки от движения поездов давление выпора оказалось ниже требуемого давления пригруза в шельге свода. Данная проблема была решена путем пригрузки поверхности земли насыпью из грунта расчетной высоты шириной 10 м с тщательной её трамбовкой. Это позволило повысить давление выпора до требуемого давления пригруза и вести проходку без остановки движения поездов, но с ограничением скорости их движения. При сооружении тоннеля велось постоянное наблюдение за деформациями земной поверхности и рельсового пути. Информация о состоянии пути и положении забоя передавалась диспетчеру Управления дороги по специальной линии связи «забой – портал – диспетчер». При просадках свыше 10 мм производилась упреждающая подбивка разгружающих рельсовых пакетов.

За все время проходки под путями их деформации не превысили сезонных. Не было допущено ни одного случая внеплановых остановок движения поездов.

13 марта 2007 г. прошло заседание Правления ТАР под председательством первого заместителя председателя Правления Сергея Николаевича Власова, на котором были рассмотрены следующие вопросы.

1. Отчет Правления по итогам работы за 2006 г. и Основные направления деятельности ассоциации на 2007 г.

2. Отчет Ревизионной комиссии о результатах финансово-хозяйственной деятельности ассоциации в 2006 г.

3. Довыборы нового состава Правления ассоциации и заместителя председателя. Выборы Ученого секретаря.

В заседании приняли участие как члены Правления, так и приглашенные специалисты.

С отчетным докладом президиума и дирекции Правления по итогам работы за 2006 г. и об основных направлениях деятельности ассоциации на 2007 г. выступил Игорь Семенович Бубман – заведующий тоннельным сектором ТАР. Он, в частности, отметил:

Отчетный 2006 г. прошел для Тоннельной ассоциации России под знаком дальнейшей работы по реализации главной задачи – оказания содействия разными формами и методами в ускорении научно-технического прогресса в проектировании, строительстве и эксплуатации тоннельных и подземных сооружений, реализации решений, принятых на IV отчетно-выборной конференции и заседании Правления Тоннельной ассоциации России от 25 января 2006 г., определенных в основных направлениях работы на 2006 г.

Важным событием для российской научной и инженерно-технической общественности была подготовка и проведение мероприятия, связанного с 140-летием Русского технического общества. Оно было организовано в Санкт-Петербурге в июне прошлого года одновременно с конференцией «Роль и значение инженерной и научно-технической общественности в развитии науки и промышленности России и задачи на современном этапе». Специалисты-члены Тоннельной ассоциации из Москвы, Санкт-Петербурга, Тулы, Новосибирска и других городов принимали в них участие.

Другим важным событием 2006 года было 75-летие Мос-



Выступление С. Н. Власова

ковского метростроя – организации, являющейся родоначальником отечественного метростроения.

Как известно, Метрострой организовывал и создавал коллективы метростроителей в разных городах нашей страны, помогал прокладывать транспортные, гидротехнические и коммунальные тоннели. На заводах Мосметростроя производилось изготовление сборных конструкций обделок, изготовлялось горнопроходческое оборудование для строительства тоннелей, велись научно-исследовательские работы по улучшению технологии подземных работ.

В 2006 г. исполнилось 55 лет Корпорации «Союзгидроспецстрой» и 50 лет СПИИ «Гидроспецпроект». За прошедшее время эти организации заняли ведущее положение в отечественном гидротехническом подземном строительстве России, ближнего и дальнего зарубежья. С использованием проектной документации Гидроспецпроект коллектив Союзгидроспецстроя построил и ввел в эксплуатацию свыше 400 км гидротехнических тоннелей.

Еще один коллективный член Тоннельной ассоциации России отметил юбилей. Это – Ленметрогипротранс, ему исполнилось 60 лет.

Большим мероприятием в 2006 г., которое организовала и в котором активно участвовала ТАР, было проведение уже в 3-й раз Международной выставки «Подземный город-2006». Она успешно прошла в январе 2006 г. К ней были приурочены Международная научно-техническая конференция «Техноло-



Президиум Правления ТА России



гии, оборудование, материалы, нормативное обеспечение и мониторинг для тоннельного строительства и подземных частей высотных зданий» и 2-й конкурс на лучшее применение прогрессивных технологий при строительстве подземных сооружений.

В рамках выставки второй год подряд проводится конкурс «На лучшее применение прогрессивных технологий при строительстве подземных сооружений», в котором приняли участие 52 организации по семи номинациям. Победители награждены Почетными знаками и дипломами.

В 2006 г. проводилось обсуждение технических вопросов Экспертным научно-техническим Советом с участием специалистов различных организаций. Так, дважды, с участием ОАО «Метрогипротранс» и ОАО «Ленметрогипротранс» рассматривались вопросы строительства Орловского автодорожного тоннеля под р. Невой в Санкт-Петербурге, в результате чего удалось най-

ти оптимальное решение по ряду технических вопросов. Совместно с дирекцией строительства, ОАО «Тоннельдорстрой» и Минскметропроектом обсуждались проблемы сооружения тоннеля № 6 на обходной дороге вокруг Сочи. Была подтверждена целесообразность выработки вдоль тоннеля на всю его длину. Специалисты-эксперты Тоннельной ассоциации России дважды привлекались для рассмотрения ряда технических вопросов строительства выработок-сбоек на Серебряноборских тоннелях.

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

Наконец, очень важный семинар был организован Тоннельной ассоциацией совместно с Федеральным агентством по

техническому регулированию и Корпорацией «Трансстрой», посвященный проблемам реализации Закона РФ «О техническом регулировании в России и разработке технических регламентов».

В прошедшем году значительно расширилась деятельность, касающаяся вопросов экспертизы промышленной безопасности при строительстве тоннелей и подземных сооружений.

К настоящему времени Тоннельная ассоциация России стала центром по рассмотрению данных вопросов. Только за отчетный 2006 г. Экспертным научно-техническим Советом ассоциации рассмотрено и выполнено 62 заключения экспертиз промышленной безопасности различных опасных производственных объектов, в их числе: тоннели различного назначения, машины, механизмы, тоннелепроходческие комплексы, оборудование, устройства, включая зарубежного производства для получения разрешения на применение в России.

Очень важно, что достигнута договоренность с Некоммерческой автономной научно-исследовательской организацией «Центр по сертификации горно-шахтного оборудования и инструментов горнодобывающей промышленности» (НАНИО «ЦС ГШО ИГД») о совместном составлении сертификатов соответствия вопросам безопасности на поставляемое оборудование и устройства. Это важное мероприятие в работе по проведению экспертиз для технических устройств позволит повысить уровень их проведения.

Тоннельная ассоциация России приняла участие в ежегодном координационном совещании НО «АГЭЦ» «Организация экспертной деятельности в горно-рудной и угольной промышленности», г. Пермь, 10–12 сентября 2006 г. Такие совещания проводятся с целью повышения роли и ответственности организаций за качество экспертиз.

Продолжилась работа по новому направлению деятельности ассоциации – сопровождение строительства больших подземных объектов и составление научно-технических отчетов. Она дает возможность оценить все особенности сооружения, изучить и сохранить опыт и дать информацию специалистам об опыте возведения подобных объектов. Такая работа совмест-

но с ООО «Организатор» и Корпорацией «Трансстрой» проводилась на сооружении Кутузовского, Гагаринского и Лефортовского тоннелей, а в настоящее время с Системой ГАЛС и Мосметростроем ведется на строительстве Серебряноборских тоннелей. Отличительной особенностью конструкции и функциональных задач Серебряноборских тоннелей является то обстоятельство, что по тоннелю осуществляется одновременное движение двух видов городского транспорта:

- автомобильного в три ряда по проезжей части верхнего яруса;
- поездов метрополитена по метроотсеку нижнего яруса.

Как известно, за это оригинальное инженерное решение, впервые примененное в России, Метрогипротранс был отмечен дипломом и медалью на выставке в Брюсселе.

Накопленный материал по отчетам ТАР о строительстве тоннелей позволяет издать книгу-отчет о новых автодорожных тоннелях Москвы и в настоящее время ведется такая подготовительная работа. Опыт в этом направлении уже имеется. В 1998 г. нами была выпущена книга о строительстве тоннелей БАМа, а Санкт-Петербургским отделением в 2004 г. – «О реконструкции тоннелей в зоне «Разъезд» Петербургского метро». Этой работой должны заниматься Региональные отделения Тоннельной ассоциации, вступая в контакт с заказчиками. И здесь хотелось бы подчеркнуть большую инициативу ООО «Организатор», которое выделило деньги на составление технических отчетов.

В апреле 2006 г. в Сеуле (Южная Корея) прошли 32-я Генеральная ассамблея Международной тоннельной ассоциации и Международный тоннельный конгресс под девизом «Безопасность в подземном строительстве».

От российской Тоннельной ассоциации в конгрессе приняла участие 33 специалиста из 20 организаций. Среди наиболее интересных тем, рассмотренных на нем, были вопросы управления рисками в тоннелестроении. Этому была посвящена Открытая сессия Генеральной ассамблеи МТА, на которой был заслушан ряд докладов, позволяющих определить порядок планирования и анализа контрактов при подземном строительстве с учетом возможных рисков.

Учитывая большую важность в настоящее время решения проблемы обеспечения безопасности тоннельных и подземных сооружений, в Стамбуле было проведено совещание по этому вопросу. Организован комитет по безопасности эксплуатируемых тоннелей. Для участия Тоннельной ассоциации в этой работе с МТА предложена кандидатура профессора, д. т. н. МГГУ В. А. Умнова.

На предыдущем заседании Правления было предложено внести дополнения в Устав ассоциации и акцентировать внимание на вопросах безопасности.

Продолжают работать пять Региональных отделений Тоннельной ассоциации – Санкт-Петербургское (Н. И. Кулагин, В. А. Ногин), Тульское (Н. С. Булычев, П. П. Бессолов), Новосибирское (Г. Н. Полянкин), Дагестанское (Ш. Р. Магдиев). В Уральском отделении в прошлом году произошли изменения: вместо освобожденного от обязанности Ярового Юрия Ивановича руководителем Отделения избран Корнилов Михаил Викторович, доктор технических наук, профессор Уральского государственного горного университета. Его заместителем утвержден Ляхов Сергей Викентьевич. Это – одно из самых молодых Региональных отделений ассоциации, которое активно проводит большую консультационную работу в своем регионе.

На заседании президиума Правления Тоннельной ассоциации России в конце 2006 г. по заявлению председателя Новосибирского отделения Тоннельной ассоциации России Полянкина Геннадия Николаевича, было принято решение в соответствии с п. 8.7.2 Устава организовать в г. Новосибирске Общество с ограниченной ответственностью «Сибирское отделение Тоннельной ассоциации России». Оно является Региональным отделением ТАР в г. Новосибирске. Его руководителем назначен Полянкин Геннадий Николаевич.

По состоянию на 01 января 2007 г. общее количество коллективных членов составляет 81 организация.

В 2006 г. были приняты три новых предприятия – ОАО «Первомайский завод железобетонных изделий» (г. Тула), ОАО «Газэлектромонтаж» (г. Казань), ЗАО «Интербудтоннель» (г. Киев).

Как и в прежние годы взаимоотношения между ассоциацией и ее коллективными членами строились на основе договоров о научно-техническом сотрудничестве и других положениях. Это позволяет контролировать процесс оплаты на содержание и работу дирекции Правления и деятельность Тоннельной ассоциации, являющимся одним из основных финансовых источников для работы.

Среди Региональных отделений Тоннельной ассоциации лучше всех в этом направлении работает Санкт-Петербургское, где из 17 организаций-членов ассоциации заключили договора и оплатили взносы 14.

Не все задачи, намеченные к реализации в 2006 г., удалось выполнить. Так, не смогли организовать квалификационную сертификацию членов и организаций Тоннельной ассоциации, не закончена работа по рекомендациям применения набрызг-бетонирования с помощью нового оборудования и материалов, не был проведен семинар по использованию грунтоцементных свай, хотя эта технология находит все большее распространение.

Основные направления деятельности Тоннельной ассоциации на 2007 г. предусматривают проведение ряда мероприятий, касающихся организационной работы, проведения встреч, совещаний и семинаров, разработки нормативных документов, информационное обеспечение и международное сотрудничество.

В рамках выставки «Подземный город-2007» пройдет Международная научно-техническая конференция на тему: «Освоение подземного пространства и развитие подземной урбанистики: оценка состояния подземных сооружений; преодоление сложных геологических условий; возможные подземные объекты; методы работ, технологии и оборудование».

Из предстоящих в 2007 г. мероприятий следует отметить Международный тоннельный конгресс, Ассамблею и техническую выставку (Прага, Чехия, май 2007 г.), в которых примут участие 10 организаций из России, в том числе ОАО «Корпорация «Трансстрой», ООО «Альянс и К», ОАО НИЦ ТМ «ЦНИИС», ОАО «Ленметрогипротранс», ОАО «Метрострой» Санкт-Петербурга, представляющих наиболее

лее передовые организации отечественного тоннелестроения и их достижения.

С нашей стороны представлено 11 докладов и 3 из них включены для выступления на пленарных заседаниях.

Впервые российские организации примут участие в технической выставке. По решению президиума Тоннельная ассоциация будет представлять «Тоннелестроение России-2007». Цель: показать научно-технический и производственный потенциал российских организаций в подземном строительстве.

Тоннельная ассоциация ведет подготовку технических вопросов для применения в коммунальных тоннелях однослойных обделок высокой водонепроницаемости и качества. Эта работа осуществляется под руководством Департамента градостроительной политики правительства Москвы и МПГУ.

Будет расширена работа по проведению экспертиз и промышленной безопасности для технических устройств и составления для этих целей сертификатов соответствия.

На предстоящей 33-й Генеральной ассамблее МТА в Праге в этом году планируется ряд кадровых изменений – переизбрание президента Международной тоннельной ассоциации и трех вице-президентов.

В прениях по отчетному докладу выступили:

- Кулагин Николай Иванович – председатель Санкт-Петербургского Регионального отделения ассоциации, генеральный директор ОАО «Ленметрогипротранс»;
- Бульчев Николай Спиридонович – председатель Тульского Регионального отделения ассоциации, профессор Тульского государственного университета;
- Полянкин Геннадий Николаевич – председатель Сибирского Регионального отделения ассоциации, профессор Новосибирского государственного университета;
- Корнилков Виктор Николаевич – председатель Уральского Регионального отделения ассоциации, профессор Уральского государственного горного университета;
- Федунец Борис Иванович – член Правления, профессор Московского государственного горного университета;
- Дорман Игорь Яковлевич – член президиума Правления,

главный специалист ГУП «Мосинжпроект»;

• Умнов Виталий Анатольевич – член Правления, профессор Московского государственного горного университета.

Они рассказали о деятельности своих Региональных отделений и признали работу Тоннельной ассоциации России в 2006 г. удовлетворительной. Отчет президиума и исполнительной дирекции Правления о работе в 2006 г. и Основные направления по деятельности ассоциации в 2007 г. с учетом высказанных замечаний и предложений были утверждены.

По второму вопросу – «Отчет Ревизионной комиссии о результатах финансово-хозяйственной деятельности ассоциации за 2006 г.» выступил председатель комиссии Федунец Борис Иванович.

Он отметил, что проверкой финансово-хозяйственной деятельности ТАР серьезных нарушений не выявлено.

В целях сохранения положения и расширения деятельности Правления и президиума было решено избрать:

членами Правления Тоннельной ассоциации России:

- Климова Вячеслава Александровича – генерального директора ОАО «Корпорация «Транспстрой»;
 - Шермана Михаила Макаровича – президента ЗАО «Корпорация «Союзгидроспецстрой»;
 - Дмитриева Александра Николаевича – начальника Управления научно-технической политики в строительной отрасли Департамента градостроительства города Москвы;
 - заместителем председателя Правления:
 - Федунца Бориса Ивановича – профессора Московского государственного горного университета;
 - в состав Ревизионной комиссии:
 - Сергеева Виктора Константиновича – профессора МИИТа – председателя Ревизионной комиссии;
 - Симонова Юрия Федоровича;
 - Ногина Владислава Александровича;
- Ученым секретарем Правления ассоциации:
- Бубмана Игоря Семеновича.
- Расширенное отчетное заседание Правления постановило:
1. Президиуму Правления и Исполнительной дирекции



Правления продолжить работу по реализации решений, принятых на IV отчетно-выборной конференции и заседании Правления Тоннельной ассоциации России от 13.03.2007 г., определенных в «Основных направлениях работы на 2007 г.».

2. К приоритетным направлениям деятельности ассоциации следует отнести:

- подготовку и проведение очередной Международной технической выставки «Подземный город-2007», приуроченных к ней конференций на тему: «Технологии, оборудование, материалы, нормативное обеспечение и мониторинг для тоннельного строительства и подземных частей высотных зданий» и 3-го конкурса на лучшее применение прогрессивных технологий в подземном строительстве (Москва, октябрь 2007 г.);
- участие в Международном техническом конгрессе «Подземное пространство – четвертое измерение столиц», 32-й Ассамблее МТА и технической выставке (Прага, Чехия, май 2007 г.);
- участие совместно с Департаментом градостроительной политики города Москвы, МПГУ в разработке перспективной темы «Строительство коммунальных коллекторных тоннелей без вторичной обделки»;
- дальнейшее расширение деятельности в области промышленной безопасности по разработке экспертиз, рассмотрению сложных технических вопросов строительства, распространению информации по вопросам безопасности при производстве

подземных работ, а также научно-технического сопровождения проектирования и строительства подземных сооружений по составлению научно-технических отчетов и написанию на их базе книги «Новые автодорожные тоннели Москвы»;

• улучшение работы веб-сайта ассоциации для связи Президиума и дирекции Правления с Отделениями в регионах и на предприятиях, членами ассоциации и информации общественности о работе ТА России.

3. Рекомендовать руководителям Региональных отделений Тоннельной ассоциации России активизировать деятельность организаций и специалистов в регионах путем проведения встреч, технических совещаний, экспертиз промышленной безопасности, участия в рассмотрении сложных вопросов строительства объектов.

4. Просить руководителей проектных и строительных организаций, учебных заведений активнее участвовать в работе Региональных отделений Тоннельной ассоциации в мероприятиях, проводимых ассоциацией.

5. Отчет Президиума и Исполнительной дирекции Правления и отчет Ревизионной комиссии о работе за 2006 г. утвердить.

6. В договорах о научно-техническом сотрудничестве при определении стоимости услуг учитывать уровень инфляции и объемы выполняемых работ организациями-членами ассоциации.

Работа президиума Правления за отчетный период признана удовлетворительной.



ИНТЕРБУДМОНТАЖ — ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ МАСШТАБНЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ ПРОЕКТОВ



Около пятнадцати лет прошло с момента основания Строительной Ассоциации «Интербудмонтаж». За этот период выполнен большой объем работ по сооружению объектов различного назначения, накоплен огромный опыт, освоены новые виды деятельности, что позволило компании выйти на международный рынок.

Мы попросили генерального директора СА «Интербудмонтаж» Анатолия Петровича Буканя рассказать о структуре организации и основных направлениях ее деятельности.

- Анатолий Петрович, что за организация «Интербудмонтаж»? Когда и с какой целью она была создана? Ее структура?

- История компании берет начало с 1993 г. В 2000 г. была зарегистрирована Строительная Ассоциация «Интербудмонтаж» с целью освоения новых видов деятельности и выхода на международный рынок. На сегодняшний день производственный и кадровый потенциал компании, многолетний опыт и современные концепции управления обеспечивают выполнение масштабных и комплексных проектов.

Во главе компании стоят специалисты, обладающие значительным управленческим опытом, высокий уровень профессионализма подтвержден сертификатами Международной Ассоциации Проектного Менеджмента. В компании функционирует и постоянно совершенствуется система менеджмента качества, которая направлена на улучшение производственных процессов, продукции и удовлетворения потребностей всех заинтересованных сторон. Компания сертифицирована по международным стандартам

качества ISO 9001:2001. Работы по сертификации осуществлялись TUV NORD CERT, Германия.

В состав компании СА «Интербудмонтаж» входят:

- ЗАО «Киевбудинвест», которое занимается строительством жилых и административных зданий, заводов, объектов социальной сферы;

- ЗАО «ПИ Укрспецтоннельпроект», основное направление деятельности которого – проектирование наземных и подземных объектов;

- ЗАО «Интертрансбуд» – строительство автомобильных и железных дорог, мостов, путепроводов, электрификация железных дорог, сооружение тяговых подстанций, укладка магистральных линий;

- ЗАО «Интербудтоннель» – строительство тоннелей различного назначения, несущих и ограждающих конструкций;

- ЗАО «СУ-9 Полтаванефтегазстрой» – осуществляет строительство газопроводов различных диаметров, нефтепроводов, компрессорных и насосных станций. За время своей работы подразделение построило бо-

лее 25 тыс. м магистральных газопроводов, ввело в эксплуатацию 251 тыс. м водоводов.

ХО «СА Интербудмонтаж» создано для реализации строительных проектов на территории Туркменистана. Подразделение производит работы по сооружению инженерных сетей и объектов водоснабжения, канализационно-очистных сооружений, канализационных насосных станций, пешеходных переходов.

- Какие наиболее крупные объекты на Украине Интербудмонтаж построил?

- За небольшой период времени благодаря развитой промышленной базе, квалификационному персоналу, современному управлению, СА «Интербудмонтаж» выполнила реализацию проектов следующих объектов:

- спортивного комплекса, г. Киев;
- административного здания «Газтрансит», г. Киев;
- отделения «Укрсиббанк», г. Ивано-Франковск;
- жилых домов в г. Киеве.

Закончена реконструкция многих зданий и сооружений, в частности, административного здания АО «Укрзалізниця», Киевэнерго, АО «Укрнефть», административно-культурного центра Кабинета Министров Украины.

Строительная компания ЗАО «Интертрансбуд» построила на Украине около 300 км и электрифицировала 2900 км железнодорожных линий различного назначения, проложила автомобильных дорог свыше 800 км.

- Анатолий Петрович, как вы вышли на туркменский рынок?

- Учитывая высокий уровень грунтовых вод в г. Ашгабаде и для упорядочивания инженерных коммуникаций быстро развивающегося города, на основании межправительственного соглашения между Украиной и Туркменистаном, было принято решение о сооружении дренажно-коммуникационного тоннеля. Целью разработки данного проекта являются понижение грунтовых вод в городе до глубины 4,6 м на границе 500-метровой зоны в каждую сторону от оси тоннеля, перенос систем водоснабжения, водоотведения, электроснабжения и связи с поверхности в тоннель. Генеральным подрядчиком по строительству этого объекта была выбрана СА «Интербудмонтаж».

- Есть ли у вас связь с Россией? Если есть, то в каких регионах и на каких объектах вы трудитесь?

- Благодаря таким критериям, как срок и качество выполняемых компанией работ, применение оптимальных технических решений, мобильность управления производством, СА «Интербудмонтаж» получила ряд заказов на ведение строительных работ на территории России, а именно были сооружены и введены в эксплуатацию: Дворец бракосочетания, выставочный зал, детская поликлиника, культурно-досуговый центр в

г. Югорске, лечебный комплекс пос. Октябрьское в Ханты-Мансийском автономном округе и ряд жилых домов. Специалисты нашей компании принимали участие в электрификации 2800 км железных дорог в России.

- Есть ли у вас проекты на возведение объектов в странах ближнего и дальнего зарубежья?

- Да, мы работаем в этом направлении. Интербудмонтаж – единственная украинская компания, которая прошла предквалификационный отбор по проекту проектирование и строительство подземной рельсовой транспортной системы Дели (Индия). И в Арабских Эмиратах, где с 2004 г. работает СП компании «С.А.I.Arabia-L.L.C.», услуги Интербудмонтажа востребованы. Недавно мы были приглашены участвовать в строительстве водоочистных сооружений и объектов инфраструктуры острова Саадият (ОАЭ).



СООРУЖЕНИЕ ДРЕНАЖНО-КОММУНИКАЦИОННОГО ТОННЕЛЯ В АШГАБАТЕ (ТУРКМЕНИСТАН)

В. В. Беспалов, зам. генерального директора ЗАО «Интербудтоннель», Украина

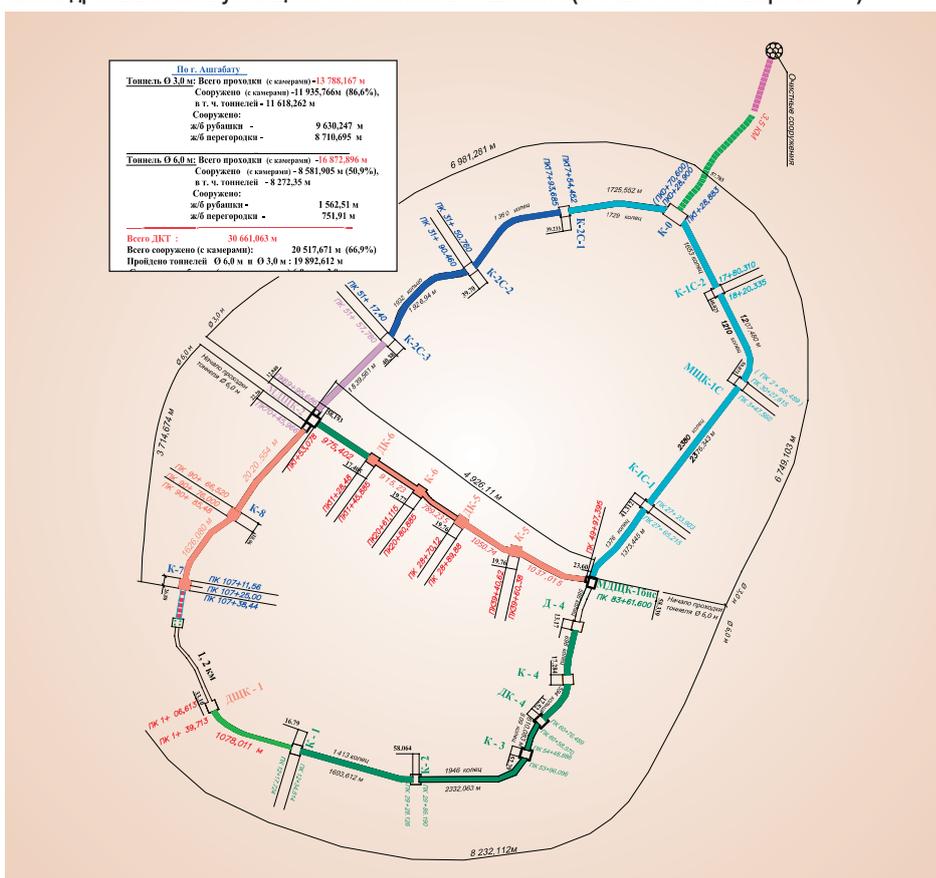


Выход щита диаметром 6 м в технологическую камеру, март 2006 г.

С целью улучшения экологической среды, дальнейшего развития инженерных коммуникаций и перспективного развития городской застройки в 2000 г. было принято межправительственное соглашение между Украиной и Независимым Туркменистаном о сооружении дренажно-коммуникационного тоннеля (ДКТ) общей протяженностью 30,6 км.

Запроектированный объект состоит из тоннеля диаметром 6 м протяженностью 16,5 км и двух сбросных тоннелей диаметром 3,5 м длиной 13,8 км, сооружаемых подземным способом на глубине 10-13 м от поверхности земли до шельги свода. Комплекс включает 22 камеры различного назначения — монтажно-демонтажные щитовые, демонтажные щитовые и технологические, которые отличаются размерами и глубиной, а также 61 шахтный колодец диаметром 4 м, горизонтально-лучевые дренажи протяженностью 26,5 км и очистные сооружения с объемом переработки стоков 300 м³ в сутки.

Схема дренажно-коммуникационного тоннеля в г. Ашгабате (составлена на 1 января 2007 г.)



Строительство дренажно-коммуникационного тоннеля в г. Ашгабате было поручено одному из подразделений САИ «Интербудмонтаж» ЗАО «Интербудтоннель». Для осуществления этого грандиозного проекта была задействована горнопроходческая техника, а именно: два тоннелепроходческих комплекса EPB-6250 и один EPB-3000 с грунтовым пригрузом заобоя производства германской фирмы «Херренкнехт АГ». Щиты, работающие по принципу Earth-pressure-balance (грунтовой пригруз), используются, в первую очередь, при проходе в связных грунтах с высоким содержанием глины, суглинках, пльвунах. Принцип работы щитов с грунтовым пригрузом заключается в подпоре забоя давлением разрабатываемой породы, что позволяет избежать подъема и осадки поверхности. Такие ТПМК снабжены навигационной системой с выводом информации о точном положении щита на монитор. Для откатки приобретены дизель-локомотивы фирмы «Шема», вагоны для вывоза грунта 5 и 10 м³, вагоны с принудительным перемешиванием раствора во время транспортировки, тележки для доставки блоков обделки и прочих грузов.

Непрерывность рабочего процесса обеспечивается системой резервного питания энергоснабжения. С этой целью установлены три дизель-генератора фирмы «Краутер» с трансформаторами 0,4/10 кВт мощностью 1250 кВт для щитов EPB-6250 и 800 кВт – для щитов EPB-3000.

Завод по изготовлению железобетонных блоков

Для производства сборных железобетонных блоков обделки тоннелей наружным диаметром 3,5 и 6 м смонтирован завод.

Основной его производственный корпус представляет двухпролетное здание со стальным каркасом размером в плане 120 × 40 м с двумя выносными тоннельными камерами тепловой обработки (75 × 12 м) и двумя пристроенными отделениями для сборки производственных каркасов (40 × 12 м).

В состав завода также входят:

- автоматизированный бетоносмесительный узел со складами цемента и заполнителей;
- бетоновозная эстакада адресной подачи бетонной смеси на формовочные посты;
- парогенераторная установка;
- компрессорная установка;
- открытый склад готовой продукции;

В основном производственном корпусе размещены:

- участок заготовки арматуры и сварки плоских каркасов;
- стендовая линия изготовления блоков обделки наружным диаметром 3,5 м;
- две автоматизированные 6-постовые конвейерные линии для блоков обделки наружным диаметром 6 м.

Завод оснащен современным технологическим оборудованием и оснасткой.

Заготовки из арматурной стали, поступающей в бухтах, производится на автоматизированной линии, оборудованной плавильно-гибочной машиной «EVG».



Готовые блоки высокоточной обделки

Для заготовок из стержневой арматуры используется комплекс «Oscam».

Плоские арматурные каркасы выпускаются на односточных сварочных машинах с применением специальных кондукторов.

Сборка пространственных арматурных каркасов осуществляется с помощью полуавтоматической сварки в среде защитного газа на кондукторах-кантователях.

Стендовая и конвейерные технологические линии оснащены высокоточными формами словацкой фирмой «Ostform» по чертежам фирмы «Бернольд-Черезолла».

Выемка блоков обделки из форм выполняется с применением вакуумных распалубщиков, которые на стендовой линии (блоки обделки наружным диаметром 3,5 м) выполняют также функцию кантования.

После распалубщика и выдержки блоки оснащаются резиновыми уплотнителями и накладками из сполизола (для равномерного распределения давления при монтаже обделки) и в состоянии полной заводской готовности рельсовой тележки вывозятся на склад готовой продукции.

Строительство завода было начато в июне 2002 г., а 25 сентября того же года был изготовлен первый комплект колец диаметром 3,5 м. В настоящее время завод ежедневно изготавливает до 17 колец сборной железобетонной обделки диаметром 6 м и до 14 колец диаметром 3,5 м, что позволяет вести непрерывную работу по сооружению тоннеля.

Инженерно-геологические и гидрогеологические условия

Важнейшей особенностью строительства ДКТ является высокий уровень сейсмоопасности в районе г. Ашгабата. Условия сейсмичности района по данным НИИСТ оцениваются величиной 9 баллов по шкале Рихтера (MKS-64).

В районе сооружения ДКТ в основном распространены три типа геологического разреза:

I – супесчаный с прослоями песков, суглинков, глин и лёссов. В этом разрезе распо-

ложены основные массивы грунтов с пльвунными и тиксотропными свойствами. При проходке щитом в этих породах наблюдались незначительные просадки;

II – суглинистый с прослоями глин, супесей и гравийно-галечниковых отложений. Характеризуется хорошей устойчивостью грунтов и невысокой обводненностью;

III – представлен гравийно-галечниковыми отложениями с прослоями суглинков, супесей, глин и конгломератов.

В южной части г. Ашгабата глубина залегания грунтовых вод составляет 1,4–4,8 м, на восточном участке трассы тоннеля – 0,25–1,35 м. Грунтовые воды безнапорные, разнообразны по минерализации и химсоставу. Почти повсеместно они обладают сульфатной агрессивностью.

При строительстве ДКТ одним из осложнений являлась проходка в грунтах с тиксотропными свойствами, и, зачастую, эти участки тесно связаны с пльвунными грунтами. По трассе тоннеля были выявлены аномальные зоны искусственного происхождения – кyarизы. Эти искусственные сооружения представляют собой подземные каналы в поперечнике 1,5–3,0 м, по которым проходит дренаж подземных вод, что при глубине их залегания 4–8 м является причиной дополнительных водопритоков. Учитывая эти сложности, при сооружении тоннелей были приняты меры для безопасного ввода-вывода горнопроходческих комплексов в камеру. При проходке тоннеля и разработке фальшстены камеры происходит нарушение сложного гидродинамического равновесия, в котором находятся грунты в своем первоначальном состоянии, наблюдается перераспределение грунтовой и водной массы, что приводит к переходу грунта в тиксотропное состояние и появлению суффозионных воронок на поверхности, а также к возможной просадке рабочего органа щитового горнопроходческого комплекса.

Для исключения вышеперечисленных недостатков было принято решение о закреплении грунта методом «стена в грунте», который позволяет отсекают пльвунные грунты и

препятствовать выносу породы в камеру, а в целях предотвращения проседания колец обделки параллельно оси тоннеля устраивались подпорные фундаменты. Чтобы уменьшить износ режущих элементов ротора, траншеи фундаментов заполняли глиноцементным раствором плотностью 1,6 г/см³. Применение данного метода закрепления грунтов позволило без осложнений выполнить ввод и вывод щитового комплекса на всем протяжении строительства ДКТ.

Трасса тоннеля

Юго-восточный участок ДКТ диаметром 6 м сооружается в центральной части г. Ашгабата. Здесь находятся жилые и промышленные здания, природные памятники, зеленые насаждения, транспортная развязка. В настоящее время строительство этой части тоннеля протяженностью 8237 м заканчивается.

Проходка западных и восточных переходов (сбросные тоннели № 1 и 2) диаметром 3 м и длиной около 14 км, находящихся на окраине г. Ашгабата и проходящих через Каракум-реку, близка к завершению.

В конце 2006 г. приступили к сооружению северного участка тоннеля диаметром 6 м и протяженностью 5 км.

Строительные конструкции

Прокладки ДКТ в г. Ашгабат выполняются в сейсмоопасном районе. К особенностям следует отнести:

- неглубокое сооружение тоннеля, характеризующееся тем, что глубина заложения шельги свода меньше трехкратного размера поперечного сечения обделки;

- трасса тоннеля проходит преимущественно в водонасыщенных суглинках и супесях, обладающих низкой сейсмической жесткостью и отнесенных НИИ Сейсмологии Туркменистана (НИИСТ) по сейсмическим свойствам к грунтам категории III.

Сейсмостойкость подземных объектов или, иначе, недопущение их разрушаемости явилось приоритетной задачей при проектировании и строительстве тоннелей.

Исходное конструктивное решение ДКТ предусматривает его работу в режиме гидротехнического сооружения с устройством первичной обделки из сборных железобетонных блоков и вторичной обделки (рубашки) из монолитного железобетона. Первичная обделка принята конструкции «CERESOLA», которая укладывается щитовым комплексом «Херренкнехт» с перевязкой стыков в блочных кольцах.

Блоки выполнены из бетона класса В35 толщиной 300 мм для обделки диаметром 6 м и 250 мм для обделки 3,5 м и имеют явное преимущество перед железобетонными тубингами и ребристыми блоками. Конструктивные равнопрочные связи между блоками как в радиальных, так и в осевых стыках не предусмотрены. Связи монтажа в виде металлических шпилек и пластиковых дюбелей обеспечивают лишь проектное положение первичной обделки. По периметру каждого блока в заводских условиях устанавливается технологический гидроизолирующий резиновый уплотнитель, который обжимается в процессе проходки. Обделка разби-



а – устройство рубашки на полный круг тоннеля;



б – бетонирование вертикальных перегородок и плиты перекрытия

та на блочные кольца шириной 1,2 м (для железобетонной обделки диаметром 6 м) и 1 м (для 3,5 м), каждое из которых состоит из шести блоков (сегментов), соединенных шарнирно. Для придания тоннелю высоких прочностных гидротранспортных и антисейсмических свойств по первичной сборной железобетонной обделке в нем устраивается монолитная вторичная. Для этого используются специальные гидроизоляционные материалы, обеспечивающие создание шва скольжения, изготовленные на месте армокаркасы, а также устраиваются деформационные швы.

Вторичная обделка для тоннеля диаметром 6 м является отсекообразующим элементом и состоит:

- из монолитной железобетонной рубашки толщиной 150 мм;



Сооружение вторичной обделки тоннеля диаметром 3,5 м

- горизонтального перекрытия толщиной 150 мм, который делит тоннель на две части;
- двух вертикальных перегородок толщиной 200 мм. Антисейсмические деформационные швы устраиваются с максимальным шагом 18,03 м.

Вторичная обделка тоннеля диаметром 3,5 м состоит:

- из монолитной железобетонной рубашки толщиной 150 мм;
- вертикальной перегородки толщиной 200 мм, которая делит тоннель на два отсека – канализационный и дренажный.

В этом случае антисейсмические деформационные швы устраиваются с максимальным шагом 20 м.

Конструкция перегородок в обоих тоннелях запроектирована из бетона для гидротехнических сооружений на сульфатостойком цементе, класс по прочности на сжатие В25, марка водонепроницаемости W6, по морозостойкости F50. Применение сульфатостойкого цемента для изготовления бетона (рубашки) обусловлено наличием агрессивности сточных вод.

Для защиты внутренней поверхности бетона рубашки от действия агрессивной среды стоков предусматривается специальное защитное покрытие, спроектированное УкрНИИводоканалпроектом.

Для устройства монолитной железобетонной отделки применяются механизированные опалубочные комплексы компании «CIFA» (Италия).

Бетонирование конструкций монолитной рубашки в тоннеле диаметром 6 м производится в два этапа:

- на первом – устраивается рубашка на полный круг с консолями для опирания плиты перекрытия;
- на втором – бетонироваться вертикальные перегородки и плита перекрытия. В месте её опирания на консоль предусмотрен шов скольжения.

Каждый опалубочный комплекс состоит из четырех секций общей длиной 18 м, которые соединяются между собой при помощи специальных вставок, позволяющих осуществлять бетонирование рубашки на закруглениях с минимальным радиусом 500 м. Первая и четвертая секции опалубочного комплекса оснащены элементами для образования каналов антисейсмических деформационных швов.

Опалубка для бетонирования круговой рубашки имеет три дополнительные лотковые секции (всего семь лотковых секций), по которым перемещается механизм их перестановки и манипулятор-укладчик бетона. Секция опалубки, механизм перестановки секций и манипулятор имеют гидравлические приводы.

Комплекс для бетонирования перегородок и плиты перекрытия также состоит из четырех секций длиной 18 м с гидроприводами установки в рабочее положение, разопалубки и передвижения опалубки на новую позицию.

Подача бетона к месту укладки осуществляется бетононасосом производительностью до 52 м³/ч, а доставка смеси – с помощью специальных бетоновозов, миксеров полезной мощностью 6 м³ компании «CIFA».

В настоящее время выполнена работа по бетонированию 1800 м круговой отделки со средней скоростью 200 м/мес.

Бетонирование конструкций монолитной рубашки тоннеля диаметром 3,5 м осуществляется в три этапа:

- на первом – бетонироваться лотковая часть круговой отделки;



Механизированная передвижная опалубка фирмы «CIFA», Италия

- на втором – устраивается её сводовая часть;
- на третьем – бетонироваться перегородка.

Для каждого этапа используется специальная четырехсекционная опалубка общей длиной 20 м фирмы «CIFA» (Италия). Между секциями имеются соединения, аналогичные опалубочным комплексам тоннеля диаметром 6 м, а также элементы образования канавок антисейсмических деформационных швов. Перестановка секций опалубки для бетонирования лотковой части выполняется вручную.

Секции опалубки для бетонирования сводовой части рубашки устанавливаются в рабочее положение и переставляются в новые позиции механизмом с гидравлическим приводом, а для бетонирования перегородки секции имеют колесные опоры и после открывания (вручную) лебедка перемещается на новые позиции.

Механизация доставки бетонной смеси, подачи ее и укладки осуществляется также с применением бетоновозов-миксеров, бетононасосов и манипулятора фирмы «CIFA».

Средняя скорость укладки бетона в сводовой части составляет 400 м/мес.

При выполнении работ по устройству железобетонной монолитной отделки по состоянию на март текущего года уложено 20 тыс. м³ бетона в тоннеле диаметром 3,5 м, что составляет 10 км.

Монолитная железобетонная рубашка разделена антисейсмическими деформаци-



Устройство железобетонной рубашки

онными швами на участки (отсеки). Это позволяет избежать попадания отдельных жестких по всей длине участков в условиях разных фаз колебаний.

Длина отсеков (расстояния между швами) определена расчетным путем в зависимости от величины допустимых предельных перемещений соседних участков рубашки, ожидаемой максимальной амплитуды колебаний почвы при землетрясении, скорости распространения продольных сейсмических волн в грунте и преобладающего периода колебаний почвы при землетрясении.

Антисейсмические деформационные швы перерезают все конструктивные элементы вторичной отделки тоннелей: круговую рубашку, перегородки, плиту перекрытия.

Обустройство канавок антисейсмических деформационных швов предусматривается с двухуровневой герметизацией путем установки в первом уровне плоского, а во втором уровне защиты – петлевого компенсаторов.

Вентиляция

Принимая во внимание климатические условия, в которых работают горнопроходческие комплексы, была предусмотрена система охлаждения, обеспечивающая подачу на ТПМК охлажденного воздуха и технической воды для работы комплекса при помощи установок – градирен фирмы «LISTER».

Градирни заполняются водой, соответствующей по своему минералогическому составу требованиям фирмы-изготовителя проходческих комплексов по результатам лабораторных анализов. Охлаждение воды до проектной температуры (наиболее оптимальная – не выше 25°) осуществляется установкой, использующей в качестве хладагента тосол, и вентиляционно-капельной установкой, как дополнительной. Охлажденная вода подается на щит по трубам диаметром 100 мм, затем обратно в градирню (теплая) по трубам того же диаметра, которые монтируются на быстроразъемных соединениях. Оптимальное расстояние, при котором обеспечивается охлаждение гидросистем, двигателей и редукторов щитов без замены главной насосной установки, 2500 м.

Вентиляция тоннелей и призабойных выработок производится при помощи вентиляторов фирмы «KORFMANN» типа ESN диаметром 500 мм для щита EPB-3000 и диаметром 800 мм для щита EPB-6250 путем нагнетания охлажденного воздуха прорезиненным рукавом диаметром 500 мм для щита EPB-3000 и диаметром 1000 мм для EPB-6250. Воздух охлаждается той же градирней, что и для охлаждения воды с помощью радиатора с хладагентом тосолом, который закачивается в холодильную установку. Он монтируется непосредственно на вентиляционной установке в районе забора воздуха. Вентиляторы фирмы «KORFMANN» обеспечивают проветривание тоннеля и подачу необходимого количества свежего охлажденного воздуха в призабойную часть на расстоянии до 2500 м, а при необходимости его увеличения ставится промежуточный вентилятор.

Прорезиненный рукав состоит из секций длиной по 100 м. Он монтируется в кассету на технологической платформе щита и наращивается автоматически по мере продвижения комплекса. Замена кассеты с рукавом производится за 20 мин.

Вентиляционная установка оснащена глушителями той же фирмы-производителя и способствует соблюдению соответствующих санитарных норм.

Сооружение камер

При обустройстве технологических и монтажно-демонтажных камер в неустойчивых грунтах применен наиболее прогрессивный способ сооружения – «стена в грунте». При этом использовалась передовая техника для разработки траншеи длиной 0,6–0,8 м и глубиной 15–20 м (под тиксотропным раствором) – экскаватор с широкозахватным грейфером «KASAGRANDE».

За короткие сроки было сооружено 18 камер различного назначения, на что было из-



Тоннелепроходческий механизированный комплекс «Херренкнехт» диаметром 6 м в монтажной камере

расходовано 4572 т арматурных каркасов и уложено 39944 м³ бетона.

Опыт и высокая квалификация специалистов ЗАО «Интербудтоннель» позволили в условиях обводненности грунтов наладить бурение и устроить систему водопонижения при строительстве камер.

За 2003–2006 гг. было пробурено порядка 344 скважин водопонижения общей протяженностью 12318 м и 1038 штук разведывательных, наблюдательных и инъектированных скважин.

Высокий уровень проведенных работ обеспечил соответствие качества устройства камер всем необходимым требованиям.

Сооружение дюкерных переходов

Для пропуска канализационных стоков и дренажных вод в 2004 г. было закончено сооружение двух дюкерных переходов щитовым комплексом диаметром 6 м под Каракум-реку Арчабильского и Рухабдского этрапов, отстоящих друг от друга на расстоянии 8 км. Для монтажа щитового комплекса были выполнены щитовые камеры на Рухабдском и Арчабильском переходах длиной 67 м и шириной 15 м и демонтаж камеры размером 60 × 15 м. Габарит камер обусловлен целым рядом технических требований. На стадии сооружения их размеры обеспечивают возможность монтажа и демонтажа щитового комплекса в зависимости от назначения камер, а на стадии эксплуатации – технологические требования к размещению эксплуатационного оборудования.

Дюкерные переходы под Каракум-рекой пройдены механизированным щитовым комплексом EPB-6250 фирмы «Херренкнехт». Диаметр сборной железобетонной обделки обусловлен внутренним технологическим габаритом дюкерного перехода и наличием вторичной обделки тоннеля толщиной 150 мм.

Вертикальная посадка тоннеля выполнена из условий проходки под руслом реки на глу-

бине, обеспечивающей мощность слоя грунта над целью свода не менее 7 м. Длина тоннеля 205 м назначена с целью сооружения открытым способом камер, входящих в комплекс тоннельного перехода за пределами зоны, отведенной для защиты устойчивости грунтового массива русла Каракум-реки. В обоих тоннелях железобетонная рубашка устраивалась с помощью механизированной опалубки «ГИПРО-М», разработанной и изготовленной украинскими специалистами.

Подготовка кадров

Для подготовки кадров в г. Ашгабате создан учебный центр, который проводит обучение туркменского персонала и готовит специалистов по всем направлениям деятельности компании. За время работы ЗАО «Интербудтоннель» в Ашгабате было подготовлено свыше 1200 специалистов различного профиля для выполнения работ по сооружению ДКТ.

С целью оперативного реагирования и ликвидации всевозможных нештатных ситуаций компания ЗАО «Интербудтоннель» создала специальную военизированную аварийно-спасательную службу СВАСС, в распоряжении которой находятся современная техника и оснащение. Основными направлениями её деятельности являются: организация и проведение аварийно-спасательных, аварийно-восстановительных, профилактических и предупредительных работ, ликвидация последствий пожаров в подземных выработках, проведение работ при разрушении горных выработок, выполнение мероприятий по усилению противоаварийной защиты и повышению степени подготовленности персонала объектов к действиям в условиях чрезвычайных ситуаций. Личный состав СВАСС в количестве 28 человек военизирован, хорошо обучен и активно принимает участие во всех нештатных ситуациях, которые возникают при строительстве ДКТ.

ОБ ИСКУССТВЕННОМ ЗАМОРАЖИВАНИИ ГРУНТОВ С ПОЗИЦИИ СЕГОДНЯШНЕГО ДНЯ

Б. М. Преждецкий, главный специалист отдела ПОС ООО «Институт «Каналстройпроект»
Б. М. Бершицкий, главный конструктор ОАО «Завод «Компрессор»

История развития искусственного замораживания грунтов в нашей стране неразрывно связана с началом строительства Московского метрополитена. Этот способ, как наиболее эффективный и надежный, получил широкое распространение в метростроении.

Подавляющее большинство вертикальных стволов и, практически, все наклонные эскалаторные тоннели всех метрополитенов бывшего Союза были пройдены и проходятся в настоящее время, как в России, так и странах СНГ, с применением способа искусственного замораживания грунтов.

В горнодобывающих отраслях промышленности данный способ также является основным при строительстве стволов в сложных гидрогеологических условиях.

Работы по искусственному замораживанию грунтов в первые годы его внедрения велись с помощью стационарных аммиачных компрессоров, для размещения которых возводилось здание замораживающей станции, укладывались железобетонные фундаменты, монтировались градирни и т. д., что требовало значительных материальных и временных затрат.

В начале 70-х гг. в крупных городах Советского Союза начало интенсивно развиваться жилищное строительство. Такое положение потребовало резкого увеличения прокладки подземных коммуникаций (коллекторных тоннелей самого различного назначения, стволов неглубокого заложения), зачастую, в условиях плотной городской застройки с применением специальных способов и в том числе искусственного замораживания. Объемы замораживания при этом были, как правило, небольшими и использовать стационарные установки становилось затруднительным из-за продолжительности строительства и монтажа замораживающих станций. Поэтому к ним стали предъявлять новые требования: они должны стать маневренными, быстро возводимыми или перемещающимися (передвижными), а также, в связи с частым их размещением в жилых массивах, необходимо было заменить токсичный хладагент – аммиак более безопасным.

Первым стал применять передвижные холодильные установки Мосинжстрой.

Такая установка ДАУ 80 Московского завода «Компрессор» была изготовлена силами Главмосинжстроя в начале 60-х гг. прошлого века (разработчик и изготовитель СУ-3 Треста горнопроходческих работ, начальник СУ – Ресин В. И.)

Используя положительный опыт внедрения первой замораживающей станции ДАУ 80 завод «Компрессор» по заказу Главмосинжстроя разработал и поставил передвиж-

ную холодильную станцию ПНС-100. Она размещалась в двух фургонах, связанных между собой трубо- и электропроводами. В качестве хладагента применялся аммиак.

В 1973 г. по поручению Главмосинжстроя завод «Компрессор» разработал и изготовил передвижную холодильную станцию ПХС100, состоящую из двух одинаковых установок ПХУ50, в которых в качестве хладагента использовался нетоксичный невзрывоопасный хладон 22 (фреон 22), что позволило применять замораживающие станции в жилых районах городов. Оборудование установки ПХУ50 было размещено в серийно выпускаемом кузове, смонтированном на шасси прицепа. С июня 1973 г. станции ПХС100 начали производить серийно. Первые три были использованы для замораживания грунтов при строительстве подводящего коллектора к Черкизовской насосной станции и позволили в кратчайшие сроки решить проблему сооружения тоннелей в очень сложных гидрогеологических условиях.

За двадцать лет заводом «Компрессор» было выпущено несколько сотен передвижных замораживающих станций ПХС100, которые успешно использовались при возведении подземных объектов различного назначения (шахтные стволы, коллекторные тоннели, камеры, подземные гаражи, фундаменты и др.) в сложных гидрогеологических условиях.

В начале 90-х гг. выпуск станций был прекращен по ряду причин: резко сократились объемы подземного строительства, было выпущено достаточное количество станций, обеспечивших в то время потребности производственных организаций, стали внедряться новые специальные способы.

На сегодняшний день в связи с интенсивным освоением подземного про-

странства крупных городов России резко возросли объемы подземного строительства и, нередко, в сложных гидрогеологических условиях.

В последние годы в практике городского подземного строительства при устройстве котлованов, стволов, камер и других объектов, требующих применения временной водоизоляционной завесы, где успешно и надёжно можно использовать искусственное замораживание грунтов, стали широко внедрять массивные ограждающие конструкции («стена в грунте» (буросекущие сваи)). Их наличие в грунтах приводит к нарушению гидрогеологического режима движения подземных вод, возникновению барражных эффектов и другим негативным последствиям.

Одной из причин сравнительно малого объема внедрения искусственного замораживания грунтов является отсутствие надёжных мобильных передвижных станций. Имеющийся парк станций ПХС100 физически



Общий вид замораживающей установки 1ПХУ50



Внутреннее устройство замораживающей установки

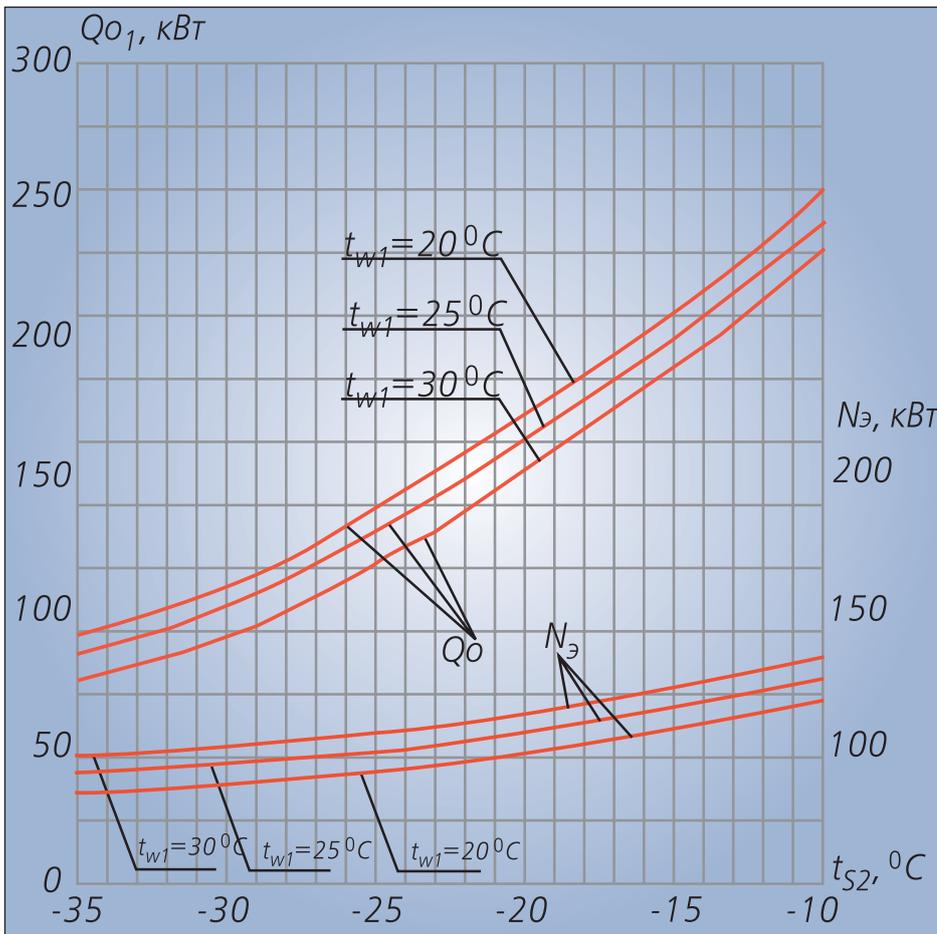


График зависимости холодопроизводительности (Q0) и потребляемой мощности (Nэ) от tS2 и tW1

и морально устарел и требует замены более современным.

В настоящее время завод «Компрессор» начал выпуск передвижных станций нового поколения 1ПХС100, состоящий из двух установок 1ПХУ50.

В каждой из них используются:

- современный винтовой компрессор как отечественного, так и импортного производства;
- современная система автоматики, позволяющая работать с плавным регулированием холодопроизводительности, с точным поддержанием заданной температуры;
- современные шкафы управления двигателем компрессора (возможны варианты: плавный пуск или пуск с переключением обмоток со звезды на треугольник);
- дополнительный теплообменник – экономайзер, позволяющий поднять холодопроиз-

водительность машины, особенно при работе с температурой хладонносителя ниже -20°C ;

• 1ПХУ50 имеет несколько больший кузов (с прекрасным освещением, в том числе аварийным), смонтированный на шасси отечественного производства.

Возможна параллельная работа нескольких таких установок.

Их транспортирование осуществляется железнодорожным и водным транспортом, а также своим ходом при помощи тягача.

Следует обратить внимание на следующие особенности и перспективы использования новой станции.

1. При производстве замораживания в интервалах температур от -20 до -35°C идет увеличение производительности установок на 20–35 % по сравнению с ПХУ50.

2. По желанию заказчика в комплект станции могут быть поставлены:

- рассольный насос необходимой производительности;
- передвижная градирня, позволяющая снизить расход воды, охлаждающей компрессор, до 5–6 м³/ч для одной установки;
- электронный блок связи с передачей параметров работы холодильной машины на дисплей компьютера.

3. Установки 1ПХУ50 могут работать с автономным энергопитанием от передвижных дизель-электростанций.

Использование в качестве хладагента – хладона 22 разрешено «Монреальским протоколом» до 2030 г. Возможно применение даже в уже работающих установках других хладагентов.

На сегодняшний день хладон 22 является наиболее предпочтительным, исходя из его теплотехнических свойств и стоимости совместимых с ним смазочных масел.

Появление на рынке новой передвижной замораживающей станции повышенной мощности позволит решить вопрос временного крепления выработок, сооружаемых в неблагоприятных гидрогеологических условиях, без негативного влияния на окружающую среду.

После сооружения выработок и отключения замораживающих станций происходит оттаивание грунтового массива естественным путем за 2–4 месяца или искусственным путем за 2–4 месяца (в случаях, предусмотренных проектом) в течение 1–1,5 месяцев и в районе производства работ восстанавливается естественная гидрогеологическая обстановка.

Необходимо отметить, что при определенных гидрогеологических условиях для проходки подземных выработок в некоторых случаях из всех видов специальных работ единственно возможным является искусственное замораживание.

В связи с насыщенностью подземного пространства коммуникациями, расположенными на неглубоких отметках (до 15–20 м от поверхности), вновь проектируемые приходится прокладывать на глубине до 40–50 м от поверхности. Такая глубина коммуникаций требует строительства глубоких шахтных стволов, как правило, в условиях Москвы с помощью того же искусственного замораживания.

Только за последнее время Институтом «Каналстройпроект» было предусмотрено искусственное замораживание при проектировании следующих объектов:

- отводящие трубопроводы от Центральной КНС до Юго-западных каналов (глубина шахтных стволов до 28 м);
- Царицынского канализационного канала (длина наклонного хода 31 м);
- дюкера Чертановского канала глубокого заложения через р. Москву (глубина шахтных стволов до 46 м);
- кабельного коллектора от подстанции «Никулино»;
- перекладка канализационных дюкеров через р. Москву в районе музея-заповедника «Коломенское» (глубина шахтных стволов 28 и 46 м, наклонного – 55,5 м).

Основные технические данные установки 1ПХУ50

Марка холодной машины	24МКТ280-2-3
Марка кузова	КП10
Марка прицепа-шасси	ЧМЗАП-8335
Холодильный агент	R22
Диапазон по температуре хладонносителя на выходе из испарителя $t_{S2}, ^{\circ}\text{C}$	от -10 до -35
Максимальная температура охлаждающей воды $t_{W1}, ^{\circ}\text{C}$	30
Установленная мощность электродвигателя компрессора, кВт	132
Расходы, м ³ /ч:	
хладонносителя	60
воды, охлаждающей конденсатор	42
Масса, кг	13000



ЦЕМЕНТАЦИЯ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НАКЛОННОГО СТВОЛА В ЗОНЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

А. Г. Малинин, технический директор ЗАО «ИнжПроектСтрой», к. т. н.
П. А. Малинин, ведущий инженер-геотехник

Введение

Проектом реконструкции шахты «Заполярная» в г. Воркуте предполагается строительство наклонного ствола, соединяющего горные транспортные выработки с расположенной на поверхности центральной обоганительной фабрикой (ЦОФ «Печорская»).

Угол наклона ствола составляет 12° с горизонтом.

На основе инженерно-геологические изысканий установлено, что на начальном участке строительства грунтовый массив до глубины 70–80 м представлен верхнечетвертичными отложениями – преимущественно песками различной крупности (от пылеватых до гравелистых) с прослоями супесей, суглинков и гравия. Ниже песков залегают глины от мягкопластичной до тугопластичной консистенции.

Подавляющая часть площадки строительства обоганительной фабрики сложена вечномерзлыми грунтами, однако на участке выхода наклонного ствола на поверхность вскрытая толща верхнечетвертичных отложений при достигнутой глубине разведочного бурения 35–40 м представлена тальми грунтами (рис. 1).

Воды вскрытого горизонта безнапорные и слабонапорные, но это целостный водоносный горизонт, т. к. выдержанных водупоров в песчано-гравийной толще нет, и воды разных скрытых уровней имеют единую гидравлическую связь.

До глубины уровня грунтовых вод 6 м начальный участок наклонного ствола был проведен открытым способом. Дальнейшее строительство в связи с обводненностью и несвязностью грунтов потребовало применения специальных технологий.

Сравнение способа замораживания и цементации показало, что на начальном периоде сооружения ствола до достижения глу-

бин 30–40 м экономически наиболее целесообразным является применение горного способа проходки под защитой замкнутого грунтобетонного ограждения, устроенного по технологии струйной цементации.

Проектирование

В связи с тем, что струйная технология используется в нашей стране сравнительно недавно и пока не существует отечественного опыта ее применения на больших глубинах, специалистами предприятия была проделана большая работа по изучению имеющегося мирового опыта в реализации подобных проектов.

Анализ показал, что при глубинах 30–40 м наиболее эффективно выполнять цементацию грунтов с поверхности земли, что в отличие от их закрепления из забоя ствола имеет значительные преимущества – возможность параллельно вести закрепление грунтов и проходку ствола, высокая производительность, применять одновременно несколько установок и т. д.

С целью упрощения производства работ участок строительства тоннеля длиной 65 м был разделен на семь заходов, в каждой из которых геометрические параметры ограждения, такие как его толщина в боковых стенах, кровле и почве, имели постоянное значение.

Длина первой заходки, объединяющей грунтобетонное ограждение с существующим стволом, ранее построенным открытым способом, составляла 5 м, остальные имели длину по оси ствола – 10 м.

С помощью метода конечных элементов для каждой заходки был выполнен численный анализ напряженно-деформированного состояния грунтобетонного ограждения в зависимости от величины действующего давления окружающего грунта, деформаци-

онных и прочностных характеристик грунтобетона.

Несущую способность укрепленной области грунтов оценивали с помощью критерия Мизеса-Шлейхера-Боткина:

$$\tau_i \leq C + \sigma_0 \operatorname{tg} \varphi, \quad (1)$$

где τ_i – интенсивность касательных напряжений,

σ_0 среднее (гидростатическое) напряжение,

C – сцепление,

φ – угол внутреннего трения грунтоцемента.

Параметры критерия прочности Мизеса-Шлейхера-Боткина вычисляли, используя значения прочности грунтоцемента при сжатии и растяжении:

$$\operatorname{tg} \varphi = \sqrt{3} \frac{\sigma_{сж} - \sigma_p}{\sigma_{сж} + \sigma_p}, \quad C = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{\sigma_{сж} \sigma_p}{\sigma_{сж} + \sigma_p}. \quad (2)$$

Из существующего опыта прочность при растяжении в первом приближении можно определить через значение прочности на сжатие:

$$\sigma_p = \frac{\sigma_{сж}}{10}. \quad (3)$$

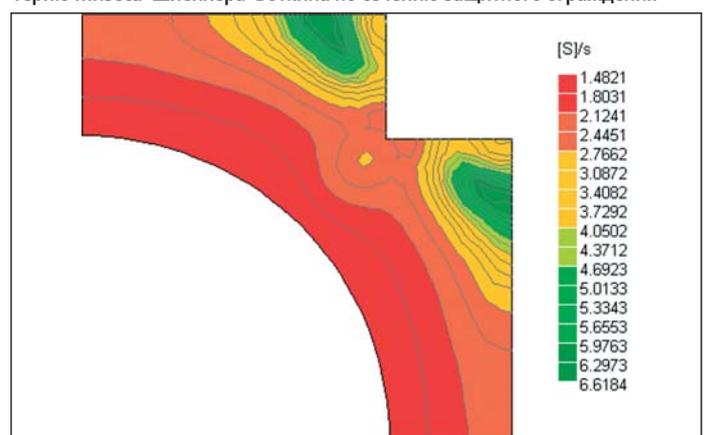
Фактический расчетный коэффициент запаса прочности устанавливали следующим образом:

$$k = \frac{C + \sigma_0 \operatorname{tg} \varphi}{\tau_i}. \quad (4)$$

Рис. 1. Принципиальная схема цементации грунтов вокруг наклонного ствола



Рис. 2. Распределение значений коэффициента запаса прочности по критерию Мизеса-Шлейхера-Боткина по сечению защитного ограждения



Поле распределений коэффициента запаса в одном из сечений ограждающей конструкции показано на рис. 2. В связи с осевой симметрией задачи рассматривали четверть расчетной области.

Анализ результатов показывает, что в наиболее опасном напряженном состоянии находится внутренний контур ограждения, где коэффициент запаса имеет наименьшее значение.

В дальнейшем при проектировании толщина зоны укрепления подбиралась таким образом, чтобы коэффициент запаса прочности по критерию (4) был не менее $k = 1,5$.

Диаметр колонн и прочность грунтоцемента были приняты по аналогии с ранее выполненными объектами в сходных геологических условиях. В песчаных грунтах диаметр с некоторым запасом принят 1400 мм, а гравийном пласте (заходка № 5) – 1500 мм.

Прочность грунтоцемента в песчаных грунтах была принята 10 МПа, в гравийных – 12 МПа.

Многочисленные исследования авторов показали, что в связи с достаточно высокой неоднородностью грунтоцемента, коэффициент надежности при переходе от нормативного к расчетному значению прочности при сжатии образцов должен составлять не менее $\gamma_g = 2,0$. В этом случае расчетную прочность грунтоцемента в песчаных грунтах принимали равной 5 МПа, а в гравии – 6 МПа.

На основе исходных данных были выполнены расчеты геометрических параметров зоны цементации вокруг наклонного ствола для каждой заходки.

В связи с тем, что ограждение устраивается из конечного числа грунтоцементных колонн, методика его расчета для каждой заходки состояла из следующих этапов.

1. Определение минимальной толщины ограждения в зависимости от глубины заложения ствола и расчетной прочности грунтоцемента.

2. Назначение шага колонн с учетом возможного отклонения оси скважин (колонн) от вертикали при максимальной глубине бурения лидерных скважин.

3. Конструктивное определение количества грунтоцементных колонн из условия, что проектная толщина фактического ограждения должна быть больше величины, установленной в расчете. Отметим, что проектную толщину вычисляли в «замковом» сечении поперечного ряда пересекающихся колонн.

4. Поверочный расчет коэффициента запаса при проектной толщине ограждения.

В табл. 1 приведены конечные результаты назначения проектных параметров устройства ограждения – диаметр и шаг колонн, толщина ограждения в боках, кровле и почве выработки.

В последнем столбце приведено значение максимальной глубины бурения – чрезвычайно важного параметра, определяющего не только техническую возможность производства работ, но и шаг колонн, обеспечивающий их пересечение при возможном расхождении.

Отметим, что мощность ограждения в кровле выработки дополнительно увеличивали с целью предотвращения возможных негативных процессов, связанных с её обрушением.

На основе результатов численного моделирования был подготовлен рабочий проект по устройству грунтобетонного ограждения из секущихся грунтоцементных колонн, включающий параметры производства работ на каждой заходке – глубину бурения, длину грунтоцементной колонны, диаметр и шаг колонн.

На рис. 3, 4, 5 показаны сечения ограждения одной из заходок.

С целью подтверждения проектной прочности, а также скорости твердения грунтобетона в лабораторных условиях были изготовлены образцы-кубики размером $100 \times 100 \times 100$. Их замешивали из песчаного грунта, добытого из разведочных скважин, и цемента ПЦ400, содержание которого принимали из расчета 350, 400, 450, 500 кг цемента на 1 м^3 . Образцы хранили в шурфе, устроенном на строительной площадке, во влажной среде, моделируя температурные и влажностные условия грунтового массива.

С целью ускорения получения результатов образцы испытывали в 14-дневном возрасте. На рис. 6 представлена линейная зависимость прочности грунтоцемента от содержания цемента с незначительным возрастанием абсолютных её величин.

Аппроксимация экспериментальных данных выполнена с помощью метода наименьших квадратов. Зависимость прочности от содержания цемента m имеет вид

$$\sigma = 1,036 + 0,00338m. \quad (5)$$

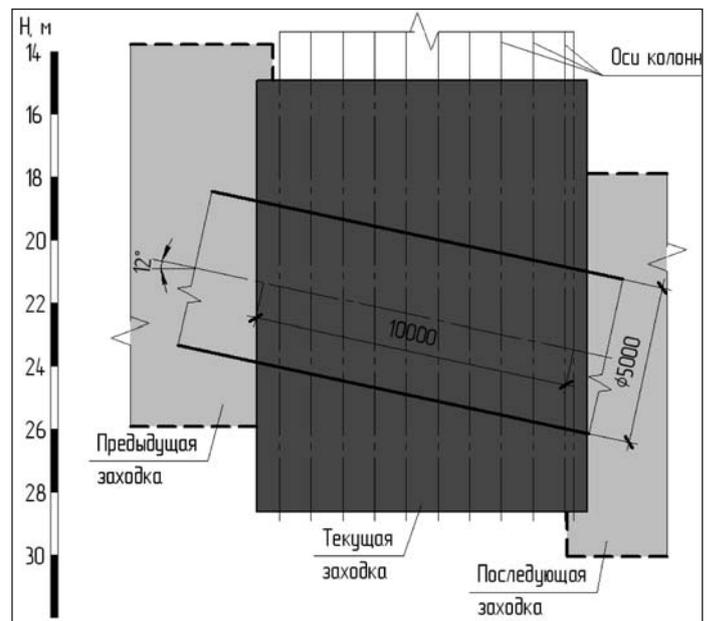


Рис. 3. Продольный разрез участка (заходки) цементации грунтового массива

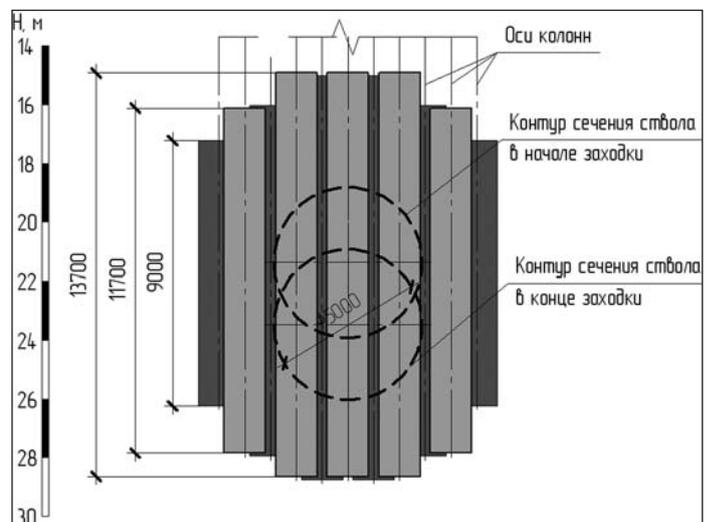


Рис. 4. Поперечный разрез

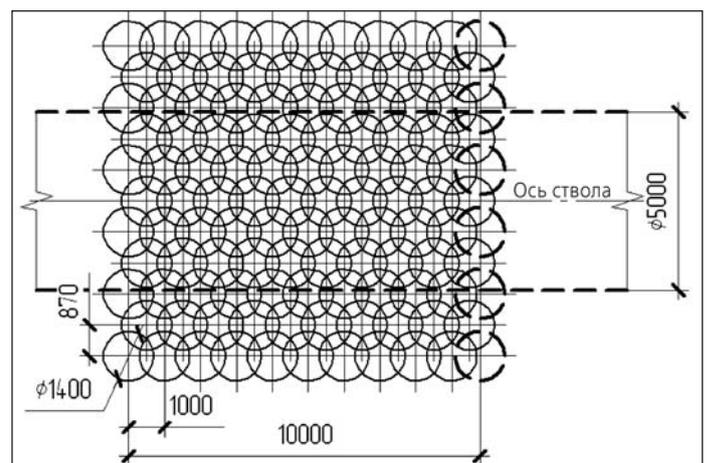


Рис. 5. План расположения колонн

По результатам испытаний был принят расход цемента 600 кг на 1 п. м скважины. В этом случае при её диаметре 1400 мм объемное содержание цемента составляет приблизительно 400 кг/м^3 , а при диаметре 1500 мм в гравийных отложениях – 340 кг/м^3 .

Рис. 7 иллюстрирует характер набора прочности образцов грунтоцемента при

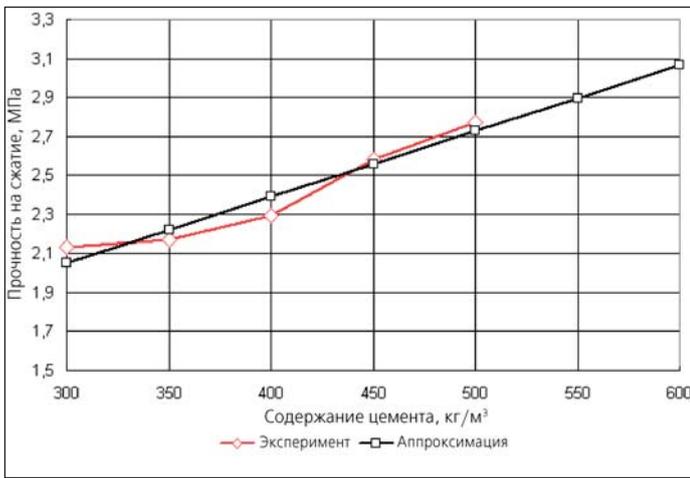


Рис. 6. Зависимость прочности грунтоцемента от содержания цемента

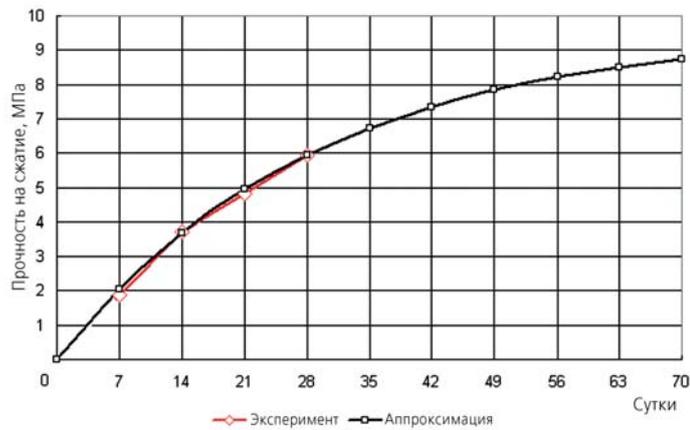


Рис. 7. Зависимость прочности грунтоцемента от возраста образца

расходе цемента 400 кг/м³ укрепленного грунта. Испытания проводили через 7, 14, 28 суток. При созданных температурно-влажностных условиях хранения образцов за стандартный период 28 дней прочность составила приблизительно 6 МПа, однако экстраполяция экспериментальных данных по экспоненциальной зависимости

$$\sigma = 9,6(1 - e^{-0,0346t}) \quad (6)$$

показывает, что прочность образцов через три-четыре месяца достигнет значения 9,6 МПа.

Производство работ

Для производства работ применяли один технологический комплекс в составе буровой установки RAPTOR TWS1400 с высотой мачты 18 м, миксерной станции TWM20 с про-

изводительностью приготовления цементного раствора 20 м³/ч, высоконапорного цементно-рочного насоса TW351, развивающего давление до 550 атм, силоса для приема цемента объемом 25 м³. Все оборудование произведено фирмой «TECNIWELL» (Италия).

В первоначальный период цемент завозили в мешках МКР. Затем была налажена его поставка железнодорожным путем в г. Воркуту, складирование в силосы и перевозка автоцементовозами на объект.

В связи с климатическими условиями Заполярья, работы были начаты в июне и закончены в сентябре и велись круглосуточно. Средняя ежедневная производительность составляла 200 п. м бурения лидерных скважин, нагнетание цемента 55 т.

В отдельные дни был достигнут максимальный расход цемента до 120 т в сутки. На наш взгляд, такая производительность является рекордной в нашей стране (на один технологический комплекс).

В целом при устройстве всех заходок было пробурено 19,9 км лидерных скважин, выполнено устройство 1,8 км грунтоцементных колонн, израсходовано 5,6 тыс. т цемента.

Контроль качества работ

Контроль качества состоял из двух этапов: на первом – производили разборку временной крепи забоя ствола, построенного ранее открытым способом, с контрольной разработкой укрепленной породы. Результаты проходки показали, что забой находится в устойчивом состоянии. При этом грунтоцемент имел даже повышенную прочность и с некоторым трудом разрушался отбойными молотками. Это объяснялось увеличенным содержанием цемента при обработке грунта на участке сопряжения с существующим стволом.

На втором этапе выполняли бурение контрольных скважин с отбором керна из заходок № 3, 4, 5. Данные о прочности образцов приведены в табл. 2.

Прочность на растяжение определяли методом раздавливания образцов сферическим индентером в соответствии с ГОСТ 21153.3-85, на сжатие – пересчитывали с применением коэффициента $k = 14,1$, а также по методике СОЮЗДОРНИИ ($k = 10,0$).

Результаты показывают, что по разным оценкам прочность грунтоцемента находилась в диапазоне 8,9–27,8 МПа. Исключением явился один образец с минимальной прочностью 6–8 МПа, который был выбурен из прослая зацементированного суглинка, однако и в этом случае полученное значение превышало проектное (5 МПа).

Таким образом, предложенная технология струйной цементации не только оказалась наиболее экономичной по сравнению со способом замораживания грунтов, но и в сжатый период в условиях короткого заполярного строительного сезона позволила успешно решить поставленную задачу с выполнением всех проектных условий.

Геотехнические параметры грунтобетонного ограждения

Таблица 1

№ заходки	Глубина заложения ствола (по центру)	Тип грунта	Прочность при сжатии, МПа		Толщина ограждения, м			Коэффициент запаса	Максимальная глубина лидерной скважин, м
			нормативная	расчетная	в почве	в кровле	в боковых стенах		
1	10,0-11,7	песок гравелистый	10,0	5,0	2,0	3,0	1,85	2,46	16,2
2	11,7-13,7	песок гравелистый	10,0	5,0	2,0	3,0	1,85	2,24	17,5
3	13,7-15,8	песок гравелистый	10,0	5,0	2,0	3,3	1,85	2,08	19,6
4	15,8-17,9	песок гравелистый, гравий	10,0	5,0	2,0	3,3	1,85	1,95	21,8
5	17,9-20,0	гравий	12,0	6,0	2,1	3,3	1,85	1,85	23,6
6	20,0-22,1	песок гравелистый, гравий	10,0	5,0	2,5	3,3	1,85	1,77	26,4
7	22,1-24,1	песок гравелистый	10,0	5,0	2,5	4,0	1,85	1,71	28,6

Результаты испытания керна грунтоцемента

Таблица 2

№ заходки	Прочность на растяжение, МПа	Прочность на сжатие по ГОСТ 21153.3-85, МПа	Прочность на сжатие по методике СОЮЗДОРНИИ, МПа
3	0,93	13,10	9,32
4	0,90	12,70	8,97
4	1,72	24,30	17,16
5	2,00	27,80	20,00
5	0,61	8,60	6,07

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ГРУНТОВОГО МАССИВА ПРИ СООРУЖЕНИИ ТОННЕЛЕЙ ЩИТАМИ С АКТИВНЫМ ПРИГРУЗОМ ЗАБОЯ (НА ПРИМЕРЕ СЕРЕБРЯНОБОРСКИХ ТОННЕЛЕЙ)

В. В. Чеботаев, Е. В. Щекудов, кандидаты техн. наук,
А. Г. Андриянов, инженер, филиал ОАО ЦНИИС НИЦ «Тоннели и метрополитены»

В октябре 2006 г. завершилась проходка последнего в комплексе Серебряноборских тоннелей – правого. Работы велись в зоне Серебряноборского лесничества под его территорией в сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях (рис. 1).

Одним из основных требований к строителям и проектировщикам магистрали, определившим выбор подземного способа ее прокладки с применением современного импортного оборудования – тоннелепроходческого механизированного комплекса (ТПМК) фирмы «Херренкнехт» (Германия) с гидрощитом диаметром 14,2 м (рис. 2) и сборной высокоточной водонепроницаемой железобетонной обделки, явилась необходимость обеспечения полной сохранности окружающей природной и городской среды.

Как показал предварительный анализ, выполненный по результатам обследования, сохранность объектов городской инфраструктуры, представленных коттежными поселками и инженерными коммуникациями, может быть гарантирована при осадках дневной поверхности в диапазоне от 10 до 30 мм, т. е. при реализации, по сути, безосадочной проходки.

Определенный опыт сооружения тоннелей щитами с активным пригрузом забоя, в том числе и указанным выше (тоннели под р. Эльбой в Гамбурге, Лефортовский – в Москве), свидетельствовал о выполнимости этого условия. Однако чтобы учесть возможные последствия от разрушения зданий или аварии на коммуникациях, необходимо было вначале теоретически для данных конкретных условий заложения трассы тоннелей определить диапазон возможных осадок и, сравнив пессимистический прогноз с допускаемыми осадками для каждого из объектов, дать рекомендации для проектирования –

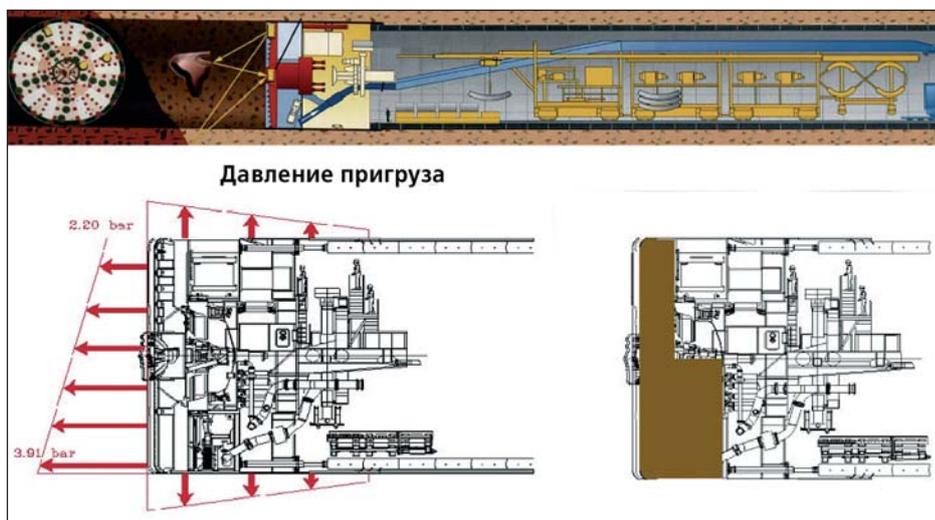


Рис. 2. Тоннелепроходческий механизированный комплекс фирмы «Херренкнехт»

выполнять (и какие) либо не выполнять защитные мероприятия.

Первоначально этот прогноз базировался на решении плоской задачи. Расчет проводился с использованием комплекса программ для ПЭВМ «РУПС-02» (Расчет упруго-пластических систем, версия 2), разработанным в НИЦ ТМ, реализующего задачу определения деформаций в полуплоскости по методу конечных элементов (МКЭ). Реализованное в программе, использующей МКЭ, решение позволяет учесть деформационные и прочностные свойства каждого слоя грунта, технологию строительства и конструкцию обделки. Как показал мониторинг деформаций поверхности земли результаты расчета величины осадок грунта, зданий и сооружений несколько завышены, т. к. пакет расчетных программ «РУПС-02» способен вести решение требуемых задач только в плоской постановке. При введении начальных условий и параметров программный комплекс может отображать тоннели только

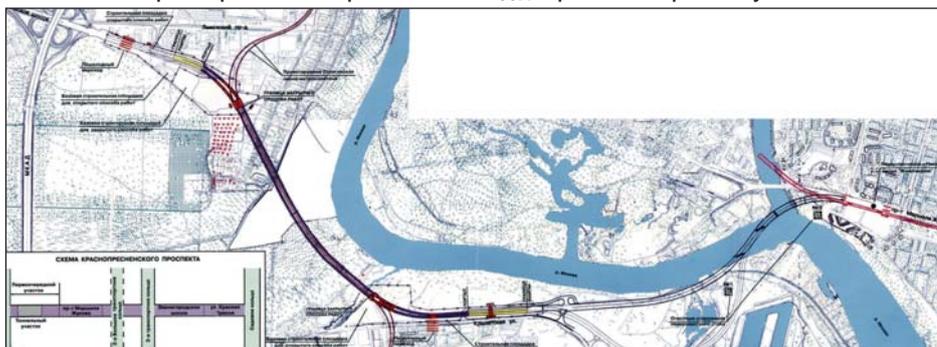
одинакового диаметра и нет возможности учесть давление пригруза щита.

И хотя результаты расчета по модели качественно соответствовали данным мониторинга, для более точного прогноза было признано целесообразным усовершенствовать методику путем решения задачи в пространственной постановке.

Данный анализ, результаты которого были апробированы при проходке правого транспортного тоннеля в Серебряном Бору, был выполнен в лаборатории «Горное давление и нормы расчета» с применением комплекса программ «PLAXIS 3D Tunnel 2», созданного компанией «PLAXIS b/v.» (лицензия НИЦ ТМ № 031015-C01). Данный расчетный комплекс предназначен для решения задач инженерной геотехники на основе метода конечных элементов в трехмерной постановке. Разработанная с использованием программного комплекса методика расчета дает возможность избежать необходимых компромиссных допущений, которые пришлось вводить на первой стадии прогнозирования. В данном случае можно разбить объекты на довольно малые конечные элементы. Программа в обязательном порядке требует задания гидростатических условий по рассматриваемому сечению в массиве и позволяет ввести для расчета тоннели разных диаметров, что значительно приближает полученные аналитические значения осадок к фактическим.

С помощью методики можно решить задачу взаимной работы грунтового массива с искусственными сооружениями, в том числе и под действием внешней нагрузки, как

Рис. 1. Участок Краснопресненского проспекта от МКАД до проспекта Маршала Жукова



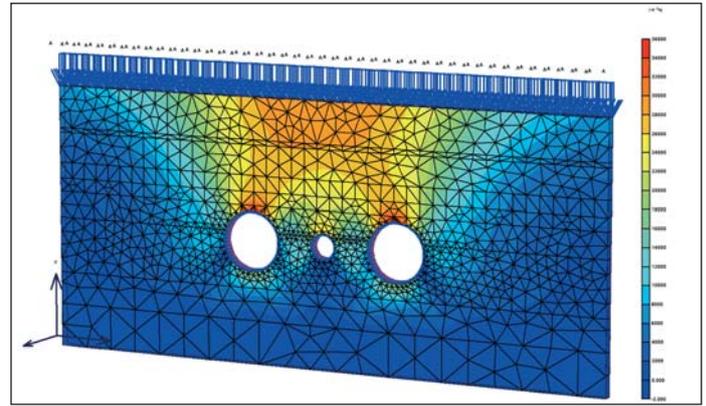
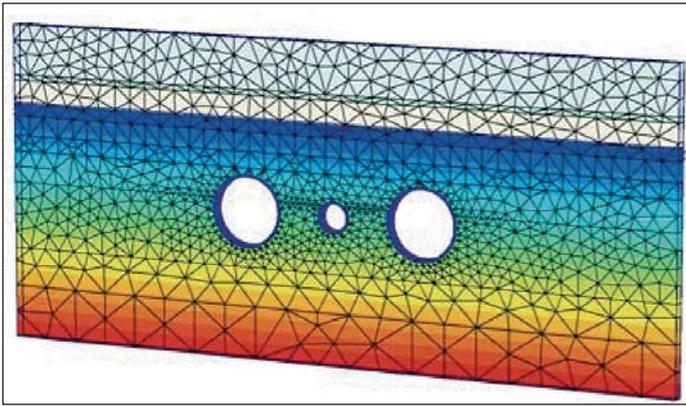


Рис. 3. Характерная расчетная схема

Рис. 4. Изополя полных смещений массива

пространственную упругопластическую (в качестве примера представлена схема на рис. 3)

Для моделирования работы грунта в ней была использована нелинейная упругопластическая модель Мора-Кулона, формируемая в виде зависимостей бесконечно малых приращений эффективных напряжений (скорости эффективных напряжений) и деформации (скорости деформации). Изополя полных смещений массива, возникающих после проходки всех трех тоннелей, для характерного расчетного сечения представлены на рис. 4.

Для каждого расчетного сечения были определены возможные осадки при различных объемах заполнения зазора между поверхностью выработки и обделкой, образующегося после ее схода с оболочки щита.

Для моделирования потери объема грунта из-за строительства тоннеля щитовым способом применяется понятие «усадка». Под ней подразумевается уменьшение площади сечения выработки из-за неполного заполнения строительного зазора. В данной схеме усадка задается вместе с включением в работу обделки и определяется как процент уменьшения площади поперечного сечения тоннеля по отношению к первоначальной.

В расчетах рассматривались два варианта. Для случая оптимистического прогнозирования предполагалось, что заполнение строительного зазора будет осуществляться практически полностью и своевременно. Пессимистическое прогнозирование допускало некоторое отступление от технологического регламента.

На рис. 5 представлены результаты расчета и значения фактических осадок поверх-

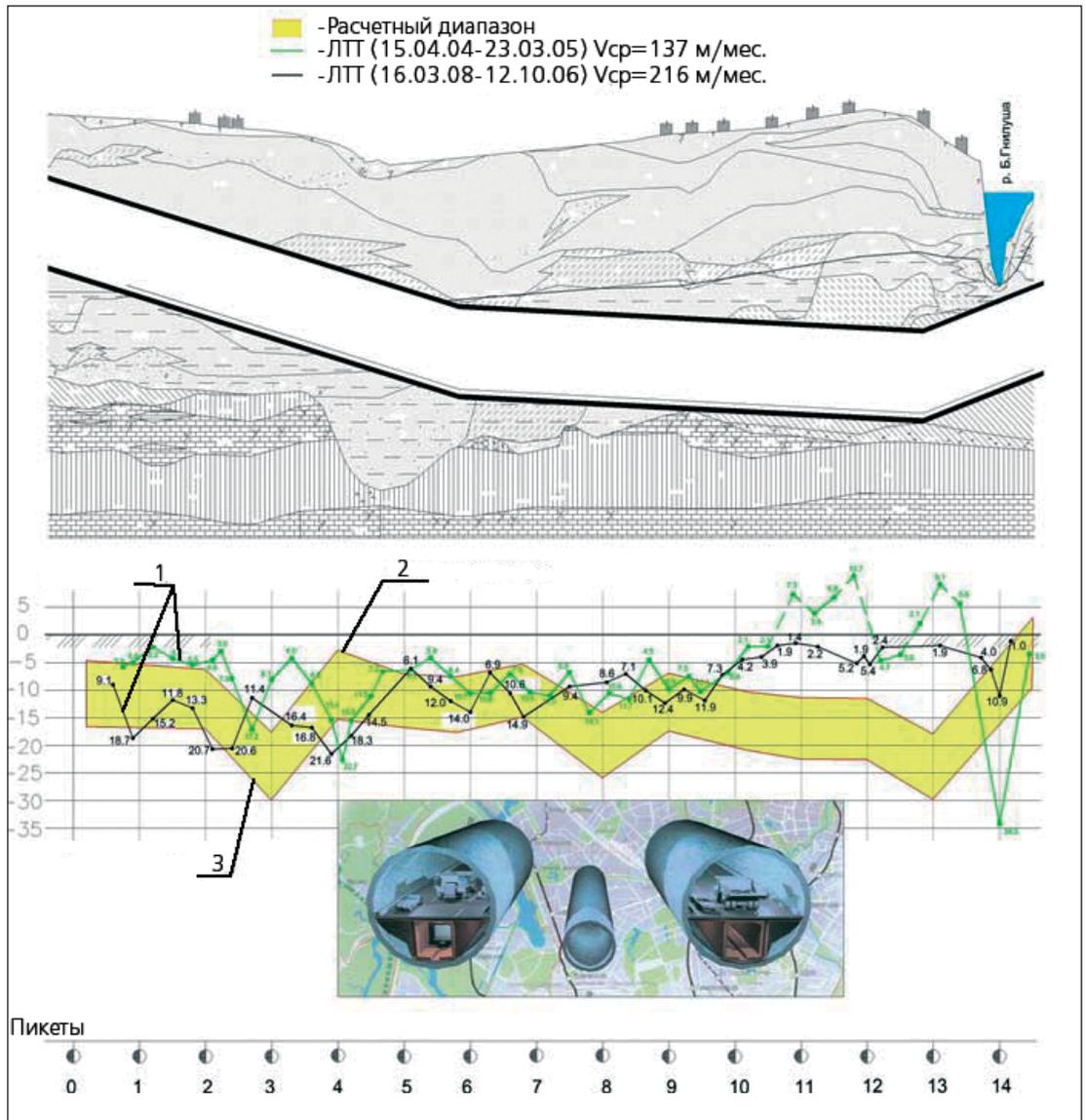


Рис. 5. Осадки поверхности от проходки двух транспортных и одного сервисного тоннелей (расчетный диапазон и фактические деформации на 14.10.2006 г.): 1 - фактические осадки; 2 - оптимистический прогноз; 3 - пессимистический прогноз

ности грунтового массива от окончательной проходки трех тоннелей.

После ПК 08+00 параметры усадки увеличились в 2 раза. Это связано с изменением инженерно-геологических условий залегания тоннелей – проходка осуществлялась в глинистых грунтах.

Из полученных результатов можно сделать следующий вывод: расчет грунтового массива

по нелинейной упругопластической модели Мора-Кулона с учетом величины усадки удовлетворительно работает в песчаных грунтах, диапазон расчетных осадок соответствует фактическим показателям. Для глинистых условий данная математическая модель дает завышенные в 2 раза значения осадок. Необходимо провести дополнительные исследования и корректировку методики расчета.



НОВЫЕ ВОЗДУШНЫЕ ФИЛЬТРЫ НА БАЗЕ МОТАЛЬНЫХ ПАКОВОК СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В. Ф. Иванов, главный технолог Международной Ассоциации «Метро»

С. Д. Николаев, ректор МГТУ им. А. Н. Косыгина, д. т. н., профессор

И. Н. Панин, директор филиала УлГУ в г. Димитровграде, д. т. н., профессор

В настоящее время при решении экологических задач, касающихся охраны окружающей среды, все большее применение находят текстильные материалы. Примером тому являются ткани, нетканые материалы (войлоки, трикотажные рукава и полотна), формируемые из текстильных волокон и нитей, используемые для очистки воздуха в системах вентиляции и кондиционирования помещений, газов, а также вытяжного воздуха от аэрозолей краски (при покраске автомобилей) и рециркуляционного воздуха с целью экономии тепла в холодный период года и т. д.

Все фильтровальные полотна представляют собой плоские объемные волокнистые структуры, размеры и форму которых задают исходя из необходимых фильтрующих характеристик.

При очистке воздуха в метрополитене применяются различные конструкции текстильных ячеяковых фильтров: ФяП – плоские; ФяГ – гофрированные; ФяК – карманные; ФяС – складчатые; ФяР – рукавные фильтры и т. д.

В процессе эксплуатации приходится постоянно контролировать их аэродинамическое сопротивление по показаниям микроанометров, установленных в вентиляционных камерах до и после фильтров.

При достижении перепада давлений величины, указанной в проекте или выбранной исходя из располагаемого давления в системе, фильтры необходимо подвергать регенерации.

Данный процесс требует дополнительных затрат времени, электроэнергии, воды, специальных составов и т. п. на очистку фильтровальной перегородки и ведет к удорожанию системы воздухоочистки. Кроме того, все существующие полотна имеют общий существенный недостаток – склонность к «пробою» фильтровальной перегородки (нарушению целостности ее структуры), а, следовательно, потере фильтром своих основных свойств и возникновению необходимости его замены новым, что также сопряжено с дополнительными затратами.

Пробой фильтровальной перегородки может возникать вследствие резкого перепада давления в системах воздухоподдачи (ударных воздействий импульсов сжатого воздуха при запуске и остановке вентиляционного агрегата, проявлении «поршневого эффекта» при движении поездов метрополитена и др.).

Плоские ячеяковые фильтры дополнительно имеют ограниченную площадь перегородки (входного сечения фильтра) и, как следствие, низкую производительность.

Учитывая вышеизложенное, можно сформулировать основные требования, которым должны отвечать конструкции фильтровальных систем, применяемых для очистки воздуха:

- их создание с максимальной производительностью при минимальных значениях площади входного сечения фильтра;
- исключение явлений «пробоя» фильтровальных перегородок и преждевременного выхода фильтра из эксплуатации;
- структура перегородки должна обеспечивать удаление осадка при регенерации (с минимальными энергозатратами) без боязни разрушить целостность ее структуры;
- возможность проведения регенерации фильтра на месте его установки;
- относительная дешевизна и удобство в обслуживании в период эксплуатации.

Структурой новых фильтровальных перегородок для очистки воздуха, в полной мере обладающей всеми вышеуказанными свойствами, является структура намотки мотальных паковок специального назначения, которые могут формироваться из нитей различного волокнистого состава путем создания слоисто-каркасной намотки, с заданной пористостью и проницаемостью фильтровальной перегородки, на перфорированном каркасе. Способ формирования таких намоток из нитевидного материала защищен патентом.

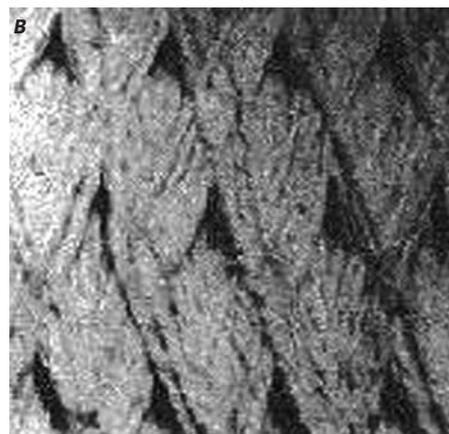
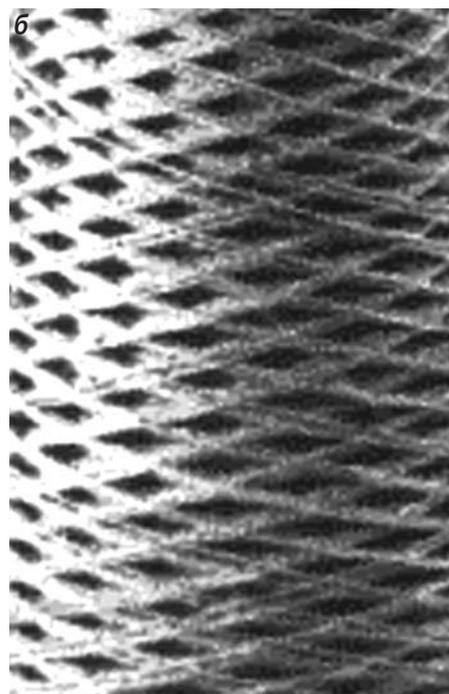
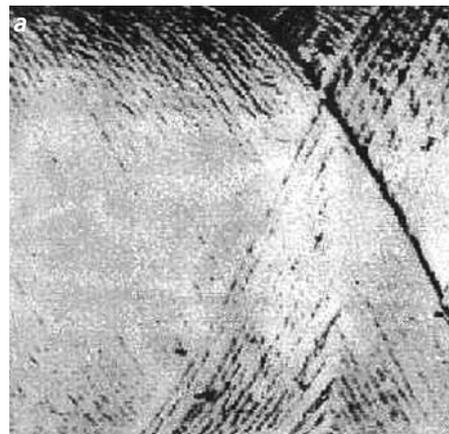
Структура фильтровальной перегородки в трубчатых текстильных фильтрах (ТТФ), сформированных намоткой нитей на перфорированный каркас, обеспечивает устойчивость к внешним и механическим воздействиям и перепадам давления, подаваемого в систему воздуха, полностью исключая явления «пробоя» перегородки как в режиме эксплуатации, так и при регенерации фильтра.

Система расположения витков нитей в различных слоях намотки позволяет получить заданную пористость и проницаемость фильтра, а, следовательно, требуемую эффективность и степень очистки воздуха. Благодаря применению для формирования фильтровальных перегородок ТТФ мультифиламентных волокон с развитой наружной поверхностью достигается сверхтонкая очистка воздуха от вредных примесей и существенно расширяется область использования новых фильтровальных систем.

Основными отличительными характеристиками всех видов намоток специального назначения являются:

- размеры пор в структуре фильтровальной перегородки;

Рис. 1. Структура намоток пористых перегородок ТТФ: а – сомкнутая, б – замкнутая, в – спиралевидная



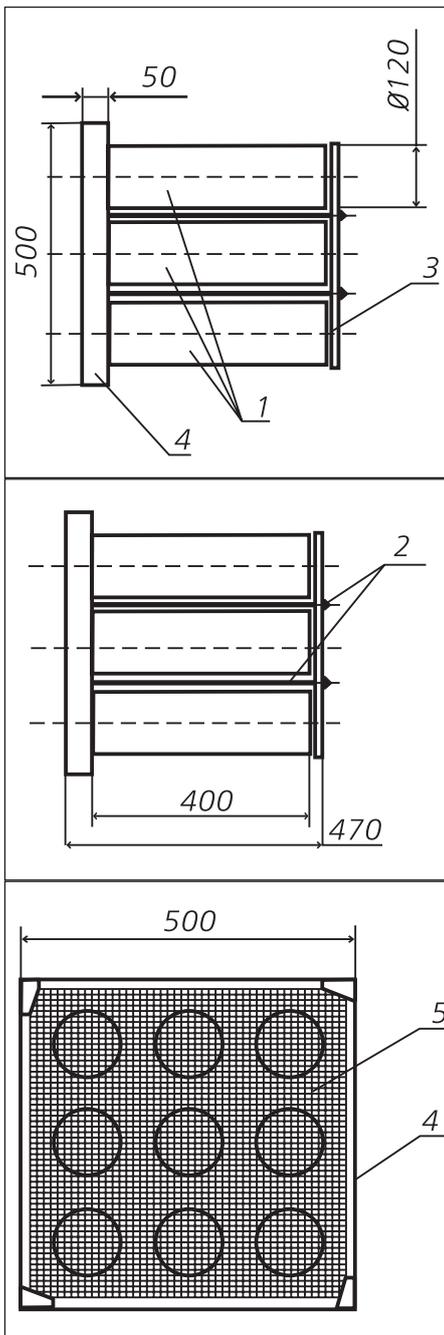


Рис. 2. Схема модуля «Пантекс»: 1 – картридж «Пантекс», 2 – винтовая тяга, 3 – ограничитель, 4 – установочная рама, 5 – декоративная решетка

- направление смещения пор по радиусу в её толще;

- объемная плотность намотки.

На рис. 1 приведены примеры различных структур намотки паковок специального назначения.

Наибольшую объемную плотность имеет сомкнутая структура намотки нитей на перфорированный каркас, а, следовательно, ее целесообразно использовать для тонкой очистки воздуха, в наиболее ответственных случаях, при необходимости:

- обеспечения эффективности очистки до 99,99 %;

- способности улавливать мелкодисперсную пыль размером частиц от 1 мкм и выше;
- из воздуха радионуклидов.

Особый интерес представляют замкнутые и спиралевидные намотки, у которых разме-

ры пор могут задаваться требуемой степенью очистки воздуха, причем радиальное смещение пор в структуре фильтровальной перегородки полностью исключает «проскок» микрочастиц через толщину намотки, образуя своеобразные «ловушки» для них, и существенно увеличивает (до 20–30 раз) грязеемкость перегородки по сравнению с плоскими фильтрами.

Комплексное использование всех видов структур намотки при формировании одной фильтровальной перегородки еще более расширяет сферу применения новых трубчатых текстильных фильтров и требует дополнительных исследований.

Одними из главных достоинств трубчатых текстильных фильтров «Пантекс», выпускаемых на базе слоисто-каркасных намоток и разработанных в Димитровградском институте технологии, управления и дизайна, являются:

- простота их обслуживания в процессе эксплуатации в системах вентиляции, так как отдельные картриджи соединяются с помощью муфт и собираются в один коллектор. Тем самым достигается заданная производительность. При этом площадь фильтровальной перегородки складывается из площадей фильтровальной перегородки картриджей и их размеров;

- дешевизна картриджей «Пантекс» обеспечивается высокоскоростным, однопроцессным способом их формирования на специальном оборудовании и, порою, регенерация фильтров не целесообразна или возможна путем срезания верхних двух-трех наиболее загрязненных слоев намотки с поверхности фильтра, при этом ресурс его работы снижается на 30–40 %.

В настоящее время Димитровградским институтом технологии, управления и дизайна разработан фильтровальный модуль «Пантекс-0,5Т», опытный образец которого проходит эксплуатационные испытания на одном из объектов Московского метрополитена. Начальное аэродинамическое сопротивление фильтров модуля «Пантекс» не превышает 50 Па, что достигнуто за счет выбора структуры фильтровальной перегородки, по степени очистки воздуха соответствует ГОСТ Р 51251-99 и EN 1822 по EUROVENT 4/9, себестоимость очистки 1 м³ воздуха снизилась на 30 %.

Схема модуля показана на рис. 2. Наборная ячейка включает в себя девять картриджей «Пантекс», соединенных винтовыми тягами и ограничителем. На выходе воздуха из модуля в установочной раме закреплена декоративная решетка.

Фильтровальная перегородка картриджей сформирована из полипропиленовых нитей линейной плотности 150 текс. Площадь

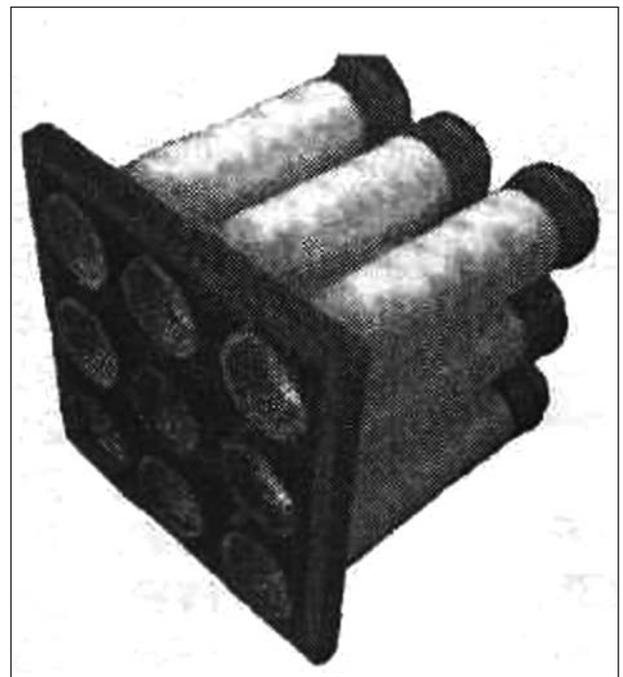


Рис. 3. Общий вид модуля «Пантекс-0,5Т»

фильтровальной поверхности модуля в пять раз превышает площадь ячеистого фильтра ФяП-0,5. Это позволило существенно увеличить срок его эксплуатации без регенерации и замены картриджей.

К достоинствам данного фильтра можно отнести и возможность их установки по крепежным отверстиям фильтра ФяП-05, а также проведение (при необходимости) регенерации в любом месте, где есть проточная вода.

На рис. 3 представлен общий вид фильтровального модуля «Пантекс-0,5Т».

Выводы

1. При создании фильтровальных установок для очистки воздуха в метрополитенах и выполнении высоких требований международных стандартов целесообразно использовать специальные мотальные паковки «Пантекс», обладающие комплексом преимуществ перед плоскими неткаными полотнами.

2. Простота конструкции фильтровального модуля, удобство сборки и обслуживания, а также увеличение поверхности фильтровальной перегородки позволило значительно снизить себестоимость очистки воздуха по сравнению с плоскими фильтрами.

3. Очевидно, одним из мест применения фильтров «Пантекс» может служить их установка в подкрышном пространстве вагонов метрополитена, для очистки подаваемого в салон воздуха, забираемого из тоннеля, что позволит существенно повысить комфортность пассажиров.

Заключение

В настоящее время Димитровградским институтом технологии, управления и дизайна на основе трубчатых текстильных фильтров, формируемых на базе слоисто-каркасных намоток, создаются установки для очистки и обеззараживания питьевой воды, которые также могут найти свое применение на метрополитенах.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ МОЩНОСТИ ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ – ИСТОЧНИК ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Г. И. Криштафович, В. Я. Пахомов, Московский метрополитен

В настоящее время Московский метрополитен потребляет в год около 1,8 млрд кВтч электроэнергии. При тарифе 1,17 р./кВтч затраты составляют 2,1 млрд р.

Самая существенная составляющая этих затрат приходится на тягу – 1,3 млрд кВтч.

Поэтому вопрос экономии электроэнергии за счет минимизации потерь в силовых агрегатах – тяговом трансформаторе и кремниевом выпрямителе (КВ) является давно назревшим. Практическое решение этой задачи именно сейчас обусловлено двумя основными факторами.

Во-первых, на Московском метрополитене проводится плановая замена масляных и электромагнитных выключателей 10 кВ вакуумными с гарантированным ресурсом 50 тыс. циклов вкл/откл при номинальном

токе. При этом завершается замена штыревых диодов КВ таблеточными. Статистический анализ работы КВ с таблеточными диодами совместно с вакуумными выключателями (без установки ограничителей перенапряжения) показал надежную работу всего присоединения (тяговый трансформатор плюс КВ). Следует отметить, что все КВ имеют в выпрямительном плече не менее двух последовательно включенных диодов класса не ниже 20, то есть каждый из них рассчитан не менее чем на двойное максимальное рабочее напряжение. Поэтому возникающие перенапряжения при отключении вакуумных выключателей не должны приводить к повреждениям кремниевых выпрямителей, что подтверждается практикой.

Во-вторых, проводится системная работа по внедрению АСКУЭ с цифровыми счетчи-

ками электроэнергии (счетчики имеются на каждом КВ).

Таким образом, в плане аппаратного обеспечения поставленной задачи реальной экономии электроэнергии на сегодняшний день практически все сделано. Остается решить вопрос: когда (во времени) и сколько КВ отключать на той или иной подстанции. Необходимо только разработать соответствующее программное обеспечение для АСКУЭ с интеграцией последней в существующую систему телеуправления.

На рис. 1 приведена возможная функциональная схема управления работой КВ с применением АСКУЭ.

Информация по загрузке каждого КВ через счетчик поступает на модем М и далее по оптоволоконному каналу собирается в базе данных БД, установленной на центральном диспетчерском пункте.

Оценивается степень загрузки по мощности каждого агрегата и всей подстанции с привязкой ко времени суток и через существующую систему телеуправления выдается команда на включение/отключение соответствующего силового агрегата по кольцевой схеме.

Нагрузка в тяговой сети характеризуется большой неравномерностью. При этом силовое оборудование, установленное на подстанциях, даже в часы пик имеет определенную избыточность по мощности. Как правило, все оборудование подстанции включено в работу постоянно. При этом силовое оборудование значительную часть времени работает с существенной недогрузкой, имеют место также большие потери мощности в агрегатах, потребляемая энергия характеризуется низкими значениями $\cos \phi$.

Рассмотрим вопрос: когда и сколько агрегатов целесообразно отключать.

Целью автоматического регулирования мощности в устройствах силового электрооборудования является минимизация потерь электроэнергии при изменяющейся нагрузке за счет отключения и включения отдельных преобразовательных агрегатов.

Потери в преобразовательном агрегате состоят из потерь в тяговом трансформаторе и КВ.

Активные потери в трансформаторе $\Delta P_{тр}$:

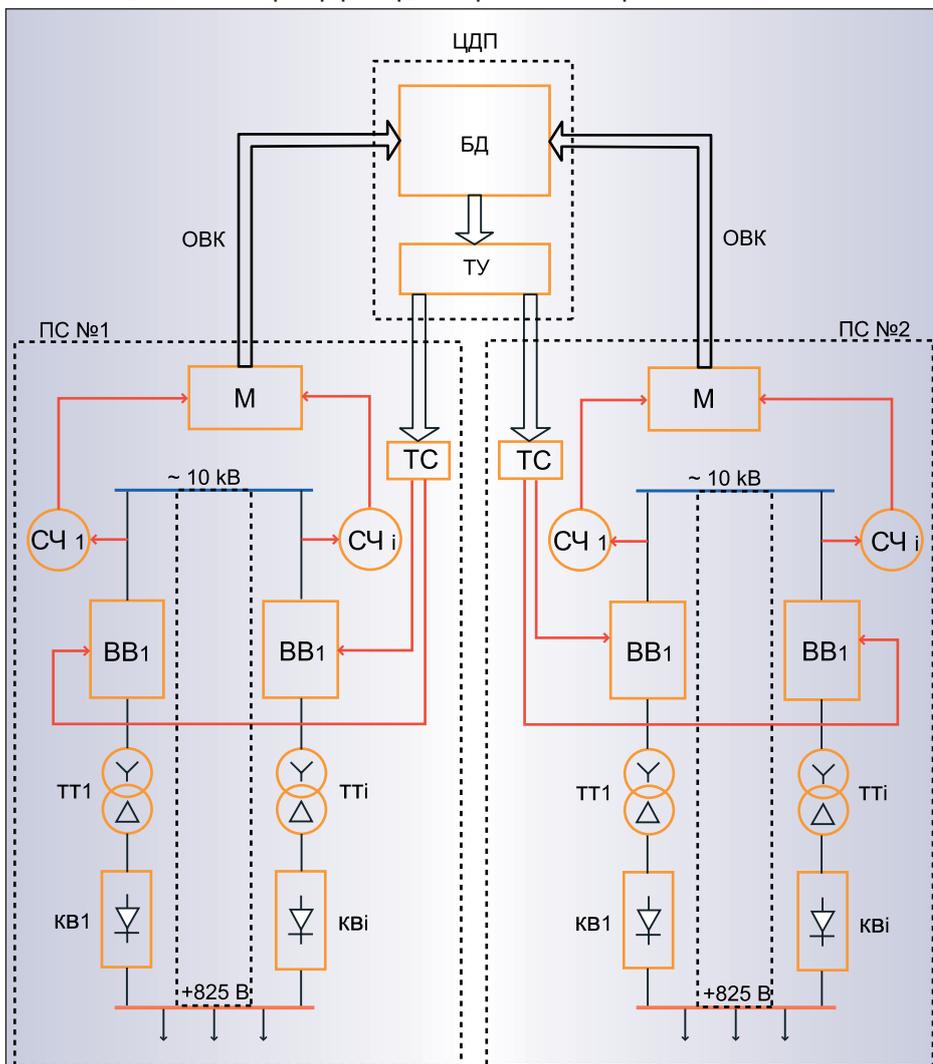
$$\Delta P_{тр} = \Delta P_{ст} + \Delta P_{ном} \beta^2,$$

где $\Delta P_{ст}$ – активные потери в стали, не зависят от нагрузки;

$\Delta P_{ном} = \Delta P_{кз}$ – номинальные потери в обмотках трансформатора при номинальной нагрузке;

$\beta = I/I_{ном}$ – коэффициент загрузки трансформатора.

Рис. 1. Предполагаемая функциональная схема АСКУЭ, интегрированной с системой телеуправления: ЦДП – центральный диспетчерский пункт, БД – база данных, ТУ – телеуправление, ТС – телестатив, ОВК – оптоволоконный канал связи, М – модем, ЭЧ – электронный счетчик, ВВ – вакуумный выключатель, ТТ – тяговый трансформатор, КВ – кремниевый выпрямитель



Активные потери в КВ: определяются потерями в диодах и ошиновке, последними пренебрегаем.

В существующих КВ вентильное плечо состоит из двух или трех параллельных ветвей, в каждой из которых включены последовательно два диода.

Потери в плече (независимо от количества параллельно включенных ветвей) $\Delta P_{пл}$:

$$\Delta P_{пл} = 2\Delta U_d \cdot I_d$$

Суммарные ΔP определяются суммой потерь катодного и анодного плечей (пренебрегаем пульсациями тока I_d ввиду их малости):

$$\Delta P_{кв} = 4\Delta U_d \cdot I_d$$

Вольтамперную характеристику силового диода достаточно хорошо можно аппроксимировать кубической параболой, например,

$$\Delta U_d = k \sqrt[3]{I_d}$$

Для диодов Д253-1600-(20÷24), устанавливаемых на КВ, имеем:

$$\Delta U_{дно} = 1,5 \text{ В}, I_{дно} = 1600 \text{ А}$$

Отсюда:

$$k = \sqrt[3]{\frac{1,5}{1600}}$$

Для любой загрузки потери $\Delta P_{кв}$ приведенные к первичному току трансформатора, составят:

$$\Delta P_{кв} = 216k \sqrt{\beta}$$

Суммарные потери в агрегате при произвольной нагрузке:

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_{тр} + \Delta P_{кв} = \Delta P_{ст} + \Delta P_{мно} \beta^2 + 216k \sqrt{\beta} \quad (1)$$

Если допустить, что при различных токовых нагрузках напряжение остается постоянным ($U = \text{const}$), то очевидно

$$\beta = \frac{I}{I_{ном}} = \frac{U \cdot I}{U \cdot I_{ном}} = \frac{S}{S_{ном}}$$

где $S_{ном}$ – номинальная мощность одного агрегата (трансформатор и КВ).

В зависимости от значения коэффициента загрузки β , т. е. в зависимости от степени использования оборудования по мощности, производится отключение одного или более агрегатов с условием, что суммарные активные потери в оставшихся в работе агрегатах будут минимальными. Это решается с помощью программного обеспечения АСКУЭ по выражению (1).

При относительно несущественных допущениях его можно упростить и после преобразований получить явное выражение для искомого значения граничного коэффициента загрузки $\beta_{гр}$:

$$\beta_{гр} = 0,27 \sqrt[3]{m}$$

где n – количество агрегатов в работе до отключения;

m – количество агрегатов в работе после отключения.

Физически коэффициент $\beta_{гр}$ определяет экономически целесообразную область загрузки подстанции от холостого хода до $\beta_{гр} < 1$.

На рис. 2 приведена расчетная характеристика рекомендуемой работы типовой подстанции с 4-мя агрегатами.

Экономический эффект при отключении одного агрегата. В сутки из 24 ч метрополитен работает 20 ч. Из них примерно 7 ч составляют часы пик. В оставшиеся 13 ч один агрегат может быть выключен.

Расчет сделан для типового оборудования:

Трансформатор ТСЗП-1600/10МУЗ

$$P_{xx} = \Delta P_{ст} = 3,03 \text{ кВт}$$

$$P_{кз} = \Delta P_{мно} = 10,37 \text{ кВт}$$

$$I_{xx} = 0,69 \%$$

$$I_k = 5,93 \%$$

Кремниевый выпрямитель

ВД-1600-825УХЛУ

$$P_{ном \text{ вых}} = 1320 \text{ кВт}$$

$$I_{ном} = I_{дно} = 1600 \text{ А}$$

$$U_{ном} = U_{дно} = 825 \text{ В}$$

$$\eta = 97,7 \%$$

$$\Delta P_{квном} = (1-\eta/100) \times P_{ном} = (1-97,9/100) \times 1320 = 30,4 \text{ кВт}$$

Суммарные потери в меди при номинальном режиме

$$P_{\Sigma M} = \Delta P_{мно} + P_{квном} = 10,37 + 30,4 = 40,77 \text{ кВт}$$

Для расчета потерь в меди трансформатора и КВ принимаем, что оставшиеся агрегаты работают с нагрузкой $\beta = 0,9$. Тогда эта составляющая потеря будет

$$\Delta P_M + \Delta P_{кв} = 40,77 \times (0,9)^2 = 33 \text{ кВт}$$

$$\text{Потери в стали} - \Delta P_{ст} = 3,03 \text{ кВт}$$

Годовая экономия $W_{г} = 36 \times 13 \times 365 = 172000 \text{ кВтч}$. При тарифе 1,17 р./кВтч от отключения одного агрегата она составит 203000 р., при возможном отключении 150 агрегатов – 30 млн р. или более 2 % от стоимости потребляемой электроэнергии метрополитеном на тягу.

ВЫВОДЫ

1. Обоснована своевременность и необходимость решения вопроса экономии электроэнергии с получением экономического эффекта.

2. Экономии электроэнергии автоматически сопутствует улучшение качества потребляемой энергии и повышение надежности работы питающих центров системы Мосэнерго.

3. Для комплексной реализации рассмотренной задачи необходимо: ускорить развитие системы АСКУЭ на Московском метрополитене, осуществить переход процесса передачи информации в центральный диспетчерский пункт с телефонных кабелей на имеющиеся оптоволоконные.

4. Предварительный анализ с участием представителей фирмы разработчика АСКУЭ – «ЭльстерМетроника» показал, что возможна достаточно быстрая реализация проекта с относительно небольшими затратами.

5. Предлагается пилотную часть проекта осуществить на Сокольнической линии, оснащенной АСКУЭ.



Рис. 2. Графическая интерпретация работы подстанции в режиме минимизации потерь энергии в агрегатах; n – оптимальное количество работающих агрегатов

